

24 / 2 3886 84
Дми

**ТЕХНИЧЕСКИЙ
СПРАВОЧНИК
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНИКА**



ТЕХНИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНИКА

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

В. И. ВЛАСОВ, А. Н. ЕГОРНОВ,
Н. П. ЗОБНИН, Е. Ф. РУДОЙ,
А. В. СОКОЛОВ

Главный редактор
Е. Ф. РУДОЙ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ТРАНСПОРТНОЕ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

Москва · 1954

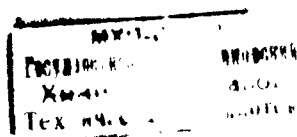
ТЕХНИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНИКА

Том 12

ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ
НА ПРЕДПРИЯТИЯХ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО
ТРАНСПОРТА

*Ответственный редактор
проф., доктор технических наук
Н. П. ЗОБНИН*

*



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ТРАНСПОРТНОЕ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

Москва · 1954

6463

АВТОРЫ ТОМА

В. А. БРАВИЧЕВ, доц., канд. техн. наук; Н. В. БРОДОВИЧ, канд. техн. наук; В. И. ВЛАСОВ, канд. техн. наук; А. Н. ЕГОРНОВ, проф.; Н. П. ЗОБНИН, проф., докт. техн. наук; Д. Г. ИВАННИКОВ, доц., канд. техн. наук; В. Г. КИРКИН, проф., докт. техн. наук; О. К. КОТОВ, канд. техн. наук; Л. М. МАРИЕНБАХ, проф., докт. техн. наук; П. А. МАШОНИН, инж.; С. А. РУБИНШТЕЙН, инж.; М. Л. РУДОЙ, инж.; Д. Л. ЮДИН, доц., канд. техн. наук.

*

РЕЦЕНЗЕНТЫ ТОМА

Литейное производство: А. Н. ЕГОРНОВ, проф. *Кузнечное производство*: В. И. ВЛАСОВ, канд. техн. наук; Н. И. ПЕТРОВ, инж.; С. И. СИДОРОВ, инж.; И. Г. СОКОЛОВ, канд. техн. наук. *Сварка в паровозном и вагонном хозяйстве*: Е. И. БЕРЕСТОВОЙ, инж.; П. Н. ДОРОХИН, канд. техн. наук. *Термическая и химико-термическая обработка*: С. Л. РУСТЕМ, доц., канд. техн. наук. *Резание металлов*: М. Н. ЛАРИН, лауреат Сталинской премии, проф., докт. техн. наук; А. В. СОКОЛОВ, инж. *Металлорежущие инструменты*: П. П. ГРУДОВ, лауреат Сталинской премии, доц., канд. техн. наук. *Металлорежущие станки*: Л. Л. ДОННЕР, инж.; Н. П. ЗОБНИН, проф., докт. техн. наук. *Накатывание роликами*: Н. В. БЕЛАВЕНЦЕВ, инж.; Б. П. СЫЧЁВ, доц. *Наклёпывание дробью*: Б. П. СЫЧЁВ, доц.; Л. М. ШКОЛЬНИК, канд. техн. наук. *Допуски и посадки*: Д. В. ЛОБАНОВ, доц., канд. техн. наук; П. А. МАШОНИН, инж. *Измерительные инструменты*: Д. В. ЛОБАНОВ, доц., канд. техн. наук.

*

РЕДАКТОРЫ ТОМА

Литейное производство—А. Н. ЕГОРНОВ, проф. *Кузнечное производство*—В. И. ВЛАСОВ, канд. техн. наук. *Сварка в паровозном и вагонном хозяйстве*—А. В. ОБУХОВ, инж. *Термическая и химико-термическая обработка*—С. Л. РУСТЕМ, доц., канд. техн. наук. *Резание металлов*—Д. Г. БЕЛЕЦКИЙ, доц., канд. техн. наук. *Металлорежущие инструменты*—П. А. МАШОНИН, инж. *Металлорежущие станки*—Д. Л. ЮДИН, доц., канд. техн. наук. *Накатывание роликами*—И. А. ОДИНГ, член-корреспондент АН СССР. *Наклёпывание дробью*—А. Н. ЕГОРНОВ, проф. *Измерительные инструменты, допуски и посадки*—Д. В. ЛОБАНОВ, доц., канд. техн. наук. *Графический материал*—В. С. ЛЕВИЦКИЙ, доц., канд. техн. наук.

*

СОДЕРЖАНИЕ



	Стр.		Стр.
От редакции	7	Технологические процессы термической обра-	
ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО (проф., докт.		ботки деталей подвижного состава и ин-	
техн. наук Л. М. Мариенбах и канд.		струментов	301
техн. наук В. И. Власов)	9	Поверхностная закалка токами высокой ча-	
Краткий исторический обзор (проф. А. Н. Егор-		стоты (канд. техн. наук О. К. Котов)	301
нов)	9	Химико-термическая обработка (канд. техн.	
Гопливо	11	наук О. К. Котов)	309
Огнеупорные и изоляционные материалы . .	11	Цементация стали	310
Шихтовые материалы	15	Азотирование стали	315
Классификация, свойства и назначение ли-		Цианирование стали	316
тейных сплавов	33	Стали, применяемые при цементации, азоти-	
Формовочные материалы	43	ровании и цианировании	320
Модельно-опочный инвентарь	48	Термодиффузионное хромирование	320
Специальные виды литья	53		
Технологические процессы литья деталей		РЕЗАНИЕ МЕТАЛЛОВ (проф., докт. техн.	
подвижного состава	64	наук Н. П. Зобнин и доц., канд. техн.	
Оушка форм и стержней	99	наук Д. Л. Юдин)	322
Плавильные агрегаты литейного производ-		Краткий исторический обзор	322
ства	106	Общие сведения	323
Оборудование литейных цехов	114	Точение и строгание	329
Брак в литейном производстве	132	Сведения о точении резцами с пластинами из	
Техника безопасности	139	минералокерамических материалов	340
		Сверление, рассверливание, зенкерование,	
КУЗНЕЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО (инж.		развёртывание	342
М. Л. Рудой)	143	Фрезерование	348
Общие сведения	143	Зубофрезерование	359
Нагрев стали дляковки и охлаждение поко-		Резьбонарезание	362
вок	146	Протягивание	366
Нагревательные устройства	150	Шлифование и доводка	370
Расход топлива	166	Основы методики расчёта режимов резания	
Подбор кузнечного оборудования	169	металлов при обработке деталей подвижного	
Технология свободнойковки	180	состава	379
Горячаяштамповка на молотах	209		
Обрезка заусениц	227	МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЕ ИНСТРУМЕНТЫ	
Безоблойнаяштамповка на молотах	230	(инж. С. А. Рубинштейн)	393
Штамповка на горизонтально-ковочных ма-		Материалы режущих инструментов	393
шинах	232	Резцы	396
Штамповка на фрикционных винтовых прес-		Фасонные резцы	408
сах	243	Заточка и доводка резцов (инж. П. А. Машо-	
Холодная высадка	244	нин)	413
Листоваяштамповка	245	Протяжки	415
Брак и дефекты поковок	247	Свёрла	416
Техника безопасности	250	Зенкеры	422
		Развёртки	427
СВАРКА В ПАРОВОЗНОМ И ВАГОННОМ		Фрезы	437
ХОЗЯЙСТВЕ (канд. техн. наук Н. В. Бро-		Резьбонарезной инструмент	453
дович)	253	Зуборезный инструмент	463
Дуговая сварка	253	Абразивный инструмент	467
Газовая сварка и резка	280	Чистота поверхностей режущих инструментов	474
Контактная и газопрессовая сварка	287		
ТЕРМИЧЕСКАЯ И ХИМИКО-ТЕРМИЧЕ-		МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЕ СТАНКИ	476
СКАЯ ОБРАБОТКА	293	Универсальные станки (доц., канд. техн.	
Термическая обработка (канд. техн. наук		наук В. А. Бравичев)	476
В. И. Власов и инж. М. Л. Рудой)	293	Специализированные и специальные станки	
Виды термической обработки	293	железнодорожного транспорта (проф.,	
Печи для термической обработки	293	докт. техн. наук Н. П. Зобнин, доц., канд.	
		техн. наук Д. Л. ЮДИН и доц., канд.	
		техн. наук В. А. Бравичев)	506

	Стр.		Стр.
Гидравлические приводы станков (доц., канд. техн. наук В. А. Бравичев)	540	Применение дробеструйного наклёпа на железнодорожном транспорте	587
Модернизация станков для перевода на скоростное резание (проф., докт. техн. наук Н. П. Зобнин)	548	ДОПУСКИ И ПОСАДКИ (проф., докт. техн. наук В. Г. Киркин)	592
Краткие справочные данные по паспортизации станков (доц., канд. техн. наук В. А. Бравичев)	550	Общие сведения	592
Техника безопасности при работе на металлорежущих станках	562	Посадки	593
НАКАТЫВАНИЕ РОЛИКАМИ (проф., докт. техн. наук Н. П. Зобнин)	563	Селективная сборка	612
Общие сведения	563	Международная система допусков и посадок ISA	613
Инструмент для накатывания деталей подвижного состава	564	Обозначение предельных отклонений размеров на чертежах по ГОСТ 3457-46	613
Приспособления для накатывания деталей подвижного состава и других машин	565	Предельные отклонения формы и расположения поверхностей по ГОСТ 3457-46	621
Станки для накатывания деталей подвижного состава и других машин железнодорожного транспорта	565	Соединения с гарантированным натягом	621
Режим накатывания осей, пальцев и других деталей подвижного состава и железнодорожных машин	566	ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ (инж. П. А. Машонин)	630
Повышение прочности, износоустойчивости и долговечности деталей в результате накатывания	568	Краткие сведения о технике измерений в машиностроении	630
НАКЛЕПЫВАНИЕ ДРОБЬЮ (доц., канд. техн. наук Д. Г. Иванников)	575	Меры длины	630
Общие сведения	575	Методы измерений	630
Оборудование для дробеструйного наклёпа	577	Основные метрологические термины и определения	631
Дробь для дробеструйного наклёпа	582	Погрешности средств и методов измерения	632
Контроль процесса дробеструйной обработки	583	Измерительные средства	633
Упрочнение изделий в результате дробеструйного наклёпа	583	Выбор и назначение измерительных средств	633
		Универсальный измерительный инструмент	635
		Оптические измерительные приборы	652
		Калибры	652
		Контроль чистоты поверхностей и приборы для её измерения	663
		Выбор класса чистоты поверхности	663
		Приборы для измерения чистоты поверхности	665
		АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ	667

ОТ РЕДАКЦИИ

Директивы XIX съезда Коммунистической партии Советского Союза по пятому пятилетнему плану развития СССР на 1951—1955 годы, решения пятой сессии Верховного Совета СССР (май 1953 г.) и сентябрьского Пленума Центрального Комитета Коммунистической партии Советского Союза, направленные на крутой подъём благосостояния советского народа, а также последующие постановления партии и правительства по железнодорожному транспорту обязывают железнодорожников обеспечить непрерывное возрастание перевозок, в особенности товаров народного потребления.

Рост эксплуатационной деятельности железных дорог требует дальнейшего улучшения работы заводов, депо и мастерских Министерства путей сообщения по изготовлению запасных частей и по ремонту (текущему, среднему и капитальному) подвижного состава и оборудования, максимального использования производственных мощностей, систематического улучшения методов производства, снижения себестоимости и внедрения прогрессивной технологии производства.

Выпуская впервые для железнодорожников систематизированный справочник по обработке металлов, редакция стремилась наиболее полно осветить специфические элементы технологии, которые имеют место в железнодорожных предприятиях при обработке деталей подвижного состава. Однако 12-й том ТСЖ не может полностью заменить машиностроительных и технологических справочников. В томе приведены основные справочные данные, которые должны помочь командному составу железных дорог и предприятий МПС при проверке и разработке технологических процессов, а отчасти при подборе технологического оборудования и инструментов, применяемых при обработке металлов.

Показатели, помещённые в настоящем томе, характеризующие производительность оборудования, расход материалов и топлива, нормы времени и т. п., являются примерными и могут быть превзойдены в результате дальнейшего развития технологии металлообработки, внедрения научных достижений и использования опыта новаторов производства.

Раздел «Литейное производство» начинается с характеристики топлива и применяемых для строительства печей огнеупорных материалов. Далее приведены сведения о шихтовых материалах. Затем приведены сведения о формовочных материалах, формовочных и стержневых смесях для основных групп отливок, о моделях, опалках и инвентаре, применяемом при безопасной формовке. Специальным видам литья (под давлением, центробежному и в металлические формы) посвящены отдельные статьи. Описаны примеры отливки ряда деталей для железнодорожного транспорта по опыту литейно-механического завода имени Л. М. Кагановича и некоторых депо. В отдельной главе приведены основные сведения о сушке форм и стержней, конструкции сушил и плавильных агрегатов, об оборудовании литейных цехов. В заключении раздела приведены классификация литейного брака, его причины и способы устранения, а также основные положения по технике безопасности.

Раздел «Кузнечное производство» начинается краткой статьёй, дающей общие сведения о влиянии химических элементов на свойства стали, о влиянииковки на механические свойства и структуру стали, о влиянии температуры на структуру стали при ковке. Далее приведены справочные данные по режимам и продолжительности нагрева кузнечных заготовок. Для выбора необходимых нагревательных устройств и кузнечного оборудования приведены технические характеристики, а также соответствующие расчётные формулы. По свободной ковке приведены характеристики основных операций и применяемых инструментов, даны указания по выбору кузнечных заготовок для ряда деталей подвижного состава. Значительное место уделено прогрессивному методу обработки металлов давлением—штамповке, которую следует широко внедрять на предприятиях МПС. Отдельная глава посвящена основным правилам техники безопасности в кузнечном производстве.

В разделе «Сварка в паровозном и вагонном хозяйстве» приведены основные сведения о применении дуговой, газовой, электроконтактной и газопрессовой сварки и кислородной резки при ремонте деталей подвижного состава. Даны технические

характеристики сварочных машин, аппаратуры и материалов, приведена технология выполнения сварки и резки, которая поясняется конкретными примерами ремонта деталей паровозов и вагонов.

Раздел «Термическая и химико-термическая обработка» содержит справочные данные по термической обработке инструментальной стали, штампов для обработки деталей давлением в холодном и горячем состоянии, а также ряда деталей подвижного состава. Приведены сведения о химико-термической обработке деталей машин: цементации, азотированию, цинкированию и диффузионному хромированию, применение которых позволяет увеличить долговечность деталей подвижного состава.

Раздел «Резание металлов» содержит сведения о процессе резания металлов, явлениях, возникающих в этом процессе, и классификации чистоты обработанных поверхностей. В этом разделе приведены необходимые справочные данные, формулы и таблицы для определения режимов резания; скорости резания, подачи, глубины резания, числа проходов при точении, строгании, сверлении, зенкерования, развёртывания, фрезерования, зубофрезерования, резьбонарезания, протягивания, шлифования и отделочной обработки (доводка брусками, притирка, отделка колеблющимися брусками). Эти материалы включают также режимы резания при скоростном точении и фрезерования. В разделе приведены также необходимые формулы и справочные данные для определения усилий крутящих моментов, мощностей и основного технологического времени при указанных способах резания металлов. Для основных типов режущих инструментов приводятся допустимые величины износа. В конце раздела даны основы методики расчёта режимов резания металлов.

Раздел «Металлорежущие инструменты» включает сведения, необходимые для выбора нормальных, а также конструирования некоторых специальных режущих инструментов, широко применяемых предприятиями железнодорожного транспорта при ремонте подвижного состава.

В разделе «Металлорежущие станки» вначале рассмотрены станки общего назначения, имеющие применение на железнодорожном транспорте. Даны сведения о специализированных станках железнодорожного транспорта, используемых для обработки осей, бандажей, колёсных пар, кулис, дышел и др. Далее приведены основные сведения для выполнения необходимых расчётов при модернизации металлорежущих станков в связи с переводом на скоростные режимы резания металлов. В заключении раздела даны краткие указания по технике безопасности при обработке металлов резанием.

Обработке металлов без снятия стружки с целью упрочнения деталей машин посвящены две статьи: «Накатывание роликами» и «Наклёпывание дробью». В них рассмотрены новые методы упрочняющей технологии на основе опытов, проведённых МЭМИИТ и заводами МПС. Даны соответствующие технологические рекомендации применения этих видов обработки для упрочнения деталей подвижного состава: осей, пальцев, рессор, пружин и т. п.

Раздел «Допуски и посадки» даёт краткие сведения о взаимозаменяемости, классах точности, допусках и посадках. По всем видам посадок даются примеры выбора посадок. Рассмотрен селективный метод сборки деталей, позволяющий использовать грубые классы точности обработки в точных сопряжениях. В разделе дан метод расчёта пресовых соединений осей и валов.

В разделе «Измерительные инструменты» приведены понятия об основных метрологических определениях, методах измерения и их погрешностях. Даны характеристики основных средств для технических измерений и контроля обработанных поверхностей деталей машин.

Редакция просит всех читателей направлять свои замечания и пожелания в Трансжелдориздат для использования их в дальнейшей работе над материалами Технического справочника железнодорожника.

ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО



КРАТКИЙ ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЗОР

Совокупность знаний о способах и средствах проведения производственных процессов составляет учение, называемое технологией. Это же наименование присвоено и научной дисциплине, изучающей как средства и способы производства металлов из их природных соединений, так и последующее изготовление из металлов готовых изделий; сюда же включается и изучение машин-орудий, осуществляющих технологический процесс.

Как производственная область техники технология металлов ведёт своё начало с первых шагов применения человеком металла; как научная дисциплина технология металлов развилась на основе работ русских учёных и изобретателей начиная с XVIII столетия.

Современные исторические знания позволяют установить не только раннее знакомство народов территории России с металлами и их обработкой, но и высокое мастерство наших предков. Очень многие изделия домашнего обихода и вооружения служили предметами вывоза в зарубежные страны.

Археологические находки образцов железных и стальных изделий подтверждают самостоятельный характер развития металлообрабатывающей техники в Древней Руси. Подвергнутые металлографическому и рентгеноструктурному анализу, эти образцы дают сведения о высоком техническом уровне познаний наших предков, освоивших многие, относительно сложные процессы и хорошо владевшие практикой обработки металлов.

Глубокие и классические научные обобщения и научное обоснование совершаемых технологических процессов ведут своё начало от нашего великого соотечественника Михаила Васильевича Ломоносова (1711 — 1765 гг.). Если даже не касаться крупнейших и важнейших работ Ломоносова в области химии и физики, несомненно имевших прикладное значение и для технологии металлов того времени, и обратить внимание лишь на одну его книгу «Первые основания металлургии или рудных дел», то выпуск этого труда необходимо признать историческим событием: здесь впервые широко освещены металлургические процессы, как физические и химические процессы, вместо простого описания приёмов работы, как это имело место во всех предшествующих работах. Эта книга представляла своеобразную энциклопедию в области металлургии и горного искусства и до конца XVIII в. оставалась единственным и постоянным учебником для

всех изучавших указанные дисциплины. М. В. Ломоносов также создал теорию движения газов в рудниках и печах, основы которой до сих пор остаются неизбывными.

Академик В. М. Севергин (1765—1826 гг.) написал ряд трудов по технологии материалов, химической технологии, минералогии, пробирному искусству; он был первым главным редактором «Технологического журнала», издававшегося русской Академией наук. Своими трудами В. М. Севергин много способствовал развитию русской научной терминологии.

А. А. Мусин-Пушкин (1760 — 1805 гг.) способствовал внедрению пудлингового процесса на отечественных заводах; исследуя вопросы амальгамирования платины, он создал оригинальный метод производства ковкой платины—прообраза современной порошковой металлургии.

Достойным продолжателем работ Мусина-Пушкина в области исследования соединений платины и её технологии был член-корр. Академии наук П. Г. Соболевский (1781 — 1841 гг.). Его научный труд по порошковой (металлокерамической) металлургии (1827 г.) был первым в мире трудом в этой области.

Плодотворная деятельность акад. В. В. Петрова (1761 — 1834 гг.) в области экспериментальной физики, открытие им явления электрической дуги способствовали созданию и развитию ряда металлургических и технологических процессов; современные электрометаллургия в дуговых печах и дуговая электроплавка целиком базируются на основах, заложенных В. В. Петровым.

Русские учёные, постоянно связанные с производством, продолжали успешно развивать науку о металлах, современное состояние которой в весьма большой степени обязано трудам наших предков — русских учёных, инженеров и новаторов производства.

Очень крупную роль в деле развития металлургии стали и её последующей обработки сыграл горный инженер Павел Петрович Аносов (1799 — 1851 гг.), 30 лет проработавший на Златоустовском оружейном заводе (Урал). Ему принадлежит приоритет в работах по выплавке качественных сталей («булат»), по исследованию влияния легирующих примесей (Si, Mn, Cr, Ti, Al и др.) и по изучению влияния состава шлака на свойства стали. Русской науке, в лице П. П. Аносова, принадлежит приоритет применения микроскопа для изучения строения стали, а также

открытый преимущества заковки в горячей среде и газовой цементации стали. Работая над открытием «тайны булата», П. П. Аносов имел в виду широкие перспективы:

«... скоро наши воины вооружатся булатными мечами, наши земледельцы будут обрабатывать землю булатными орудиями, наши ремесленники будут выделывать свои изделия булатными инструментами...»

На Златоустовском заводе были предприняты и первые попытки отливки стальных орудий, однако освоение этого нового вида производства произошло несколько позднее в Петербурге и связано с именем горного инженера П. М. Обухова (1823 — 1869 гг.) и, особенно, инженера-технолога Дмитрия Константиновича Чернова (1839 — 1921 гг.).

Величайшая заслуга Д. К. Чернова кроется не в самом факте освоения этого производства, а в проведенных им исследованиях стали.

К моменту начала работ Д. К. Чернова были уже известны работы А. С. Лаврова и Н. В. Калакуцкого, работавших на Златоустовском заводе и обнаруживших явления ликвации стали в процессе затвердения стальных слитков.

Наблюдения Н. В. Калакуцкого (1831 — 1889 гг.) над образованием трещин в слитках вызвали его интерес к научному обоснованию механизма возникновения внутренних напряжений в отливках и поковках, результатом чего явился выдающийся труд Н. В. Калакуцкого «Исследование внутренних напряжений в чугунах и сталях» (1887 г.).

Впервые в мире Д. К. Чернов открыл критические точки в сталях, связанные со структурными превращениями, и указал на их громадное значение в практике термической обработки иковки стали. Позднейшие работы Чернова касались кристаллизации стального слитка и общих основ кристаллизации, а также изотермической обработки. Наконец, Д. К. Чернову принадлежит заслуга в разработке русского оригинального метода получения стали путём продувки воздухом жидкого чугуна (1872 г.).

За свои работы в области металловедения Д. К. Чернов признаётся всеми «отцом металлографии».

С 1870 г. началась выплавка мартеновской стали (Сормово—А. А. Износков и Н. И. Кузнецов; Воткинский завод—В. Е. Холостов). Начатые в 90-х годах братьями Горяиновыми работы над рудным процессом плавки стали в пламенных печах получили окончательное разрешение в 1905 г.; в настоящее время большое количество стали во всём мире выплавляется этим способом, заслуживающим наименования «русского».

Многогранная творческая деятельность Д. К. Чернова совпала во времени с периодом плодотворной работы другого гиганта научнотехнической мысли, величайшего русского химика Д. И. Менделеева (1834 — 1907 гг.).

Значение работ Менделеева для развития науки о металлах следует не только из всеобъемлющего характера периодического закона; громадное теоретическое и прикладное значение имеет для металловедения и понимания многих металлургических процессов разработанная Менделеевым теория растворов.

Корифей русской металлургической науки, несмотря на неблагоприятные условия рабо-

ты в дореволюционной России, оставили великое научное наследие.

После Великой Октябрьской социалистической революции благодаря постоянным заботам Коммунистической партии и Советского правительства в СССР созданы неограниченные возможности и исключительные условия для роста и процветания науки и техники. В стране организованы многочисленные научно-исследовательские учреждения, превратившиеся в мировые научные центры соответствующих отраслей науки. Советские учёные в содружестве с работниками производства обогатили науку, добились огромных успехов и важнейших открытий, в том числе и в области технологии металлов.

Исключительно большое значение для развития металловедения имеют работы продолжателей учения Д. К. Чернова и прежде всего работы академиков Н. С. Курнакова, А. А. Байкова и др. Н. С. Курнаков (1860 — 1941 гг.) исследовал связи физических свойств растворов и металлических сплавов с химическим составом, результатом чего явилось графическое отображение этой связи в диаграммах «состав — свойства».

Среди других металловедов старшего поколения необходимо указать проф. М. Г. Евангулова (1870 — 1942 гг.) — автора книги «Сплавы» и проф. Н. А. Бартельса (1877 — 1936 гг.) автора классического учебника «Металлография». М. Г. Евангулову принадлежит также ряд трудов, посвящённых вопросам литейного производства.

Проф. А. Л. Бабошин (1872—1938 гг.) был одним из активнейших работников так называемой «Рельсовой комиссии», в сферу деятельности которой, помимо рельсов, входили такие важные объекты, как оси вагонные и паровозные, бандажи, центры колёсные и т. д. Из числа работ А. Л. Бабошина надлежит особенно отметить его 3-томный труд «Металлография и термическая обработка чугуна, железа и стали».

Исключительно плодотворна и многогранна была научная деятельность акад. Александра Александровича Байкова (1870 — 1946 гг.), являвшегося признанным авторитетом в области металловедения и теории металлургических процессов. Среди металловедческих работ Байкова следует особенно отметить его доказательство реального существования аустенита, как твёрдого раствора углерода в железе. А. А. Байкову принадлежит честь выработки специальной низкотемпературной хромомедистой стали марки ДС.

Н. И. Беляев (1877—1921 гг.) — создатель и руководитель большой Центральной лаборатории Кировского завода (Ленинград), ставшей буквально научным центром по выплавке специальных сталей. Ему же принадлежит идея и создание крупнейшего завода для производства качественных сортов стали («Электросталь»). Большой интерес представляет его работа «Макроструктура стали в связи с кристаллизацией» (1910 г.).

Проф. Н. А. Минкевич (1883 — 1942 гг.) — автор ряда работ по специальным сталям и особенно по изысканию малолегированных быстрорежущих сталей.

Проф. М. Г. Окнов (1872 — 1942 гг.) —

автор классического труда «Металлография чугуна», выдержавшего несколько изданий. Проф. Н. В. Гевелинг — автор контактного метода поверхностной электрозакалки.

Член-корр. Академии наук В. П. Вологдин (1881 — 1952 гг.) — автор метода поверхностной закалки при нагреве токами высокой частоты, получившей большое применение.

Особенно надлежит отметить работы члена-корр. Академии наук С. С. Штейнберга (1872 — 1940 гг.), автора ряда работ, посвящённых вопросам структурных превращений в стали при термической обработке. Эти работы посвящены главным образом кинетике превращений в переохлаждённом аустените и имеют громадное теоретическое и практическое значение.

Большой вклад в металлургию чугуна внесли проф. И. А. Соколов (1867 — 1947 гг.), вы-

дающийся металлург-доменщик М. К. Курако (1872 — 1920 гг.) и акад. М. А. Павлов (род. 1863 г.), работы которого имеют мировое значение.

Великая заслуга открытия методов электрической сварки неоспоримо принадлежит нашим соотечественникам Н. Н. Бенардосу (1842—1905 гг.) и Н. Г. Славянову (1854—1897 гг.); оба метода в их исходном виде и в видоизменениях получили колоссальное распространение как в нашей стране, так и за границей.

Очень многие наши современники — академики И. П. Бардин, Г. В. Курдюмов, Н. Т. Гудцов, А. А. Бочвар, В. Н. Никитин; члены-корр. АН СССР И. А. Одинг, К. К. Хренов и др. с успехом продолжают развивать науку о производстве и обработке металлов, так блестяще представленную их учителями.

ТОПЛИВО

В литейном цехе для плавильных, нагревательных и сушильных печей применяют твёрдое, жидкое и газообразное топливо.

Данные о всех видах топлива приведены в томе 2 ТСЖ, стр. 695—707.

Специфическими для плавильных печей являются искусственное твёрдое топливо: кокс, термоантрацит и др.

Каменноугольный кокс получается при нагревании углей марок ПЖ, ПС, К без доступа воздуха в специальных печах (коксовальных).

В зависимости от назначения кокс делится на два класса: кокс металлургический, применяемый главным образом в доменных печах при получении чугуна из руд, и кокс литейный, применяемый в вагранках.

Классификация по маркам и технические условия приёмки определяются следующими ГОСТ: кокс металлургический из углей Донецкого бассейна — ГОСТ 513-41; кокс металлургический из углей восточных районов — ГОСТ 2014-47; кокс литейный — ГОСТ 3340-46; кокс каменноугольный губахинский — ГОСТ 3132-46.

ОГНЕУПОРНЫЕ И ИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

КЛАССИФИКАЦИЯ ОГНЕУПОРОВ

Огнеупорами в технике называются материалы, которые, подвергаясь воздействию высоких температур и влиянию расплавленных шлаков, не теряют своей строительной прочности. Огнеупорные изделия разделяются на два вида: штучные и порошкообразные.

Штучные: кирпич, фасонные и обтёсанные или пиленные огнеупорные изделия употребляются для кладки различного типа печей, дымовых боровов, для футеровки слалеразливочных ковшей, наборки стопоров и для изготовления литниковых систем при отливке крупных деталей.

Порошкообразные огнеупорные материалы находят применение при футеровке малых ковшей, вагранок, набивке подины печей и при выполнении различного рода кладки из штучных огнеупорных материалов

Кроме определения химического состава и теплотворной способности, кокс испытывается ещё на прочность и содержание мелочи. Мелочью считаются куски меньше 25 мм для металлургического и меньше 40 мм для литейного кокса.

Прочность кокса характеризуется согласно техническим условиям так называемой «барабанной пробой». Хороший кокс по прочности имеет барабанную пробу 300÷320 кг, плохой 280÷265 кг. Донецкий кокс обычно имеет барабанную пробу выше, чем кокс восточных районов.

Содержание мелочи в коксе определяется пропуском пробы через грохот с соответствующим размером ячеек. Предельные минимальные размеры кусков и содержание мелочи указаны в ГОСТ. Для кокса литейного и металлургического из углей Донецкого бассейна содержание мелочи не должно превышать 4,0%, для кокса из углей восточных районов 3,5—10% в зависимости от марки.

Для вагранок лучшими топливами являются литейный и кокотый коксы и термоантрацит (табл. 1).

как связующие или уплотняющие вещества. В соответствии с химико-минералогическим составом все огнеупорные материалы делятся на группы и подгруппы, которые определяются классификацией по ГОСТ 4385-48 (табл. 2).

СВОЙСТВА ОГНЕУПОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Огнеупорность — основное свойство огнеупорных изделий — зависит главным образом от химико-минералогического состава и определяется огнеупорностью исходного сырья. Определение огнеупорности производится по ГОСТ 4069-48.

Механическая прочность определяет способность огнеупоров выдерживать различные усилия от нагрузок как при нормальных, так и при высоких температурах.

Таблица 1

Характеристика искусственных видов твёрдого топлива

Вид топлива, сорт и марка	Состав горючей массы в %				Содержание летучих в горючей массе M_g в %	Зольность сухого топлива A_g в %	Содержание влаги в рабочем топливе W_p в %	Теплотворная способность Q_p в ккал/кг	Теоретическое количество воздуха V_a в м ³ /кг	Минимальный объём продуктов горения $V_{пр.гор}$ в м ³ /кг	Температура воспламенения $T_{вспл.м.}$ в °С	Пористость в %	Объёмный вес в кг/м ³	Сопротивление раздавливанию поперёк волокон в кг/см ²	Баранная проба в кг	Размер кусков в мм
	C_g	H_g	S_g	N_g	O_g											
Древесный уголь кучный	88,0	2,4	—	0,5	9,1	7,0	9,0	6640	9,16	9,09	250—300	70—85	100—200	10—20	—	50—100
Торфяной кокс	79,0	3,8	—	0,5	6,7	12,0	8,0	6170	6,85	7,24	250—200	—	100—200	30—50	—	100—200
Кокс литейный	88,5	3,5	0,2	1,6	6,2	6,0	5,0	6450	7,38	7,62	650—700	—	200—450	80—50	—	100—200
Кокс литейный	96,5	0,7	1,0	1,3	0,5	1,5	4,0	6220	7,26	7,37	650—700	40—45	450—500	100—150	320—350	60—120
Металлургический кокс донецкий	95,5	1,4	1,0	1,4	0,7	2,0	3,0	7500	8,22	8,35	700—800	25—35	500	150—200	300—365	80—120
То же восточных районов	96,0	0,7	1,5	1,3	0,5	2,0	4,0	6870	7,62	7,72	500—600	50—55	450	100—140	280—320	>25
Губахинский кокс	94,9	0,7	2,5	1,4	0,5	2,0	3,0	6300	6,94	7,02	500—600	50—55	400—450	100—120	280—300	>25
Газовый кокс	95,5	0,8	1,7	1,4	0,6	1,8	4,0	6900	7,65	7,70	500—600	47—50	400—450	100—135	275—310	>40
Термоантрацит	98,0	0,3	0,8	0,7	0,2	1,5	3,0	7500	8,22	8,26	630—640	2—5	850—950	300—320	300—320	50—120
Литейный антрацит	94,3	1,5	1,7	1,5	1,0	3,5	3,0	7300	8,06	8,16	540—550	1—2	900—1000	220	20—320	100—200
Буроугольные брикеты	68,0	5,4	3,5	1,5	21,6	55,0	28,0	3750	4,44	4,95	220—280	—	—	—	—	60—180
Коксовая мелочь (15—25 кг)	95,5	0,5	1,0	1,2	1,8	4,0	15,0	5610	6,36	6,68	—	—	—	—	—	—

Таблица 2
Огнеупорные материалы

Наименование групп огнеупорных материалов	Подгруппы
Кремнекислые Полукислые	Динасовые Кварце-глинистые, шамотные полукислые, кварце-шамотные
Глинозёмистые	Шамотные высокоглинозёмистые
Магнезиальные	Магнезитовые, доломитовые, тальковые, галько-магнезитовые, хромомагнезитовые
Углеродосодержащие . .	Карбундовые, углеродистые

Определение предела прочности при сжатии производится по ГОСТ 4071-48, а определение деформации под нагрузкой при высоких температурах — по ГОСТ 4070-48.

Термическая устойчивость характеризует способность огнеупорных изделий выдерживать резкие колебания температуры, не растрескиваясь и не разрушаясь.

Постоянство объёма. При нагревании и охлаждении огнеупорные изделия претерпевают изменение объёма в связи с изменением размеров при расширении или сжатии, а также от усадки или роста и от деформации под нагрузкой.

Газопроницаемость. Все огнеупорные материалы являются в той или иной степени проницаемыми для газа. Газопроницаемость их измеряется количеством газа определённого давления, прошедшего через определённое сечение и толщину в единицу времени.

Шлакоустойчивость огнеупорных материалов обуславливается их шлако-разъедаемостью и шлакопроницаемостью и зависит: от температуры, состава огнеупорных материалов и шлака, вязкости шлака, структуры огнеупорных материалов, характера и среды рабочего пространства и теплового агрегата.

Наиболее интенсивно огнеупоры разрушаются шлаками при температурах свыше 1200°, причём для большинства огнеупоров это является главной причиной быстрого их разрушения. Интенсивному разрушению подвергаются огнеупоры тогда, когда воздействующие на них шлаки противоположны по своим химическим свойствам, а именно: кислые материалы (динас) интенсивно разрушаются основными шлаками, а основные — кислыми шлаками с большим содержанием SiO_2 . Шамотные изделия, близкие по своей природе к кислым материалам, энергичнее взаимодействуют с основными шлаками и быстрее разрушаются при соприкосновении с ними.

В плавильных печах на огнеупорные изделия оказывают влияние также печные газы, несущие с собой частицы различных окислов. В мартеновской печи износ свода, насадок и других частей печи, построенных из динаса, происходит в значительной степени от воздействия печных газов, насыщенных пылью и парами окислов железа и кальция. Шлако-

Таблица 3

Основные данные об огнеупорных изделиях

Название огнеупора	Объёмный вес в кг/дм^3	Удельный вес	Огнеупорность, $^{\circ}\text{C}$	Прочность на сжатие в кг/см^2	Начало деформации под нагрузкой 2 кг/см^2 , $^{\circ}\text{C}$	Максимальная рабочая температура, $^{\circ}\text{C}$	Удельное сопротивление $\text{ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}\cdot 10^4$ при температуре		Удельная теплоёмкость в $\text{ккал/кг } ^{\circ}\text{C}$	Коэффициент теплопроводности $\text{ккал/м}^2\cdot^{\circ}\text{C}\cdot\text{час}$
							800 $^{\circ}\text{C}$	1200 $^{\circ}\text{C}$		
Кирпич шамотный	1,8—1,9	2,54—2,62	1710—1750	100—200	1300—1400	1350—1450	7—15	1,0—1,5	0,6	$0,72+0,5\times 10^{-3} \text{ т ср}$
» диносовые	1,9—1,5	2,33—2,5	1710—1760	200—400	1640—1700	1700	200	9	1,5	$0,8+0,6\times 10^{-3} \text{ т ср}$
» магнезитовый	2,6—2,8	3,0—3,2	2000	200—400	1450—1520	1650—1700	1000	100	—	$4,0+1,5\times 10^{-3} \text{ т ср}$
» плавный магнезитовый	2,6—2,3	3,5—3,6	2800	300—500	1600—1700	1850	4000	100—200	1,0—2,0	—
То же хромомагнезитовый	2,75—2,85	3,7—3,8	1700	200—500	1450	1700	—	—	—	$1,6-1,7$ ($0+600^{\circ}\text{C}$)
» термостойкий хромомагнезитовый	2,8—2,9	3,7—3,8	2000	300—500	1470	1750	—	—	—	$2,0-2,9$ ($0+600^{\circ}\text{C}$)
То же хромитовый	3,0—3,1	3,8—4,2	1850	300—700	1570—1650	1650—1700	3	0,5—1,0	0,5—0,01	$1,1+0,35\times 10^{-3} \text{ т ср}$
Изделия сидлиманитовые (муллитовые)	2,2—2,4	2,9—3,0	1780—1850	400—800	1500—1650	1650	180	11,5	3,5	$1,45+0,2\times 10^{-3} \text{ т ср}$
То же из плавного муллита	2,1—2,4	3,0	1800—1850	1500—3000	1700	1750	—	—	—	—
То же корундовые (алундовые)	2,3—2,6	3,7—3,9	1800—2000	200—800	1550—1680	1600—1700	1000	100	5,2—4,0	$1,8+1,6\times 10^{-3} \text{ т ср}$
То же цирконовые	3,3	4,5—5,0	2600	1000—2000	1550—1600	1750—1800	1000	1,0—1,5	—	$1,12+0,55\times 10^{-3} \text{ т ср}$
» цирконовые	3,2—3,3	4,0—4,5	2000—2400	150—400	1550—1650	1600—1700	—	—	—	—
» карборундовые (карбофос)	2,3—2,6	3,1—3,2	2000—2200	400—900	1350—1650	1400—1500	800	40	8,0—0,8	$18+9\times 10^{-3} \text{ т ср}$
То же угольные	1,35—1,6	1,8—2,1	2500	150—350	1900	2000	—	—	0,2	$20+30\times 10^{-3} \text{ т ср}$ (до 1000°C)
» графитовые	1,6	2,2	2000	200—300	1000	2000	—	—	0,2	$140+35\times 10^{-3} \text{ т ср}$

разъедание огнеупорных материалов сокращает срок их службы, снижает производственные показатели и ухудшает качество продукции.

В практике известно, что вследствие большого разъедания шамотных изделий при разливе металла увеличиваются неметаллические включения в стали. Шлакоустойчивость огнеупорных изделий определяется по ОСТ НКТП 3270.

Теплопроводность. В большинстве случаев огнеупорные материалы являются ограждением рабочего пространства печей от окружающей среды, поэтому желательно, чтобы они обладали наименьшей теплопроводностью во избежание больших потерь тепла, а значит, и топлива.

Исключение представляет применение огнеупорных материалов для муфелей, реторт и тиглей в соответствующих печах, где при плохой теплопроводности ухудшаются условия передачи тепла металлу.

Теплопроводность огнеупорных изделий зависит от состава, природы материала, его обработки и рабочей температуры. Теплопроводность в большей степени зависит от пористости. При повышении пористости теплопроводность изделий понижается, но вместе с этим понижается и удельное сопротивление нагрузкам.

Испытание пористости, объёмного и удельного веса производят по ГОСТ 2409-44 и ГОСТ 2211-43.

Теплоёмкость. Теплоёмкость различных огнеупоров зависит от их природы и температуры, при которой они работают. Учитывается она при расчёте: насадок регенераторов, разогреве печей и т. д. С ростом температуры теплоёмкость повышается в среднем от 0,20 до 0,35 ккал/кг в интервале температур от 200 до 1200°С.

Отклонения в размерах допускаются по ГОСТ 390-41 и ГОСТ 1566-50, ГОСТ 3272-46,

ГОСТ 5040-49, ГОСТ 5500-50, ГОСТ 4689-49 в пределах 1,0÷3%.

Важнейшие свойства огнеупоров приведены в табл. 3.

ОГНЕУПОРНЫЕ НАБИВНЫЕ МАССЫ

Составы набивных масс для футеровки подлин плавильных электропечей:

основных — магнетитовый порошок крупностью зёрен 2—6 мм + 20% смолы каменноугольной обезвоженной, смешанной с песком (на одну часть смолы десять частей песка);

кислых — кварцевый песок + 10% мелкой железной руды + небольшое количество огнеупорной глины;

составы набивных масс для днищ вагранок: шамотный порошок 97%, смола каменноугольная обезвоженная 3%;

составы масс для кладки торцевых стен мартеновских печей: хромистая руда 45%, магнетитовый порошок 45% и смола каменноугольная обезвоженная 10%.

Состав по объёму массы для набивки днищ бессемеровских конвертеров:

кристаллический кварц крупностью зёрен до 7 мм — 60%, огнеупорная глина¹ — 27%, шамотный порошок¹ — 3%, коксик¹ — 8%; речной песок¹ — 2%; влажность массы — 6%.

Состав массы для футеровки плавильного пояса вагранок: огнеупорная глина 5—25%; кварцевый песок (крупность зёрен 0,75—1,5 мм) 95—75% или каолин 5—7%; кварцит (крупность зёрен 0,75—5 мм) 95—93%.

Для повышения механической прочности двух последних масс можно добавлять 1,5—2,5% жидкого стекла (38° Б). Влажность массы не должна превышать 5%.

Основные характеристики термонизоляционных материалов приведены в табл. 4.

¹ Крупность зёрен до 4 мм.

Таблица 4

Основные характеристики термонизоляционных материалов
(по ОСТ НКТП 3114)

Наименование материала	Характеристика и способ производства	Объёмный вес в изделиях в кг/м³	Максимальная температура применения в °С	Применение
Асбестовая мелочь	Коротковолокнистый асбест не ниже сорта 6	800	450	Для изоляции горячих поверхностей мастичными материалами
Асбестовый картон	Листы из асбестовой массы с примесью шпата и других веществ. Толщина листов от 1 до 6 мм	900—1 200	450	Для изоляции горячих поверхностей, выстилки ванн, мартеновских печей в качестве прокладочного материала
Шлаковая вата	Материал, состоящий из тонких стекловидных шлаковых иней, получаемых распылением (при помощи сжатого воздуха или пара) расплавленного доменного шлака или доменного шлака, переплавленного с добавкой доломита или известняка	200—300	700	Для засыпной изоляции, изоляции матами, главным образом для изоляции механизированных сушил и электропечей
Шлак котельный	Остатки от сжигания в топках угля, кокса и т. п.	700—1 000	800—950	В качестве засыпной изоляции
Трепел	Высушенная и измельчённая трепельная порода (в порошке)	500	900	Для засыпной изоляции

ШИХТОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

ШИХТОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ВЫПЛАВКИ СТАЛИ И ЧУГУНА

При плавке чёрных металлов для литья употребляют чушковый чугун, стальной скрап и лом, ферросплавы, раскислители и модификаторы, железную руду и флюсы. В табл. 5—12 приведены данные о химическом составе доменных чугунов.

Таблица 5

Чугун передельный древесноугольный чушковый (ГОСТ 4831-49)

Обозначение марки	Содержание элементов в %					
	кремний	марганец	фосфор		сера	
			класс		категория	
			А (не более)	Б (не более)	I	II
МД1	0,76—1,25	1,20	0,20	0,30	0,03	0,04
МД2	0,15—0,75	0,70				

Металлы чёрные вторичные (шихтовые). В соответствии с ГОСТ 2787-44 стальной скрап в зависимости от плавильных агрегатов подразделяется на лом для вагранок, электри-

Чугун литейный древесноугольный чушковый (ГОСТ 4833-49)

Обозначение марки	Содержание элементов в %			
	кремний	марганец	фосфор	сера
			не более	
ЛД1 . . .	2,26—2,75	0,70—1,20	0,3	{ 0,02 0,03
ЛД2 . . .	1,76—2,25	0,50—1,00		
ЛД3 . . .	1,25—1,75			

ческих печей, мартеновских печей и делится на категории, группы и классы (табл. 14).

Ферросплавы. Для раскисления и легирования чёрных металлов применяются ферросилиций, ферромарганец, силикомарганец, зеркальный чугун, феррохром, ферровольфрам, ферромolibден, феррованадий, ферротитан, силикокальций, феррофосфор (табл. 15—20).

Феррофосфор изготовляют следующего состава: около 1,2% углерода, не более 2,2% кремния, не более 6% марганца, фосфора 14—18% и серы не более 0,5%. Куски не менее 25 мм и весом не более 10 кг.

Таблица 7

Чугун литейный коксовый чушковый (ГОСТ 4832-49)

Обозначение марки	Содержание элементов в %								
	кремний	марганец		фосфор				сера	
		группа		класс				категория	
		I	II	А гематитовый (не более)	Б обычный	В фосфористый	Г	I	II
ЛК00	3,76—4,25	0,5—0,9	0,91—1,30	0,10	0,11—0,30	0,31—0,7	0,71—1,20	0,02	0,03
ЛК0	3,26—3,75							0,02	0,03
ЛК1	2,76—3,25							0,02	0,03
ЛК2	2,26—2,75							0,03	0,04
ЛК3	1,76—2,25							0,03	0,04
ЛК4	1,25—1,75							0,04	0,05

Таблица 8

Чугун литейный специальный чушковый (ГОСТ 4834-49)

Обозначение марки	Содержание элементов в %					Назначение чугуна
	кремний	марганец	фосфор	сера	хром	
			не более			
КК	1,00—1,50	0,20—0,60	0,10	0,03	0,01	Для отливок ковкого чугуна коковского
КД1	0,71—1,50	0,01—0,40	0,15	0,03	0,04	Для отливок ковкого чугуна древесноугольный
КД2	0,15—0,70	0,10—0,30				
ВК1	0,50—1,00	0,20—0,60	0,40	0,03	0,04	Для валков прокатных ста- нов - коковского
ВК2	0,10—0,50					
ВД1	0,81—1,30	0,20—0,80	0,40	0,06	0,04	Для валков прокатных ста- нов—древесноугольный
ВД2	0,30—0,80					
ЧК	0,50—1,00	0,50—1,00	0,20—0,35	0,07	0,10	Для колёс с отбелённым обо- дом
ЛКА	2,76—3,75	0,50—0,90	0,60—0,90	0,025	—	Для авиационной промыш- ленности

6463.

[illegible]

Таблица 13

Сравнительная характеристика механических свойств различных видов чугуна

Материал	Предел прочно- сти при растя- жении в кг/мм ²	Предел упру- го-сти в кг/мм ²	Предел текуче- сти в кг/мм ²	Удлинение в %	Предел прочности при изгибе в кг/мм ²	Средняя поробка в мм	Предел проч- ности при ис- пытании ме- тодом сдвиги- вания клинья- ми в кг/мм ²	Предел прочно- сти при сжатии в кг/мм ²	Предел прочно- сти при кручении в кг/мм ²	Модуль упру- гости при рас- тяжении в кг/мм ²	Ударная вязкость в кг/см ²	Предел усталости при изги- бе образца в кг/мм ²	Предел усталости при изги- бе образца в кг/мм ²	Вязкость в %	Твёрдость H _B в кг/мм ²
Серый чугун	15—20*	—	—	Практи- чески отсутст- вует	20—35**	До 2,5	До 35	60—90	До 35	6 000—9 000	0,2—0,5***	До 8	До 30	—	145—225
Сталитый (перлитный) чугун	20—30	—	—	То же	30—50	До 4,0	—	110	—	До 13 000	До 0,1	До 12	До 12	12	145—225
Модифицированный чугун	23—40*	—	—	»	50—65**	До 4,5	До 44	До 140	До 46	» 16 000	» 1,1***	» 14	» 14	45	145—225
Ковкий чугун перлитный	До 50	—	21—30	4	—	—	» 35	140	» 55	16 000—17 000	» 3,0	» 20	—	—	201
Ковкий чугун ферритный	» 40	—	18—28	До 15	—	—	34—40	130	40	15 000—17 000	» 3,0	» 14	—	—	149—163
Сверхпрочный чугун (чу- гун со сфероидальной фор- мой графита) перлитный:															
полученный в производст- венных условиях (при вы- плавке в вагранках)	45—70*	32—45	20—50	» 6	70—120**	4,6	55—85	170—220	50—60	13 000—16 000	» 3,5***	15—25	10—20	4—5	217—285
полученный в лаборатор- ных условиях (при выплав- ке в электропечах)	До 90*	До 50	До 55	» 6	До 150**	До 8	55—85	170—220	50—60	13 000—16 000	» 4,5***	До 32	До 26	4—5	217—285
Сверхпрочный чугун фер- ритный	25—55*	37—45	40—50	7—20	» 120**	8—12	66—74	180—210	—	14 000—16 000	» 4,10***	24—26	—	4—5	180—229
Сверхпрочный чугун с иглообразной структурой ме- таллической основы и сфе- роидальным графитом (со- держание Mo=0,8—1,0 %) .	85—95*	—	18—83	2—5	150—165	6—8	80—85	200—220	—	14 000—16 000	5—7***	—	—	—	302—321
Стальное литьё (после от- жига)	45—60	—	21—30	20—30	—	—	—	—	42—44	20 000—21 000	До 15	23	16	2	112—170

* Испытаниям на растяжение подвергались образцы с $l=10$ мм.** Испытаниям на изгиб подвергались образцы с $l=300$ мм и $d=30$ мм.*** Испытаниям на ударную вязкость подвергались образцы с поперечным сечением 20×20 мм без надреза.**** Испытаниям на ударную вязкость подвергались образцы с поперечным сечением 10×10 мм без надреза.

Таблица 14
Классификация вторичных металлов
(по ГОСТ 2787-44)

№ групп	Наименование и назначение	Класс	Условное обозначение по типовой номенклатуре
1	Лом и отходы нелегированных металлов (категория А)	I	A-I
2	Лом и отходы стальные для вагранок.	I	A2-I
3	Лом и отходы стальные для электрических печей	I	A3-I
3	Лом и отходы стальные для мартеновских печей	II	A3-II
6	Лом и отходы ковкого чугуна для вагранок	III	A3-III
7	Лом и отходы чугуны для изложниц	I	A-7-B-I
7		II	A-7-B-II
7		III	A-7-B-III
1	Лом и отходы мало- и средне-легированной стали для мартеновских и электрических печей (категория Б)	I	B1-I
1		II	B1-II
1		III	B1-III
22	Лом и отходы высоколегированной стали для электрических печей	I	B22-I
22		II	B22-II
22		III	B22-III

Таблица 15
Ферросилиций
(ГОСТ 1415-49)

Обозначение марки	Содержание элементов в %				
	кремний	марганец	хром	фосфор	сера
	не более				
Си 90	87—95	0,5	0,2	0,04	} 0,04
Си 75	72—78	0,7	0,5	0,05	
Си 45	43—50	0,8	0,5	0,05	

Таблица 16
Ферромарганец
(ГОСТ 4755-49)

Группа ферромарганца	Обозначение марки	Содержание элементов в %					
		марганец не менее	основные примеси				
			углерод	кремний	фосфор	сера	
Малоуглеродистый	Mn 0	80,0	0,5	2,0	0,30	0,03	
Среднеуглеродистый	Mn 1	80,0	1,0	2,0	0,30	0,03	
	Mn 2		1,5	2,5			
Углеродистый	Mn 3	78,0	7,0	2,0	0,38	0,03	
	Mn 4	76,0			0,38		

Кроме ферросплавов, для раскисления стали применяют алюминий первичный (ГОСТ

Таблица 16а
Ферромарганец доменный
(ГОСТ 5165-49)

Обозначение марки	Содержание элементов в %				
	марганец	крем- ний	фосфор		сера
			группа		
			А	Б	
Мн 5	75,10 и более	2,00	0,35	0,45	0,03
Мн 6	7,00—75,00				

Таблица 17
Ферросилиций доменный чушковый
(ГОСТ 5163-49)

Обозначение марки	Содержание элементов в %			
	кремний	марганец	фосфор	сера
		не более		
Сл15	13,10 и более	3,00	0,20	0,40
Сл10	9,00—13,00	3,00	0,20	0,40

Таблица 18
Чугун зеркальный чушковый
(ГОСТ 5164-49)

Обозначение марки	Содержание элементов в %			
	марганец	кремний	фосфор	сера
		не более		
ЗЧ—1	20,10—25,00	} 2,00	0,22	} 0,03
ЗЧ—2	15,10—20,00		0,20	
ЗЧ—3	10,10—15,00		0,18	

3549-47) и вторичный (ГОСТ 1583-47) и сплав АМС. Состав сплава АМС: 5% алюминия, 10% марганца, 10% кремния, 2% углерода, остальное железо.

В качестве модификаторов и раскислителей для чугуна применяют силикокальций (ГОСТ 4602-49); ферросилиций (ГОСТ 1415-49); алюминий и графит с содержанием влаги 1,0%, летучих 1,0%, золы не более 20%. Остаток на сите 140 — не более 10%

Флюсы. При выплавке чёрных металлов флюсами служат: известняк металлургический, плавленый шпат, апатит и шлак мартеновских печей (табл. 21 и 22).

Апатито-нефелиновая руда (ОСТ 18234-39) применяется для насыщения фосфором чугуна при выплавке его в вагранках. Эта руда представляет собой минерал, имеющий химический состав, отвечающий формуле $3\text{Ca}_3\text{PO}_4 \cdot 2\text{CaF}_2$.

Апатито-нефелиновая руда должна содержать не менее 28,5% P_2O_5 (в пересчёте на абсолютно сухое вещество), влаги — не более 3%. Размер кусков от 100 до 25 мм.

Шлак основной мартеновский употребляют в дроблёном виде. При выплавке в вагранке применяется основной шлак мартеновских или электрических печей следующего состава: SiO_2 не более 25%, $\text{CaO} + \text{MgO}$ не менее 40%, $\text{FeO} + \text{MnO}$ не менее 20%, P_2O_5 не более 2%, CaS не более 1%.

Таблица 19

Феррохром
(ГОСТ 4757-49, применяется в качестве присадки)

Группа феррохрома	Обозначение марки	Содержание элементов в %						
		хром не менее	углерод	фосфор	кремний, классы			сера
					низко- кремни- стый	средне- кремни- стый	крем- нистый	
Безуглеродистый	Хр 0000 } Хр 000 } Хр 00 }	65,0 60,0	0,06 0,07—0,10 0,11—0,15	0,06	1,0	1,5	—	0,04
Малоуглеродистый	Хр 0 Хр 01	60,0	0,16—0,25 0,26—0,50	0,06	1,5	2,0	3,0	0,04
Среднеуглеродистый	Хр 1 Хр 2 Хр 3	60,0	0,51—1,0 1,1 —2,0 2,1 —4,0	0,10	—	2,5	3,0	0,04
Углеродистый	Хр 4 Хр 6	65,0	4,1 —6,5 6,6 —8,8	0,07	2,0	3,0	5,0	0,04

Таблица 20

Силикокальций

(ГОСТ 4762-49 применяется в качестве, раскислителя)

Обозначение марки	Содержание элементов в %				
	кальций	кальций+кремний	алюминий	сера	фосфор
	не менее	не менее	не более	не более	не более
Каси 0	31	90	1,5	0,04	0,05
Каси 1	23	90	2,5		
Каси 2	23	85	3,0		

Таблица 21

Известняк металлургический

Сорт	Химический состав в %						Сопротивление на раздавливани- е в кг/см ² не менее		
	CaO не менее	SiO ₂	Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	MgO	P ₂ O ₅	SO ₂		CO ₂	
	не более								
1	52,0	1,75	2,0	3,5	0,02	0,25	Остальное	400	
2	50,0	3,0	3,0	3,5	0,04	0,35		»	400
3	49,0	4,0	3,0	3,5	0,06	0,35		»	400

Примечание. Кусковатость для ручного дробления от 25 до 200 мм не менее 98%; для механического от 25 до 130 мм не менее 97%.

В шлаке не допускается кристаллический или стекловидный излом и красная или зеленая окраска. Шлак в изломе должен быть серым камневым.

Таблица 22

Плавиковый шпат

Сорт	Химический состав в %		Удельный вес	Примечание
	CaF ₂ не менее	SiO ₂ не более		
1	92,0	5	3,18	При выплавке магниевых сплавов и бронз
2	85,0	Не нормируется		При выплавке стали и чугуна
3	75,0	20		То же

**ШИХТОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ДЛЯ ЦВЕТНЫХ СПЛАВОВ**

При плавке цветных сплавов для литья применяют: чушковые первичные и вторичные цветные металлы, первичные и вторичные сплавы, лом и отходы цветных сплавов, лигатуры, флюсы.

При плавке цветных сплавов для литья, как правило, применяются хлористые и фтористые соли (табл. 23).

В табл. 24 приведены основные характеристики чушковых цветных металлов (ГОСТ, марка, химический состав, маркировка и назначение), в табл. 25—27—бронзы вторичных, в табл. 28—силумина в чушках, в табл. 29—лигатур алюминиевых и в табл. 30—лигатур медных.

ТИПОВЫЕ СОСТАВЫ ШИХТ

Составы шихт с примерным соотношением составных частей для различных сплавов приведены в табл. 31—34.

Таблица 23

Флюсы

Наименование солей	Характеристика	Применение в качестве флюса	Наименование солей	Характеристика	Применение в качестве флюса
Хлористый барий	1-й сорт $\geq 98\%$ $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	При плавке магниевых и алюминиевых сплавов и бронз	Хлористый натрий	Сорт «Экстра» $99,2\% \text{NaCl}$	При плавке магниевых и алюминиевых сплавов и для модифицирования силумина
Хлористый магний	2-й сорт $\geq 94\%$ $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ $\geq 46\% \text{Mg} \cdot \text{Cl}_2$	При плавке магниевых сплавов	Фтористый калий	Высший сорт $98\% \text{NaCl}$	
Хлористый кальций	$67\% \text{CaCl}_2$	При плавке магниевых и алюминиевых сплавов и бронз в качестве присадок при плавке кальциевых баббитов	Фтористый натрий	1-й сорт $97,5\% \text{NaCl}$	
Хлористый марганец	$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O} \geq 99\%$	При изготовлении магниевомарганцовистых лигатур	Криолит	2-й сорт $96,5\% \text{NaCl}$	То же
Хлористый цинк	Сорт жидкий $\geq 20\% \text{Zn}$ Сорт твердый $\geq 41\% \text{Zn}$	Для рафинирования алюминия и его сплавов, баббитов и оловянистых полуд		$\sim 98\% \text{KF}$	При изготовлении алюминиево-титановых лигатур
Хлористый калий	Содержание KCl не менее $98,8\%$	При плавке магниевых и алюминиевых сплавов и бронз	Фтористые присадки	1-й сорт $53\% \text{F}$, $12,8\% \text{Al}$, $31,3\% \text{Na}$	Для рафинирования алюминия, его сплавов и баббитов
			Апатито-нефелиновая руда	2-й сорт $51\% \text{F}$, $14,3\% \text{Al}$, $31\% \text{Na}$	При выплавке медных сплавов
				3-й сорт $42\% \text{F}$, $11,0\% \text{Al}$, Na не маркируется	
				$61,5\% \text{F}$, $23-25\% \text{NH}_4$	

Таблица 24

Чушковые цветные металлы

Наименование металла	Стандарт	Марка	Химический состав в %	Маркировка	Назначение
Алюминий первичный	ГОСТ 3549-47	AB1	$\text{Al} \geq 99,9$ $\text{Fe} \leq 0,060$ $\text{Si} \leq 0,060$ $\text{Fe} + \text{Si} \leq 0,095$ $\text{Cu} \leq 0,005$ Всего примесей $0,10$	Одна голубая полоса	Для химической аппаратуры и для специальных целей
		AB2	$\text{Al} \geq 99,85$ $\text{Fe} \leq 0,10$ $\text{Si} \leq 0,080$ $\text{Fe} + \text{Si} \leq 0,142$ $\text{Cu} \leq 0,008$ Всего примесей $0,15$	Две голубые полосы	Для специальных сплавов
		A00	$\text{Al} \geq 99,7$ $\text{Fe} \leq 0,16$ $\text{Si} \leq 0,16$ $\text{Fe} + \text{Si} \leq 0,26$ $\text{Cu} \leq 0,01$ Всего примесей $0,30$	Одна белая полоса	Для высококачественных сплавов
		A0	$\text{Al} \geq 99,6$ $\text{Fe} \leq 0,25$ $\text{Si} \leq 0,20$ $\text{Fe} + \text{Si} \leq 0,36$ $\text{Cu} \leq 0,01$ Всего примесей $0,40$	Одна белая полоса	То же
		A1	$\text{Al} \geq 99,5$ $\text{Fe} \leq 0,30$ $\text{Si} \leq 0,30$ $\text{Fe} + \text{Si} \leq 0,45$ $\text{Cu} \leq 0,015$ Всего примесей $\leq 0,50$	Одна красная полоса	»
		A2	$\text{Al} \geq 99,0$ $\text{Fe} \leq 0,50$ $\text{Si} \leq 0,50$ $\text{Fe} + \text{Si} \leq 0,90$ $\text{Cu} \leq 0,02$ Всего примесей $\leq 1,0$	Две красные полосы	Для обычных литейных сплавов
		A3	$\text{Al} \geq 98,0$ $\text{Fe} \leq 1,10$ $\text{Si} \leq 1,0$ $\text{Fe} + \text{Si} \leq 1,8$ $\text{Cu} \leq 0,03$ Всего примесей $2,0$	Три красные полосы	Для ответственных сплавов и для раскисления сталей и чугунов
			Меди не менее $99,95$ Всего примесей не более $0,05$	—	Для сплавов высокой чистоты
Медь	ГОСТ 859-41	M0			

Продолжение табл. 24

Наименование металла	Стандарт	Марка	Химический состав в %	Маркировка	Назначение
Медь		M1	Медь не менее 99,9 Всего примесей не более 0,1	Одна белая полоса	Для высококачественных цветных сплавов
		M2	Медь не менее 99,7 Всего примесей не более 0,3	Одна синяя полоса	Для оловянистых бронз
		M3	Медь не менее 99,5 Всего примесей не более 0,5	То же	Для литейных бронз неответственного назначения
		M4	Медь не менее 99 Всего примесей не более 1	—	—
Никель	ГОСТ 349-41	N1	Никеля не менее 99,5 В том числе кобальта (Co) не более 0,6	—	Для высококачественных и цветных сплавов
		N2	Никеля не менее 98,9 В том числе кобальта (Co) не более 1	—	Для высококачественных легированных сталей
		N3	Никеля не менее 98,5 В том числе кобальта (Co) не более 1	—	Для нормальных легированных сталей
		N4	Никеля не менее 97,5 В том числе кобальта (Co) не более 1	—	То же
Олово	ГОСТ 860-41	O1	Олова не менее 99,9 Всего примесей не более 1	—	Для высококачественных бронз и припоев
		O2	Олова не менее 99,56	—	Для баббитов Б83 и стандартных бронз и припоев
		O3	» » » 98,35	—	Для баббитов Б15, Б10, сплавов с 5% олова и припоев
		O4	» » » 96,25	—	Для малоответственных сплавов и припоев
Свинец	ГОСТ 3778-47	CB	Свинца не менее 99,992	—	Для особо ответственных отливок и сплавов для аккумуляторов
		CO	Свинца не менее 99,99	—	Для кислотоупорных сплавов
		C1	» » » 99,98	—	
		C2	» » » 99,95	—	
		C3	» » » 99,9	—	Для литейных сплавов
		C4	» » » 99,5	—	Для малоответственных сплавов
Алюминий (вторичный)	ГОСТ 295-47	AЧ1	Al > 96,5 Всего примесей < 3,5	Одна зеленая полоса	Для раскисления сталей, чугуна, для литья
		AЧ2Ф	Al > 92 Всего примесей < 8	Две зеленые полосы	Для алюминотермии (производство ферритита, металлического марганца)
		AЧ2	Al > 91 Всего примесей < 9	Две зеленые полосы и одна черная полоса	Для раскисления сталей и специальных чугунов для производства термита
		AЧ3	Al > 87 Всего примесей < 13	Три зеленые полосы	Для раскисления сталей и чугуна, для термитных смесей для подшифровки алюминиевых сплавов
Магний	ГОСТ 804-49	Mr1	Магния не менее 99,9 Всего примесей не более 0,9	—	Для ответственных сплавов
		Mr2	Магния не менее 99,85 Всего примесей не более 0,15	—	Для обычных сплавов
Марганец металлургический	ОСТ НКТП 2948-1937	Mr1	Марганца не менее 96,0 Всего примесей не более 4	—	Для сплавов «манганни»
		Mr2	Марганца не менее 93,0 Всего примесей не более 7	—	Для алюминиево-марганцевых бронз и латуней
		Mr3	Марганца не менее 90,0 Всего примесей не более 10	—	То же
		Mr4	Марганца не менее 88 Всего примесей не более 12	—	Для алюминиевых деформируемых и литейных сплавов

Продолжение табл. 24

Наименование металла	Стандарт	Марка	Химический состав в %	Маркировка	Назначение
Цинк	ГОСТ 3640-47	ЦВ	Цинка не менее 99,99	Одна чёрная полоса	Для литья под давлением
		Ц0	» » » 99,96	Две красные полосы	То же
		Ц1	» » » 99,94	Одна красная полоса	»
		Ц2	» » » 99,9	Одна зелёная полоса	Для качественных латуней
		Ц3	» » » 98,7	Одна жёлтая полоса	Для типографских сплавов
		Ц4	» » » 97,5	Одна синяя полоса	Для обычных латуней антифрикционных сплавов и припоев
Кремний кристаллический	ГОСТ 2169-43	Кр0	Кремния не менее 99,0	Одна красная полоса	Для высококачественных алюминиевых и медных сплавов
		Кр1	» » » 98,0	Одна белая полоса	Для силуминов и алюминиевокремнистых сплавов
		Кр2	» » » 97,0	Одна синяя полоса	Для обычных литейных алюминиевых сплавов
		Кр3	» » » 95,5	Одна чёрная полоса	Для силикотермических процессов
Бериллий металлический	ТУ Главредмета НКЦМ	Бер-1	Бериллия не менее 96,0	—	Для экспериментальных сплавов
		Бер-2	» » » 92,0	—	Для медно-бериллиевых лигатур
		Бер-3	» » » 88,0	—	Для алюминиево-бериллиевых лигатур
Висмут	ТУ Главредмета НКЦМ № 5а-40	Ви-1	Висмута не менее 99,5	—	Для химически стойких сплавов
		Ви-2	» » » 96,0	—	Для литейных сплавов
Кадмий	ГОСТ 1467-42	Кд0	Кадмия не менее 99,95	—	Для анодов
		Кд1	» » » 99,9	—	Для сплавов аккумуляторов
		Кд2	» » » 99,79	—	Для баббитов, припоев и различных кадмиевых сплавов
		Кд3	» » » 99,38	—	Для сплавов аккумуляторов
Сурьма	ГОСТ 1089-41	Су0	Сурьма и свинец в сумме не менее 99,85 В том числе свинца 0,7	—	Для типографских сплавов
		Су1	Сурьма и свинец в сумме не менее 99,65 В том числе свинца 1	—	Для баббитов высокоооловянистых
		Су2	Сурьма не менее 99,5 В том числе свинца 2	—	Для низкоооловянистых баббитов
		Су3	Сурьма не менее 99,4 В том числе свинца 0,4	—	Для малоответственных сплавов
		Су4	Сурьма не менее 98,8 В том числе свинца 0,8	—	

Таблица 25

Бронзы оловянные вторичные в чушках
(ГОСТ 614-50)

Марка	Химический состав в %										Шихтовый материал для бронзы марки
	основные компоненты					примеси					
	олово	цинк	свинец	никель	медь	сурьма	железо	алюминий	кремний	всего примесей	
Бр ОЦСН 3-8-4-1	2,5—4,5	7,0—10,0	3,0—6,0	0,5—1,5	—	0,5	0,40	0,02	0,02	1,1	Бр ОЦСН 3-7-5-1
Бр ОПС 3-13-4	2,0—4,0	10,0—16,0	3,0—6,0	—	—	0,5	0,40	0,02	0,02	1,1	Бр ОПС 3-12-5
Бр ОПС 5-6-5	4,0—6,0	4,5—7,0	4,0—6,0	—	Остальное	0,5	0,40	0,05	0,05	1,1	Бр ОПС 5-5-5 и Бр ОПС 4-4-17
Бр ОПС 6-7-3	5,0—7,0	6,0—9,0	2,0—4,0	—	—	0,05	0,40	0,05	0,0	1,1	Бр ОПС 6-6-3
Бр ОПС 4-8-5	3,5—5,0	6,5—10,0	4,0—6,0	—	—	0,5	0,40	0,05	0,05	1,1	Бр ОПС 3,5-6-5

Бронзы оловянные вторичные литейные
(ГОСТ 613-50)

Марка	Химический состав в %										Вид литья	Механические свойства			Примерное назначение
	основные компоненты					примеси						предел прочности при растя- жении в кг/мм²	относи- тельное удлине- ние в %	Твердость по Бринеллю	
	олово	цинк	свинец	никель	медь	сурьма	железо	алюминий	кремний	всего примесей					
Бр ОЦСН 3-7-5-1	2,5—4,5	6,0—9,5	3,0—6,0	0,5—1,5		0,5	0,4	0,02	0,02	1,3	{ В землю { В кокиль	18 21	8 5	60 60	Арматура, работа- ющая в условиях морской и пресной воды, а также пара и давления до 25 кг/см²
Бр ОЦС 3-12-5	2,0—4,0	3,0—15,0	3,0—6,0	—		0,5	0,4	0,02	0,02	1,3	{ В землю { В кокиль	18 21	8 5	60 60	Арматура, работа- ющая в условиях пресной воды и пара и давления до 25 кг/см²
Бр ОЦС 5-5-5	4,0—6,0	4,0—6,0	4,0—6,0	—	О	0,5	0,4	0,05	0,05	1,3	{ В землю { В кокиль	15 18	6 4	60 60	Антифрикционные детали
Бр ОЦС 4-4-17	3,5—5,5	2,0—6,0	14,0—20,0	—		0,5	0,4	0,05	0,05	1,3	В землю	15	5	60	То же
Бр ОЦС 3,5-6-5	3,0—4,5	5,0—7,0	4,0—6,0	—		0,5	0,4	0,05	0,05	1,3	{ В землю { В кокиль	15 18	6 4	60 60	Детали для трак- торов
Бр ОЦС 6-6-3	5,0—7,0	5,0—7,0	2,0—4,0	—		0,5	0,4	0,05	0,05	1,3	{ В землю { В кокиль	15 18	6 4	60 60	Антифрикционные детали

Таблица 27

Бронзы и латуни (специальные)

Марка	Химический состав в % (ГОСТ 1019-47 и 493-41)									Вид литья	Предел прочности при растяжении в кг/мм ²	Относительное удлинение в %	Твёрдость по Бринеллю	Примерное назначение
	медь ¹	алюминий	железо	марганец	свинец	цинк	олово	кремний	сурьма					
ЛАЗМц 66-6-3-2	64—68	с—7	2—4	1,5—2,5	1,0	Остальное	1,0	—	0,1	Кокиль	65	7	160—200	Машино-строительное литьё
ЛМцС 8-22	57—60	1,0	0,8	1,5—2,5	1,5—2,5	Остальное	0,5	—	0,1	} Песок Кокиль Песок Песок	60	7	160—200	То же
ЛКС 80-3-3	79—81	—	—	—	2,4—0	—	—	2,5—4,5	—		35	8	70—90	Для арматуры и деталей, работающих на трение
											25	10	70—90	
Бр АЖ9-4	стальное	8—10	2—4	—	—	—	—	—	—	} Кокиль Кокиль — Песок Кокиль Песок Кокиль	30	15	90—100	Машино-строительное литьё
Бр АЖМц 1-3-1,5	То же	9—11	2—4	1—2	—	—	—	—	—		50	10	120	
Бр КМц-3-3	»	—	—	1—1,5	—	—	—	2,75—3,5	—		55	12	110	
											40	10	110	Для арматуры и деталей, работающих на трение
											40	10	110	
											35	25	90	

Таблица 28

Силумин в чушках
(ГОСТ 1521-50)

Марка	Химический состав в %							Назначение
	Основные элементы		Примесей не более					
	Al	Si	Fe	Cu+Zn	Ca	Mg	Ti	
Сил-0	Остальное	10,0—13,0	0,35	0,15	0,10	0,1	0,1	Для специальных литейных сплавов и для сплавов А14 при отливке деталей в землю. Для изготовления литейных сплавов для деталей, отливаемых в землю и кокиль. Алюминиево-магнелиевые сплавы обычного назначения
Сил-1	То же	10,0—13,0	0,50	0,15	0,10	0,5	0,15	
Сил-2	»	10,0—13,0	0,70	0,20	0,20	0,05	0,20	

Таблица 29

Алюминиевые лигатуры

Наименование лигатуры	Марка	Химический состав в %										Температура плавления в °С
		кремний	медь	магний	марганец	бериллий	никель	железо	титан	хром	алюминий	
Алюминиево-кремнистая	АК-15	12—15	—	—	—	—	—	—	—	—	Остальное	620—660
Алюминиево-медная	АМ-50	—	40—55	—	—	—	—	—	—	—		570—600
Алюминиево-магнелиевая	АМ-10	—	—	9—11	—	—	—	—	—	—		560—640
Алюминиево-марганцовистая	АМ-10	—	—	—	9—11	—	—	—	—	—		770—830
Алюминиево-бериллиевая	АБ-2,5	—	—	—	—	2—3	—	—	—	—		600—660
Алюминиево-никелевая	АН-10	—	—	—	—	—	9—11	—	—	—		680—730
Алюминиево-железистая	АЖ-10	—	—	—	—	—	—	9—11	—	—		800—350
Алюминиево-титанистая	АТ-3	—	—	—	—	—	—	—	2—4	—		800—1000
Алюминиево-медно-никелевая	АМН-40—20	—	35—45	—	—	—	15—25	—	—	—		700—740
Алюминиево-медно-марганцевая	АММн-40—10	—	35—45	—	9—11	—	—	—	—	—		630—670

Таблица 30

Лигатуры медные

Наименование лигатур	Марка	Стандарт	Химический состав в %												Примерное назначение					
			Cu	Si	Mn	P	Mg	Zn	C	не более			Ni	PI		не более				
										As	Al	Fe				Sb	Cu	Bi	S	
Медно-кремниевая	МК-16	ОСТ НКТП 3135 То же	15—17	—	—	—	—	—	—	—	0,07	0,15	—	—	0,14	0,002	0,002	0,4	В качестве раскислителя для проволочковой меди Для сплавов литейных и обрабатываемых давлением То же	
То же	МК-25	»	24—26	—	—	—	—	—	—	—	0,1	0,25	—	—	0,2	0,002	0,002	0,5		
Медно-марганцовистая	ММ	»	≤0,05	25—30	≤0,002	—	—	—	0,002	—	0,3	—	—	—	0,6	—	—	0,002	1,5	
Медно-фосфористая	МФ	»	—	—	≥12,0	—	—	—	—	0,05	—	—	—	—	—	0,005	—	0,005	0,5	
Медно-марганцевая	МЕМАГ-10	ОСТ НКТП 4283	—	—	—	10—11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,10	0,10	—	0,3	Для раскисления и легирования сплавов из нескладных компонентов Для литейной латуни Для оловянно-цинковых сплавов
Медно-никелевая	МН-15	ГОСТ 1067-41 То же	—	2,5	—	—	—	3,0	—	—	1,0	12—18	≤1,0	1,5	0,1	1,5	—	—	6,6	
То же	МН-18	»	—	0,5	—	—	—	1,0	—	—	0,3	14—20	4—7	1,0	0,1	1,5	—	—	3,4	Для бронз Для алюминий-железо-никелевых бронз
»	МН-25	»	—	≤0,5	—	—	—	1,0	—	—	0,05	20—30	4—7	1,0	0,1	1,5	—	—	4,15	
»	МН-33	»	—	1,0	—	—	—	0,1	—	—	3,0	29—37	≤0,1	1,0	0,002	0,1	—	—	2,22	

РАСЧЁТ ВАГРАНОЧНОЙ ШИХТЫ

Основным элементом, по которому ведётся расчёт шихты ваграночной плавки, является кремний. Подобранный по кремнию шихту проверяют на марганец, серу, фосфор и углерод. Иногда одновременно рассчитывают на кремний и марганец или на кремний в сочетании с наиболее важным для данного вида отливки элементом.

Данными для расчёта шихты являются: требуемый химический состав отливки, химический состав шихтовых материалов (чугуна, лома и ферросплавов) и угар элементов при соответствующем режиме плавки. Для предварительных расчётов можно принять угар кремния 10—15%, марганца — 15—20%, хрома — 10—20%. Фосфор практически не выгорает. Количество серы увеличивается на 40—50%. Содержание углерода в ваграночном металле при обычных режимах плавки (без применения стали в шихте) приближается к эвтектическому (при этом следует учесть влияние кремния и фосфора на точку эвтектики).

Расчёт металлической шихты аналитическим методом. Составить шихту для чугунной отливки с содержанием 1,9% Si и 0,65% Mn из 3 сортов доменных чугунов и чугунного лома. Доменные чугуны содержат: 1) 2,1% Si и 0,92% Mn; 2) 2,3% Si и 0,95% Mn; 3) 2,2% Si и 0,8% Mn. Чугунный лом содержит в среднем 2,0% Si и 0,7% Mn. Шихта должна быть составлена из 60% доменного чугуна и 40% чугунного лома. Угар для кремния 10% и марганца — 20%.

Расчёт ведётся на 100 кг шихты. Учитывая принятые нормы угара, необходимо иметь в шихте:

$$\frac{1,9 \cdot 100}{100 - 10} = 2,1 \text{ кг кремния}$$

и

$$\frac{0,65 \cdot 100}{100 - 20} = 0,8 \text{ кг марганца.}$$

Количества каждого из 3 сортов доменного чугуна определяются из следующей системы уравнений:

$$X + Y + Z = 60; \quad (1)$$

$$2,1 X + 2,3 Y + 2,2 Z + 40 \cdot 2,0 = 100 \cdot 2,1; \quad (2)$$

$$0,9 X + 0,95 Y + 0,8 Z + 40 \cdot 0,7 = 100 \cdot 0,8, \quad (3)$$

где X, Y и Z — весовые количества в кг входящих в шихту 3 сорта доменных чугунов.

Решение приведённой системы даёт X=28, Y=8 и Z=24. Таким образом, шихта с заданным содержанием компонентов (Si + Mn) должна быть составлена из 28% доменного чугуна 1-го сорта, 8%—2-го сорта, 24%—3-го сорта и 40% чугунного лома.

Практический метод подбора металлической шихты. Подобрать шихту (табл. 35) для чугунной отливки с содержанием 3,1% C; 2,36% Si; 0,85% Mn; 0,18% P и 0,11% S из 3 сортов литейных коксовых чугунов (45% от веса шихты), обратного лома чугуна (35%), стального лома (16%) и специальных присадок (ферросплавов).

Таблица 31
Средние типовые шихты бронзового литья для промышленных предприятий Министрства путей сообщения

Наименование литья	Средний типовой состав шихты в %																
	Технико-экономические показатели в % к металлозавалке				свежие металлы					лом, стружка и литники (возврат)							
	выход готового литья (в черне)	литейный возврат (отходы)	возвратные потери (в том числе усад)	цинк	свинец	медь			всего лома	в том числе							
						всего	в фосфористой	никель		процент	марка	всего свежего металла	лом и стружка	литники	марка бронзы	лом и стружка	марка бронзы
Бронза ОЦС 3-12-5																	
(Запасные части подвижного состава, машин и пароводяная арматура)																	
Средняя типовая шихта	63	27	5	3,6	—	1	1	—	23,6	Бр. ОЦС 3-13-4	28,2	71,8	44,8	27	Бр. ОЦС 3-12-5	—	—
В том числе:																	
для заводов ЦУМЗ	68	27	5	3,6	—	1	1	—	40	3-13-4	44,6	55,4	28,4	27	3-12-5	—	—
для заводов ЦТР и ЦВР	68	27	5	3,6	—	1	1	—	20	3-13-4	24,6	75,4	48,4	27	3-12-5	—	—
Бронза ОЦС 5-5-5																	
(Детали подвижного состава и машин: подшипники, вкладыши, наливники, шайбы и прочее машинное литье)																	
Средняя типовая шихта	78,5	17,5	4	1,2	0,25	1	1	—	27,35	Бр. ОЦС 5-6-5	29,8	70,2	52,7	17,5	Бр. ОЦС 5-5-5	—	—
В том числе:																	
для заводов	80	16	4	1,2	0,35	1	1	—	30,41	5-6-5	32,96	67,04	51,04	16	5-5-5	—	Бр. СН 60-2,5
для депо	80	16	4	1,2	—	1	1	—	15,35	5-6-5	17,55	82,45	65,95	16	5-5-5	0,5	—
для арматурки вагонных подшипников	65	31	4	1,2	—	1	1	—	32,8	5-6-5	35	65	34	31	5-5-5	—	Бр. СН 60-2,5
для электродов	65	31	4	1,2	—	1	1	—	23,8	5-6-5	32	68	35	31	5-5-5	2	—
Бронза ОЦС 4-4-17																	
Плавающие втулки паровозов	80	16	4	1	4	1,2	1,2	—	22,8	Бр. ОЦС 5-6-5	29	71	51	16	Бр. ОЦС 4-4-17	4	Бр. СН 60-2,5
Бронза СН60-2,5																	
Уплотняющие кольца сальников паровозов	78	13	9	—	33	16	1,2	1	—	—	50	50	37	13	Бр. СН 6-2,5	—	—
Бронза ОЦСНЗ-7-5-1																	
Тепловозные запасные части	68	28	4	1	1,5	1	1	—	68,5	Бр. ОЦСН 3-8-4-1	72	28	—	28	Бр. ОЦСН 3-7-5-1	—	—

Примечания. 1. Данные типовые шихты являются средними нормами расхода цветных металлов в металлозавалке.

2. Отнесение запасных частей подвижного состава и деталей машин к соответствующим маркам бронзы производится на основании альбомных чертежей или другой технической документации

Примечания. 1. Данные типовые шихты являются средними нормами расхода цветных металлов в металлозавалке.
2. Отнесение запасных частей подвижного состава и деталей машин к соответствующим маркам бронзы производится на основании альбомных чертежей или другой технической документации

Таблица 32
Средние типовые шихты на чугуны для промышленности предприятий Министерства путей сообщения

Наименование литья	Технико-экономические показатели в % к металлу завалке			Средний типовой состав шихты в %							лом чугуны	
	выход годного (вчерне)	литейный возврат (отходы)	безвозвратные потери (в том числе угар)	чугунный литейный	чугун переплавный	ферросилицистый	ферросилицистый 75 %-ный	магний	феррофосфор	лом стальной	в том числе литейный	всего
Машинные литья разные:												
вагонные буксы, башмаки, подшипники, детали турбогенераторов и др.	70	24	6	47	—	0,6	2	—	—	5	45,1	24
машинное литье повышенного качества (цилиндровое)	70	24	6	45	—	2	2	—	—	15	36	24
Вагонные и тендерные тормозные колодки:												
для заводов	80	14	6	28	11,5	1	0,8	—	—	10	48,7	14
для депо	80	14	6	25	11,5	1	0,8	—	—	10	51,7	14
Колосники и прочее необрабатываемое литье	74	20	6	28	10	—	1	—	—	10	51	20
Паровозные унифицированные тормозные колодки	80	14	6	28	10	3	—	—	—	10	49	14
Трубы водопроводные и части к ним	70	24	6	40	10	—	1	—	—	—	49	24
Литье радиаторное, ребристые вагонные печи и детали СЦБ (тонкостенные)	66	28	6	45	—	—	2	—	1	—	52	28
Трубы канализационные и части к ним	70	24	6	45	—	—	1	—	1	—	53	24
Чугун модифицированный	68	26	6	30	15	3	—	—	—	25,2	26	26
Чугун сверхпрочный	55	39	6	49,5**	—	—	10	0,8	—	—	39	39
Чугун ковкий	50	40	10**	18	10**	—	2	—	—	30	40	40
Чугун листовой	50	40	10**	58	20***	—	2	—	—	20	—	—
Чугун антифрикционный (сальниковые кольца паровозов и другие детали)	70	24	6	45***	—	1	2	—	—	15	37	24

* Ферросилиций 75 %-ный для модифицированного чугуна может быть заменён силикокальцием в том же количестве.

** Для отливки деталей из сверхпрочного, ковкого чугуна и чугуна листа применять чугун марок КК, КД1 или литейный чугун с ограничением по фосфору, сере и марганцу.

*** С учетом потерь металла при отжиге листа в печи.

**** В том числе 30% халидовского (природно-легированного) чугуна.

Средние типовые шихты на стальное литье для промышленных предприятий Министерства путей сообщения

Наименование литья	Технико-экономические показатели в % к металл. дозавалке				Среднетиповой состав металлической шихты в %						
	выход годового (вчерне)	литейный возврат (отходы)	безвозвратные потери (в том числе угар)	Чугун перешедший	Чугун закарбонизированный	лом стальной		ферросилиций 45%-ный	ферромаганец 45%-ный	ферромарганец электропечной	алюминий
						всего	в том числе литники и скрап				
Мартеновское фасонное углеродистое литье:											
для заводов ЦТР	61	32,0	7,0	35	—	62,2	32,0	1	0,9	—	0,1
для заводов ЦУМЗ	66	27,0	7,0	35	—	62,2	27,0	1	0,9	—	0,1
Мартеновское фасонное литье:											
среднемарганцовистое	65	28,0	7,0	40	0,5	55,0	28,0	1	0,9	—	0,1
высокомарганцовистое	63	29,0	8,0	30	0,5	50,0	29,0	1	1,0	2,5	0,15
Мартеновские слитки (болванка)	66	8	6,0	35	0,5	11,6	8	1	0,9	—	0,1
Электрофасонное углеродистое литье:											
для заводов ЦТР и ЦВР	62	33	5,0	3,5	—	94,7	33	—	0,8	—	0,1
для заводов ЦУМЗ	66	29	5,0	3,5	—	94,7	29	—	0,8	—	0,1
Электрофасонное литье:											
среднемарганцовистое	65	30	5,0	3,5	—	92,9	30	—	1	2,6	0,1
высокомарганцовистое	63	31	6,0	3,5	—	7,0	31	—	1,5	2,5	0,45
Бессемеровское фасонное литье	53	30	17,0	49,3	1,0	40,3	30	6,0	2	—	0,1

Примечания. 1. В шихту мартеновской печи давать светлую стальную стружку в количестве 5—8%.

2. При производстве бессемеровского фасонного литья для обескислороживания чугуна предусмотреть норму расхода кальцинированной соды в количестве 1,0% или отходов металлического магния в количестве 0,5% к металл. дозавалке.

3. Выпуск мартеновского высокомарганцовистого литья предусмотрен только на Нижнеднепровском стрелочном заводе Главного управления заездами железнодорожного машиностроения.

Таблица 34
Средние типовые шихты латунного и алюминиевого литья для промышленных предприятий Министерства путей сообщения

Наименование литья	Средний типовой состав в %															
	Технико-экономические показатели в % к металлозавалке			свежие металлы												
	выход годного (в черне)	литейный возврат (отход)	безвозвратные потери (в том числе утар)	свинец	цинк	медь	кремний-красный	марганец	никель	магний	чушковая латунь		алюминий		вторичные металлы	
											процент	марка	процент	марка	процент	марка
Латунное литье																
Латунь ЛК 80-3Л	70	24	6	—	2	2	—	—	—	—	57	ЛК	—	—	39	ЛК-80-3У
Латунь ЛС-59-1Л	65	27	8	0,5	2	—	—	—	—	—	57	ЛС	—	—	40,5	ЛС-59-1У
Латунь ЛМЦС 58-2-2	65	29	6	—	—	—	—	—	—	—	35	ЛМЦС	—	—	65	ЛМЦС 58-2-2
Алюминиевое литье																
Алюминиевый сплав ПС-12	45	48	7	—	0,7*	1	2	0,45	2,5	0,85	—	—	—	—	44,5	СИЛ-1 ГОСТ 1521-50
Алюминиевый сплав А-1 (ГОСТ 3549-47)	85	10	5	—	0,1*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	89,9	А-1 ГОСТ 3549-47
Алюминиевый сплав АЛ-2 (ГОСТ 2685-44): для новых машин и изделий	65	30	5	—	0,1*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	60	АЛ-20 ГОСТ 1583-47
Алюминиевый сплав АЛ-2 для деталей при ремонте	65	30	5	—	0,1*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	40	То же
Алюминиевый сплав АЛ-6 (ГОСТ 2685-44)	60	35	5	—	0,1*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	64,9	АЛ-24 ГОСТ 1583-47
Алюминиевый сплав АЛ-7 (ГОСТ 2685-44)	70	25	5	—	0,1*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	50	АЛ-26 ГОСТ 1583-47
Алюминиевая бронза АЖ9-4 (ГОСТ 493-48)	65	29	6	—	—	1**	—	—	—	—	70	Бр. В-АЖ	—	—	29	АЖ-9-4

Примечания. 1. При отсутствии лома для марки ЛМЦС 58-2-2 таковой должен быть заменён чушковой латунью марки ЛМЦС по ГОСТ 1020-48.

2. Отнесение запасных частей подвижного состава и деталей машин к соответствующим маркам латунного и алюминиевого литья производится на основании альбомных чертежей или другой технической документации.

Примечания. 1. При отсутствии лома для марки ЛМцС 58-2-2 таковой должен быть заменён чушковой латуниевой марки ЛМцС по ГОСТ 1020-48.
2. Отнесение запасных частей подвижного состава и деталей машин к соответствующим маркам латунного и алюминиевого литья производится на основании альбомных чертежей или другой технической документации.

* Хлористый цинк.

** Медь фосфористая.

Содержание элементов в каждой из входящих в шихту составляющих указано в табл. 35. Угар для кремния 12% и марганца — 20%, пригар для углерода 10% и серы — 50%, фосфор не выгорает.

Учитывая принятые нормы угара и пригара, определяем, сколько в 100 кг шихты должно содержаться каждого из элементов:

$$\frac{3,1 \cdot 100}{100 + 10} = 2,8 \text{ кг углерода};$$

$$\frac{2,36 \cdot 100}{100 - 12} = 2,7 \text{ кг кремния};$$

$$\frac{0,85 \cdot 100}{100 - 20} = 1,06 \text{ кг марганца};$$

$$\frac{0,11 \cdot 100}{100 + 50} = 0,07 \text{ кг серы}.$$

Имеем в шихте элементов (см. табл. 35) на 100 кг шихты: углерода 2,65 кг, кремния 2,45, марганца 0,76 и серы 0,024.

Недостающее количество кремния (0,25 кг) и марганца (0,30 кг) восполняется вводом в состав шихты специальных присадок: ферросилиция с содержанием 12% Si в коли-

честве 2,5 кг и ферромарганца с содержанием 14% Mn в количестве 2,5 кг.

Расчёт шихты пламенной печи (отражательной). При применении пламенной печи в среднем угар элементов следует принимать в пределах: для углерода при нормальной работе печи от 20 до 15%, для кремния от 20 до 35% и для марганца от 40 до 60%. Сера и фосфор практически не выгорают.

Пример подбора шихты чугуна, получаемого в отражательной печи, дан в табл. 36.

Прежде всего подбирается штыковой чугун. Для данного примера в шихту штыкового чугуна идёт 53%.

Следующим материалом для загрузки является возврат своего производства: литник, брак, скрап и т. д., допускаемый в шихту отражательных печей в количестве до 50%. В данном примере взяты 45% возврата. Кроме перечисленных материалов, в загрузку идёт также железный лом. Количество лома, загружаемого в печь, обычно не превышает 10%. В данном расчёте взято 2% железных обрезков.

В графах 4, 6, 8, 10 и 11 табл. 36 проставлено процентное содержание кремния, мар-

Пример подбора шихты вагранки

Таблица 35

Исходные материалы	% к весу шихты	Углерод		Кремний		Марганец		Фосфор		Сера	
		%	вес в кг×100	%	вес в кг×100	%	вес в кг×100	%	вес в кг×100	%	вес в кг×100
Чугун литейный коксовый:											
марки ЛК-00	15	3,6	54	4,0	60,0	1,0	15,0	0,15	2,25	0,03	0,45
" же ЛК-0	15	3,6	54	3,5	52,5	0,8	12	0,20	3,0	0,03	0,45
" ЛК-1	15	3,6	54	3,00	45,7	0,8	12	0,30	4,5	0,03	0,45
Оборотный лом чугуна	35	2,8	93	2,36	83,0	0,85	29,8	0,18	6,3	0,13	4,60
Стальной лом	16	0,3	5	0,3	4,8	0,5	8,0	0,04	0,64	0,03	0,48
Ферросилиций доменный Сп-10	2	3,5	7	12	24,0	1,0	2,0	0,15	0,30	0,04	0,08
Зеркальный чугун ЗЧ-3	2	4,0	8	0,5	1,0	14,0	28,0	0,18	0,36	0,03	0,06
Всего в шихте в %	100	—	2,80	—	2,70	—	1,06	—	0,18	—	0,07
Угар и пригар в %	—	+10	0,2	—12	0,34	—20	0,21	—	—	+50	0,035
Всего в лите по расчёту в %	—	—	3,10	—	2,36	—	0,85	—	0,18	—	0,105

Таблица 36

Пример подбора шихты пламенной печи

Наименование чугуна	Марка	Завалка в %	Кремний		Марганец		Фосфор		Сера		Углерод	
			%	кг×100	%	кг×100	%	кг×100	%	кг×100	%	кг×100
Чугун литейный коксовый II категории	ЛК-1	3	3,25	9,75	0,60	1,80	0,10	0,30	0,03	0,09	—	—
То же	ЛК-2	10	2,75	27,50	0,60	6,00	0,10	1,00	0,04	0,40	—	—
»	ЛК-3	10	2,25	22,50	0,60	6,00	0,10	1,00	0,04	0,40	—	—
»	ЛК-4	10	1,75	17,50	0,60	6,00	0,10	1,00	0,05	0,50	3,6	190,80
Чугун литейный коксовый I категории	ЛК-3	6	2,25	13,50	0,80	4,80	0,10	0,60	0,03	0,18	—	—
То же	ЛК-4	10	1,75	17,50	0,8	8,00	0,10	1,00	0,04	0,40	—	—
Чугун литейный специальный	КД-2	4	0,50	2,00	0,25	1,00	0,12	0,48	0,03	0,12	—	—
Брак и литник	—	45	1,10	5,60	0,25	11,50	0,12	5,52	0,03	1,35	2,45	110,20
Железные обрезки	—	2	0,20	0,40	0,30	0,60	0,04	0,08	0,03	0,06	0,3	0,6
Итого в шихте в %	—	100	—	1,60	—	0,47	—	0,11	—	0,035	—	3,02
Угар в %	—	—	—30	0,48	—40	0,19	—	—	—	—20	—	0,60
Анализ металла к разливке по расчёту в %	—	—	—	1,12	—	0,28	—	0,11	—	0,035	—	2,42

ганца, фосфора, серы и углерода для каждого сорта чугуна в металлической завалке. В графах 5, 7, 9 и 12 даны соответствующие количества этих элементов в пересчёте на килограммы. Так же заполнены все графы по остальным элементам. По горизонтальной линии в графе «Итого» в шихте проставлены в процентах количества каждого элемента, входящего в металлическую завалку.

За вычетом угара получается задаваемый анализ плавки.

Нередко при составлении шихты заданный химический анализ не может быть получен подбором соответствующих сортов штыкового чугуна. Тогда возможно добиться необходимого анализа добавкой в чугун специальных присадок. В этом случае присадка вводится в шихту и подсчитывается вместе с остальными элементами. Добавки следует давать строго по расчёту, так как только таким путём можно обеспечить необходимый состав. Таким же способом ведётся подбор шихты и для высококачественного перлитного чугуна. Содержание каждого элемента даётся в зависимости от требований, предъявляемых к металлу.

РАСЧЁТ ШИХТЫ ДЛЯ ЦВЕТНОГО ЛИТЯ

Все встречающиеся случаи расчёта шихты можно подразделить на четыре группы: 1) расчёт шихты из свежих металлов; 2) из ломов и вторичных металлов совместно со свежими; 3) с применением лигатур; 4) из одних ломов и вторичных металлов.

Расчёт шихты при составлении сплава из свежих металлов. Предположим, что нам нужно рассчитать 250 кг шихты бронзы, которая должна иметь 88% меди, 10% олова и 2% цинка. Достаточно определить количество только двух металлов — цинка и меди; количество третьего металла находят как разность.

Цинк определяется из соотношения: 250 кг — 100%, X — 2%, откуда

$$X = \frac{250 \cdot 2}{100} = 5 \text{ кг.}$$

Точно так же вычисляется количество меди, — оно составит 220 кг. Количество олова определяют вычитанием из общего веса шихты, веса меди и цинка:

$$250 - 5 - 220 = 25 \text{ кг.}$$

Необходимо сделать поправку на угар цинка и олова, который соответственно равен 4 и 1,5%.

Рассчитанные 5 кг цинка должны содержаться в уже отлитом металле, т. е. после угара. Но фактически после угара осталось 96% цинка. Следовательно, для загрузки в печь требуется 5,2% кг цинка. Такой же расчёт применительно к олову даёт 25,4 кг.

Таким образом, для получения 250 кг жидкого металла требуемого состава необходимо ввести в шихту меди 220 кг, олова 25,4 кг и цинка 5,2 кг.

Расчёт шихты при составлении сплава из ломов и вторичных металлов совместно со свежими. Шихту гораздо чаще составляют

из вторичных металлов (отходов своего завода, всевозможного лома и т. д.). При расчёте нужно определить, сколько следует добавить чистых металлов, чтобы получить определённое количество сплава требуемого состава.

Пример. Дается 120 кг томпака, состоящего из 95% меди и 5% цинка, и 300 кг латуни, которая содержит 67% меди и 33% цинка. Сколько нужно добавить чистых меди и цинка, чтобы получить 600 кг латуни с 62% меди и 38% цинка?

В 600 кг латуни должно содержаться 372 кг меди. Тогда цинка будет: $600 - 372 = 228 \text{ кг}$. В 120 кг томпака 6 кг цинка и 114 кг меди, а в 300 кг латуни — 99 кг цинка и 201 кг меди. Всего из отходов пойдёт в шихту (в кг): меди 315, в том числе 114 из томпака и 201 из латуни; цинка 105, в том числе из томпака 6 и латуни 99. Свежей меди требуется: $372 - 315 = 57 \text{ кг}$ и свежего цинка $228 - 105 = 123 \text{ кг}$. С поправкой на угар (примем его равным 3%) цинка должно быть не 228, а 235 кг. Так как избыток цинка, идущий на пополнение угара, должен войти в шихту в виде чистого металла, то нужно навесить чистого цинка $123 + 7 = 130 \text{ кг}$. Для составления 600 кг сплава требуемого состава необходимо дать в шихту свежих металлов: меди 57 кг, цинка 130 кг.

Из приведённых рассуждений видно, что расчёт шихты, составляемой из вторичных металлов совместно со свежими, распадается на три части: 1) определение веса каждого из металлов, входящего в сплав, при этом расчёт ведётся, как при составлении шихты из чистых металлов; 2) определение веса каждого из металлов, которые содержатся в отходах; 3) определение количества свежих металлов для добавления в шихту.

Подобным же образом ведётся расчёт для сплавов, состоящих из трёх и более металлов.

Расчёт шихты с применением лигатур. Этот расчёт является вариантом предыдущего.

Пример. Составить 90 кг сплава, состоящего из 5,0% сурьмы, 3% магния, 2,5% марганца и 89,5% алюминия. Марганец должен войти в сплав в виде лигатуры состава: 40% марганца и 60% алюминия, а остальное — свежие металлы.

Прежде всего надо определить, сколько в сплаве должно быть каждого металла. Расчёт с помощью пропорций даёт следующий результат: магния требуется 2,7 кг, марганца — 2,25 кг и сурьмы — 4,5 кг. Количество алюминия определяют по разности — 80,55 кг. Лигатуру нужно ввести в таком количестве, чтобы она содержала, а в себе как раз потребные 2,25 кг марганца. Но так как лигатура содержит только 40% марганца, то её необходимо дать в сплав 5,625 кг. Алюминия в лигатуре (за вычетом марганца) 3,375 кг. Тогда чистого алюминия нужно добавить 77,175 кг. Следовательно, чтобы получить сплав требуемого состава, надо взять без учёта угара: алюминия 77,175 кг, магния 2,7 кг, сурьмы 4,5 кг и лигатуры 5,625 кг.

Из примера видно, что расчёт шихты с применением лигатур распадается на четыре части: 1) определение веса каждого металла, входящего в сплав; 2) определение необходимого количества лигатур; 3) определение количества каждого металла, входящего в лигатуры и во вторичные металлы (последних может и не быть); 4) определение добавки каждого свежего металла.

После того как произведены эти расчёты, делают поправку на угар.

Расчёт шихты из вторичных металлов. Составление шихты из вторичных металлов имеет одну особенность, которая несколько изменяет порядок расчёта. Здесь нель-

за делать позднейшую поправку на угар, так как мы не можем ввести в сплав добавочного количества угоряемого металла в чистом виде: среди исходных материалов его нет. Если же ввести этот металл в состав какого-либо сплава, то в шихту будет добавлено некоторое количество другого металла, избыток которого в процессе плавки не удалится. В результате готовое изделие не будет иметь нужного состава.

В рассматриваемом случае, чтобы не пересчитывать шихту заново, необходимо сначала внести поправку на угар. Увеличивая согласно поправке количество одного из металлов, тем самым несколько изменяют весовые, а стало быть, и процентные соотношения в сплаве.

Пример. Надо составить 350 кг латуни с содержанием 68% меди и 32% цинка. В качестве исходных материалов даны два медно-цинковых сплава: 1) 85% меди и 15% цинка; 2) 62% меди и 38% цинка. Угар цинка равен 3%.

Определим, сколько в сплаве должно быть меди и цинка по весу, делаем ту же поправку на угар. Медь требуется 238 кг, цинка—112 кг, а с поправкой на угар—115,464 кг. Количество цинка, таким образом, увеличилось на 3,464 кг, соответственно увеличился вес всей шихты (353,464 кг). Только весовое количество меди осталось неизменным. Сле-

довательно, мы получили пример с новыми условиями. Его можно решить двумя способами.

Первый способ. Сначала надо узнать, сколько килограммов меди будет содержать шихта, если составить её только из первого сплава. В результате расчёта с помощью пропорций получаем 300,444 кг. Избыток меди составит $300,444 - 238 = 62,444$ кг. Далее определяем, на сколько уменьшится количество меди в шихте при замене 1 кг первого сплава 1 кг второго: $0,85 - 0,62 = 0,23$ кг. Затем находим, сколько килограммов первого сплава нужно заменить вторым, чтобы понизить содержание меди в шихте на величину её избытка: $62,444 : 0,23 = 271,5$ кг. Таким образом, первого сплава останется: $353,444 - 271,5 = 81,944$ кг.

Второй способ. Найденные весовые соотношения меди и цинка нужно перевести в процентные согласно первоначальным условиям задачи. Здесь удобно применить алгебраический метод.

Даны два сплава: 1) 75% меди и 25% никеля; 2) 50% меди и 50% никеля. Сколько нужно взять того и другого сплава, чтобы получить 80 кг нового сплава с содержанием 60% меди и 40% никеля?

Обозначим необходимое количество первого сплава через X , второго — через Y . Процентный состав каждого из них известен, так что из X кг первого сплава получим $0,75 X$ кг меди, а из Y кг второго — ещё $0,50 Y$ кг. Всего же в шихте должно содержаться меди $0,60 \cdot 80$ кг. Составляем уравнение: $0,75 X + 0,50 Y = 0,60 \cdot 80 = 48$ кг и на основании первоначальных условий—второе уравнение $X + Y = 80$. Совместным решением этих уравнений получаем, что $X=32$, $Y=48$. Следовательно, для составления 80 кг сплава требуемого состава необходимо дать 32 кг первого сплава и 48 кг второго.

КЛАССИФИКАЦИЯ, СВОЙСТВА И НАЗНАЧЕНИЕ ЛИТЕЙНЫХ СПЛАВОВ

КЛАССИФИКАЦИЯ, СВОЙСТВА И НАЗНАЧЕНИЕ ОТЛИВОК

Классификации чугуновых отливок. Отливки из серого чугуна, характеризующиеся наличием графита и отсутствием структурно-свободного цемента, делят на:

- 1) отливки специальные (с ферритной структурой);
- 2) отливки малой прочности (со смешанной ферритно-перлитной структурой);
- 3) отливки средней прочности (со смешанной ферритно-перлитной структурой);
- 4) отливки повышенной прочности (с перлитной структурой);
- 5) модифицированные чугуны;
- 6) высокопрочные чугуны (со сфероидальным графитом);
- 7) антифрикционные чугуны;
- 8) отливки из серого чугуна с мартенситной структурой;
- 9) отливки из серого чугуна с аустенитной структурой.

Отливки из белого чугуна, характеризующиеся наличием структурно-свободного цемента и отсутствием графита, бывают:

- 1) с перлитной структурой;
- 2) с мартенситной структурой.

Отливки из отбелённого чугуна, характеризующиеся наличием структурно-свободного цемента в местах, охлаждающихся с наибольшей скоростью, и графита в местах, охлаждающихся с наименьшей скоростью; они подразделяются на отливки:

- 1) с перлитной структурой;
- 2) с мартенситной структурой.

Отливки из ковкого чугуна (белого до отжига), характеризующиеся отсутствием свободного цемента и наличием графита (углерода отжига), бывают: с ферритной структурой — графитизированные (чёрносердечные),

с перлитной структурой — обезуглероженные (белосердечные) и с перлитной структурой — графитизированные.

Классификация стальных отливок. Различают отливки из стали: углеродистой, низколегированной, среднелегированной, высоколегированной, графитизированной.

Классификация цветных отливок. Эта группа отливок производится из сплавов: магниевых, алюминиевых, медных (оловянистые бронзы, специальные бронзы, латуни), цинковых и баббитов.

ОТЛИВКИ ИЗ СЕРОГО ЧУГУНА

Свойства отливок из серого чугуна определяются их структурой, зависящей от состава чугуна и скорости остывания отливки; на последний фактор влияют размеры и конструктивная форма отливок, условия заливки и технология формы. В связи с этим состав чугуна необходимо назначать применительно к толщине рабочего сечения отливки, определяющей скорость её остывания.

Таблица 37

Классификация отливок

Отливка		Форма
Статическая	В землю по сухому	Песчано-глинистая сухая
	В землю по сырому	Песчано-глинистая сырая
	В полупостоянные формы	Шамотовая
	В металлические формы	Металлическая
Центробежная		Песчано-глинистая или металлическая
Под давлением		Металлическая

Отливки классифицируют в зависимости от условий заливки и технологии формы.

Классификация отливок дана в табл. 37.

Механические качества отливок из серого чугуна в соответствии с действующим ГОСТ 1412-48 приведены в табл. 38.

Таблица 38

Механические качества отливок из серого чугуна

Марка чугуна	Предел прочности в кг/мм ² не менее			Стрела про- гиба в мм при расстоя- нии между опорами в мм		Н _В
	при рас- тажении	при из- гибе	при сжа- тии	600	300	
СЧ 00	Не испытываются					
СЧ 12-28	12	28	50	6	2	143÷229
СЧ 15-32	15	32	65	8	2,5	163÷229
СЧ 18-36	18	36	70	8	2,5	170÷229
СЧ 21-40	21	40	75	9	3	170÷241
СЧ 24-44	24	44	85	9	3	170÷241
СЧ 28-48	28	48	100	9	3	170÷241
СЧ 32-52	32	52	110	9	3	127÷248
СЧ 35-56	35	56	120	9	3	197÷248
СЧ 38-60	38	60	130	9	3	207÷262

Отливки из серого чугуна с ферритной структурой. Получение ферритной структуры в отливках обуславливается высоким содержанием кремния, замедленным охлаждением или массивностью деталей. Твёрдость (Н_В) таких чугунов не выше 140.

Механические свойства соответствуют марке чугуна СЧ 12-28, отливки обладают высокой магнитопроводностью.

Отливки малой прочности (ферритно-перлитная структура). Марки СЧ 00 и СЧ 12-28, относящиеся к чугунам с малой прочностью, предназначаются для изделий простой конфигурации, необрабатываемых или подвергаемых незначительной механической обработке (стойки и опоры, подкладки, грузы). Отливки бывают неоднородной и смешанной структуры, причём последняя имеет крупный пластинчатый графит. Литьё производится в сырые формы. Для железнодорожного транспорта из чугуна марки СЧ 12-28 отливают корпуса подшипников двухосных грузовых вагонов, башмаки тормозных колодок для двухосных вагонов и тендеров и другие детали.

Отливки средней прочности (ферритно-перлитная структура). Отливки ферритно-перлитного класса обладают очень хорошей обрабатываемостью. Сопротивление износу отливок этого класса, при прочих равных условиях, растёт с увеличением в структуре количества перлита. Химический состав отливок определяют с учётом хорошей заполнения формы и получения структуры без следов отбеливания на обрабатываемой поверхности. С уменьшением толщины стенок отливок содержание углерода, кремния и фосфора повышается, а содержание марганца и серы снижается.

Марка СЧ 15-32 — наиболее ходовая для отливок.

Шихтовка допускает множество вариантов с использованием любых сортов металла (чугу-

новых чугунов, скрапа, лома и т. п.). Контроля химического состава может и не быть. Структура металла характеризуется наличием крупных включений графита. Для железнодорожного транспорта из чугуна этой марки отливают чугунные боксы вагонов, корпуса подшипников и другие детали.

Марку СЧ 18-36 применяют для отливок, используемых при работе с нагрузками, в условиях обеспеченного смазкой трения, но без особых требований к износостойкости.

Шихтовка должна проводиться более тщательно, часто с введением в состав шихты определённых сортов исходного материала. Необходим контроль химического состава отливок и исходных материалов. Структура металла — с явным преобладанием перлита; графит обычно средней величины. Для железнодорожного транспорта отливаются корпуса и диафрагмы турбины вентилятора, корпуса перепускного клапана турбины вентилятора, корпуса турбины дымососа, подшипники турбины дымососа, корпуса и крышки перепускного клапана турбины дымососа и другие детали.

Отливки повышенной прочности (перлитная структура). Из марки СЧ 21-40 отливают детали специального назначения которые обладают высокой прочностью с повышенным сопротивлением износу.

Перлитная структура отливок при мелких включениях графита обеспечивает достаточную плотность, необходимую для работы отливок в условиях гидравлического и газового давления. Шихта, как правило, содержит большое количество стального лома соответствующего качества и разделки. Для железнодорожного транспорта отливаются барабаны (заготовки) колец поршневых и золотниковых, головки соединительных рукавов и другие детали.

Марка СЧ 24-44 по характеру структуры и условиям изготовления аналогична марке СЧ 21-40, если отливки не очень большого веса и толщина их стенок не очень велика. Для отливки этой марки наиболее часто применяют легирование, благодаря чему обеспечивается постоянство структуры и механических свойств.

Марки СЧ 28-48, СЧ 32-52, СЧ 35-56 и СЧ 38-60 соответствуют отливкам особо высококачественным (прочным, износостойчивым и ростоупорным, при хорошей обрабатываемости).

Для получения отливок повышенной прочности (но не далее марки СЧ 32-52) широкое распространение получили два способа.

При первом способе содержание углерода в металле должно быть в пределах 2,7—3,2% и кремния — около 2%. В шихту вводится стальная лом, а жидкий чугун перегревается.

При втором способе, при том же количестве кремния, содержание углерода снижают до 2,6—2,9, при повышении содержания марганца — до 1,5%. Сумма C + Si = 4,7—4,8%. Отливки получают с перлитной структурой и мелкими выделениями графита. Иногда, чтобы изменить структуру, отливки этих марок термически обрабатывают. При этом перлитную структуру отливок переводят частично или полностью в сорбитообразную

или даже мартенситовую. Термическая обработка заключается в закалке в масле при 850° С и отпуске. Закалывать можно отливки только простой конфигурации во избежание коробления и трещин. Добавка в чугун 1% никеля резко смягчает термический удар при закалке, расширяя применение последней. Вообще ввод в состав шихты природно-легированного чугуна облегчает получение чугуна того литья этой марки.

Модифицированные чугуны. Модифицированный чугун отличается от обычного повышенной степенью графитизации при одинаковом содержании графитизирующих элементов и равных условиях остывания.

Модифицирование чугуна заключается в обработке его в жидком состоянии небольшими количествами графитизирующих присадок (силикокальция, ферросилиция, силикоалюминия, магния и др.). При этом характерно, что без существенного изменения химического состава чугуна наблюдаются значительные изменения его структуры, а также физических и механических свойств (табл. 39).

Таблица 39
Механические свойства отливок из модифицированного чугуна

Марка чугуна	Предел прочности в кг/мм ² не менее			Стрела прогиба при растяжении между опорами в мм		НБ
	при растяжении	при прогибе	при сжатии	600	300	
МСЧ 28-48	28	48	90	9	3	170÷241
МСЧ 32-52	32	52	100	9	3	170÷241
МСЧ 35-56	35	56	110	9	3	197÷248
МСЧ 38-60	38	60	120	9	3	197÷262

Серый чугун модифицируют для получения наиболее высоких показателей прочности в сочетании с хорошей обрабатываемостью, износоустойчивостью, плотностью, однородности и коррозионной устойчивости.

Марку МСЧ 28-48 применяют для отливок особо сложной конфигурации, с резкими переходами в сечениях, с минимальной толщиной 6—8 мм (рамы быстроходных двигателей). Сталь в шихте составляет около 30%. Состав чугуна: углерода 3,0—3,3; кремния до модифицирования 1,4—1,7, после модифицирования 1,6—1,9; марганца 0,8—1,0.

Марку МСЧ 32-52 применяют для отливок сложной конфигурации, разностенных, с минимальной толщиной сечений 10 мм (цилиндры, малые коленчатые валы, шестерни и т. п.).

В шихте применяется до 40% стали. Состав чугуна: углерода 2,9—3,2; кремния — до модифицирования 1,2—1,5, после модифицирования 1,4—1,7; марганца 0,8—1,1%.

Марки МСЧ 35-56 и МСЧ 38-60 используют для отливок простой конфигурации с незначительными переходами в сечениях и минимальной толщиной 20 мм (корпуса насосов гидравлических, втулки, крупные коленчатые валы, катки, звездочки, колеса и т. п.). Для марки МСЧ 35-56 употребляют

шихту с содержанием до 60% стали. Состав чугуна следующий: углерода 2,8—3,1; кремния до модифицирования 1,0—1,3, после модифицирования 1,2—1,5%; марганца 1,0—1,3. Для марки МСЧ 38-60 применяют шихту, содержащую до 70% стали. В состав чугуна входят: углерод 2,7—3,0; кремний до модифицирования 0,7—1,0, после модифицирования 1,0—1,3; марганец 1,0—1,3%.

Модифицированные чугуны могут подвергаться термообработке (закалка при температуре 850° в масле с отпуском при температуре в пределах от 200 до 500° С). При этом имеет место повышение предела прочности при растяжении до 40—50 кг/мм².

Высокопрочные чугуны со сфероидальным графитом. Новый высокопрочный чугун, разработанный в СССР, получается без специального легирования и термообработки. В зависимости от химического состава он может в литом состоянии иметь структуру металлической массы: перлитную, перлитно-ферритную и ферритную, при сфероидальной форме графитовых включений. Это обеспечивает чугуну высокие показатели прочности, повышенную ударную вязкость и пластичность.

По предложению ЦНИИТМаш, высокопрочный чугун делится на следующие марки:

марка СПЧ-П45 — обладает прочностью при растяжении 45—54 кг/мм², удлинением 1,5—3% и ударной вязкостью 1,5—3 кгм/см²;

марка СПЧ-П55 — имеет прочность при растяжении 55—64 кг/мм², удлинение 1,5—3% и ударную вязкость 1,5—3 кгм/см²;

марка СПЧ-Ф5 — обладает прочностью при растяжении 45—55 кг/мм², удлинением 5—9% и ударной вязкостью 3—5 кгм/см²;

марка СПЧ-Ф10 — имеет прочность при растяжении 40—50 кг/мм², удлинение 10—20% и ударную вязкость 5—10 кгм/см².

Показатели последней марки получают за счет отжига перлитно-ферритного СПЧ при температурах интервала перлитного превращения.

Высокопрочные чугуны могут быть рекомендованы для отливок боек, опорных балок, кронштейнов, деталей парораспределительных устройств, золотниковых втулок, диафрагм, цилиндров низкого давления и клапанных корбоек.

Для получения в чугуне графита со сфероидальной формой включений применяется последовательный ввод в жидкий чугун присадок:

а) магния или его сплавов типа «электроин» или лигатуры магния (с медью, ферросилицием и др.);

б) обычного графитизирующего модификатора (ферросилиция, силикокальция и др.). Магний добавляется от 0,3 до 1% (тем больше, чем толще отливки) и Fe-Si от 0,8 до 1%.

В чугунах должно быть определенное содержание углерода и кремния (в зависимости от толщины отливок), марганца в пределах 0,5—0,8, фосфора не более 0,10—0,20, серы до 0,14. Для получения высокопрочного чугуна с преимущественно ферритовой структурой необходимо снижение содержания марганца до 0,4% и фосфора до 0,1% в исходном чугуне.

Антифрикционные чугуны. Их применяют для изготовления деталей машин и станков

в качестве заменителей антифрикционных сплавов из цветных металлов. Согласно ГОСТ 1585-42 для этой цели рекомендуют серый низколегированный чугун с перлитовой структурой, без свободного цементита и крупных включений фосфидной эвтектики. Структурно-свободный цементит и твёрдые включения фосфидной эвтектики ведут к задиру и повышенному износу.

Химический состав антифрикционного чугуна приведён в табл. 40.

Никель и хром в эти чугуны вводят в виде природно-легированных чугунов; хром, стабилизируя перлит, резко снижает износ. Добавка меди повышает сопротивление окислению и улучшает износостойчивость.

Антифрикционные чугуны удовлетворительны как в отношении стойкости против износа, так и коэффициента трения (примерно как у латуни в паре со сталью), но при работе в определённых условиях эксплуатации (смазка, чистота поверхности, точность сопряжения поверхности трения, небольшое удельное давление при малых скоростях).

Пределом применения чугунных подшипников можно принять $Pv = 20-25 \text{ кгм/см}^2\text{сек}$ при v до 5 м/сек.

Отливки из серого чугуна с мартенситной структурой. Отливки с мартенситной структурой применяют в тех случаях, если, помимо высокой прочности, к ним предъявляют требования повышенной твёрдости и высокой сопротивляемости износу. Временное сопротивление разрыву колеблется от 25 до 50 кг/мм^2 в зависимости от состава металла и характера термообработки. Предел усталости составляет 10—20 кг/мм^2 . Твёрдость колеблется в пределах 350—500 H_B , обрабатываемость отливок пониженная.

Отливки из серого чугуна с аустенитной структурой. Высоколегированные отливки из серого чугуна с аустенитной структурой отличаются немагнитностью, жаростойкостью, коррозионной устойчивостью, ростоустойчивостью, крипоустойчивостью и износостойчивостью.

К чугунам этого типа относятся специаль-

ные чугуны: номаг, монель, нирезист, никросил и др.

Все эти чугуны представляют высоколегированные железоуглеродистые сплавы, наличие графита в которых, при аустенитной структуре основной металлической массы, отличает их от аустенитных сталей.

Основным легирующим элементом является никель, частично заменяемый в ряде чугунов другими элементами (табл. 41).

ОТЛИВКИ ИЗ БЕЛОГО ЧУГУНА

Отливки из белого чугуна с перлитной структурой. По своей структуре белый чугун в основном состоит из перлита и цементита, причём эти структурные составляющие могут иметь место в виде сохранившейся эвтектики — ледебурита.

Твёрдость является главным показателем, характеризующим технологические и эксплуатационные качества белого чугуна — износостойкость, абразивные свойства и пр. H_B обычного белого чугуна колеблется в пределах 330—400.

Для железнодорожного транспорта из белого чугуна отливается вставки тормозных колодок для паровозов (утюжки и полумесяцы). Состав чугуна: углерода 2,8—3,2; марганца 2,5—3,5; кремния 0,2—0,4; серы и фосфора меньше 0,1; твёрдость чугуна $H_B = 400$.

Отливки из белого чугуна с мартенситной структурой. При введении легирующих присадок (бора и никеля) твёрдость белого чугуна значительно повышается за счёт получения мартенситной структуры. Для придания металлу вязкости одновременно с бором в металл вводится никель. Структура бористо-никелевого чугуна — мартенсит и цементит.

При 3% никеля и 1% бора твёрдость повышается до $H_B = 1\ 000$. Из такого металла отливают сопла пескоструйных машин, гильзы нефтяных насосов, втулки и другие износостойкие детали.

Таблица 40

Химический состав антифрикционного чугуна в %

Марка чугуна	C	Si	Mn	P	S не более	Cr	Ni	Cu	Al
СЧЦ 1 и СЧЦ 2	3,2÷ 3,6	2,2÷ 2,4	0,6÷ 0,9	0,15÷ 0,25	0,12	0,20÷ 0,35	0,3÷ 0,4	0,2÷ 0,3	0,10÷ 0,15

Примечание. В чугуне марки СЧЦ 2 медь и алюминий отсутствуют.

Таблица 41

Химический состав специальных серых чугунов в %

Название чугуна	C	C _{связ}	C _{граф}	Si	Mn	Ni	S	P	Cr
Номаг	2,65	0,16	2,49	2,54	5,88	9,42*	0,034	1,1	—
Монель	2,6÷3,0	—	—	1,5	—	—	—	—	—
Нирезист	2,75÷2,85	—	—	2,5	2,25	10,2	0,06	0,15	4,35
Никросилал	1,75	0,28	1,47	5,84	0,68	17,72	0,039	0,045	2,1

* 2 части никеля на 1 часть меди.

Кроме того, применяют белые чугуны, легированные хромом (содержание хрома от 12 до 20% и углерода 2—2,8%). Такой чугун обладает высоким сопротивлением разрыву при повышенных температурах и высокими антикоррозионными свойствами. Из него отливают сёдла клапанов моторов, отжигательные горшки, желоба для печей и прочее печное литьё.

Чугун с содержанием 22—28% хрома и 2—2,6% углерода хорошо сопротивляется окислению и противостоит коррозии при высокой температуре.

Высокохромистый чугун с содержанием 28—35% хрома теплоустойчив и сохраняет свои механические свойства до температуры 600° С. Высокохромистый чугун (32—35% хрома) обладает большой кислотоупорностью и щелочноупорностью. Во всех перечисленных случаях применения высокохромистых чугунов, при требовании высокой ударной вязкости, предпочитают высокохромистые и хромоникелевые стали.

ОТЛИВКИ ИЗ ОТБЕЛЕННОГО ЧУГУНА

Довольно широкое распространение получили отливки с отбелённой (закалённой) поверхностью и структурой серого чугуна в остальных частях.

Колёса чугунные с отбелённым ободом с перлитной структурой для вагонов железных дорог отливали согласно ОСТ 7886-40.

ОСТ давал следующую регламентацию их производства: «Колёса должны быть изготовлены из чугуна такого состава, который при застывании в земляной части формы обеспечивал бы получение чисто серого излома, характеризующегося структурой: перлит + графит + феррит, и при застывании в кокиле — в рабочей части обода (поверхности катания) и реборды — обеспечивал бы получение белого чугуна, характеризующегося структурой излома: цементит + перлит, с плавным переходом в серую часть».

Между зонами обтеда и основной массой серого чугуна располагается половинчатая зона — перлит, цементит и выделения графита.

Механические свойства подобных отливок во всех трёх зонах различны и соответствуют свойствам белого, половинчатого и серого чугуна.

Химический состав чугунных вагонных колёс следующий: углерода 3,2—3,3; кремния 1,65—1,8; марганца 0,6—0,7; фосфора 0,3—0,35 и серы не более 0,1.

Залитые колёса ещё горячими выбивались из формы и подвергались замедленному охлаждению в специальных колодцах для снятия внутренних напряжений.

ОТЛИВКИ ИЗ КОВКОГО ЧУГУНА

Согласно ГОСТ 1215-41 отливками из ковкого чугуна называют отливки, изготовленные из белого чугуна и подвергнутые процессу отжига (томления) для вызова графитовыделения и изменения структуры для устранения хрупкости и твёрдости, а также придания им вязкости, ковкости и легкой обрабатываемости (см. табл. 42 и 43).

Занимая по своим механическим свойствам промежуточное положение между серым чугуном и сталью, ковкий чугун является хорошим конструкционным материалом при производстве отливок, главным образом мелких, тонкостенных, а также сложных по конфигурации, от которых требуется механическая вязкость при значительной прочности (например головки и наконечники соединительных рукавов воздушного тормоза).

Таблица 42
Механические свойства ковкого чугуна с ферритной структурой

Марки ков- кого чугуна	Временное сопротивле- ние разрыву в кг/мм ²	Относитель- ное удлине- ние на образ- це Ø 16 мм в %	НБ
	не менее		
КЧ 37-12 ..	37	12	149
КЧ 35-10 ..	35	10	149
КЧ 33-8 ..	33	8	149
КЧ 30-6 ..	30	6	163

Таблица 43
Механические свойства ковкого чугуна с перлитной структурой

Марки ковкого чугуна	Временное сопротивле- ние разрыву в кг/мм ²	Относительное удлинение в %.		НБ
		образцы Ø 16 мм	образцы Ø 12 мм	
		не менее		
КЧ 40-3	40	3	4	201
КЧ 35-4	35	4	5	201
КЧ 30-3	30	3	4	201

Отливки из ковкого чугуна с ферритной структурой графитизированные (чёрносердечные). Отливки ковкого чугуна, подвергнутые отжигу (томлению) в нейтральной среде (песок), характеризуются бархатистым чёрным изломом, с тонкой наружной серой каймой и структурой, состоящей преимущественно из феррита и углерода отжига.

Средний состав ковкого ферритного чугуна: углерода 2,2—2,8%; кремния 0,8—1,3%; марганца 0,4—0,6%; серы не более 0,12%; фосфора не более 0,20% и кремния не более 0,1%.

Отливки из ковкого чугуна с перлитной структурой обезуглероженные (белосердечные). Отливки из ковкого чугуна, подвергнутые отжигу (томлению) в окислительной среде (руда), характеризуются серебристым изломом и структурой, состоящей преимущественно из перлита с включением углерода отжига.

Средний состав ковкого перлитного чугуна: углерода 2,8—3,4%; кремния 0—0,8%; марганца 0,3—0,4%; фосфора и серы не более 0,2%.

Отливки из ковкого чугуна с перлитной структурой графитизированные. При отжиге с укороченной выдержкой в нейтральной

среде во время второй стадии графитизации получается, в зависимости от времени выдержки, перлитный ковкий чугун с различным количеством перлита в структуре типа «быйчий глаз» и с различными механическими свойствами. Состав металла близок к составу чёрносердечного чугуна с ферритной структурой, с той лишь разницей, что содержание марганца повышается до 0,7—1,0%.

Другим типом перлитного графитизированного ковкого чугуна является ковкий чугун со структурой сфероидизированного цементита, получаемый из металла с содержанием марганца от 0,7 до 1,2% при специальном режиме отжига. Особенностью процесса отжига является длительная выдержка при температуре ниже критической точки (690—670° С) для сфероидизации цементита из перлита.

Для повышения механических свойств, ударной вязкости, антикоррозионности и других качеств металла применяется легирование металла молибденом, медью, ванадием и другими элементами.

Применяется также: хромоникелевый ковкий чугун с содержанием никеля до 0,7—1,35% и хрома 0,3—0,4%, имеющий в изломе мелкозернистое строение; хромисто-кремнистый ковкий чугун с содержанием 1,6% кремния и 0,7—0,9% хрома.

В табл. 13 приведены сравнительные характеристики механических свойств различных видов чугуна.

СТАЛЬНЫЕ ОТЛИВКИ

Все виды фасонного литья, производимого в настоящее время, можно разделить на следующие группы: углеродистое, низколегированное, среднелегированное, высоколегированное фасонное стальное литье и литье из графитизированной стали.

Почти все перечисленные виды литья термически обрабатывают. Медленное охлаждение в результате термической обработки снимает внутренние напряжения отливок. Поэтому предписание технических условий обычно относится к литью, прошедшему термическую обработку. В основном для углеродистого фасонного литья применяют нормализацию или отжиг. Для легированных сталей применяют более сложную термическую обработку (улучшение).

Отливки из углеродистой стали. В настоящее время в СССР действует ГОСТ 977-53 на углеродистые стальные отливки (табл. 44 и 45).

Таблица 44

Рекомендуемый химический состав стали в %

Марки стали	C	Mn	Si
15 Л	0,12—0,20	0,35—0,65	0,17—0,37
20 Л	0,17—0,25	0,35—0,65	0,17—0,37
25 Л	0,22—0,30	0,5—0,8	0,17—0,37
30 Л	0,27—0,35	0,5—0,8	0,17—0,37
35 Л	0,32—0,40	0,5—0,8	0,17—0,37
40 Л	0,37—0,45	0,5—0,8	0,17—0,37
45 Л	0,42—0,50	0,5—0,8	0,17—0,37
50 Л	0,47—0,55	0,5—0,8	0,17—0,37
55 Л	0,52—0,60	0,5—0,8	0,17—0,37

Таблица 45

Механические свойства отливок из углеродистой стали

Марки стали	Предел текучести в кг/мм ²	Предел прочности в кг/мм ²	Относительное удлинение в %	Относительное сужение в %	Ударная вязкость в кгм/см ²
15 Л	20	40	24	35	5,0
20 Л	22	42	23	35	5,0
25 Л	24	45	19	30	4,0
30 Л	26	48	17	30	3,5
35 Л	28	50	15	25	3,5
40 Л	30	53	14	25	3,0
45 Л	32	55	12	20	3,0
50 Л	34	58	11	20	2,5
55 Л	35	60	10	18	2,5

По содержанию серы и фосфора отливки из углеродистой стали делятся на три группы: I—отливки нормального качества, II—отливки повышенного качества, III—отливки особого качества.

Сталь может быть изготовлена в мартеновской или электрической печи (кислой или основной) или же в конвертере с боковым дутьём и т. п. Рекомендуемый химический состав стали указан в табл. 44.

Наивысшее допустимое содержание фосфора и серы должно соответствовать требованиям табл. 46.

Таблица 46

Содержание фосфора и серы в отливках различных групп

Группа отливок	P			S		
	Способ выплавки стали					
	основной	кислый	бессе- ровский	основной	кислый	бессе- ровский
Нормального качества .	0,05	0,06	0,09	0,05	0,06	0,07
Повышенного качества .	0,04	0,06	0,08	0,045	0,06	0,06
Особого качества	0,04	0,05	—	0,045	0,05	—

Из углеродистой стали отливают различные необходимые для железнодорожного транспорта детали:

паровозные крейцкопфы из стали марок 25Л (для паровозов ФД и ИС) и 15Л (для паровозов остальных серий);

буксы паровозные из стали марок 20Л и 25Л;

корпуса питательного клапана инжектора из стали марок 15Л и 25Л;

башмаки тормозных колодок для вагонов из стали марок 15Л, 20Л и 25Л;

спицевые колёсные центры вагонные из стали марок 15Л и 25Л;

пятники и подпятники из стали марок 15Л и 25Л;

литые стальные буферные стаканы из стали марок от 15Л до 45Л (при этом отливки марок 35Л, 40Л и 45Л обязательно отжигают);

башмаки тормозных колодок для тендеров из стали марок 15Л и 25Л;

Таблица 47

Химический состав стали для деталей автосцепки в %

Группа	Способ плавки стали	С	Mn не более	Si	S	P
					не более	
I	Сталь кислая	0,17—0,27	1,0	0,25—0,35	0,055	0,055
	» основная	0,17—0,27	1,0	0,25—0,35	0,055	0,05
II	Сталь кислая	0,17—0,32	1,0	0,25—0,35	0,06	0,06
	» основная	0,17—0,32	1,0	0,25—0,35	0,055	0,055
	» бессемеровская	0,17—0,32	1,0	0,25—0,35	0,07	0,06

фрикционные аппараты автосцепки из стали марки 35Л.

Кроме того, широкое применение нашло стальное литьё для производства деталей автосцепки (табл. 47 и 48).

Таблица 48

Механические свойства стали для деталей автосцепки

Группа	Временное сопротивление разрыву в кг/мм ²	Относительное удлинение в % не менее	Предел текучести в кг/мм ² не менее	Сужение площади поперечного сечения в %
I	42—50	22	25	30
II	Более 50	20	27	27

Детали автосцепки делят на две группы: первая группа — корпус автосцепки (головка), тяговой хомут и паровозная розетка; вторая группа — замок, замкодержатель, собачка, подъёмник замка, валик подъёмника, упорные угольники, упорная плита, центрирующая балочка и вагонная (тендерная) розетка.

Детали автосцепки первой группы изготовляют из мартеновской стали или электростали. Детали второй группы, кроме упорных угольников, изготовляют также и из бессемеровской стали.

Отливки из легированной стали. Литьё с высокой прочностью или со специальными свойствами получают за счёт введения легирующих элементов и комбинированной термической обработки этих сталей; нормализации с отпуском, закалки в воде, масле или на воздухе с последующим отпуском и пр. Основными легирующими элементами являются: хром, никель, марганец, молибден, кремний, ванадий, медь, вольфрам и титан. В последнее время начинают вводить кобальт, азот, селен, цирконий и др., небольшие количества которых оказывают благотворное влияние на литьё.

Под низколегированным стальным литьём подразумевают литьё с содержанием ведущего легированного элемента до 2% или суммарно всех легирующих элементов в пределах 3—5%. В основном низколегированное стальное литьё имеет перлитную структуру при условии сравнительно медленного охлаждения на воздухе. Сталь

этого типа преимущественно конструкционные; при закалке с высоким отпуском развивается сорбитообразная структура, обладающая высокой прочностью.

На железнодорожном транспорте применяют низколегированные марганцовистые и хромистые стали (табл. 49) для отливки крестовин сердечников и корпусов фрикционного аппарата.

Таблица 49

Химический состав низколегированных марганцовистых и хромистых сталей в %

Сталь	C	Mn	Si	Cr	P	S
Марганцовистая . . .	0,22 ÷ 0,32	1,2 ÷ 1,6	0,17 ÷ 0,37	<0,40	<0,055	<0,05
Хромистая . . .	0,22 ÷ 0,32	0,5 ÷ 1,0	0,37	0,5 ÷ 0,8	<0,055	<0,05

Эти стали подвергают нормализации или закалке с отпуском. Механические свойства стали при этом получают:

при нормализации предел прочности на разрыв 57 кг/мм², предел текучести 35 кг/мм², удлинение 8%, НВ 190—200;

при закалке с отпуском предел прочности на разрыв 65—85 кг/мм², предел текучести 45 кг/мм², удлинение 10%, сужение 20%, НВ 190—200, ударная вязкость 5 кДж/см².

При содержании ведущего элемента от 2% или суммарно до 8—10%, как следует из большинства тройных диаграмм состояний (Fe—Me—C)*, сталь принадлежит к мартенситно-трооститному классу и относится к среднелегированным сталям. Обычно эти стали обладают очень высокими механическими свойствами, равномерными в самых массивных отливках. Они одновременно обладают и какими-либо специальными физическими (высокое сопротивление износу) или химическими (сопротивление коррозии) свойствами.

К числу среднелегированных сталей относятся хромистые (5% хрома), хромовольфрамовые (5% хрома и 1% вольфрама), кремнистые (4% кремния), марганцовистые (2,5—4% марганца), никелевые (5% никеля), хромоникелевые (4—4,5% хрома и 2—2,5%

* Здесь через Me [условно обозначают] легирующий элемент.

никеля) и ряд других сталей. Эти стали обладают специальными особыми свойствами: прочностью при высоких температурах, устойчивостью против газового воздействия и коррозионной устойчивостью.

Под высоколегированным стальным литьём подразумевают литьё, содержащее более 5% ведущего легирующего элемента, а суммарно выше 8—10% легирующих добавок. Основным свойством сталей этого типа является устойчивость против коррозии и действия высоких температур. К числу таких сталей относятся хромоникелевые (18% хрома и 8% никеля), хромистые (20% хрома) и ряд других.

Некоторые марки обладают специальными свойствами; так, например, сталь с высоким содержанием марганца (10—15%) обладает высокой устойчивостью против истирания при ударной нагрузке или больших удельных давлениях. Этим объясняется применение данной марки стали для сердечников и крестовин, зубьев баггера, щёк дробилок и др.

Отливки из графитизированной стали. Графитизированная сталь в литом состоянии служит в качестве заменителей ковкого чугуна, цветных сплавов и некоторых марок легированных сталей.

Литая графитизированная сталь является высокоуглеродистой с повышенным содержанием кремния и углеродом в форме графита. Химический состав сталей: углерода 1,45; кремния 0,80; марганца 0,5; серы 0,06; фосфора 0,04.

Графитизированная сталь благодаря наличию свободного графита обладает высокой износостойкостью, высокой усталостной прочностью и хорошей обрабатываемостью. В табл. 50 приведены данные о графитизированной стали в исходном состоянии. В табл. 51

приведены данные о графитизированной стали после отжига при температуре 870—880° с выдержкой 5 час. и последующим охлаждением по 10°/час до 820°, далее по 5°/час до 650° и затем на воздухе.

Исследования литой графитизированной стали показали, что в целом ряде случаев она приближается по износостойкости к стали с большим содержанием марганца.

ЦВЕТНЫЕ ОТЛИВКИ

Цветными (нежелезными) называют металлы, в которых основными (количественно преобладающими) компонентами являются любые металлические элементы, кроме железа. Простые цветные металлы (монометаллы) для фасонного литья применяют очень редко, — основное значение имеют сплавы цветных металлов.

Физические свойства отдельных компонентов цветных сплавов приведены в табл. 52

В настоящее время для фасонного литья находят применение главным образом сплавы, основой которых служат магний, алюминий, медь и цинк. Меньшее применение для фасонного литья находят металлы на основе никеля, серебра, олова и свинца. В ближайшее время можно ожидать распространения сплавов на основе марганца.

Отливки из медных сплавов. Отливки из медных сплавов используют для изготовления арматуры, подшипников и других деталей, работающих на трение, а также для изготовления деталей, устойчивых против коррозии. Сплавы меди с другими металлами (исключая цинк) носят название бронз. В зависимости от легирующих добавок бронзы бывают оловянистые и безоловянистые, которые чаще всего называют специальными бронзами.

Данные о графитизированной стали в исходном состоянии

Таблица 50

Способ отливки	Содержание графита ¹ в %	НБ	Микроструктура	Предел прочности на разрыв в кг/мм ²
В песчаную форму	0,08	320—340	Мелкопластинчатый перлит, цемент в виде сетки и отдельных игл. Графит не обнаружен	78,4
В металлическую форму	0,03	330—350	Дендритное строение; оси дендритов состоят из перлита, междоусные пространства — из скоплений цемента и пластинчатого перлита. Графит не обнаружен	95,0

¹ Установлено при помощи химического анализа.

Данные о графитизированной стали после отжига

Таблица 51

Отливка в форму	НБ	Предел текучести	Предел проч- ности на разрыв	Удлинение в %	Микроструктура
		в кг/мм²			
Металличе- скую	207	41,9	72,4	11,4	Зернистый и частично пластинчатый перлит. Цементит в виде отдельных глобул. Не- большое количество крупных включений графита и феррита Пластинчатый перлит. Феррит в виде остатков сетки и отдельные включения гра- фита отжига
Песчаную	170	36,8	64,8	11,6	

Таблица 52

Физические свойства компонентов цветных сплавов

Атомные номера	Элемент	Химический символ	Атомный вес	Удельный вес в г/см ³	Температура в °С		Коэффициент линейного расширения	Теплоёмкость в твёрдом состоянии в ккал/кг град	Температурный коэффициент теплоёмкости	Скрытая теплота плавления в ккал/кг	Теплоёмкость в жидком состоянии в ккал/кг	Скрытая теплота испарения в ккал/кг	Темплопроводность в кал/см сек град	Температурный коэффициент теплопроводности	Твёрдость по Бринеллю в кг/мм ²
					плавления	кипения									
13	Алюминий	Al	26,97	2,7	660	1 800	0,000238	0,222	+0,00005	100	0,308	2 227	0,3426	+0,000556	20
4	Бериллий	Be	9,02	1,85	1 280	1 500	0,000017	0,3756	+0,000106	30,5	—	4 520	—	—	140
83	Висмут	Bi	209,0	9,8	271	1 430	0,000013	0,0285	+0,000092	12,5	0,263	188	0,0177	-0,000735	9
74	Вольфрам	W	183,92	19,3	3 367	6 700	0,000004	0,0368	+0,0000029	38	—	—	0,35	—	290
26	Железо	Fe	55,84	7,86	1 530	2 450	0,000012	0,11012	+0,0000025+	33	0,22	1 595	0,1665	-0,000228	50
48	Кадмий	Cd	112,40	8,64	321	770	0,000030	0,0546	+0,000012	13,7	0,062	216	0,2200	-0,000705	20
19	Калий	K	39,096	0,86	63,5	762	0,000083	0,1838	+0,000008	15,7	0,23	592	—	—	0,04
20	Кальций	Ca	40,08	1,55	851	1 240	0,000025	0,148	+0,0000094	52,6	—	868	—	—	30
27	Кобальт	Co	58,94	8,8	1 490	2 900	0,000013	0,1058	(+0,0000029+)	68	0,204	1 240	—	—	125
14	Кремний	Si	28,06	2,40	1 414	2 400	0,0000054	0,17	+0,00000022	127,7	—	1 262	0,170	—	—
3	Литий	Li	6,939	0,53	180	1 336	0,00076	0,7834	+0,000009	73	0,975	2 540	0,170	—	—
12	Магний	Mg	24,32	1,74	650	1 120	0,000027	0,240	+0,0000652	58	—	1 315	0,376	—	25
25	Марганец	Mn	54,93	7,44	1 260	1 900	0,000022	0,1211	+0,0000328	37	—	910	—	—	30
29	Медь	Cu	63,57	8,93	1 083	2 360	0,000018	0,0949	+0,00001778	43	0,13	853	0,7189	+0,000051	35
33	Мышьяк	As	74,91	5,72	816	633	0,00006	0,6603	+0,0000319	—	—	56	—	—	150
11	Натрий	Na	22,997	0,97	97,7	880	0,00072	0,2932	+0,000019	31,7	0,333	1 015	0,365	—	0,1
28	Никель	Ni	58,69	0,9	1 455	2 340	0,000014	0,1084	+0,00002233	65	0,161	1 040	0,142	-0,000031	60
50	Олово	Sn	118,70	7,28	231,9	2 275	0,000022	0,0560	+0,000044	13,8	0,613	271	0,1528	-0,000387	5
82	Свинец	Pb	207,22	11,34	327	1 540	0,000029	0,0292	+0,000019	5,37	0,041	201	0,0836	-0,000861	4
47	Серебро	Ag	107,88	10,5	960,5	1 950	0,000020	0,0555	+0,00000943	24	0,076	397	1,096	-0,00017	25
51	Сурьма	Sb	121,76	6,69	630	1 440	0,000011	0,0486	+0,0000034	40	0,06	359	0,0442	-0,001041	30
22	Титан	Ti	47,90	4,31	1 800	2 700	—	0,0978	+0,0000147	50,8	—	1 425	—	—	—
15	Фосфор	P	31,02	2,2	250	280	0,000125	0,1785	+0,0000147	5,03	0,2045	287	—	—	—
24	Хром	Cr	52,01	7,1	1 765	2 200	0,000090	0,1039	+0,00000008	32	—	1 095	—	—	90
30	Цинк	Zn	65,38	7,14	419	907	0,000026	0,0906	+0,000004	23	0,1275	425	0,2653	-0,000015	30

Примечания. 1. Коэффициент линейного расширения — в таблице указаны средние значения от 0° С до температуры плавления.
2. Теплоёмкость дана при 0° С.
3. Теплопроводность приведена для 0° С.

Сплавы меди и цинка называют латуни. Литейные латуни содержат дополнительные легирующие добавки и имеют общее название специальных латуней. Примерами литейных латуней могут служить кремнистая и марганцовистая латуни.

Оловянистые бронзы представляют собой сплавы меди с оловом, а также более сложный сплав с добавками цинка, свинца, фосфора, никеля и др.

Специальными (безоловянистыми) бронзами называют двойные или многокомпонентные сплавы на медной основе, содержащие в качестве добавок иные (взамен олова) элементы. Дефицитность и дороговизна олова, а также изыскание более качественных и экономичных заменителей значительно сократили использование оловянистых бронз и расширили применение специальных бронз.

Медно-цинковые сплавы — латуни являются самыми распространёнными в машиностроении. Добавки к двойным медно-цинковым сплавам олова, алюминия, никеля и др. придают этим сплавам повышенную прочность, твёрдость, коррозионную стойкость. Характеристики медных сплавов см. в ТСЖ, т. 2, стр. 668—673.

Алюминиевые и магниевые сплавы. Алюминиевые и магниевые сплавы не имеют в настоящее время достаточного применения на железнодорожном транспорте.

Некоторые характеристики этих сплавов см. в ТСЖ, т. 2, стр. 674—675.

Отливки из цинковых сплавов. Из сплавов на цинковой основе наибольшее распространение получили сплавы цинка с алюминием и медью (табл. 54 и 55). Эти сплавы применяют для литья под давлением и изготовления подшипниковых сплавов.

Баббиты оловянистые и кальциевые (по ГОСТ 1320-41 и 1209-50). Баббитами оловянистыми называют сплавы на оловянной основе, или свинцовой основе с добавкой олова, предназначенные для заливки подшипников и их вкладышей (табл. 53).

Баббит кальциевый — БК сплав свинца с кальцием и натрием. Применяют его для заливки подшипников механизмов с максимальным удельным давлением 200 кг/см² (табл. 56). Для тонкослойных заливок подшипников тепловозов на железнодорожном транспорте применяют баббит Б-2 (табл. 57).

По своей структуре баббиты представляют пластичную основу с равномерно распределёнными в ней твёрдыми структурными составляющими. Например, микроструктура баббита Б-83 состоит из следующих элементов: 1) твёрдого скелета из игл CuSn с температурой плавления 375°; 2) твёрдых кубиков CuSb с температурой плавления 278°; 3) вязкой основы твёрдого раствора сурьмы и меди в олове с температурой плавления около 240°.

Благодаря подобной микроструктуре обеспечивается приработка мягкой (пластичной) основы, в то время как твёрдые составляющие создадут микрорельеф, на который и будет опираться вращающаяся часть; зазор между последней и мягкой основой обеспечит достаточную и равномерную смазку трущихся поверхностей.

Таблица 53

Химический состав баббита

Обозначение марок	Основные компоненты сплава в %							Примесей не более в %					Примерное назначение		
	Sb	Cu	Cd	Ni	As	Te	Sn	Pb	Fe	As	Zn	Pb		Bi	Все примеси
Б-83	10—12	5,5—6,5	—	—	—	—	Остальное	—	0,1	0,1	0,03	0,35	0,05	0,55	Для заливки подшипников и вкладышей подшипников паровых турбин, турбокомпрессоров, турбонасосов, компрессоров мощностью более 500 л. с., дизелей быстросходных, паровых машин морских судов дальнего плавания, судовых и стационарных паровых машин мощностью более 1200 л.с.
БН	13—15	1,5—2,0	1,25—1,75	0,75—1,25	0,5—0,9	—	9—11	Остальное	0,1	—	0,15	—	0,1	0,4	Для заливки шатунных коренных и головных подшипников двигателей внутреннего сгорания, опорных подшипников паровых турбин электромо- торов мощностью 250—750 лс
БТ	14—16	0,7—1,1	—	—	—	0,05—0,2	9—11	Остальное	0,1	0,3	0,15	—	0,1	0,6	Для заливки шатунных и коренных подшипников тракторных и автомобильных моторов
Б-16	15—17	1,5—2,0	—	—	—	—	15—17	Остальное	0,1	0,3	0,15	—	0,1	0,6	Для заливки верхних полowników опорных подшипников паровых турбин локомотивов, десопильных рам гидротурбин, электровозов
Б-6	14—16	2,5—3,0	1,75—2,25	—	0,6—1,0	—	5—6	Остальное	0,1	—	0,15	—	0,1	0,4	Для заливки подшипников нефтяных двигателей, подшипников металлообрабатывающих станков, трансмиссий, вентиляторов, дымоходов

Таблица 54

Состав и свойства цинковых сплавов для литья под давлением

Химический состав в %				Физико-механические свойства					
Al	Cu	Mg	Zn	предел прочности при растяжении в кг/мм ²	удлинение в %	HБ	ударная вязкость в кгм/см ²	удельный вес	верхняя критическая точка в °С
4	3	0,03	94,07 ¹	29—35	2—7	90—110	5—8	6,75	400
4	1	0,03	98,07 ²	27—32	2—6	80—100	6—11	6,68	390
4	0—0,5	0,04	99,5—99,1 ³	25—30	2—6	60—90	7—12	6,65	389

¹ Отливки максимальной прочности.

² Отливки средней прочности.

³ Отливки с устойчивыми размерами.

Таблица 55

Химический состав и свойства подшипниковых сплавов на цинковой основе

Zn	Al	Cu	Mg	Предел прочности при растяжении в кг/мм ²	Удлинение в %	Твёрдость НВ	Ударная вязкость в кгм/см ²	Предел усталости при пе- ременном изгибе σ_w в кг/мм ² (N=20 · 10 ⁶)	Коэффициент линейного расширения $\alpha \cdot 10^6$ в интервале 20—100 °С	Теплопроводность в кал/см сек·град	Линейная усадка в %	Удельный вес γ	Верхняя критическая точка в °С
в %													
95,48÷ 86,95	2,5÷5,0	2÷8	0,02÷ 0,03	30	1—1,5	80—110	0,6—2,5	—	26—30	0,22—0,25	1,2—1,6	6,8—7,1	390—500
95,47÷ 94,77	4	0,5÷1	0,03	20—25	0,6—1,2	80—100	—	7—10	27—30	0,22—0,24	—	6,7	390
80,47÷ 48,47	10	0,5÷1	0,03	28—32	0,7—1,5	90—105	1,0—1,2	10—12	27—30	0,23—0,24	—	6,2	420
85	10	5	—	28—30	0,5—1,5	95—100	0,5—1,0	—	27	0,21	1,0	6,3	395

Таблица 56

Баббит кальциевый

Обозначение	Основные компоненты в %			Примеси не более в %			
	Ca	Na	Pb	Bi	Sb	Mg	прочие
БК	0,75—1,1	0,65—0,95	Ост	0,1	0,25	0,1	0,3

Таблица 57

Баббит

Обозначение	Основные компоненты в %					Примесей не более в %				
	Ca	Na	Sn	Mg	Pb	Bi	Sb	Cu	As	прочие
В-2	0,35—0,55	0,25—0,50	1,5—2,5	0,04—0,08	Остальное	0,2	0,1	0,15	0,05	0,3

ФОРМОВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Различают исходные формовочные материалы, формовочные смеси и вспомогательные материалы. Исходные формовочные материалы (песок, глина, стержневые крепители), смешанные между собой или с оборотной (горелой) землёй, образуют формовочные смеси. Последние в зависимости от назначения разделяют на собственно формовочные и стержневые. К вспомогательным материалам относятся формовочные краски, припылы и другие материалы, необходимые для изготовления и отделки форм и стержней.

ИСХОДНЫЕ ФОРМОВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Формовочные пески классифицируют (ГОСТ 2138-51) по количеству содержащейся в них глины и по крупности кварцевых зёрен (табл. 58).

Естественные материалы, содержащие более 50% глины, относят к категории глин.

Крупность кварцевых зёрен устанавливают просеиванием отмытого от глины песка через сито с отверстиями стандартной величины (по ГОСТ 2138-51).

Т а б л и ц а 58
Классификация формовочных песков

Наименование песка	Класс	Содержание глины в %
Кварцевый	К	До 2,0
Тощий	Т	2,0—10,0
Полужирный	П	10,0—20,0
Жирный	Ж	20,0—30,0
Очень жирный	ОЖ	30,0—50,0

В зависимости от крупности зёрен основной фракции пески делят по группам (табл. 59).

Т а б л и ц а 59
Классификация песков

Наименование песка	Группа	Номера сит смежных размеров, на которых остаются зёрна основной фракции
Грубый	20/ 40	20— 30— 40
Очень крупный	30/ 50	30— 40— 50
Крупный	40/ 70	40— 50— 70
Средний	50/100	50— 70—100
Мелкий	70/140	70—100—140
Очень мелкий	100/200	100—140—200
Тонкий	140/200	140—200—270
Пылевидный	200/270	200—270—тазик

Согласно ГОСТ 3226-49 глины делят на формовочные обыкновенные (Ф) и формовочные бентонитовые (Б). Последние в свою очередь подразделяют на жирные — для сырых форм и стержней и отошённые (ФО) — для сухих форм и стержней; по связующей стойкости — на малосвязующие М, средне-связующие — С, прочносвязующие — П и высокопрочные — В; в зависимости от термической устойчивости — на высокоустойчивые, среднеустойчивые и низкоустойчивые.

Например, глина марки ФЖ1С означает глину формовочную жирную, I группы, по термической устойчивости среднесвязующую. К бентонитам относятся высококачественные глины, отличающиеся высокой дисперсностью.

Бентониты делятся на два сорта — Б1 и Б11; коллоидность сорта Б1 $\geq 95\%$, сорта Б11 $\geq 90\%$. Каждый процент бентонита заменяет 2—3% обычной формовочной глины. При замене глины бентонитом одновременно может быть сильно снижена влажность формовочной смеси, что улучшает качество формы. Свойства песчано-бентонитовых смесей позволяют во многих случаях заменить отливку деталей в сухие формы отливкой в сырые формы.

Связующие материалы классифицируют по следующим основным признакам:

по природе материала — на органические и неорганические, а также водные и неводные связующие материалы;

по характеру затвердевания — на необратимо затвердевающие материалы, промежуточные и обратимо затвердевающие;

по прочности стержневых смесей (удельная прочность).

Под удельной прочностью подразумевают величину общей прочности, сообщаемой свя-

зующим материалом сухому образцу смеси, делённую на число процентов этого связующего материала, введённого в смесь (разработана А. М. Ляссом).

По величине удельной прочности стержни делятся на 3 группы:

1-я группа — с удельной прочностью больше $5 \frac{\text{кг/см}^2}{1\%}$;

2-я группа — с удельной прочностью $3 - 5 \frac{\text{кг/см}^2}{1\%}$;

3-я группа — с удельной прочностью менее $3 \frac{\text{кг/см}^2}{1\%}$.

В табл. 60 приведена классификация связующих материалов.

Сравнение свойств различных связующих материалов показывает, что все растительные масла могут быть заменены материалами, не содержащими пищевых продуктов; главнейшими из них являются:

рематол — специально обработанный раствор минерального масла в уайт-спирите;
крепитель П — раствор в уайт-спирите окисленного бакинского петролатума;
крепитель 4ГУ(в) — раствор в уайт-спирите высыхающего растительного масла и канифоли;

крепитель 4ГУ(п) — раствор в уайт-спирите полувысыхающего растительного масла и канифоли;

бифталь — коллоидальный раствор сложной композиции, содержащий масло, глицерин, канифоль, битум, фталевый ангидрид и уайт-спирит;

крепитель ГТФ — тяжёлая фракция сланцевой смолы, побочный продукт газогенераторных установок;

крепитель КТ и КД — комбинированные крепители, содержащие торфяной пек (КТ) или древесный пек (КД), глину и сульфитно-спиртовую барду;

крепитель КП-1 — комбинированный крепитель, содержащий журицкий каменноугольный пек, барду и глину;

крепитель КП-4 — комбинированный крепитель, содержащий черемховский каменноугольный пек, барду и глину;

древесный пек;
торфяной пек;

крепитель МФ-17 и М — мочевиноформальдегидные смолы;

кислые воды — концентрат промывных вод, получаемых при очистке генераторных смол.

ФОРМОВОЧНЫЕ И СТЕРЖНЕВЫЕ СМЕСИ

Требования, предъявляемые к формовочным смесям, зависят от характера и типа отливок, для которых эти смеси предназначаются. Смеси рекомендуется составлять так, чтобы их показатели соответствовали данным табл. 61 и 62.

Для проверки качества смесей необходим регулярный контроль основных показателей (газопроницаемость, прочность и влажность).

Важнейшими материалами, входящими в стержневые смеси, являются песок и связующие материалы (крепители).

Для правильного использования связующих материалов и, в частности, заменителей растительных масел необходимо установить, какие именно связующие материалы для ка-

ких стержней следует применять. Это решается при использовании классификации стержней, разработанной И. Б. Куманиным и предусматривающей деление основных стержней на пять классов.

I класс. Стержни сложной конфигурации с очень тонкими сечениями, сильно

Т а б л и ц а 60

Классификация связующих материалов

Группа связующих	Удельная прочность в кг/см ² /1%	Класс А			Класс Б			Класс В		
		органические неводные материалы			органические водные материалы			неорганические водные материалы		
		характер застывания	подгруппа и связующие материалы	примерная величина удельной прочности	характер застывания	подгруппа и связующие материалы	примерная величина удельной прочности	характер застывания	подгруппа и связующие материалы	примерная величина удельной прочности
1-я	Больше 5	Необратимый	А-1 Льняное масло Олифа Рематол Крепитель П Масло С Крепитель 4ГУ(в)	6,0 5,7 5,0 6,5 5,5 5,5	Необратимый	Б-1 МФ-17 М	15 6,0	Необратимый	В-1 Жидкое стекло	7,0
2-я	3,5	Промежуточный	А-2 Крепитель 4ГУ (п) Бифтал Крепитель ГТФ	4,0 4,0 3,5	Промежуточный	Б-2 Кислые воды Декстрин желтый и палевоый Декстрин белый Пектиновый клей	4,0 4,0 3,0 3,0	Промежуточный	В-2	
3-я	Меньше 3	Обратимый	А-3 Крепитель КТ и КД » КП-1 » КП-4 Пек торфяной » древесный Канифоль	1,5 1,5 1,5 1,0 1,0 1,0	Обратимый	Б-3 Патока кормовая Сульфитно-спиртовая барда	2,0 0,8	Обратимый	В-3 Цемент Глина формовочная	

Т а б л и ц а 61

Характеристика смесей для различных случаев литейной практики

Характер формовки	Вес отливки в кг	Содержа- ние глины в %	Газопроницае- мость в сыром виде в см/мин не менее	Прочность		Влажность в %
				на сжатие в сыром виде в кг/см²	на разрыв в сухом виде в кг/см²	
Для чугуного литья						
В сыр ую . .	До 20	8—10	30	0,3 —0,5	—	4,5—5,5
» » . .	» 200	8—10	50	0,3 —0,5	—	4,5—5,5
» » . .	» 2 000	8—12	70	0,5 —0,65	—	4,5—5,5
» сухую . .	» 10 000	15—20	80	0,55—0,75	0,8—1,2	7,0—8,0*
Для стального литья						
В сырую . . .	До 500	10—12	100	0,3 —0,5	—	4—5
» сухую . . .	» 5 000	12—15	70	0,4 —0,55	1,0—1,5	5—7*
Для бронзового и латунного литья						
В сырую . . .	—	8—12	30	0,3 —0,5	—	4,5—5,5
» сухую . . .	—	10—15	30	0,4 —0,6	0,8—1,2	5,5—6,5*
Для алюминиевого литья						
В сырую . . .	—	8—10	30	0,3 —0,5	—	4—5
» сухую . . .	—	8—12	30	0,3 —0,5	0,8—1,2	5—6*

* Влажность до сушки,

омываемые металлом, имеющие малочисленные узкие знаки, образующие в ответственных отливках необрабатываемые внутренние полости.

II класс. Стержни, имеющие наряду с компактной или даже массивной частью очень тонкие выступы, ребра или перемычки, обладающие более развитыми знаками, чем стержни I класса, и образующие в ответственном литье полностью или частично необрабатываемые поверхности.

III класс. Различные центровые стержни с конфигурацией средней сложности, образующие внутренние необрабатываемые поверхности, требующие наряду со средней прочностью в сыром и сухом состояниях высоких поверхностных качеств.

IV класс. Стержни несложной конфигурации, образующие внутренние обрабатываемые полости в отливках или габаритные стержни средней и малой сложности.

V класс. Массивные стержни, образующие большие внутренние полости в тонкостенном крупном литье. Стержни должны обладать высокой податливостью.

Сравнивая классификацию связующих ма-

териалов с приведённой классификацией стержней, легко установить, что связующие материалы I-й группы (A-1) следует применять для изготовления стержней I класса, связующие материалы 2-й группы (A-2) — для изготовления стержней II класса, связующие материалы 3-й группы (A-3) — для стержней III класса.

Для изготовления стержней IV и V классов следует применять водные материалы, например сульфитно-спиртовую барду. Типовые составы стержневых смесей, разработанные А. М. Ляссом, И. Б. Куманиным, приводятся в табл. 63.

Для быстросохнущих стержневых смесей может быть применён целый ряд как органических, так и неорганических связующих материалов; однако наилучших результатов достигают, применяя мочевино-формальдегидную смолу МФ-17, технология изготовления которой разработана НИИЭЗ МХП СССР.

Применение смолы МФ-17 по технологии ЦНИИТМаш обеспечивает резкое ускорение процесса сушки стержней, а также исключительно высокую прочность сухих стержней. Рекомендованные составы и свойства

Исходные материалы в формовочных смесях

Таблица 62

Характер отливки	Вес отливки в кг	Состав в весовых % по весу						Влажность в %
		отработанная смесь (старая)	свежие глинистые пески	сульфитный шёлк, удельный вес 1,20÷÷ 1,30	древесные опилки	каменный уголь	мазут	
Для чугунного литья								
В сырую .	До 20	75—90	22—8,0	—	—	3,0—2,0	—	4,5—5,5
» » .	» 200	50—90	45—8,0	—	—	5,0—2,0	—	4,5—5,5
» » .	» 2 000	50—70	42—25	—	—	8,0—5,0	—	4,5—5,5
» сухую .	» 10 000	40—60	57—38	—	3,0—2,0	—	—	7,0—8,0*
Для стального литья								
В сырую .	До 500	50—75	49,5—24,5	0,5	—	—	—	4—5
» сухую .	» 5 000	50—75	49,5—24,5	0,5	—	—	—	5—7*
Для бронзового или латунного литья								
В сырую .	—	60—80	39,0—18,5	—	—	—	1,0—1,5	4,5—5,5
» сухую .	—	60—70	40—30	—	—	—	—	5,5—6,5*
Для алюминиевого литья								
В сырую .	—	60—80	40—20	—	—	—	—	4—5
» сухую .	—	60—80	39,5—19,5	—	—	—	—	5—6*

* Влажность до сушки.

Таблица 63

Составы и свойства стержневых смесей с крепителем МФ-17

Классы стержней	Песчано-глинистая часть смеси в % по весу			Связующие материалы в % к песчано-глинистой части		Общее глинисо-держание в %	Предел прочности в кг/см ²		Газопроницаемость более	Влажность в %
	песок кварцевый	отработанная смесь	глина формовочная	крепитель МФ-17	сульфитно-спиртовая барда		на сжатие во влажном состоянии	на разрыв в сухом состоянии		
I	100	—	—	1,5—2,5	—	До 2	0,03—0,07	25—35	180	2—3
II	97	—	3	2,0—2,5	2,0—2,5	3,0—5,0	0,15—0,18	До 30	150	2,5—3,5
III	95	—	5	2,0—2,5	2,5—3,0	5,0—7,0	0,17—0,22	18—25	130	2,5—3,5
IV	55—95	0—40	5	2,0—2,5	2,5—3,0	5,0—7,0	0,18—0,25	15—22	100	3—4
V	50—70	30—50	0—3	2,5—3,0	3,0—3,5	5,0—7,0	0,22—0,27	12—18	70	3—4

Типовые составы стержневых смесей

Дозировка										Характеристика смеси						
Зерновая часть смеси в % по весу		Связующие материалы в % к весу зерновой части смеси						Опилки в % к весу зерновой части смеси	Зерновая основа	Газопроницаемость во влажном состоянии в единицах не менее	Влажность в %	Глиносодержание в %	Прочность		Требуемая температура сушки в °С	
		неводные (в расчёте на основу)			водные	1-й группы А-1	2-й группы А-2						3-й группы А-3	сульфитно-спиртовая барда (уд. вес 1,27)		
		глина	песок	песок												
горелая земля	кварцевый песок	глина	песок	песок	песок	песок	песок	песок	песок	песок	песок	песок	песок	песок	песок	песок
—	100	—	—	1,0—1,5 ^а	—	—	—	—	50/100÷100/50	130	2÷3	1÷2	0,03—0,06	6—9	Рематол 220÷240	
—	97	3	—	—	1,5—2,0 ^а	—	—	—	50/100	100	3÷4	3÷5	0,06—0,10	5—7	220±220	
0—40	96—97	3—4 ^а	—	—	—	2,0—4,0 ^а	2,5—3,5	—	50/100	100	3,0÷4,5	3÷6	0,10—0,16	3,5—6,0	220±240	
20—60	—	—	60—100 ^а	—	—	—	1,5—3,0	До 3	50/100÷70/40	70	4,0÷5,5	5÷9	0,16—0,25	2—3	160—180	
—	—	—	30—80 ^а	—	—	—	2,0—3,0	—	50/100÷40/70	70	5÷6	7÷10	0,20—0,35	0,8—1,5	160±180	
Стальная литьё																
—	100	—	—	1,2—1,5 ^а	—	—	—	—	50/100	1—2	130	2—3	0,03—0,05	7—10	Рематол 220÷240 ^а	
—	97	3	—	—	1,5—2,0 ^а	—	2,0—4,0	—	50/100	3—5	100	3—4	0,05—0,10	5—7	220±240	
0—40	96—97	3—4	—	—	—	2,0—4,0 ^а	2,5—3,5	—	50/100	3—6	100	3,0÷4,5	0,10—0,16	3,5—6,0	220±240	
20—60	93—97	4—9	—	—	—	—	3—3,0	0—3	50/100÷70/40	5—9	70	4,0—5,5	0,15—0,25	2,0—3,0	160—180	
—	—	1—16	—	—	—	—	2,0—3,0	—	50/100÷40/70	7—10	70	5,0—6,0	0,20—0,35	0,8—1,5	160±180	
Медное литьё																
—	100	—	—	1,3—1,5 ^а	—	—	—	—	50/100÷70/140 ^б	До 2% (желат., до 1%)	120	2—3	0,03—0,06	7—10	Рематол 220÷240	
—	97	3	—	—	1,5—2,0 ^а	—	2,0—4,0	—	50/100÷100/50	3—5	90	3—4	0,06—0,10	5—7	220±220	
0—40	96—97	3—4	—	—	—	2,0—4,0 ^а	2,5—3,5	—	50/100÷100/50	3—6	90	3,0÷4,5	0,10—0,16	3,5—6,0	220±240	
20—60	—	—	60—100 ^а	—	—	—	2,0—3,0	0—3	50/100	5—9	70	4,0—5,5	0,15—0,25	2,0—3,0	160±180	
—	—	—	40—80	—	—	—	2,0—3,0	—	50/100÷70/40	7—10	60	5,0—6,0	0,20—0,35	0,8—1,5	160±180	

1 С учётом глины, содержащейся в кварцевом песке.

² С учётом глины, содержащейся в кварцевом песке.

³ С учётом растворителя следует вводить в смеси: крепитель 4ГУ(В) 2,0-3,0%; рематол 1,3-2,0%; масло 2,5-3,8% и т. д.

С учетом растворителя следует вводить в смеси: крепитель А1 (уп) 3,0—4,0%; бифтал 2,5—3,8% и т. д.

Допускается применение связующих материалов типа А-1, которые вводятся в смесь в несколько уменьшенном количестве без учета растворителя и без учета растворителя (пекти, битум) и водных (сульфатно-спиртовая барда) материалов. Для стержней III класса допускается применение связующих материалов типов А-1 и А-2, которые вводятся в смесь в уменьшенных количествах.

уменьшенных количествах.
⁵ Сульфитно-спиртовая барда во всех смесях может быть заменена другими водными материалами (Б-2, Б-3), однако в большинстве случаев это экономически нецелесообразно.

и нецелесообразно.

Или кварцевый песок и глина по расчёту.

³ В остальных случаях $200 \div 220$.

В остальных случаях $200 \div 220$.
Или глинистый песок по расчёту.

Таблица 65

Стержневые смеси с жидким стеклом

Песчано-глинистая смесь в % по весу			Жидкое стекло в % к весу песчано-глинистой смеси	Мазут в % к песчано-глинистой смеси	Едкий натр (10%-ный раствор) в % к весу песчано-глинистой части	Общее глиносо-держание в %	Предел прочности в кг/см ²		Газопро-ницае-мость более	Влаж-ность в %
песок кварцевый	отра-ботанная смесь	глина формовочная					на сжатие во влажном состоянии	на разрыв в сухом состоянии		
97—95 70	— 30	3—5 0—2	5—6 5—6	0,5 0,5	1 1	3—7 3—7	0,20—0,35 0,25—0,40	15—20 15—20	150 100	3,5—4,5 3,5—4,5

Таблица 66

Формовочные краски

Марка	Состав в %								Удельный вес пасты при её упо- треблении	Область применения
	графит	кокс	уголь куз- нечный	маршалит	талк	бентонит	водный связую- щий мате- риал (в рас- чёте на основу)	вода		
СТ	—	—	—	73,5—75,5	—	3,5	2—3	20	1,4 —1,5	Для форм стального литья
ГВ	51,5—53,5	—	—	—	—	3,5	3—5	40	1,35—1,4	Для крупных чугунных отливок
КМГ	17	17	—	31,5—34,0	—	2,5	3,5 —6	25	1,4 —1,45	То же средних
КМГУ	9	17	9	31,5—34,0	—	3,5	3,5 —6	24	1,4 —1,45	» малых
ТВ	—	—	—	—	60	4,0	—	35	1,25	Для цветного литья
БСС	—	—	—	66	—	—	МФ. 17—12	22	1,45—1,5	Быстросохнущая для форм стального литья
БСЧ	91	—	—	—	—	—	9	—	1,45—1,5	То же для чугунного литья

стержневых смесей с крепителем МФ-17 приведены в табл. 64.

Сушка стержней, изготовленных из быстросохнущих смесей, осуществляется в печах обычных конструкций.

Режим сушки сокращён в 8—15 раз по сравнению с обычным. Мелкие стержни высушиваются в 15 мин., средние в 30 мин., крупные в 1—2 часа. Температура сушки 200—250°.

Для изготовления сухих форм (облицовочный слой), стержней V класса и внешнегабаритных (наружных) стержней целесообразно использовать единую быстросохнущую смесь с жидким стеклом.

Рекомендуемые составы и свойства смесей с жидким стеклом приведены в табл. 65.

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Для устранения пригара применяют противопригарные средства в виде красок.

Припылы из каменного угля марки ПЖ, графита или цемента применяют для припыливания форм чугунного литья.

Формовочные краски применяют при литье в сухие формы для устранения пригара и получения гладкой поверхности литья. Типовые составы красок приведены в табл. 66.

МОДЕЛЬНО-ОПОЧНЫЙ ИНВЕНТАРЬ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В основной модельный инвентарь включают: модели, модельные плиты, стержневые ящики и прочую оснастку, непосредственно участвующую в образовании рабочих очертаний форм и стержней.

В состав вспомогательных формовочных и стержневых приспособлений входят:

- 1) опочный инвентарь (опоки, подопочные плиты, жакеты);
- 2) сушильный инвентарь (сушильные плиты и сушильные вкладыши);
- 3) прессующие приспособления (подпрессовочные плиты, прессовые головки, обжимы);

4) приспособления для вентиляции форм и стержней;

5) приспособления для контроля форм и стержней.

Модели и стержневые ящики изготовляют из дерева, металла (табл. 67), цемента, гипса и других материалов.

Вспомогательный инвентарь обычно изготовляют металлическим (из чугуна, алюминиевого сплава или стали), за исключением опок, подопочных плит и некоторых приспособлений, изготовляемых иногда из дерева.

При конструировании моделей и стержневых ящиков размеры их должны приниматься с учётом величины усадки и припусков на

Таблица 67

Материалы для изготовления металлических моделей и стержневых ящиков

Сплавы	Химический состав в %										Усадка в %	Назначение
	Cu	Sn	Zn	Pb	Al	Fe	Si	Sb	Bi	Mg		
Алюминиевые	7—9,0	—	—	—	Остальное	—	—	—	—	—	1,2	Для массивных и средних моделей
	3	—	10	—		—	—	—	—	—	1,4	
	8	—	—	—		—	2	—	—	—	1,2	
	1,5—3,5	—	0,5	Никель <0,5		1,3	6,5—13	—	—	—	0,9	
Медные	3,5—4,5	—	—	—	Остальное	Макс. 0,8	2,5—3,5	—	—	—	1,0	Для стержневых ящиков
	—	—	—	—		—	—	—	—	—	—	
	—	—	—	—		—	—	—	—	—	—	
	—	—	—	—		—	—	—	—	—	—	
Свинцово-сурьмяные	—	—	4,5	4,5	—	Макс. 0,35	4,5	—	—	—	1,3	Для небольших моделей сложной конфигурации, имеющих тонкие ребра и выступающие тонкие части
	—	5	5	5	—	—	—	—	—	—	1,4	
	—	—	—	—	10	1,0	—	—	—	—	1,5	
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Чугуны СЧ 12-28 и СЧ 15-32 ГОСТ 1412-48	—	—	5	80	—	—	—	15	—	—	0,3	Для моделей мелко-серийного производства
	—	—	—	71	—	—	—	15	14	—	2	
	—	—	—	45	—	—	—	—	35	—	—	
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

Таблица 68

Классификация моделей

Характеристика моделей	Формовка	
	ручная	машинная
<i>По размеру</i>		
Крупные	Более 1 500 мм	Более 500 мм
Средние	500÷1 500 мм	До 150÷500 мм
Мелкие	До 500 мм	До 150 мм
<i>По характеру формовки</i>		
Неразъемные	Для формовки с подрезкой или фальшивкой	Односторонние и двусторонние с «болваном»
Разъемные	На два и более разъема, с отъемными частями	Двусторонние
<i>По конструкции</i>		
Полные	На весь контур отливки	Массивные—мелкие
Неполные	С шаблонами и кусками	Пустотелые—облегченные
Скелеты контурные	Для земляных моделей	
Шаблоны формовочные и стержневые	Протяжные и заточные	
<i>По сложности</i>		
Сложные	Криволинейного контура с большим числом стержневых ящиков	Пустотелые, крупные с ручной и станочной обработкой и с большим числом стержневых ящиков
Средней сложности	Простого контура с большим числом стержневых ящиков	Мелкие ручной и станочной обработки с ящиками
Простые	Прямолинейного контура с простыми ящиками	Обрабатываемые в основном на универсальных станках

механическую обработку отливки. Кроме того, при конструировании должно предусматриваться максимально возможное облегчение веса самой модели.

МОДЕЛИ

В зависимости от способа изготовления литейной формы модели бывают ручные и машинные.

Машинные модели отличаются от ручных простотой и определённой направленностью рабочих поверхностей для равномерного уплотнения формовочных смесей и свободной выемки модели. Упрощения контура машинных моделей достигают применением поверхностных стержней с необходимой формой знаков, упрощающих контуры модели. Отъёмных частей в машинных моделях не делают.

Классификация моделей дана в табл. 68.

Формовочные уклоны. Рабочим поверхностям моделей и стержневых ящиков при изготовлении придают формовочные уклоны для обеспечения лёгкого извлечения моделей из форм или освобождения стержневых ящиков от стержней. При наличии в деталях конструктивных уклонов выполнять формовочные уклоны не требуется. Формовочные уклоны указывают в миллиметрах или в градусах (табл. 69).

Таблица 69
Формовочные уклоны
(по ГОСТ 3212-46)

М о д е л и					
высота в мм	металлические	деревянные		формовочные уклоны	
		формовка машинная	формовка ручная		
	α в градусах	a в мм	α в градусах	a в мм	α в градусах
20	3°	1,0	3°	1,0	3°
20—50	1°15'	1,5	1°30'	1,5	1°30'
50—100	0°45'	2,0	1°15'	2,0	1°15'
100—200	0°30'	2,5	0°45'	2,5	0°45'
200—300	0°30'	3,0	0°30'	3,0	0°30'
300—500	0°30'	4,0	0°30'	4,0	0°30'
500—800	—	—	—	5,0	0°30'
800—1 000	—	—	—	6,0	0°30'
1 000—1 200	—	—	—	7,0	0°30'
1 200 и более	—	—	—	8,0	0°30'

Формовочные уклоны в зависимости от характера поверхностей отливок (обрабатываемых или необрабатываемых), условий работы (сопряжение с другими деталями), а также величины допускаемых отклонений по размерам отливки выполняются по схемам, приведённым на этой странице.

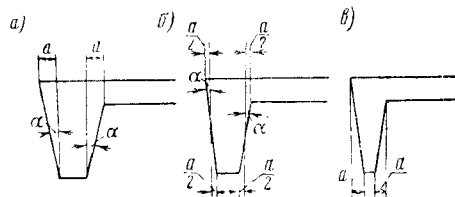
Для необрабатываемых поверхностей формовочные уклоны рекомендуются принимать: «в плюс» при толщине боковых стенок до 8 мм;

«в плюс — минус» при толщине боковых стенок от 8 до 12 мм;

«в минус» при толщине боковых стенок больше 12 мм.

Для обрабатываемых поверхностей формовочные уклоны принимают «в плюс».

Для поверхностей моделей, образующих в литейных формах болваны, а также при изготовлении форм по глине величину формовочных уклонов рекомендуют увеличивать на 50—100%, но не превышая 3°.



Схемы формовочных уклонов в моделях: а — уклон на увеличение толщины стенки («в плюс»); б — уклон отливки на увеличение и уменьшение («в плюс—минус»); в — уклон на уменьшение толщины стенки («в минус»)

При изготовлении стержневых ящиков размеры стержневых знаков рекомендуют принимать по табл. 70—72.

Таблица 70
Размеры вертикальных стержневых знаков
(для деревянных моделей)

Диаметр стержня в мм	Высота знака в мм		Зазор знаков в мм	
	нижнего	верхнего	бокового	верхнего
До 30	25—30	15—20	1	1
31—50	30—40	20—25	1	2
51—100	40—50	25—30	2	3
101—200	50—60	35—40	2	4
201—400	60—90	40—50	2	5

Таблица 71
Размеры круглых горизонтальных стержневых знаков

Диаметр стержня в мм	Диаметр знака в мм	Зазор знаков в мм	
		по диаметру	торцевой
До 25	15—20	0,5	0,5
26—30	20—25	1	1
31—40	20—30	1	1
41—50	25—35	2	2
51—75	30—40	2	2
76—100	40—50	2	2
101—125	40—60	2	2
126—150	50—70	2	2
151—200	60—80	3	3

Припуски на усадку. Модельный инвентарь изготавливают с припусками на усадку. Величину усадки простых отливок принимают одинаковой по всем направлениям. В сложных отливках возможна неодинаковая усадка в различных направлениях вследствие неодинаковой скорости их охлаждения и разного сопротивления формы и стержней.

Таблица 72

Размеры прямоугольных горизонтальных стержневых знаков

Размеры в мм		Зазор знаков в мм		
высота знака (от- до) в мм	длина знака в мм	нижний и боковой	верхний	торцевой
До 25	25	1	2	1
26—40	30	1	2	1
41—60	35	2	4	2
61—80	40	2	4	2
81—100	50	3	6	3
101—125	60	3	6	3
126—150	70	4	8	4
151—200	80	4	8	4

В табл. 73 приведены величины линейной усадки деталей, отливаемых из основных литейных сплавов.

При изготовлении моделей для ручной формовки необходимо учитывать также и влияние расталкивания модели при её извлечении из формы, уменьшая соответственно размеры модели («отрицательный припуск»). Величины отрицательных припусков в зависимости от размеров модели могут колебаться от 0,5 до 5 мм и более. Необходимость в отрицательном припуске может встретиться также в ряде случаев при массовых вертикальных стенках в отливке в сырую форму для компенсации раздутья стенок отливки; при этом величина отрицательного припуска в каждом отдельном случае устанавливается экспериментально.

Таблица 73

Припуски на усадку отливок основных литейных сплавов

Материал отливки	Размеры отливки	Линейная усадка в %
Серый чугун	Мелкие	0,8—1,2
	Средние	0,6—1,0
	Крупные	0,4—0,8
Сталь	Мелкие	1,8—2,2
	Средние	1,6—2,0
	Крупные	1,4—1,8
Медные сплавы	Мелкие	1,4—1,6
	Средние	1,0—1,4
	Крупные	0,8—1,2
Алюминиевые и магниевые сплавы	Мелкие	0,8—1,2
	Средние	0,5—1,0
	Крупные	0,3—0,8

Примечание. Нижние пределы припусков принимают для деталей с затрудненной усадкой, отливаемых в сухие формы.

Размер припусков для чугунного литья подбирают по ГОСТ 1855-45, а для стального литья по ГОСТ 2009-43.

Класс точности моделей характеризует собой допустимые отклонения их размеров от номинальных размеров по чертежу с учётом усадки. В соответствии с классом точности

отливок по ГОСТ 1855-45 и ГОСТ 2009-43 деревянные модели рекомендуют изготовлять трёх классов точности с предельными отклонениями размеров согласно табл. 74.

Таблица 74

Предельные отклонения размеров моделей в мм

Измеряемый размер модели в мм	Класс точности моделей при производстве		
	крупно-серийном	серийном	индивидуальном
	I	II	III
До 50	±0,2	±0,3	±0,5
От 50 до 100	±0,3	±0,4	±0,5
» 100 » 200	±0,4	±0,5	±0,8
» 200 » 300	±0,5	±0,8	±1,0
» 300 » 500	±0,6	±0,8	±1,5
» 500 » 800	±0,8	±1,0	±1,5
» 800 » 1 200	±1,0	±1,0	±2,0
» 1 200 » 1 800	±1,0	±1,5	±3,0
» 1 800 » 2 600	±1,0	±2,0	±3,0
Свыше 2 600	1,5	±2,0	±3,0

Примечание. Точность первого класса рекомендуют для деревянных моделей машинной формовки. Для моделей металлических точность увеличивается и допустимые отклонения уменьшаются вдвое.

ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОКРАСКИ И МАРКИРОВКА ДЕРЕВЯННЫХ МОДЕЛЕЙ

В качестве основного цвета окраски деревянных модельных комплектов согласно ГОСТ 2413-44 устанавливают:

красный цвет — для моделей отливок из чёрных металлов;

жёлтый цвет — для моделей отливок из цветных металлов.

Отдельные части поверхности моделей должны окрашиваться согласно табл. 75.

Таблица 75

Окраска частей моделей

Назначение поверхности	Окраска
Поверхности отливок, подвергающиеся механической обработке	Чёрные округлые пятна по основному фону окраски (красному или жёлтому)
Стержневые знаки	Чёрная сплошная окраска
Места установки объёмных частей	Окантовка чёрной полосой
Рёбра жёсткости модели	Чёрные косые полосы
Прибыли, приливы для испытаний	Отделяются от основного тела отливки чёрной полосой
Места постановки холодильников (кокилей)	Белая сплошная окраска

Чёрные округлые пятна должны закрывать не менее 10% площади окрашиваемой поверхности. Размеры пятен, принимаемые в соответствии с размерами окрашиваемой поверхности, не должны превышать по диаметру 50 мм.

Ширина чёрных полос при окантовке принимается в соответствии с размерами окрашиваемой поверхности, но не менее 10 мм.

Ширина чёрных полос принимается не менее половины просвета между ними.

ИНВЕНТАРЬ ДЛЯ БЕЗОПОЧНОЙ ФОРМОВКИ

Опоки для безопочной формовки

Для безопочной формовки рекомендуется применять съёмные опоки пирамидальной формы с уклоном стенок, равным 5°. Съёмные опоки (табл. 76) изготавливают из алюминиевого сплава и из твёрдых пород дерева. Разъёмные опоки являются менее совершенными по конструкции и применяются редко. Опоки центрируют с помощью направляющих одинарных или двойных штырей.

Для поддержания земли в опоке рекомендуется в плоскости иметь передвигающиеся стальные планки (ножи).

Таблица 76

Основные размеры съёмных опок в мм

Размеры опок в разьёме	Высота		Размеры опок в разьёме	Высота	
	верха	низа		верха	низа
400×250	90	75	450×250	90	95
	90	90		90	90
	100	100		100	100
	115	115		125	125
	125	125		150	150
400×300	90	75	450×300	90	75
	90	90		90	90
	100	100		100	100
	115	115		115	115
	125	125		125	125
	150	150		150	150
			500×250	90	75
				90	90
				115	115
400×350	90	75	500×300	125	125
	90	90		150	150
	100	100			
	115	115		90	75
	125	125		90	90
	150	150		100	100
				115	115
				125	125

Жакеты для безопочной формовки

Жакеты служат для предохранения от разрушения формы, изготовленной в пирамидальной опоке.

Жакеты (табл. 77) могут изготавливаться из дерева, свариваться из листовой стали и отливаться из серого или ковкого чугуна.

Таблица 77

Основные размеры жакетов в мм

Тип	Номинальные размеры опок (длина, ширина)	Длина		Ширина	
		верха	низа	верха	низа
Сварные	400×250	378,8	412,2	237,8	262,2
	400×300	387,8	412,2	287,8	312,2
	450×250	437,8	462,2	247,8	216,2
	450×300	437,8	462,2	287,8	312,2

Наилучшими в эксплуатации являются сварные и так называемые пружинные жакеты. Пружинные жакеты собирают из литых стенок с установкой в углах болтов с пружинами.

Подопочные и подпрессовочные плиты

Подопочные плиты изготавливаются из листовой стали (сваркой) из дерева и литыми из алюминиевых сплавов.

Они так же, как и обычные подопочные плиты, снабжаются отверстиями для прохода газов.

Отверстия делаются круглые (конической формы) диаметром 8 мм.

Размеры подопочной плиты принимаются в соответствии с размерами опоки.

Подпрессовочные плиты рекомендуются изготавливать из алюминиевых сплавов.

Длина и ширина плиты должны быть на 13—15 мм меньше соответствующих размеров верха опоки.

Модельные плиты

Для безопочной формовки можно применять односторонние (обычные) и двусторонние модельные плиты. При двусторонних плитах формуется обе половинки опок без смены плиты, и поэтому двусторонние плиты являются самым распространённым типом модельных плит. Полуформы, полученные при двусторонних плитах, надёжно взаимно фиксируются.

Модельные плиты изготавливают из твёрдого дерева, листовой стали толщиной от 4 до 6 мм и литыми из алюминиевого сплава.

Направляющие втулки для модельных плит безопочной формовки применяют одноштыревые (обычные) или двухштыревые. Двухштыревые втулки обеспечивают более точное и плавное отделение плиты от формы, чем одноштыревые.

Модель на плите фиксируется контрольными штифтами и крепится к ней винтами с потайной головкой, подобным же образом крепится к плите и литниковая система.

ОПОКИ

Опоки литейные — это коробчатые приспособления, необходимые для удержания песчаных литейных форм при изготовлении, заливке и транспортировании. К опочным приспособлениям относятся также подопочные плиты, жакеты для безопочных форм и жакеты для сборки форм из стержней.

Классификация опок. Опоки делят:

по литейной форме — на постоянные, предназначенные для опочных форм, и съёмные (разъёмные) — для форм безопочных;

по способу изготовления — на цельнолитые (табл. 78), свёртные, сварные металлические и вязанные деревянные;

по контуру в свету (конфигурация) — на прямоугольные, круглые, фасонные; прямоугольные опоки универсальные, а круглые и фасонные относятся к специальным;

по номинальному внутреннему объёму — на мелкие ручные объёмом до 12 л; малые ручные объёмом от 13 до 25 л, средние крановые

Таблица 78
Опоки литейные цельнолитые
(ГОСТ 2529-44)

Элементы характеристики	Ручные		Крановые	
	мелкие	малые	средние	большие
Объем опоки в л .	До 12	13—25	До 150	От 151 до 1750
Ориентировочный вес пустой опоки в кг	» 10	До 16	» 60	Более 60
Ориентировочный вес земли в кг .	» 20	» 48	» 240	Более 240
Ориентировочный вес заформован- ной опоки в кг .	» 30	» 64	» 300	Более 300
Рёберная клетка .	Нет	Есть	Есть	Есть
Ручки	Есть	»	»	Нет
Цапфы	Нет	Нет	»	Есть
Диаметры штырей в мм: для индивидуаль- ного и мелко- серийного про- изводства . . .	18	18 и 20	20 и 24	30
для массового и крупносерийно- го производства	24	24	30	36

объемом до 150 л, большие крановые объемом от 151 до 1750 л и крупные крановые объемом свыше 1750 л;

по соотношению размеров — на обычные и обычные низкие при отношении ширины к дли-

не 1:1 ÷ 1:2, узкие 1:2 ÷ 1:4, широкие — более 1:1; низкие — при отношении высоты к длине (диаметру) опок мелких, малых, средних и больших 1:4 ÷ 1:8 и опок крупных 1:5 ÷ 1:10; высокие — более 1:2 для опок мелких, малых, средних и больших;

опоки широкие и высокие считаются специальными;

по положению при заливке — на горизонтальные и вертикальные. Вертикальные опоки при заливке стоят на боку, поэтому их стенки должны быть гладкими; в верхних стенках они имеют отверстие для устройства литниковои системы;

по количеству отдельных опок в опочном комплекте — на одиночные (кроющие), применяемые при закрытой почвенной формовке, парные и сборные из трёх опок и более.

Материалы для опок. Из серого чугуна марок СЧ 15-32 и СЧ 18-36 изготавливают литые и свёртанные опоки любых размеров. Недостатками чугунных опок являются их большой вес и поломка от ударов при выбивке. Цельнолитые стальные опоки вдвое дороже чугунных и оправдывают себя при крупносерийном и массовом производствах; они на 20 — 25% легче чугунных при стойкости, большей в несколько раз. Для стальных опок пригодна сталь любой марки по ГОСТ 977-53. Опоки стальные сварные применяют редко, так как для них требуется специальный профиль проката. При машинной формовке оправдывают себя ручные опоки из алюминиевых сплавов. Из дерева (ель, сосна) постоянные опоки целесообразно делать лишь при почвенной формовке.

Стандартные размеры литейных опок (длина, ширина, высота) указаны в ГОСТ 2133-43.

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВИДЫ ЛИТЬЯ

ЛИТЬЁ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Литьё под давлением состоит в том, что жидкий металл с силой под давлением, превышающим атмосферное, вгоняется в стальную форму, называемую пресс-формой, со стержнями, сделанными также из стали.

Литьё под давлением находит всё более и более широкое применение во всех областях техники при изготовлении изделий, преимущественно массового характера, от которых требуется точность и однородность выполнения, при минимальной механической обработке или совершенно без обработки.

Конфигурация таких изделий самая разнообразная — от простейших до очень сложных; габариты от нескольких миллиметров до десятков сантиметров (например 850 × 425 × 165) при толщине тела отливки от 0,75 мм и выше (обычно в пределах 1,5—2,5 мм). Точность изготовления в пределах от ±0,01 до ±0,35 мм.

Литьё под давлением осуществляется при помощи устройства, состоящего из следующих элементов:

1) пресс-формы со стержнями;

2) механизма, называемого литейной машиной, осуществляющего подачу жидкого металла к форме, заполнение формы жидким металлом и вынимание из неё готового литого изделия;

3) агрегата для расплавления металла, который в некоторых установках объединяется с литейной машиной, в других случаях представляет собой отдельную единицу.

Пресс-формы, стержни и части литейной машины, соприкасающиеся с жидким металлом, делаются из стали, хорошо сопротивляющейся разрезающему действию металла при температуре заливки.

При изготовлении пресс-форм обращается особенное внимание: на устройство литниковой системы, которая должна обеспечивать хорошее заполнение форм жидким металлом и полное вытеснение из формы воздуха через специальные вентиляционные каналы, обычно нанесённые в плоскости разреза формы для устранения образования воздушных карманов и, следовательно, во избежание недоливов; на удобство быстрого вынимания стержней из отливки и самой отливки из формы (вытаскивателем); на правильный разбём формы, облегчающий быстрое и своевременное удаление из неё готовой отливки.

Литейные машины (табл. 79) должны обеспечивать минимальное окисление металла в процессе плавления и запрессовки его в форму, чистоту металла от примесей и шлака, быстроту заливки и вынимания отливки из формы, удобство смены и установки пресс-формы.

Таблица 79

Типы машин, применяемых для литья под давлением

Тип машины	Принцип действия и конструктивные особенности	Применение и эксплуатационные данные
Поршневая с вертикальным цилиндром Поршневая с горизонтальным цилиндром.	Подача жидкого металла в форму осуществляется поршнем цилиндра	Для литья из сплавов с низкой точкой плавления (свинцовые, оловянные и цинковые). Машины удобны в эксплуатации и производительны
Компрессорная машина с закрытой камерой и муфтишкой	Подача жидкого металла в форму осуществляется сжатым воздухом	Для литья из сплавов с относительно низкой температурой плавления (как и поршневые машины). Недостатки: большое окисление металла и большой расход сжатого воздуха. Не обеспечивают получения высокого качества литья
Компрессорная машина с черпаком	Подача жидкого металла в форму осуществляется сжатым воздухом, но расплавленный металл подаётся в форму при помощи особого черпака	Для литья из сплавов с относительно низкой температурой плавления. Производительны и не имеют недостатков, которые присущи машинам такого же типа, но с закрытой камерой
Компрессорная машина с холодной камерой	В форму металл впрыскивается в тестообразном состоянии при помощи поршня цилиндра. Металл в цилиндр подаётся по необходимости порциями (ложкой или из малого ковша	Для литья из различных сплавов, имеющих относительно высокие температуры плавления. Надёжны в работе и производительны. Допускают применение повышенных давлений до 200 ат, что делает такие машины наиболее применимыми для сплавов, имеющих температуру литья до 950°C

Производительность литейных машин-автоматов достигает 700 съёмов в час.

Литьё под давлением применяется для изготовления изделий преимущественно из сплавов белых металлов и латуней, реже из бронз, ещё реже из чугуна и совершенно не применяется для стальных изделий.

Сплавы для литья под давлением должны обладать минимальной способностью растворять в себе газы при плавке, не вступать в реакцию со стенками тигля и не смешиваться со шлаком.

Прочность литых изделий, изготовленных под давлением, на 20—30% выше прочности таких же изделий, отлитых в песчаные формы, и в некоторых сплавах достигает прочности стали (35 кг/см²). Брак при налаженном производстве вдвое ниже, чем при отливке в песчаные формы.

КОКИЛЬНОЕ ЛИТЬЁ

Литьё, получаемое с применением постоянных металлических форм, называется кокильным. Литьё в кокиль отличается от литья под давлением тем, что жидкий металл вводят в форму не под искусственным, повышенным давлением, а как в обычном литье, т. е. под действием силы тяжести.

При производстве отливок из легкоплавких алюминиевых и магниевых сплавов в большинстве случаев не только кокильная форма, но и стержни делаются металлическими (чистое кокильное литьё). При отливке деталей из чёрных металлов вследствие высоких температур жидкого металла делается металлической

только форма, а стержни — земляные. При стальном литье широко применяется для крупных отливок так называемое полуюкокильное литьё, которое заключается в том, что отливка делается не в металлическую форму (кокиль), а в песчано-глинистую форму, нанесённую на литой стальной или чугунный жакет. Толщина песчано-глинистой формы берётся 30 ÷ 150 мм в зависимости от массивности отливки; форма выполняется формовщиком с применением модели, шаблона или косяков. Внутренние части таких полуюкокильных форм выполняются стержнями из обычного песчано-глинистого стержневого состава.

При кокильном литье большое значение придаётся стойкости металлических форм и стоимости их изготовления, так как это часто определяет рентабельность и область применения данного вида литья.

Кокильный способ во всех случаях обеспечивает получение отливок с высокими механическими свойствами, а при массовом производстве и правильной организации работ значительно снижает себестоимость литья.

Стойкость кокилей во многом зависит от способа подвода металла в кокиль и от конструкции литниковой системы в целом (табл. 80).

Для обеспечения высокой стойкости кокилей необходимо:

- литниковую систему иметь такой, чтобы поступление металла в форму происходило спокойной, ровно и без образования брызг;
- в тех случаях, когда невозможно обеспечить спокойное поступление металла в форму, принимать меры, обеспечивающие воспри-

Стоимость чугуновых постоянных форм (кокилей)

Таблица 80

Вид металла или сплава	Вид литья	Характер отливки	Ориентировочная стоимость металлической формы (штук отливок)
Легкоплавкие сплавы (алюминиевые, магниевые, цинковые) Чугунные отливки	Кокильное или кокильное с песчаными стержнями Кокильное с песчаными стержнями	а) Малые по весу б) Средние и крупные а) Мелкие и средние б) Крупные	Сотни тысяч Десятки тысяч От 1 000 до 5 000 От 250 до 1 000
Стальные отливки	Кокильное с песчаными стержнями	а) Мелкие по весу б) Средние в) Крупные г) Весьма крупные	400—600 100—300 15—100 15—50

ятне ударов металла самой литниковой системой или стержнями;

в) при производстве стальных отливок в кокиль обязательно устраивать литниковую систему в песчаной части формы и не допускать попадания струи металла на выступающие части металлической формы.

Необходимо обеспечивать правильное спаривание частей формы и избегать появления больших заливов, так как они резко сокращают срок службы кокиля.

Температура подогрева металлической формы для чугуновых отливок (с обрабатываемой поверхностью) в каждом случае должна приниматься в зависимости от характера и назначения отливки и находиться в интервале температур от 250 до 400°C.

Практикой установлено, что при температурах менее 250° поверхность отливки может получать отбел, а при температурах более 400° может иметь место быстрый износ кокиля.

Принципы конструирования постоянных форм. Конструкция постоянной формы должна обеспечить получение здоровой отливки требуемой точности при высокой стойкости формы и минимальной её стоимости. Рекомендуемые толщины стенок кокиля приведены в табл. 81.

Таблица 81

Рекомендуемая толщина стенок кокиля

Виды отливок	Рекомендуемая толщина стенок
Стальные тонкостенные отливки Стальные отливки со средними и массивными стенками Чугунные отливки малой и средней толщины То же для массивных отливок	1,25—2,5 толщины стенок отливки 1,0—1,5 толщины стенок отливки 1,0—1,5 толщины стенок отливки Иногда свыше 1,5 толщины стенок; чаще по конструктивным соображениям 2,5—3,0 толщины стенок отливки, но не менее 15 мм
Алюминиевые и медные сплавы	

Наиболее простыми, дешёвыми и надёжными в эксплуатации являются неразъёмные кокили. При конструировании разъёмных кокилей главным условием является обеспе-

чение чистой поверхности в местах разъёма, без образования больших заусениц (заливов).

Отвод газов может быть осуществлён путём устройства выпоров в верхней части формы, вентиляционных каналов в местах разъёма и в теле формы, где возможно скопление газов. При сложных отливках необходимо применять все указанные способы вентиляции формы (табл. 82).

Таблица 82

Рекомендуемые размеры выпоров и вентиляционных каналов

Способы вентиляции формы	Размеры в мм		
	толщина	ширина	диаметр
Выпоры ¹	2—3	15—20	—
Каналы в местах разъёма ²	Глубина 0,2—0,4	—	—
Каналы в местах скопления газов	—	—	0,25

¹ Рекомендуется овальная форма.

² Рекомендуется располагать по направлению основного потока расплавленного металла в форме.

Для получения качественных отливок и обеспечения высокой стойкости металлической формы необходимо подводить расплавленный металл через стержень, так как такой метод способствует удлинению срока службы кокиля.

При высоких и тонких отливках рекомендуется применять вертикальные щелевые питатели.

При отливке в кокиль деталей несложной конфигурации металл следует заливать в форму сверху через прибыль или литниковую чашу, устанавливаемую сбоку на уровне прибыльной части.

Для предохранения внутренней поверхности кокиля от непосредственного воздействия расплавленного металла и увеличения срока службы металлической формы, для замедления охлаждения наружных зон отливок, что даёт возможность уменьшать или устранять появление отбела при производстве чугуновых отливок, необходимо внутреннюю поверхность кокиля облицовывать изолирующими материалами в виде паст или красок.

Таблица 83

Классификация способов центробежного литья

Название способа	Особенности и принцип действия	Типы применяемых машин	Характер отливаемых деталей	Вид литья
Центробежный	Центробежная сила передаётся металлу в результате вращения металлической формы вокруг своей оси	Центробежные машины горизонтального действия. То же вертикального действия	Детали, представляющие собой тела вращения (трубы, втулки, цилиндры, кольца и т. д.). На горизонтальных машинах отливаются, как правило, детали, у которых диаметр меньше их длины. Детали, имеющие диаметр больше длины, могут отливаться на машинах с вертикальной осью вращения	Все виды литья (цветное, стальное, чугуное)
Полуцентробежный	Принцип центробежного литья, но конфигурация детали получается не только центробежной силой, но и при помощи стержней	Машины с вертикальной и горизонтальной осью вращения	Детали, представляющие собой тела вращения, но имеющие относительно сложную конфигурацию, а также различные фасонные детали	Все виды литья (цветное, стальное, чугуное)
Центрифугирование	Жидкий металл подаётся через стояк, а центробежная сила используется для подачи его в форму	Машины с вертикальной осью вращения и столом для установки полупостоянных или земляных форм	Детали сложной конфигурации, как имеющие, так и не имеющие оси вращения (колёса, шестерни, звёздочки и др.)	Все виды литья

Машины для литья в кокиль. Ручные кокильные станки рекомендуются применять во всех случаях, так как они облегчают труд рабочего по разъёму формы, удалению отливки и способствуют повышению производительности.

Пневматические кокильные станки необходимо применять при отливке крупных деталей, а карусельные машины — только при массовом производстве кокильного литья.

ЦЕНТРОБЕЖНОЕ ЛИТЬЁ

При центробежном способе отливки деталей жидкий металл заливают во вращающуюся обычно металлическую форму, в которой он затвердевает, подвергаясь действию центробежных сил, развивающихся при вращении формы.

Основные преимущества центробежного способа литья:

- 1) увеличивается резко выход годного;
- 2) сокращается до минимума брак отливок;
- 3) резко сокращаются припуски на механическую обработку;
- 4) полностью исключаются формовочные и во многих случаях и стержневые работы, сокращаются операции по обрубке отливок, в связи с чем трудоёмкость и себестоимость литья резко снижаются.

Себестоимость изготовления центробежного литья в 7—8 раз меньше стоимости изготовления литья в обычных земляных формах;

5) улучшается использование производственных площадей;

6) представляется возможным получать высококачественное литьё из цветных сплавов. В зависимости от конфигурации детали, её

назначения, сложности и материала отливки изготавливают по одному из трёх способов центробежного литья (табл. 83).

Технология отливки деталей из стали. Во избежание появления горячих трещин в интервале температур 1260—1450° необходимо заливку металла производить как можно быстрее, а охлаждение детали замедлять. Для замедления охлаждения применяют вставные гильзы и теплоизоляционные покрытия (табл. 84).

Таблица 84

Примерные составы теплоизоляционных покрытий

№ смеси	Состав	Количество	Примечание
1	Сурик Масло машинное Керосин	8 л 3 » 1,5 »	Сурик должен быть тщательно растёрт
2	Графит Масло Керосин	8 частей 2,5 части 1,5 части	
3	Смесь № 1 » № 2	4,5 части 0,5 части	

Технология отливки деталей из чугуна. При литье чугуна в металлические формы в зоне непосредственного соприкосновения чугуна с материалом формы происходит отбел, что делает чугун твёрдым и плохо обрабатываемым на станках. Отливки с отбелён-

ной поверхностью перед механической обработкой часто приходится отжигать.

Для получения отливок, свободных от отбеленного слоя, формы (изложницы) необходимо покрывать теплоизоляционной краской и затем перед заливкой металла подогреть до 200—250° С.

Примерные составы красок

Маршалит	200 г
Жидкое стекло	40—50 »
Вода	1 л

Краска наносится на поверхность формы, нагретую до 80—100° С, затем покрывается ацетиленовой копотью.

Технология отливки медных сплавов. Отливка сплавов, не склонных к большой ликвации, производится обычным способом.

При отливке свинцовистых бронз, склонных к ликвации, необходимо строго соблюдать температурный режим и обеспечивать интенсивное охлаждение.

При центробежном литье из медных сплавов необходимо применять краски и обмазки следующего примерно состава.

При литье бронз (в %)

Зелёное мыло	50	} Краска № 1
Растительное масло	50	
Графит	50	} Краска № 2
Растительное масло	50	
Обезвоженная нефть	60	} Краска № 3
Графит	40	

При литье латуней (в %)

Минеральное масло	50	} Краска № 4
Животный жир	30	
Графит	20	

Технология отливки алюминиевых сплавов. Алюминий и алюминиевые сплавы, применяемые для отливки деталей, необходимо предохранять от окисления. С этой целью снижают до возможного предела температуру металла и сокращают высоту падения струи при заливке.

Для предупреждения приваривания металла к форме необходимо применять следующие покрытия.

Порошкообразный мрамор	200—250 г	} Покрытие № 1
Жидкое стекло	50—70 »	
Вода	1 л	
Мел	100 г	} Покрытие № 2
Жидкое стекло	125 »	
Вода	5 л	
Голландская сажа	45 %	} Покрытие № 3
Гальк порошкообразный	50 %	
Жидкое стекло	5 %	

Смесь разводится до концентрации, удобной для нанесения её на поверхность формы пульверизатором.

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДЕТАЛЕЙ, ОТЛИТЫХ В МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ФОРМЫ

На заводах МПС и в литейных депо в металлические формы отливаются детали сложной конфигурации и небольшого развеса: подпятники, корневые мостики, плиты автоцепки, цилиндры домкратов, буферные ста-

каны, втулки, тормозные колодки, подшипники и др.

При отливке деталей, особенно из бронзы и стали, в металлические формы значительно улучшаются механические свойства. Детали, залитые в стационарные металлические формы, имеют равномерное, более мелкозернистое и плотное строение, что обеспечивает однородные и более высокие механические свойства литых изделий. Сопротивление удару, особенно при температурах ниже нуля, у деталей из среднемарганцовистой и углеродистой стали, отлитых в металлические формы, значительно выше, чем у таких же деталей, отлитых в сырые песчаные формы. Кристаллизация металла, залитого в металлическую форму, протекает значительно быстрее, чем кристаллизация металла, залитого в песчаную форму. Средняя линейная скорость затвердевания со стороны металлической формы в 3—5 раз больше, чем со стороны песчаной части формы. Детали с небольшой толщиной стенок, залитые в стационарные металлические формы, имеют мелкозернистое, безразлично ориентированное строение, что не достигается при отливке в песчаные формы. Величина действительного зерна оказывает наибольшее влияние на ударную вязкость. У мелкозернистых сталей ударная вязкость гораздо выше, особенно при низких температурах (20—40° С).

Детали с малой и средней толщиной стенок, залитые в стационарные металлические формы, имеют более высокие показатели ударной вязкости, чем эти же детали, залитые в песчаные формы. У деталей с большой толщиной стенки ударная вязкость и другие механические свойства будут на наружной поверхности значительно выше, чем на внутренней. Отливка таких деталей в металлические формы рассматривается как своеобразный метод поверхностного упрочнения. Детали, особенно крупные, с большой массой металла, залитые в песчаные формы, очень медленно охлаждаются, что ведёт к развитию крупной видманштетовой структуры.

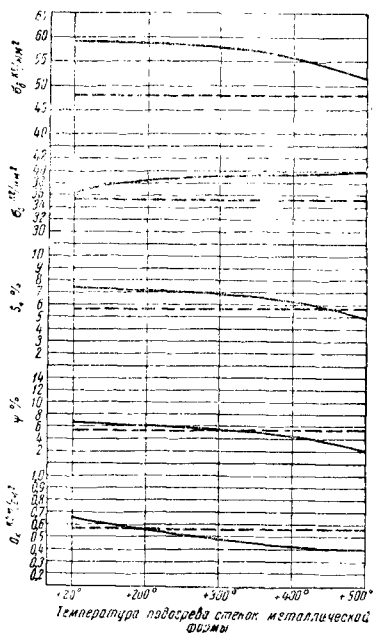
Последняя не образуется в деталях, залитых в стационарные металлические формы (особенно с небольшой толщиной стенки). Начало образования видманштетовой структуры связано со слиянием структурно-свободного феррита с ферритом перлита. С увеличением скорости охлаждения (измеряемой толщиной стенки и материалом формы) происходит одновременно изменение зёрен феррита и общее уменьшение его поля. Количество перлита увеличивается, а углерода в перлите становится меньше. В отливках из среднемарганцовистой стали с толщиной стенок, равной 20 мм, количество феррита колеблется в пределах 1—3%, в то время как в этих же отливках, залитых в сырые песчаные формы, количество феррита колеблется в пределах 3—9%.

Прочность. Изменение предела текучести и предела прочности в зависимости от температуры подогрева металлической формы, а также значение этих показателей для литья из среднемарганцовистой стали до термообработки представлены на фиг. 1.

Колебания предела прочности у сырых образцов, залитых в металлические формы,

наибольшие и составляют в пределах одной плавки примерно 5 кг/мм^2 . Нормализованные образцы, взятые от отлитых деталей, по сравнению с сырыми имеют повышенный предел

номерности изменения предела прочности и предела текучести в зависимости от материала формы остается в силе и с изменением процентного содержания углерода и марганца (фиг. 3).



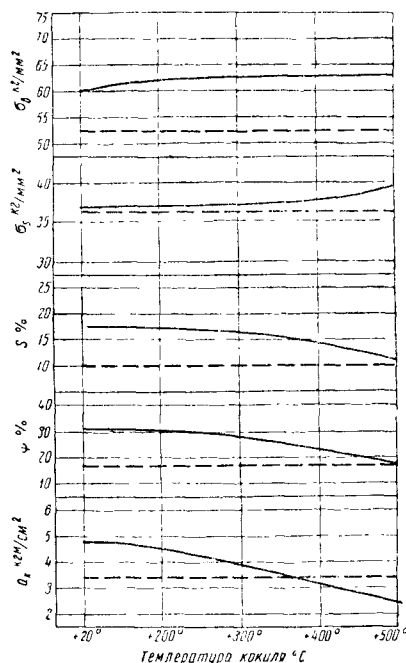
Фиг. 1. Изменение механических свойств среднемарганцевистой стали в сыром состоянии в зависимости от температуры подогрева металлической формы. При отливке в сырую песчаную форму эта же сталь имела $\sigma_{\text{плч}} = 48 \text{ кг/мм}^2$; $\sigma_s = 35 \text{ кг/мм}^2$; $\delta_s = 5,6\%$; $\psi = 3,8\%$; $\alpha_K = 0,58 \text{ кгм/см}^2$

прочности и несколько пониженный предел текучести. Отношение предела текучести к

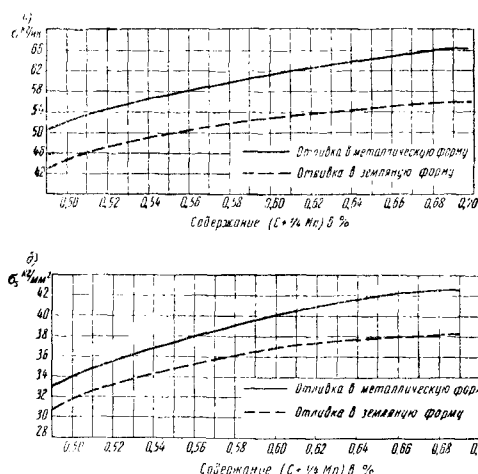
пределу прочности $\frac{\sigma_s}{\sigma_{\text{плч}}}$ составляет, как правило, больше 60%, что указывает на значительно лучшую пластичность этой марки стали после нормализации.

Колебания предела прочности и предела текучести после нормализации при разных температурах стенки металлической формы в пределах одной плавки составляют всего несколько кг/мм^2 . Изменение предела прочности и предела текучести в зависимости от температуры нагрева металлической формы, а также значения этих показателей для литых из среднемарганцевистой стали после термообработки представлены на фиг. 2. Предел текучести и предел прочности термообработанной стали с повышением температуры подогрева стенок металлической формы незначительно возрастает.

Степень подогрева формы в пределах $20-500^\circ\text{C}$ не оказывает существенного влияния на предел прочности и предел текучести отливок из углеродистой и среднемарганцевистой стали. При установлении теплового режима металлических форм и при проверке качества металла только по этим показателям следует руководствоваться в основном соображениями срока их службы. Указанная зако-



Фиг. 2. Изменение механических свойств среднемарганцевистой стали после термообработки в зависимости от подогрева металлической формы. При отливке в сырую песчаную форму эта же сталь имела $\sigma_{\text{плч}} = 52 \text{ кг/мм}^2$; $\sigma_s = 36,5 \text{ кг/мм}^2$; $\delta_s = 10,0\%$; $\psi = 17,8\%$; $\alpha_K = 3,4 \text{ кгм/см}^2$



Фиг. 3. Зависимость прочности от материала формы и химического состава стали: а — предел прочности; б — предел текучести

Во всех случаях эти показатели остаются значительно выше этих же показателей стали, залитой в песчаные сырые формы.

Сравнительная характеристика механических свойств чугуна золотниковых втулок, отлитых различными способами, приведена в табл. 85.

Таблица 85

Сравнительная характеристика механических свойств золотниковых втулок

Отливка золотниковых втулок в формы	Предел прочности в кг/мм ²	
	при растяжении	при сжатии
Песчаные стационарные	25,7	79,5
Металлические стационарные	34—37	86—98
Песчаные вращающиеся	27,2	93,9

Чугунное литьё, полученное отливкой в металлические формы, имеет значительно лучшие пределы прочности при сжатии и растяжении. Такая закономерность установлена на отливках, не имеющих отбелённой поверхности. Для устранения отбела, особенно при тонкостенном литье, требуется вводить теплоизоляционное покрытие или высокий подогрев формы. Как в том, так и в другом случае скорость охлаждения резко изменяется, приближаясь к отливкам в песчаные формы. В таких случаях при выборе литья в металлические формы следует руководствоваться только экономическими соображениями.

Пластичность. Наибольшая разница между сужением и удлинением при заливке в песчаные и металлические формы наблюдается при нагреве последних до температуры 50°, т. е. при одноразовой заливке. С повышением температуры стенок металлической формы от 20 до 500°, т. е. при многократной заливке, пластичность стали (удлинение и сужение) уменьшается (см. фиг. 4 и 5).

Падение пластических свойств, связанное с увеличением температуры нагрева металлической формы, наблюдается как у сырого, так и у нормализованного металла, с той только разницей, что значение сужения и удлинения нормализованного металла выше, чем сырого. Общая направленность кривых удлинения и сужения указывает, что процессы первичной кристаллизации влияют как на строение, так и на физические и технологические свойства металла после вторичной кристаллизации. В процессе термообработки при кристаллизации зерно резко измельчается и при одном и том же режиме термообработки более мелкое зерно образуется там, где было мельче зерно первичной кристаллизации.

Увеличение содержания углерода и марганца не изменяет направленности кривых удлинения и сужения. Показатели удлинения и сужения во всех случаях остаются выше, чем при отливке металла в земляные формы (фиг. 4).

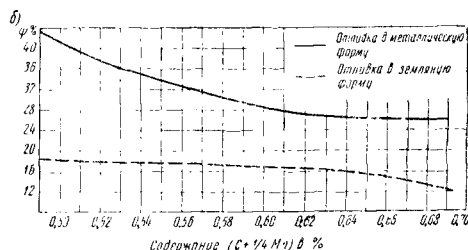
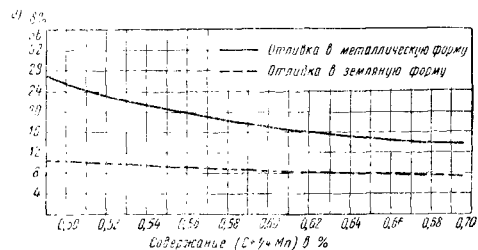
При отливке бронзы (ОЦС-5-5-5; ОСЦ-3-11-5 и др.) в металлические формы удлинение увеличивается более чем в два раза. Весьма рациональной является отливка в стационарные металлические формы изделий, которые по условиям эксплуатации должны иметь повышенные пластические свойства (табл. 86).

Таблица 86

Механические свойства бронзы при отливке в стационарные металлические формы

Отливка в формы	Предел прочности в кг/мм ²	Удлинение в %	Твёрдость НВ
Песчаные сырые	18	8	60
Металлические стационарные	22	16	80

Значительное увеличение твёрдости бронзы при заливке в металлические формы объясняется более плотным строением металла, чем при отливке в песчаные формы. Металл же отливок, получаемых в песчаных формах, в большей степени поражён микропористостью.



Фиг. 4. Зависимость пластичности от материала формы и химического состава стали: а—относительное удлинение; б—относительное сужение

Ударная вязкость. С повышением температуры подогрева металлической формы снижается ударная вязкость отливаемой детали. Ударная вязкость стали, залитой в металлические формы при температурах их стенок 200, 300, 400 и 500°, находится ниже показаний ударной вязкости стали, залитой в сырые песчаные формы.

У термически обработанной стали ударная вязкость значительно возрастает и тем больше, чем ниже температура стенок металлической формы. С повышением температуры стенок металлической формы наблюдается снижение ударной вязкости. Это снижение при температурах металлической формы 350—400° достигает 50% от показателей ударной вязкости стали, залитой в металлические формы, с температурой их стенок 20° (случай одноразовой заливки).

Снижение ударной вязкости с повышением температуры нагрева стенок металлической формы объясняется более крупнозернистым строением, неблагоприятным сочетанием размеров и форм неметаллических включений,

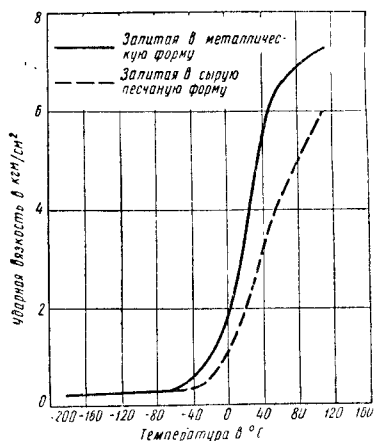
а также меньшей плотностью строения металла.

При повышении температуры нагрева металлической формы ударная вязкость настолько снижается, что при температуре формы 350—400° кривая средней ударной вязкости термообработанной стали пересекает показатели средней ударной вязкости металла, залитого в песчаные формы (см. фиг. 1).

Сталь, залитая в металлические формы, подогретые выше 350—400°, имеет сопротивление удару значительно ниже, чем эта же сталь, залитая в песчаные сырые формы, причём с повышением температуры подогрева стенок формы продолжает понижаться и сопротивление удару.

При производстве таких изделий, к которым по условиям эксплуатации предъявляются повышенные требования по ударной вязкости, технология отливки в стационарные металлические формы может быть эффективной только в том случае, когда температура подогрева стенок металлической формы будет ограничена и не будет превышать 200° для углеродистой и среднемарганцовистой марок сталей. Это достигается только при одно- или двухразовом заполнении металлической формы в течение разливки одной плавки. Многоразовая заливка одной формы в течение разливки одной плавки с нагревом не более 200° может быть осуществлена только при водяном или воздушном их охлаждении.

Углеродистая и среднемарганцовистая сталь относятся к группе хладноломких металлов, теряющих ударную вязкость в интервале температур, лежащих выше 0° (фиг. 5).

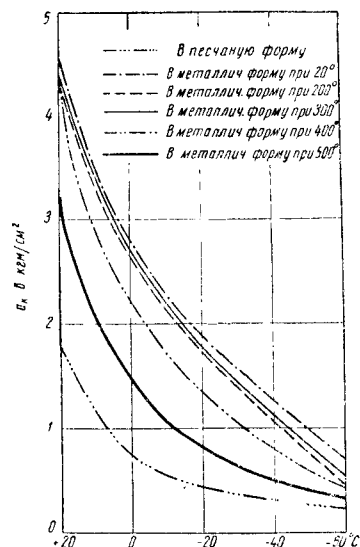


Фиг. 5. Температурные кривые ударной вязкости среднемарганцовистой стали

Мелкозернистое железо при понижении температуры менее склонно к хрупкому излому, чем крупнозернистое.

Сталь, заливаемая в металлические формы, с понижением температуры испытания имеет тем лучшее сопротивление удару, чем ниже температура подогрева стенок металлической формы. С понижением температуры испытания и с повышением температуры подогрева стенок металлической формы ударная вязкость резко снижается. Особенно резко

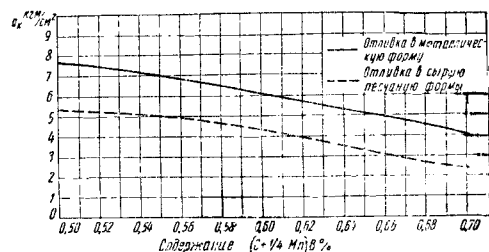
падает ударная вязкость наблюдается в интервале температур испытания от 20 до -20° и при максимальной температуре подогрева стенок металлической формы 500—600° (фиг. 6).



Фиг. 6. Зависимость ударной вязкости от температуры испытания и стенок металлической формы при отливке

При производстве деталей, эксплуатируемых в условиях низких температур и больших ударных воздействий, отливки в металлические стационарные формы будут тем эффективнее, чем ниже температура подогрева стенок металлической формы (желательно не выше 20°). Это осуществимо при одноразовой заливке и в формы, охлаждаемые водой.

Изменение содержания углерода и марганца не изменяет направленности кривой ударной вязкости. Показатели ударной вязкости во всех случаях остаются значительно выше, чем при отливке в песчаные формы (фиг. 7).



Фиг. 7. Зависимость ударной вязкости от материала формы и химического состава стали

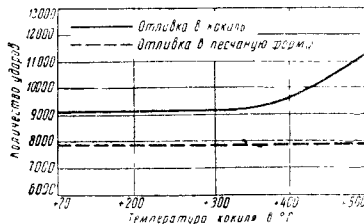
С повышением температуры испытания ударная вязкость в обоих случаях увеличивается. Увеличение ударной вязкости наблюдается при нагревании до 100°. При дальнейшем повышении температуры испытания заметного изменения показателей ударной вязкости не наблюдается.

Показатели ударной вязкости при различных повышенных температурах испытания, имея в обоих случаях одинаковый характер направления кривых, характеризующих изменение ударной вязкости, ниже во всех случаях у стали, залитой в песчаные формы.

Испытание на ударную усталость. Сопротивление разрушению от ударной усталости металла во всех случаях выше у стали, залитой в стационарные металлические формы.

С повышением температуры подогрева металлической формы усталостное разрушение от ударных воздействий наступает при значительно большей работе (большем числе ударов груза).

Влияние температуры подогрева металлической формы на ударную усталость при испытании повторными ударами отливок из среднемарганцовистой стали представлено на фиг. 8.



Фиг. 8. Влияние температуры формы на прочность при испытании повторными ударами

Сопротивление усталостному разрушению тем больше, чем выше температура подогрева металлической формы.

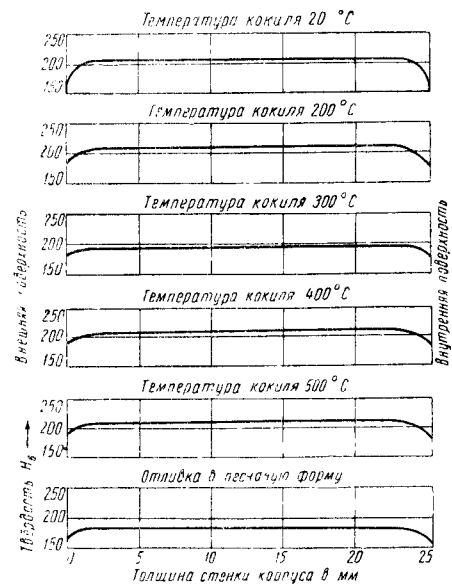
При производстве деталей, эксплуатируемых в условиях ударно-повторных воздействий, отливка должна производиться в металлические формы, предварительно нагретые до температуры 300°; при этом перегрев не должен быть выше 500—600°, что легко достигается применением воздушно-водяного охлаждения путём пульверизации рабочих поверхностей формы.

Твёрдость. Твёрдость по сечению стенки размером до 70—80 мм углеродистой и марганцовистой стали существенного различия при отливке в металлические и песчаные формы не имеет (фиг. 9).

Твёрдость при отливке деталей из серого чугуна в металлические и песчаные формы различна. При отливке в металлические формы твёрдость снижается от наружной поверхности, получаемой стенкой металлической формы, до внутренней поверхности, получаемой песчаным стержнем. У деталей же из серого чугуна, отлитых в песчаные формы, наименьшие показания твёрдости находятся, как правило, в термическом центре, т. е. в средней зоне сечения отливки.

При производстве чугунных деталей, к которым по условиям эксплуатации предъявляется повышенная твёрдость наружной поверхности, отливка производится в металлические формы.

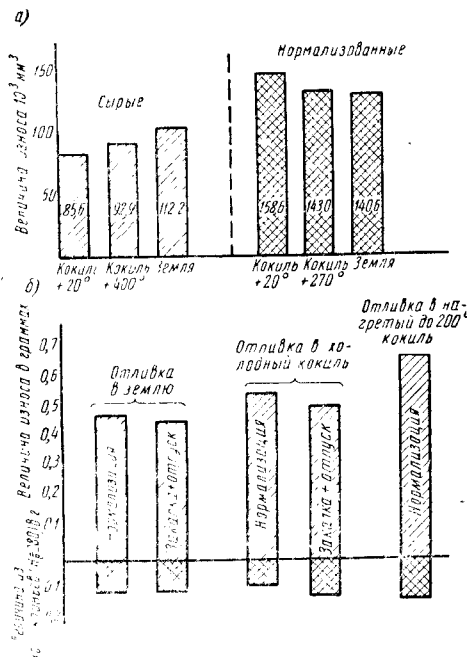
Влияние температуры подогрева и материала формы на износостойкость. На износостойкость стальных деталей (углеродистая



Фиг. 9. Твёрдость по поперечному сечению стальных отливок при заливке в песчаные и подогревые до разной температуры металлические формы

и среднемарганцовистая сталь) оказывает влияние материал формы и температура подогрева металлической формы.

Результаты испытания в условиях мокрого трения на машине Шкода—Савина образцов, залитых в различные формы, представлены на фиг. 10, а.



Фиг. 10. Результаты испытания на износ: а—на машине Шкода—Савина (средние значения) в условиях мокрого трения; б—на машине Амслера в условиях сухого трения

При эксплуатации деталей в условиях сухого трения независимо от применяемых видов термообработки детали, залитые в песчаные формы, более износостойчивы по сравнению с деталями, залитыми в металлические формы.

Результаты испытания в условиях сухого трения на машине Амслера представлены на фиг. 10, б. Разница в износостойкости объясняется различием пластических свойств стали, а также количественным и качественным распределением феррита в микроструктуре. Наблюдается прямая зависимость между температурой подогрева формы и износостойкостью. Чем холоднее металлическая форма, тем больше износостойкость как в условиях сухого, так и мокрого трения. Наиболее износостойкими оказываются детали, залитые в песчаные сырые формы. При производстве стальных деталей, эксплуатируемых в условиях сухого и мокрого трения, отливка должна производиться в металлические формы, предварительно подогретые до температуры не менее 250—270°.

Если это осуществить невозможно, отливка производится в песчаные формы.

При отливке чугуновых деталей, работающих в условиях сухого и полусухого трения, структура чугуна, получающаяся в процессе его охлаждения в форме последующей термообработкой, хотя и изменяется, но не в сторону повышения износостойкости.

При отливке чугуна в металлические формы, подогретые до температуры 300°, и при различных скоростях охлаждения с температуры 950° размеры и форма графитовых включений в структуре примерно одинаковы, в слоях со стороны металлической формы — включения очень мелкого графита «псевдоэвтектического» характера с междендритной их ориентацией, во внутренних слоях — включение мелкопластинчатого графита преимущественно розеточного характера. Глобулярные включения графита встречаются во всех сечениях отливок.

Скорость охлаждения чугуна при отливке его в металлические формы в интервале температур от начала кристаллизации и до 1000—950° затрудняет формирование средних и крупных пластинок графита за счёт эвтектического и мелких его включений, образовавшихся в результате распада ледебурита.

Поле зрения структуры чугуновых деталей, отлитых в металлические формы, покрывается густой сеткой мелких, часто соединяющихся друг с другом графитовых включений, что нарушает сплошность металлической основы чугуна. Этого не наблюдается у чугуна перлитного класса, отлитого в песчаные формы.

У деталей, отлитых в металлические формы при различных скоростях охлаждения, начиная с 950°, существенно различных результатов износостойкости чугуна не обнаружено.

Чугун, залитый в металлические формы, в основном имеющий перлитную структуру металлической основы, обладает неудовлетворительной износостойкостью, более низкой, чем чугунов перлитного класса, отлитых в песчаные формы.

При производстве деталей, работающих в условиях сухого и полусухого трения, не-

обходимо применять чугуны перлитного класса с включениями средних и крупных по длине пластинок графита.

Для получения в структуре чугуна, отливаемого в металлические формы, пластинчатого графита, по размерам и форме соответствующего включениям графита в чугуне, отливаемом в песчаные формы, необходимо искусственным путём резко уменьшать скорость охлаждения отливаемых деталей, добиваясь приближения скорости охлаждения к условиям песчаной формы. Достигнуть этого можно путём покрытия металлических форм толстым слоем термозоляционных материалов.

Газовая пористость. При отливке деталей в стационарные металлические формы наблюдается образование поверхностной газовой пористости. Наибольшая пористость образуется при отливке бронзовых и чугуновых деталей и меньше при отливке стальных деталей. Особенно заметно образуется поверхностная газовая пористость при заливке в холодные, неподгретые, металлические формы. Чем выше температура перегрева формы, начиная с 300—500°, тем в большей степени образуется газовая пористость. Это обстоятельство является иногда непреодолимым препятствием к осуществлению многократной заливки одной и той же металлической формы.

Природа образования подкорковых газовых пузырей в отливках, получаемых в металлических формах, различна. В одном случае, т. е. когда заливка ведётся в холодную, неподгретую форму, на её внутренней поверхности адсорбируются газы и влага, последняя при заливке металла в форму превращается в пар, который, прорываясь в металл, образует открытые газовые раковины. Открытые поверхностные газовые раковины могут быть в результате недостаточной просушки облицовочной краски, под слоем которой остаётся незначительная влажность, испаряющаяся при нагревании, образуя поры и раковины. В этом отношении более опасны краски, приготовленные на водном растворе и имеющие в своём составе органические составляющие. Хорошие результаты даёт нанесение копти на поверхность формы без облицовки красками. При покрытии копотью, как правило, отливки имеют меньшую поверхностную пористость.

Окислы, расположенные на поверхности формы и особенно в образуемых трещинах разгара, также могут являться источником образования открытых газовых раковин на поверхности отливок. Покрытие окислившейся поверхности или трещин разгара красками или облицовка формы такими красками, под которыми возможно окисление стенок формы, не спасает от образования поверхностной газовой пористости.

Точно так же предварительный подогрев формы не может служить полной гарантией получения отливок без подкорковых пузырей, так как даже при заливке в шлифованные и протравленные металлические формы, нагретые до 700°, детали хотя и в меньшей степени, но поражались поверхностными газовыми раковинами.

Поэтому при отливке в металлические формы с целью предотвращения образования

газовой пористости необходимо: заливку производить в предварительно подогретую форму до температуры, при которой не адсорбируется влага; окраску облицовочными красками производить лучше всего после первой или второй заливки; систематически очищать внутреннюю поверхность формы от окислов; не допускать в работу формы с трещинами разгара. При небольших размерах трещин разгара должна производиться заделка их специальной пастой (не на водном растворе).

В другом случае образование подкорковой газовой пористости может вызываться перегревом металла в печи или каким-либо другим обстоятельством, при котором в металле растворяется большое количество газов. Чем выше температура перегрева металла, тем больший процент газов растворяется в металле. В период затвердения растворимость газов в металле с понижением температуры уменьшается. Поэтому находящийся в растворе газ начинает выделяться. Интенсивность выделения газов зависит от разности между внешним и внутренним парциальным давлением газов. Чем больше разность этих давлений, тем больше растворено газов в металле, тем больше возможностей к образованию подкорковых пузырей.

При повышении содержания водорода в стали с 0,0007 до 0,0010% давление выделяющегося молекулярного водорода превышает внешнее давление, т. е. становится больше 1 ат. Выделившийся из раствора водород будет стремиться в атмосферу, но быстро затвердевшая корка металла воспрепятствует этому. В результате пузырьки водорода образуют подкорковую газовую пористость, или так называемую ситовость.

В тех частях формы, где происходит более медленное образование поверхностной корки металла, например, в местах подвода питателей или в других местах местного перегрева, газы прорывают медленно образующуюся корочку и создают поверхностную газовую пористость. Поэтому в технологии плавки металла должны быть строго соблюдены все условия, необходимые для минимального растворения газов и особенно водорода в металле. Количество водорода в стали при производстве фасонного литья должно быть ниже 0,001%, а при заливке в металлические формы водорода должно быть в металле ещё меньше. И, наконец, в третьем случае, когда заливка ведётся в сильно перегретую форму до температуры выше 500—600°, жидкий металл, заливаемый в форму, нагревает её внутреннюю поверхность до ещё более высокой температуры, при этом происходит интенсивное выделение газа из металла формы; газ прорывает тонкую плёнку затвердевшего металла и образует поверхностную пористость.

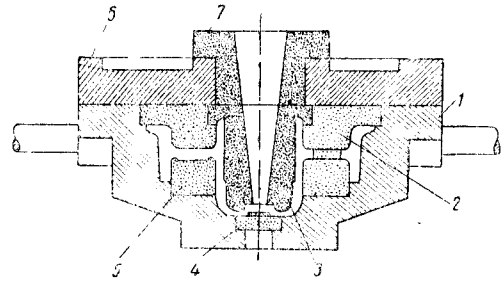
Скорость выделения газа из чугуновой формы при нагреве до 400° невелика и не вызывает образования поверхностной газовой пористости по этой причине. При нагреве же формы до температуры 750° скорость выделения газов из чугуна достигает максимума. При этой температуре газа выделяется в 1,2 раза больше объёма металла.

Для предотвращения образования газовой поверхностной пористости за счёт выделения газов из металла формы не следует перегре-

вать внутренние стенки последней выше 400—500°.

При многократной заливке в течение разливки одной плавки это легко достигается искусственным воздушным или водяным охлаждением.

Примером отливки в металлические формы может служить отливка колеса для вагонов метрополитена (фиг. 11) на Октябрьском ВРЗ в Ленинграде.



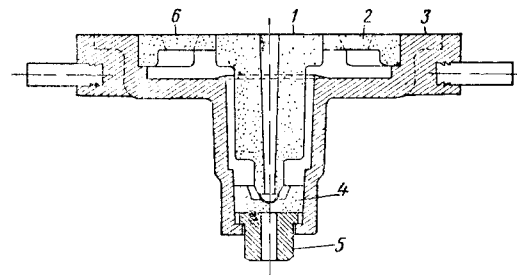
Фиг. 11. Разрез собранной формы колеса: 1—металлическая форма; 2—стержень; 3—центральной стержень; 4 и 5—стержень; 6—крышка; 7—воронка.

Сборка форм производится в следующем порядке: в металлическую форму 1 устанавливают стержень 4, затем — стержни 5 и 2. На стержень 2 устанавливают центральной стержень 3. После этого собранную форму накрывают верхней металлической крышкой 6, в отверстие которой вставляется литниковая воронка 7.

Форму заливают через воронку 7 и стояк, прорезанный в центровом стервне. Для предохранения металлической формы от размывания струёй жидкого металла на дно формы устанавливают стержень 4. Указанный стержень одновременно перекрывает отверстие в форме, через которое выбивается отливка в случае её задержки в форме при опрокидывании последней вниз разъемом.

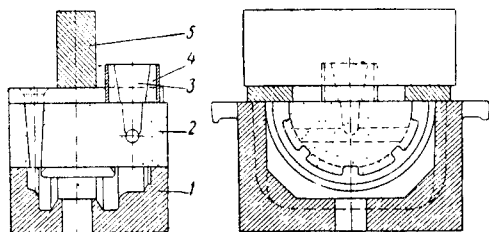
Установка стержней 2, 5 и 3 предназначена для обеспечения свободной нестеснённой усадки. При установке песчаных стержней 2, 5, 3 в отливке не образуется внутренних напряжений, могущих вызвать образование горячих трещин.

Металлическая форма 1 цапфами устанавливается на специальные металлические стойки. При помощи цапф и стоек форма легко может



Фиг. 12. Разрез собранной формы поддона для буферного стакана: 1—центральной стержень; 2—стержень; 3—металлическая форма; 4—литниковый стержень; 5—выталкиватель; 6—холодильник.

поворачиваться вокруг оси цапф. При установке стержней форма устанавливается вверх разъемом, в таком же положении производится заливка. Для удаления отливки из формы она поворачивается на 180° и устанавливается вниз разъемом. В металлические формы производится отливка буферных стаканов, шпинтонов, поддонов для буферных стаканов



Фиг. 13. Разрез собранной неразъемной формы переднего вкладыша подшипника сцепного пальца паровоза серии СУ: 1—металлическая форма; 2—центральной стержень; 3—литниковая воронка; 4—планка с выпором; 5—груз

и других подобных деталей на многих вагоноремонтных заводах.

Эскиз собранной формы для отливки поддона для буферного стакана показан на фиг. 12. Форма поддона при помощи цапф устанавливается на металлические стойки. Сборка формы производится в следующем порядке: сначала устанавливается выталкиватель 5, на который укладываются литниковый стержень 4 и центральный стержень 1.

Заливка формы производится через стояк, прорезанный в центром стержне. При такой схеме литниковой системы, когда подвод металла в форму производится снизу, поверхность отливки получается значительно чище, чем при отливке сверху. При сифонной заливке стойкость металлической формы заметно выше, чем при подводе металла сверху.

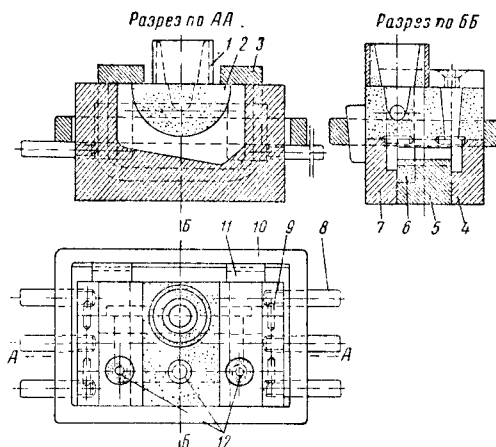
В литейных мастерских депо и литейных цехах ПРЗ широкое распространение получил

способ отливки бронзовых деталей в металлические формы.

В металлические формы отливают рамочные дышловые подшипники паровозов серий СУ, Э, ЭМ, Е^а, СО, втулки и другие детали.

Отливка рамочных дышловых подшипников всех серий паровозов производится в неразъемные и разъемные металлические формы.

Разрез собранной неразъемной формы для отливки переднего вкладыша подшипника сцепного пальца паровоза серии СУ представлен на фиг. 13.



Фиг. 14. Разрез разъемной металлической формы клиновидной половинки подшипника передней головки поршневого дышла паровоза серии ЭМ: 1—литниковая воронка; 2—центральной стержень; 3—планка с выпором; 4 и 7—боковая часть формы; 5—средняя часть формы; 6—стержень-компенсатор; 8 и 10—ручка формы; 9—штифт; 11—литниковая воронка; 12—выпор

Разрез разъемной металлической формы для отливки клиновидной половинки подшипника передней головки поршневого дышла паровоза серии ЭМ представлен на фиг. 14.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ЛИТЬЯ ДЕТАЛЕЙ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Ниже приведены технологические процессы литья ряда стальных, чугуновых и бронзовых деталей подвижного состава железнодорожного транспорта (по данным литейно-механического завода имени Л. М. Кагановича в г. Люблино).

Расход формовочных материалов на тонну (в среднем) годного литья деталей подвижного состава указан в табл. 87.

Примерный состав и физические свойства стержневых и формовочных красок, формовочных и стержневых смесей приведены в табл. 88—91.

Нормы расхода шихтовых материалов для стального, чугунового и бронзового литья приведены в табл. 92—94, расход металла на единицу изделия — в табл. 95. Эти таблицы — пример практического использования обобщенных данных, приведенных выше.

ЧУГУННОЕ ЛИТЬЕ

Паровозная тормозная колодка

Срок службы тормозной паровозной колодки увеличился примерно вдвое за счет отбела поверхности на концах колодки до $H_B=350 \div 450$ и за счет вставок, отливаемых из белого чугуна с H_B не ниже 400.

С увеличением твердости чугуна возрастает хрупкость его, а следовательно, и колодок. Во избежание аварий от разрушения колодок и попадания кусков последних под бандаж во время движения паровоза в тело колодки заливают штампованный каркас из мягкой стали, который заранее вкладывают в форму при её изготовлении.

Материал колодки должен отвечать требованиям марки СЧ 12-28 по ГОСТ 1412-48;

Таблица 87

Расход формовочных материалов в кг на тонну годового литья

Наименование отливок	Любительского пес-ка	Облицовочной смеси	Наполнительной смеси	Стержневой смеси
Стальное литьё . . .	625,0	—	—	—
Чугунное » . . .	545,5	—	—	—
Бронзовое » . . .	520,0	—	—	—
Корпус автосцепки . . .	—	151,0	675,0	97,0
» фрикционного аппарата . . .	—	117,0	43,0	26,0
Девятишпильковый колёсный центр . . .	—	220,0	575,0	14,8
Ползун . . .	—	350,0	1 086,0	49,0
Корпус крана Эверластинга . . .	—	—	43,4	24,6
Винт стокера . . .	—	—	1 200,0	742,0
Башмак тормозной . . .	—	40,0	58,0	3,51
Головка тормозного рукава . . .	—	—	91,4	0,50
Корпус инжектора . . .	—	85,0	36,0	11,30
Паровозная колодка 118-46 . . .	—	—	114,0	0,175
Подшипник НТВ . . .	—	—	68,3	—
Втулка золотниковая ФД . . .	—	150,0	170,0	66,0
Букса 50-т вагона . . .	—	—	123,0	42,825
» НТВ (С-1) . . .	—	—	85,2	21,920

поэтому для отливки колодок применяют чугун следующего состава: углерода 3,3%, марганца 0,9%, кремния 1,8—2,0%, углерода связанного 0,90%, серы 0,12%, фосфора 0,5% (ГОСТ 963-41).

Получаемая твердость тела колодки между вставками должна быть не ниже $H_B=210$. Длина распространения отбела концов колодки по рабочей поверхности должна быть в пределах 50—60 мм. Отбел концов колодок и получение высокой твердости на концах достигается за счёт установки в форме наружных холодильников около будущих концов колодки.

Формовку колодок производят на формовочных машинах 266 (ВФ-17) или 231 (ВФ-20). Одновременно формуются две колодки в опоке. Разрез собранной формы дан на фиг. 15.

Формовку ведут по разъёмной металлической модели в двух опоках. Разъём модели сделан по продольной оси.

Сначала формируется нижняя половинка формы, в которую затем устанавливают боковые холодильники, предназначенные для отбела концов, и вставки (утюжки и полумесяцы), заранее отлитые из белого чугуна. Затем формируется верхняя половинка формы, в которую вставляется штампованный каркас (фиг. 16); каркас крепится при помощи шпилек или гвоздей.

Перед установкой каркаса устанавливаются скоба и сухой стержень под скобу, который крепится двумя шпильками диаметром 2 мм и длиной 80 мм.

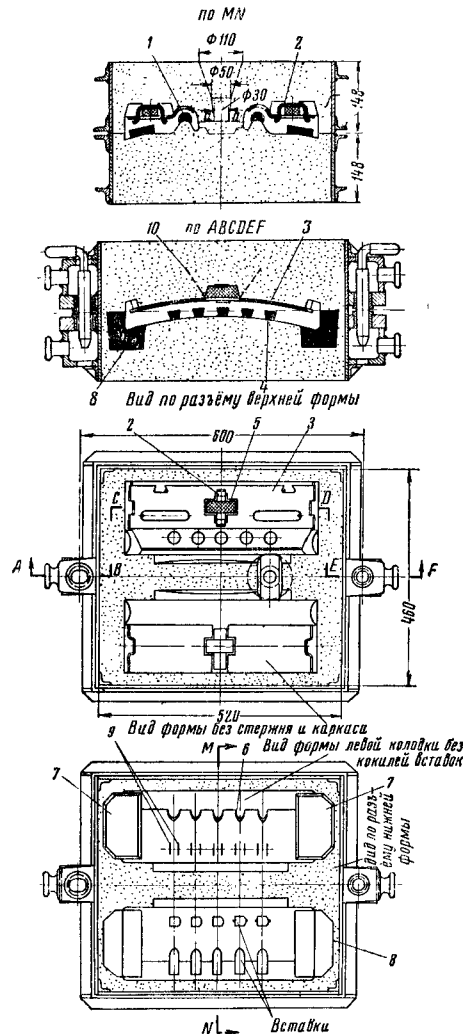
Заливка собранной формы производится через стояк диаметром 30 мм и воронку диаметром 50 мм из чайникового ковша ёмкостью 180—160 кг.

Температура заливки не выше 1270°, время заливки одной опоки 10 сек. Время охлаждения в форме 5 мин., после заливки колодки выбивают и разбрасывают в один ряд для охлаждения. При остывании колодок в общей

куче скорость охлаждения уменьшается, что снижает твердость тела колодки. Съём с пары станков за 8 час. составляет до 300 форм.

Вставки для паровозных колодок отливают из специального чугуна (белого) в сырые печатные формы, без стержней.

Одновременно в одной опоке формуют 60 утюжков или 60 вставок, причём последние



Фиг. 15. Эскиз собранной формы паровозной тормозной колодки. Разрезы по линиям МН и АВСDEF. Виды по разьёму верхней и нижней полуформ: 1—чугунные вставки-полумесяцы (5 шт.); 2—скоба; 3—каркас; 4—чугунные вставки-утюжки (5 шт.); 5—стержень под скобу; 6—площадки под вставки-утюжки (5 шт.); 7—гнездо под холодильник; 8—холодильник; 9—метки под вставки-полумесяцы; 10—шпильки \varnothing 2 мм, $l=80$ мм (2 шт.).

формуют по неразъёмным моделям и форму заливают через один стояк. Соотношение элементов литниковой системы для полумесяцев:

$$\Sigma F_{\text{питаель}} : \Sigma F_{\text{шпильковика}} : \Sigma F_{\text{стояка}} = 1 : 0,47 : 0,46,$$

где F —площадь поперечного сечения.

Таблица 89
Примерный состав и физические свойства формовочных и стержневых смесей для чугуна и литей

Наименование отливки	Дозировка в % по объёму и по весу										Физические свойства												
	Общее количество в ведре	песок лубрецирующий		горелая земля чугунолитейного цеха		горелая земля стальной прокатного цеха		уголь марки МК просеянный через 1-мм сито		глина огнеупорная, просеянная через 1-мм сито		эмульсия глиняная, удельного веса 1,35		опилки древесные, просеянные		пек древесно-угольный, просеянный через 1-мм сито		влажность в %	наименьшая газопроводимость в см/мин	крепость на разрыв по сухому	крепость сырого образца на сжатие в кг/см²		
		кг	%	кг/ведро	%	кг/ведро	%	л	%	кг/ведро	%	кг/ведро	%	кг/ведро	%	кг/ведро	%				сырого образца	сухого образца	
Формовочные смеси																							
Буфы, подшивники и колодки . . .	50	800	80/5	10/10	577,5/35	72,8/70	120/3	15/16	5	2	—	—	16,2/1	2/2	—	—	—	4—5	100	—	0,35—0,45	—	
Золотниковые втулки . . .	20	450	200/12	17/11,3	—	—	222/14	49/48,2	—	—	15/1	3,1/3,5	—	—	—	—	13,2/2	2,9/7,0	5,5—6,5	80	2—3	0,35—0,45	—
То же	50	800	80/5	10/10	557/32	69,7/64	120/8	15/16	—	—	—	—	32,4/2	4/4	10,6/3	1,3/6,0	—	4—5	100	0,5—1,00	0,45—0,55	2,5—3,5	
Стержневые смеси																							
Буфы	30	442	200/12	45,2/40	—	—	222/14	50,3/46,6	—	—	—	—	—	—	7,2/2	1,6/6,7	13,2/2	2,9/6,7	5,5—6,5	100	2—3	0,12—0,14	10—14
Соединительные головки	30	456	400/24	87,7/80	—	—	—	—	—	30/2	6,6/66	—	—	—	—	—	26,4/4	5,7/13,4	5,5—6,5	80	25	0,20—0,25	18
Золотниковые втулки . . .	31	465	200/12	43/38,4	—	—	222/14	47,7/44,8	—	—	23/1,5	4,9/4	—	—	—	—	13,2/2	2,8/6,4	5,5—6,5	80	0,5—1,00	0,25—0,35	2,5—3,5
Прочие детали	25	380	135/8	35/32	—	—	222/14	59/56	—	—	—	—	—	—	—	—	23/3,5	6/12	5,5—6,5	100	4—5	0,20—0,25	14

Примечания. 1. В числителе—вес в кг и % по весу; в знаменателе—объём в ведрах и % по объёму.
2. Люберецкий песок здесь и далее относится к классу К.

Примечания. 1. В числителе—вес в кг и % по весу; в знаменателе—объём в ведрах и % по объёму.
2. Лубрецирующий песок здесь и далее относится к классу К.

Таблица 90

Примерный состав и физические свойства формовочных и стержневых смесей для сталеного литья

Назначение формовочной смеси	Дозировка в % по объёму										Физические свойства						
	песок любецкий	смесь любецкого песка 50% и горелой земли 50%	глина огнеупорная молотая, просеянная через 1-мм сито	горелая отработанная формовочная смесь	вид формовки	шамот молотый, просеянный через 2-мм сито		пек древесно-угольный, просеянный через 0,5-мм сито		сульфитный шедок, удельного веса 1,25-1,30		опилки древесные, просеянные через 10-мм сито	олифа натуральная	влажность в %	наименьшая газопроводимость в см/мин	крепость на сжатие в кг/см²	
						в %	в %	в %	в %	в %	в %					сырого образца	сухого образца
Облицовочная: для корпуса автосцепки . . . для хомута и фрикционного аппарата для полушпа Наполнительная	80-82	—	10-12	—	Сырая	2-3	5-8	—	—	—	—	—	—	4,5-5,5	100	0,4-0,5	—
	—	94-92	6-8	—	»	—	—	—	—	—	—	—	—	4-5	120	0,4-0,5	—
	—	86-83	6-9	—	Сухая	2	5	—	—	—	—	—	—	5-6,5	100	0,5-0,6	6-8
	—	—	—	100	Сырая, сухая	—	—	—	—	—	—	—	—	4,2-5,0	120	0,35-0,50	—
Стержневая: для корпуса автосцепки . . . для паровозных букс и других деталей для корпуса фрикционного аппарата для мелких стержней автосцепки	70-72	—	5,4-7,4	14-16	—	1,5	4,3	—	—	1,5	4,3	—	—	5,5-6,5	100	0,2-0,25	8-12
	72-74	—	3,4-7,4	14-16	—	1,0	2,9	—	—	1,0	2,9	—	—	5-5,5	100	0,2-0,25	8-11
	63-65	—	5,7	10-12	—	—	—	—	—	1	2,9	6	17,1	4,5-5,0	100	0,2-0,3	7-10
	73-77	—	3,7-3,7	16-14	—	1,5	4,3	—	—	—	—	—	—	4-5	100	0,2-0,3	7-10

Таблица 91

Примерный состав и физические свойства формовочных и стержневых смесей для бронзового литья

Назначение формовочной смеси	Дозировка в % по объёму и по весу										Физические свойства					
	Величина замеса		Горелая земля, просеянная через 5-мм сито	Песок люберский К70/140 просеянный		Песок репинский полужирный		Декстрин	Олифа	Древесный пек	Мазут	Сульфит удельного веса 1,25÷1,30	Влажность в %	Наименьшая вязкость в см/мин	Крепость сыпучесть на образцах в кг/см²	Крепость сухих образцов на разрыв в кг/см²
	но-сильки	кг	но-сильки	%	но-сильки	%	кг	%	кг	%	кг	%				
Облицовочная: для армировки и деталей инжектора для корпуса инжектора Стержневая: для корпуса инжектора для армировки для деталей инжектора	9	435	—	—	3 33,1/33,3	—	1 11,0/11,2	—	—	—	—	—	5,0-5,5	20	0,40-0,50	—
	8	890	—	—	3 36,0/37,0	—	2 24,0/24,5	—	—	—	—	—	5,8-6,5	30	0,40-0,50	6-7
	5,5	268,6	—	—	4 70,71,1/51,5	—	25,5/26,8	—	1 0,5/0,2	—	6,3,0/1,5	—	6-7	30	0,17-0,20	6-8
	10	402	—	—	4 38,1/39,0	—	4 38,1/39,0	—	—	—	—	—	5,5-6,5	30	0,30-0,35	5-7
	16	390	—	—	4 65,9/66,5	—	2 32,9/33,0	—	1,2/0,5	—	—	—	5,5-6,0	30	0,22-0,27	7-9
Наполнительная для всех частей	16,5	312	—	—	5 70,1/75,5	—	1,5 22,8/23,0	—	1,2/0,5	—	—	—	5,5-6,0	30	0,16-0,20	7-9
			—	100	—	—	—	—	—	—	—	—	5,0-5,5	30	0,20-0,40	—

Примечание. В числителе — % по объёму; в знаменателе — % по весу.

Примечание. В числителе — % по объёму; в знаменателе — % по весу.

Таблица 92

Примерные нормы расхода шихтовых материалов для отливки стальных деталей подвижного состава на 1 т годного литья

Наименование компонентов, входящих в состав металлической шихты	Марка	Стандарт	Мартеновское		Мартеновское		Мартеновское		Электродуго-литое		Электросреднемарганцевое		Бессемеровское		Слитки—вышла паровозные и другие детали	
			кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%
Чугун переплавный	М-2	ГОСТ 805-49	514,5	35,0	617	42	53,8	3,5	154	10	1200	60	411	35	18	1,5
» зеркальный	3-2-3	ГОСТ 805-41	22	1,5	22	1,5	1442,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Лом стальной	Разный	ГОСТ 2787-44	883	60,1	759,5	51,7	15,4	93,7	1303	84,7	640	32	706	60,1	14	1,2
Ферросилиций доменный	ФС-2	ГОСТ 805-41	17	1,2	17	1,2	15,4	1,0	15,4	1,0	86	4,3	14	1,2	12	1,0
» 45%-ный	Ск-45	ГОСТ 1415-49	14,7	1,0	14,7	1,0	9,2	0,6	15,4	1,0	40	2,0	12	1,0	14	1,2
Ферромарганец	Мн-1	ГОСТ 4755-49	17,3	1,2	38,3	2,6	18,1	1,2	50,7	3,3	34	1,7	14	1,2	12	1,0
Алюминий	Ал-3	ГОСТ 295-41	1,5	0,1	1,5	0,1	1,5	0,1	1,5	0,1	2	0,1	1,2	0,1	1,2	0,1
Итого	—	—	1 470	100	1 470	100	1 540	100	1 540	100	2 000	100	1 175	100	100	100

Примечание. При производстве металла в бессемеровской реторте вместо переплавного чугуна марок М-2 применяется переплавный чугун марки Б-1.

Таблица 93
Примерные нормы расхода шихтовых материалов для отливки чугунных деталей подвижного состава на 1 т годного литья

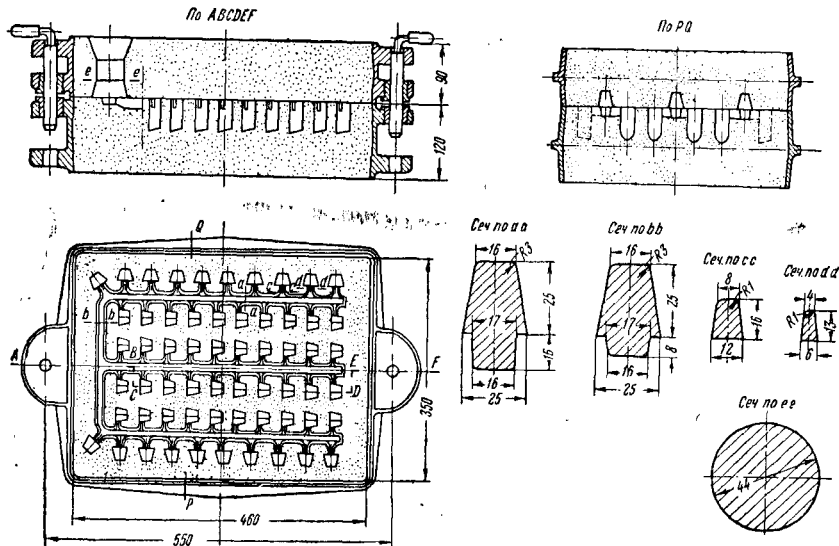
Наименование компонентов, входящих в состав металлической шихты	Марка	Стандарт	Вагонные буксы, подшипники и др. Чугун марок: СЧ 15-32; СЧ 18-36		Паровозные цилиндры, втулки цилиндров и др. Чугун марок: СЧ 21-40; СЧ 28-48		Тормозные колодки, колосники, грузы, чугун жары СЧ 12-28		Для отливок из модифицированного чугуна		Водопроводные трубы и детали к ним	
			кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%
Чугун литейный	ЛК-0-1-2	ГОСТ 4832-49	713	48,5	572	40	463	37,5	588	40	985	63
» зеркальный	ЗЧ-2-3	ГОСТ 5164-49	22	1,5	36	2,5	19	1,5	44	3	16	1
» хромоникелевый	—	—	—	—	114	8	—	—	73	5	—	—
Ферросилиций доменный	СЧ-10	ГОСТ 5163-49	29	2	36	2,5	13	1,0	7	0,5	16	1
Лом чугунный	Разный	ГОСТ 2787-44	559	38	457	32	625	50,0	383	26	468	30
» стальной	»	ГОСТ 2787-44	147	10	215	15	125	10	375	25,5	78	5
Итого	—	—	1 470	100	1 430	100	1 250	100	1 470	100	1 563	100

Примечание. Для тормозных колодок вместо чугуна марки ЛК-0-1 применяется чугун марки ЛК-3-4 и для модифицированного чугуна вместо доменного ферросилиция применяется 75%-ный ферросилиций.

Таблица 94
Примерные нормы расхода шихтовых материалов для отливки бронзовых деталей подвижного состава на 1 т годного литья

Наименование компонентов, входящих в состав металлической шихты	Марка	Стандарт	Паровозная паро-водяная арматура		Подшипники паровозные и армировки		Электроды ОЦС 5-5-5		Буксовые подшипники ФД и ИС		Плавающие втулки н/с ФД, ИС, СО		Уплотняющие кольца сальников	
			кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%
Олово	О4	ГОСТ 860-41	1,5	0,10	1,25	0,10	1,7	0,10	20	1,6	25	2,0	—	—
Цинк	Ц2	ГОСТ 3640-47	58	4,0	12,5	1,0	16,7	1,0	—	—	—	—	—	—
Фосфористая медь	МФ-7	ГОСТ 3135	19,5	0,70	12,5	1,0	16,7	1,0	15	1,2	15	1,2	14,6	1,20
Мель	М4	ГОСТ 839-41	47,0	3,2	23,75	1,9	31,7	1,9	205	16,4	178,5	14,3	252,5	20,70
Чушковая бронза	—	ГОСТ 614-47	735	50,0	500	40,0	980	57,0	200	16,0	350	28,0	—	—
Лом и отходы бронзы	—	В том числе скрап	603	41,0	687,5	55,0	633,5	38,0	625	50,0	56,3	45,0	451,5	37,0
Свинец	С4/С3	ГОСТ 3778-47	15	1,0	12,5	1,0	16,7	1,0	10	0,8	112	9,0	488	40,0
Никель	Н2	ГОСТ 849-41	—	—	—	—	—	—	10	0,8	6,25	0,50	13,4	1,10
Итого	—	—	1 470	100	1 250	100	1 667	100	1 250	100	1 250	100	1 220	100

Примечание. Лом и отходы применяются одноименных марок с отливаемым изделием. Чушковая бронза может заменяться (одноименными марками) ломом и отходами своего производства.



Фиг. 17. Эскиз собранной формы и сечение элементов литниковой системы вставки-утюжки для паровозной тормозной колодки

Соотношение литниковой системы

$$\Sigma F_{\text{лит}} : \Sigma F_{\text{шл. лит}} : \Sigma F_{\text{шл. ст}} : F_{\text{ст}} = 3\,900 : 2\,329 : 1\,932 : 1\,520 = \\ = 1 : 0,597 : 0,495 : 0,389.$$

Таблица 95

Выход годного и расход металла на единицу изделия при изготовлении литых деталей подвижного состава

Наименование отливок	Чёрный вес (годное)	Возвратные отходы	Вес в кг						Выход годного в % от металлической шихты
			В том числе	литники и прили	скрап	Пробы (испытание)	Жидкий металл	Угар	Металлическая шихта
Корпус автосцепки	170,70	45,10	31,20	9,80	1,60	217,40	16,40	233,80	73,20
Замок	12,10	6,75	5,30	1,05	0,08	18,93	1,00	19,93	61,10
Корпус фрикционного аппарата	80,40	11,88	5,48	4,20	0,96	93,24	7,02	100,26	80,40
Клин фрикционный	3,05	1,15	0,86	0,23	0,02	4,22	0,22	4,44	68,60
Хомут тяговый	82,00	21,88	16,28	4,70	0,80	104,86	5,52	110,38	74,50
Башмак 50-т вагона	8,20	3,53	2,45	0,66	0,04	11,77	0,62	12,39	65,70
Колодка горючего башмака	3,80	2,35	1,96	0,34	0,03	6,18	0,38	6,51	58,40
Корпус крана Эверластинга	13,40	8,88	7,16	1,01	0,22	22,50	1,95	24,45	54,80
Ползун паровоза серии:									
СУ-106	130,00	112,10	90,80	10,70	6,90	249,00	18,70	267,70	48,80
ФД	301,80	225,70	177,30	24,00	8,60	535,30	40,30	575,60	52,40
Буксы паровоза серии:									
СУ-76	378,00	209,06	150,00	26,70	5,70	593,30	45,60	633,90	59,30
ЭМ-56	131,00	158,20	138,00	13,20	3,90	293,10	22,10	315,20	41,80
Промежуточная часть — винт стокера	14,00	26,43	24,2	1,83	0,25	40,68	3,07	43,75	32,00
Центр III типа	230,00	134,70	110,5	16,6	5,3	370,00	27,90	397,90	57,50
Армировка НТВ	0,900	0,293	0,216	0,051	0,016	1,275	0,054	1,329	65,00
» 20-т вагона	1,172	0,620	0,509	0,075	0,067	1,869	0,078	1,947	60,00
Подшипник 50-т вагона	2,620	0,897	0,668	0,148	0,133	3,692	0,14	3,846	68,00
Корпус инжектора № 11	41,400	15,864	8,833	2,431	2,190	60,732	3,200	63,992	65,00
» А801	49,200	26,219	17,577	3,175	2,857	79,365	3,125	82,490	60,00
Вставка (полумесяц) колодки	0,07	0,13	0,11	0,01	—	0,20	0,01	0,21	33,30
Вставка (утюжки) колодки	0,15	0,12	0,10	0,01	—	0,27	0,02	0,29	51,70
Колодка паровозная	16,38	1,89	1,03	0,65	0,18	18,45	1,18	19,63	83,30
Буксы НТВ	35,50	3,70	1,66	1,38	0,20	39,40	2,97	42,37	84,00
» 20-т вагона	40,20	5,08	2,24	1,59	0,23	45,51	2,90	48,41	83,30
» 50-т вагона	68,50	8,05	3,23	2,69	0,34	76,93	4,91	81,84	83,90
Подшипник НТВ	2,55	0,80	0,52	0,12	0,02	3,37	0,2	3,59	72,70
» 20-т вагона	4,10	0,84	0,49	0,17	0,02	4,96	0,32	5,28	78,00
Колодка вагонная тормозная	16,00	4,61	3,03	0,73	0,10	20,71	1,32	22,03	72,50
Башмак вагонной тормозной колодки	12,00	2,41	1,26	0,51	0,07	14,48	0,93	15,41	78,00

и просеивается через сито с отверстиями размером не более 1 мм.

Чугунная стружка также дробится в бегунах и просеивается через сито с отверстиями 1,5 мм. Употреблять стружку можно только свежую, не окисленную и без наличия смазывающих масел. Для наполнительного слоя чугунная стружка может не размалываться, но просеивание через сито с отверстиями 3—4 мм желательно.

Подготовленные твёрдые составляющие тщательно перемешивают в бегунах, после добавления жидкого стекла и воды перемешивание продолжается в течение 25—35 мин. до получения однородной металло-керамической смеси.

Набивка обойм и сушка металло-керамики. После набивки рабочий слой формы армируется проволокой диаметром 5—4 мм и длиной 35—45 мм. При армировании концы проволоки не должны выходить на рабочую поверхность. Не допускается армирование гвоздями со шляпками.

Сначала набивают рабочий облицовочный слой, а затем наполнительный. После набивки обоймы со стороны рабочей части в центре каждой клетки обоймы молотком вбивают куски проволоки на глубину ниже поверхности рабочего слоя на 1 мм. После армирования поверхность металло-керамики тщательно заглаживают и окрашивают графитовой краской следующего состава: графита серебристого по объёму 50%, молотого шамота 35% и глины огнеупорной 15%. Плотность краски 1,35—1,45.

Металло-керамику в металлических обоймах провяливают (сушат) на воздухе в течение 2 суток в тёплом и сухом помещении.

После этого обоймы поступают в сушильную камеру, в которой медленно поднимают температуру до 250—300°, при этой температуре выдержка в течение 3 час., затем снова медленный нагрев в течение 5—6 час. до 600—700° и выдержка при этой температуре 5 час.

Охлаждение производится вместе с печью до температуры 200—250°, после чего тележку с обоймами выкатывают из печи, а рабочую поверхность обоймы окрашивают графитовой краской.

Рабочий слой облицовки металло-керамических обойм толщиной 20—30 мм во время сушки имеет усадку не более 0,2%. Теплопроводность облицовочного слоя металло-керамики не выше теплопроводности сырой песчаной формы. При нагревании облицовочного слоя до 1200—1250° во время заливки в форму чугуна поверхность рабочего слоя не растрескивается и не приваривается к отливкам.

После удаления из формы отливок при температуре 800—900°, охлаждения формы на воздухе до 150—200° и окрашивания жидкой краской рабочей поверхности при этой температуре металло-керамика после неоднократных заливок не растрескивается.

Металло-керамические формы заливают металлом, выпущенным из вагранки с температурой 1300—1350° и охлаждённым в ковше до 1180—1220° (по Пиропто без поправки).

Заливка при указанных температурах чугуна приведённого химического состава обес-

печивает получение тормозных колодок с повышенной износостойкостью и $HБ = 190 \div \div 241$ без усадочных раковин.

Износ колодок, отлитых в различные формы, указан в табл. 97.

Т а б л и ц а 97

Сравнительные данные об износе колодок, отлитых в различные формы

Тип колодок	Тип формы	Отношение износа данной колодки (в г на 1 000 км) к износу колодки II типа
I	Металло-керамическая	819:671=1,22
II	Песчаная (М. Ф.)	671:671=1,0
III	Металлическая	910:671=1,35
IV	Металлическая с земляной облицовкой	756:671=1,12

Если судить по полной заводской себестоимости, наиболее выгодным технологическим процессом, при котором получается наиболее дешёвая колодка, является отливка в металлические формы.

На этом основании и получил широкое распространение этот вариант технологии. На самом же деле, если учесть коэффициент износа, наиболее выгодным технологическим процессом, при котором получается наиболее низкая приведённая стоимость, является отливка в песчаные сырые формы, машинный способ формовки.

Таким образом, отливка чугунных деталей, работающих в условиях сухого или полусухого трения, должна производиться из чугуна с перлитной структурой металлической основы и пластинчатой формой графита крупных и средних по длине включений.

Включения мелкопластинчатого, особенно сетчатого и глобулярного графита, понижают износостойкость чугуна.

Поэтому для чугунных деталей цилиндровой группы паровозов и тормозных колодок технология отливки в металлические формы не может быть рекомендована как не обеспечивающая высокой износостойкости чугуна, а следовательно, и больших пробегов паровозов и вагонов.

В случае применения технологии отливки таких деталей в металлические формы следует направить внимание прежде всего на изыскание долговечных, высокоэффективных термоизоляционных покрытий, обеспечивающих скорость охлаждения и теплопроводность идентичными сырой песчаной форме. Положительное решение этой задачи достигнуто на ВРЗ им. Войтовича путём отливки тормозных колодок в металлические формы с внутренней песчаной футеровкой толщиной 20 мм.

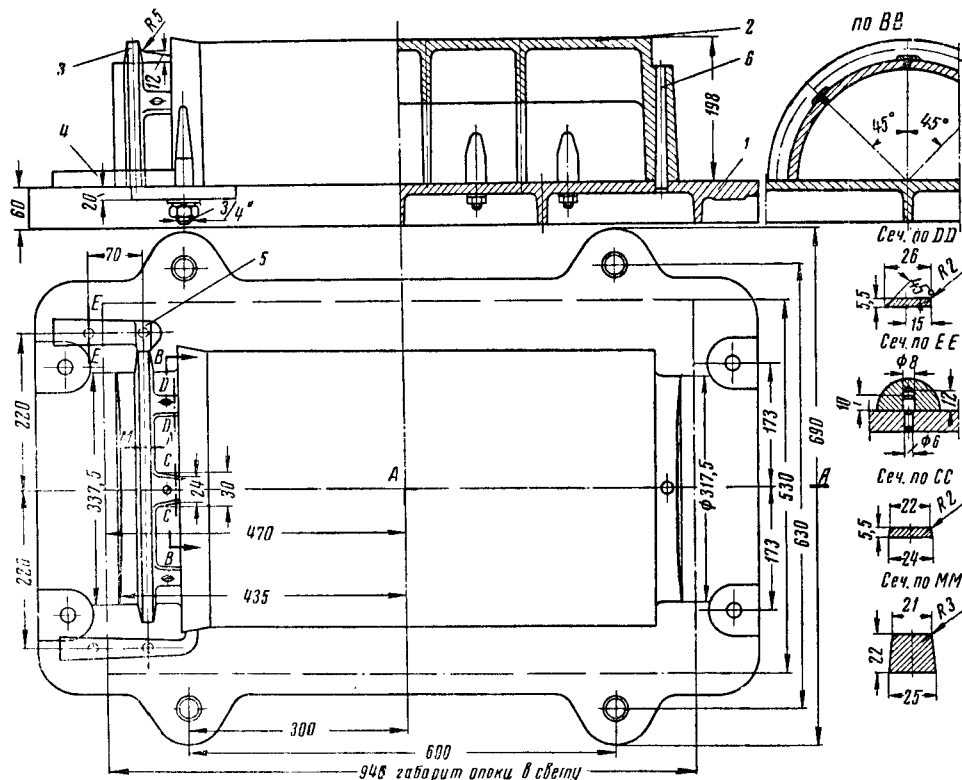
При выборе материала—состава и структуры чугуна для колодок, а также технологического процесса их производства следует руководствоваться не только тем, чтобы получить износостойкую тормозную колодку, но необходимо иметь при этом коэффициент трения, обеспечивающий нормальный тормозной путь и незначительный равномерный износ бандажа.

Золотниковые втулки и барабаны для золотниковых колец

Золотниковые втулки по механическим качествам должны быть не ниже марки СЧ 21-40 по ГОСТ 1412-48. Отливаются они на заводе имени Л. М. Кагановича из серого

остальную часть опоки заполняют наполнительной формовочной землей. Составы формовочной смеси приводятся в табл. 91.

По всей форме делают по 30 — 40 на опоку наколов душком диаметром 5 мм, глубиной до самой модели. В сыром виде форма окрашивается из пульверизатора графитовой краской.



Фиг. 19. Монтаж модели золотниковой втулки паровозов серий ФД и СО: 1 — под-
модельная плита; 2 — модель; 3 — литниковая система; 4 — выпор; 5 — стояк; 6 — конт-
рольная шпилька

чугуна следующего химического состава в %: углерода 3,0—3,3; кремния 1,4—1,6; марганца 0,70 — 0,90; фосфора 0,30 — 0,50; серы 0,10; никеля 0,15 — 0,30; хро-
ма 0,40 — 0,80.

Расход шихтовых материалов на выплавку чугуна представлен в табл. 93. После отливки твердость втулки должна быть $H_B=190-229$.

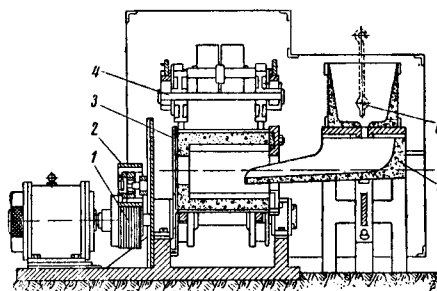
Втулки термически обрабатывают, т. е. подвергают закалке с последующим высоким отпуском. После термической обработки $H_B=270-310$.

Втулки формуются на машине 232 (ВФ-13) по разъемной модели, смонтированной на подмодельной плите с литниковой системой, стояком, выпором и прибылью (фиг. 19); обе половины формы изготавливают по одной модели.

Втулки и барабаны для золотниковых колец, отлитые в футерованные изложницы по способу, разработанному на Полтавском ПРЗ (фиг. 20), обеспечивают хорошее качество отливок в отношении срока службы их в эксплуатации.

Слой облицовочной смеси при обычной формовке составляет примерно 30 — 40 мм;

Сушку форм производят в камерном сушиле при температуре 300°C в течение 6 час.

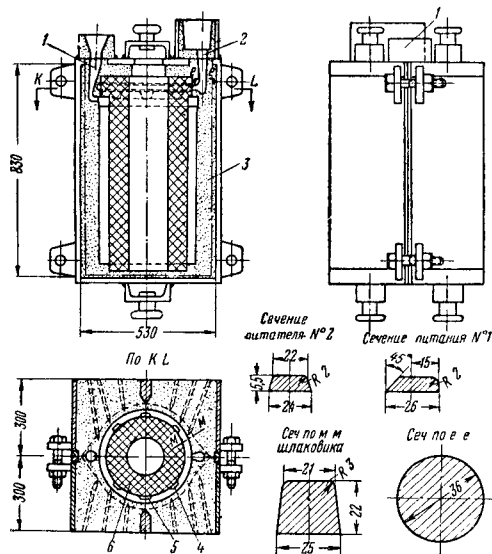


Фиг. 20. Продольный разрез центробежной машины Полтавского ПРЗ: 1 — шкив; 2 — нажимной валик; 3 — изложница; 4 — ось нажимного ролика; 5 — вы-
движной желоб; 6 — пробка

Для образования внутренней полости в форму устанавливают стержень, который очень плотно набивают, так как он сушится верти-

кально и при неплотной набивке может осесть, не давая точных размеров внутренней полости при отливке втулки. Обычно стержень изготавливают пустотелым. Для этого в стержень заформовывают металлическую трубу диаметром 115 — 120 мм, которую затем вынимают перед раскрытием стержневого ящика. Сырой стержень перед сушкой красят 2 раза, а после сушки натирают пастой из серебристого графита. Составы краски, пасты и стержневых смесей приведены в табл. 90 и 91. Сушится стержень в вертикальном положении в течение 6 час. при температуре 250°C.

Правильность геометрических размеров стержня и его установку в форме при сборке проверяют шаблоном. Во избежание ухода металла по разёму формы края её перед накрыванием формы обмазывают тестообразной глиной. Опки скрепляют четырьмя болтами, после чего собранную форму вертикально устанавливают под заливку. Перед заливкой на форму ставят чаши стояка и выпора. Время заливки одной формы 25—30 сек. Собранный форма показана на фиг. 21.



Фиг. 21. Эскиз собранной формы и сечение элементов литниковой системы золотниковой втулки: 1—выпор; 2—стояк; 3—асбестовый шнур диаметром 3 мм или тонкий слой глины; 4—питатель № 1; 5—питатель № 2; 6—стержень № 1

Соотношение литниковой системы:

$$\Sigma F_{\text{лит}} : \Sigma F_{\text{шл}} : F_{\text{ст}} = 758 : 1012 : 1017 = 1 : 1,33 : 1,47.$$

Иногда отливку золотниковых втулок и барабанов для золотниковых колец производят центробежным способом¹ во вращающиеся около горизонтальной оси металлические изложницы. Отливку центробежным способом в металлические изложницы выполняют с тонким слоем присыпки в подогретые до температуры 300 — 400° и в футерованные изложницы.

¹ Центробежная отливка золотниковых втулок и барабанов для золотниковых колец в изложницы с полупостоянной формой. Информационное письмо ЦНИИ № 182, 1950.

Отлитые центробежным способом барабаны для золотниковых колец в металлическую изложницу с тонким слоем присыпки и интенсивно охлаждаемую водой имеют неудовлетворительную слоистую макроструктуру с точечной и глобулярной формой графита.

Для устранения отбела при отливке таким способом барабанов для колец применяют чугуны с высоким содержанием кремния, что приводит к появлению в отливках структурно-свободного феррита. Между тем, отливки с наличием структурно-свободного феррита и точечной формой графита имеют пониженную износостойкость по сравнению с отливками в стационарные песчано-глинистые формы. В связи с отмеченными недостатками отливка втулок и колец в металлические (нефутерованные) изложницы запрещена.

Определённая этими исследованиями относительная износостойкость золотниковых колец характеризуется величиной пробега паровоза (табл. 98).

Таблица 98

Относительная износостойкость золотниковых колец

Серия и № паровоза	Сторона паровоза	Способ отливки колец	Пробег паровоза в км	Причина смены колец
КУ 1	Левая	Центробежный	7 948	Расточка втулки
СУМ 217-47	Правая		1 042	Износ колец
КУ 26	»		966	Поломка колец
СУМ 217-57	Левая		17 434	Износ колец
КУ 13	Правая	Стационарный в песчано-глинистую форму	15 356	Расточка втулки
СУМ 217-47	Левая		16 772	Поломка колец
СУМ 277-52	Правая		25 300	Продолжает работать
СУМ 217-47	»		46 348	То же
С 219-70	Правая и левая		38 000	»

В депо Юдино Казанской ж. д. для улучшения качества барабанов золотниковых колец при отливке в металлические изложницы производился предварительный подогрев изложниц до температуры 300 — 400°.

Замедленное охлаждение отлитых барабанов производилось в ямах, выложенных кирпичом и закрываемых крышками.

При отливке в подогретые изложницы промежуток времени от начала заливки до остановки машины возрос с 2,5—3 до 4,5—6 мин. Чугун применялся с меньшим содержанием кремния (в среднем 1,3—1,6%), причём отбелённой поверхностной корки не получалось.

Лабораторными исследованиями установлено, что центробежные отливки, изготовленные депо Юдино, имеют слоистую макроструктуру. Графит имел преимущественно пластин-

чатую форму с заметно увеличенной толщиной пластинок. Структурно-свободный феррит наблюдался только у внутренней поверхности барабанов.

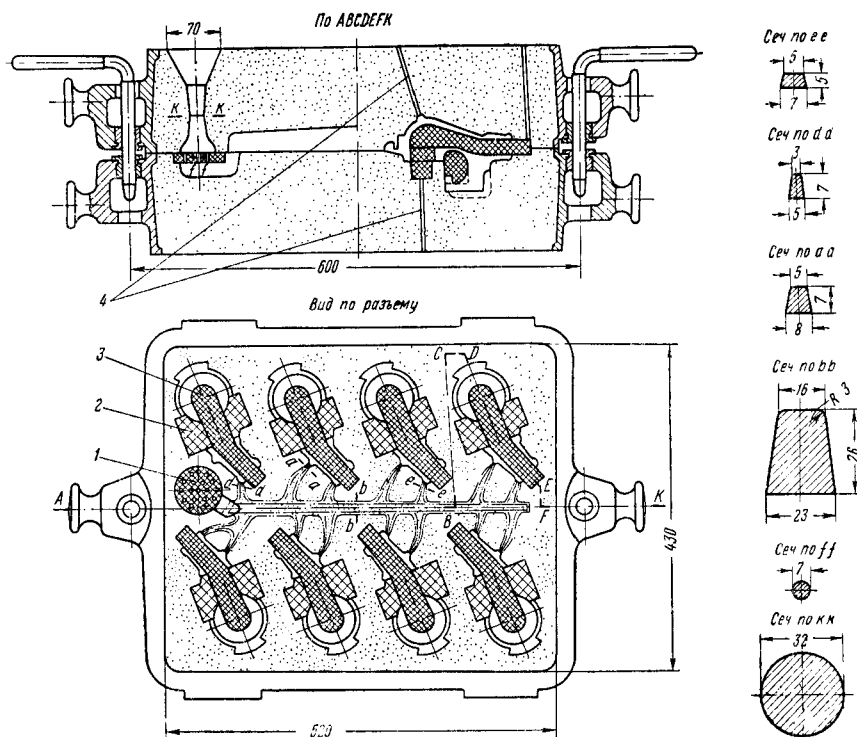
При сравнении после испытания колец завода имени Л. М. Кагановича, отлитых в стационарные песчано-глинистые формы, и отливок, полученных центробежным способом с присыпкой (без футеровки), отливки депо Юдино, по данным Н.Н. Иньшакова, заняли промежуточное положение, причём результаты испытания оказались различными, что указывает на неоднородность свойств чугуна этих отливок.

На Полтавском ПРЗ отливку втулок и золотниковых колец производят центробежным способом в футерованные изложницы. Для набивки изложниц применяют порошкообраз-

Механические свойства чугуновых золотниковых втулок, отлитых центробежным способом, и таких же отливок в стационарные песчано-глинистые формы приведены в табл.99.

Таблица 99
Механические свойства золотниковых втулок

Способ отливки	Предел прочности в кг/мм ²		
	при растяжении	при сжатии	НБ
Центробежная Полтавского ПРЗ	27,2	93,9	210,3
В стационарные песчано-глинистые формы	25,7	79,5	134,8



Фиг. 22. Эскиз собранной формы и сечение элементов литниковой системы соединительного рукава: 1—стержень-сетка; 2—стержень основания № 1; 3—стержень центральной № 2; 4—газоотводы диаметром 5—6 мм

Соотношение литниковой системы:

$$F_{\text{лит}} : F_{\text{шл}} : F_{\text{сетки}} : F_{\text{ст}} = 455 : 500 : 537 : 706 = 1,0 : 1,1 : 1,18 : 1,55.$$

ную смесь, состоящую из 85% шамота и 15% огнеупорной глины; в указанную смесь добавляют 10—12% воды. Толщина футерованного слоя 60 мм. После изготовления форму проваливают, а затем сушат при температуре 350—400° в течение 10 час. Далее окрашивают в горячем состоянии краской следующего состава: молотого кокса 40%, молотого каменного угля 20%, чёрного графита 35%, сульфитного щёлока 5%. Полупостоянная футеровка при хорошем качестве первоначальной набивки, тщательном исправлении повреждений и окраске после каждой заливки выдерживает 15—20 заливок.

Головка соединительного рукава

Головку соединительного рукава отливают из чугуна, причём отливка должна отвечать марке СЧ 21-40 по ГОСТ 1412-48.

Соединительная головка формируется на станке типа 266 (ВФ-17) по восьми деталям в форме. Формовку выполняют по разъемным металлическим моделям. Уплотнение формовочной смеси в опоке происходит за счёт встряски и подтрамбовки при помощи сжатого воздуха. Заформованные опоки снимают со станка; нижнюю опоку поворачивают на 180° и устанавливают на деревянный щиток.

Перед установкой стержней в нижней форме прокалывают газоотводы для вывода газа из вертикальных знаковых частей центрального стержня душником диаметром 4 — 5 мм.

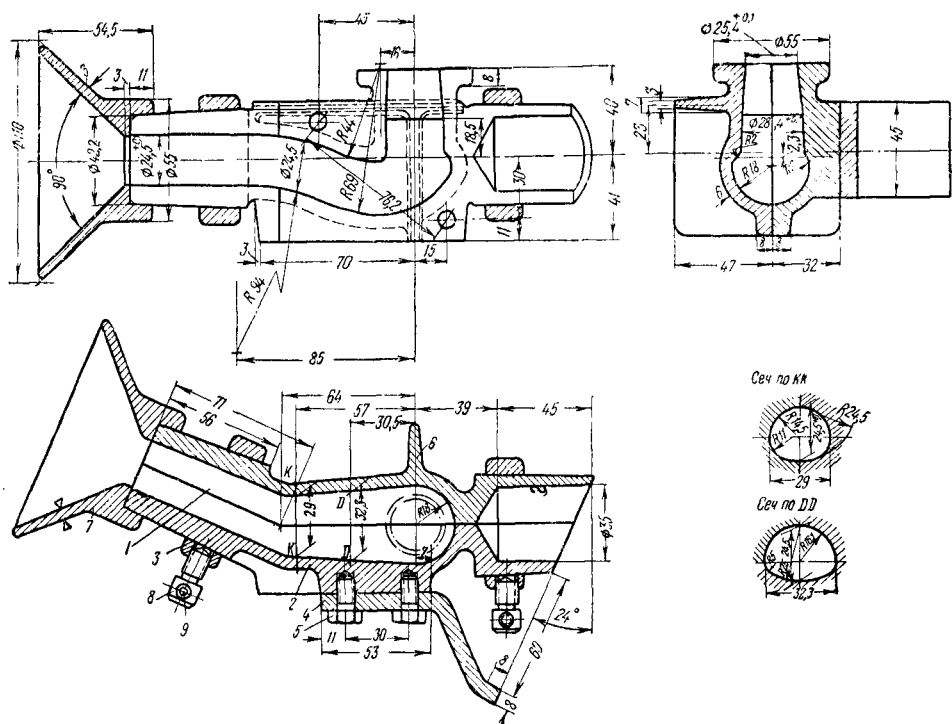
В верхней опоре прокалывают по два газотвода в каждом гнезде будущей детали: один диаметром 1,5 — 2 мм и один из горизонтальной знаковой части диаметром 4 — 5 мм.

В нижнюю форму устанавливают сначала стержень основания 2 (фиг. 22), затем стержень нейтральной 3. Правильность установки стержней проверяют шаблоном, после чего нижнюю форму накрывают по штырям верхней формой. Для улавливания шлака перед накрытием нижней формы устанавливают сетку. Применяемая формовочная смесь и её свойства указаны в табл. 91.

После этого стержневой ящик раскрывают и стержень выкладывают на фигурную плиту. Стержни сушат при температуре 180° в течение 1 ч. 30 м. Просушенный центровой стержень очищается от заусениц по разному ящика и натирается вручную графитовой пастой (состав этой пасты приведен в табл. 90).

Стержни, в которых газоотводы вышли на поверхность, бракуют, так как в случае их использования по назначению в отлитых деталях образуются раковины. Головку соединительного рукава испытывают под воздушным давлением 6 ат, поэтому даже незаметные раковины не допускаются.

После натирки стержней их вновь просушивают и затем направляют на сборку формы.



Фиг. 23. Стержневой ящик соединительной головки по чертежу № ТР-34: 1 — первая половина ящика; 2 — вторая половина ящика; 3 — кольцо натяжки; 4 — ножка; 5 — болт М8; 6 — ребро жёсткости; 7 — воронка; 8 — винт М10; 9 — ручка

Стержни соединительной головки центральной 3, основания 2 и сетки 1 изготавливают в металлических ящиках из стержневой смеси на пеке (табл. 91).

Центровой стержень изготавливают в одностороннем металлическом ящике (фиг. 23). Набивку стержня производят через воронку 7 и через вертикальный знак размером 29,5 мм. После набивки со стороны знаков счищается лишний слой земли; воронка 7 предварительно снимается. Торцы знаков стержня, находящегося ещё в ящике, заглаживают гладилкой, со стороны знаков прокалывают газоотводы душином диаметром 4 — 5 мм с таким расчетом, чтобы газоотводы не выходили на поверхность стержня, заливаемого металлом.

Стержень основания и стержень-сетку изготавливают в металлических ящиках из такого же стержневого состава; они проходят такой же режим сушки, как и центральной стержень.

Расход материала на изготовление одной детали и выход годного указаны в табл. 93, 94 и 95.

Заливку формы осуществляют через литниковую систему — стояк, сетку, шлаковик и питатели — со следующим соотношением сечений элементов:

$$\Sigma F_{num} : \Sigma F_{шлак} : \Sigma F_{сеп} : \Sigma F_{см} =$$

$$= 401 : 507 : 537 : 660 = 1.0 : 1.22 : 1.34 : 1.62 .$$

Польстерно-подбивочная букса для оси типа С-2

Буксу типа С-2 относят к чугуному литью марки СЧ 15-32, её формуют по металлической разъёмной модели в двух опоках. Формовку производят на формовочных станках типа 266 (ВФ-17). На одном станке формируется низ опоки, а на другом верх, причём формовку производят одновременно.

Вентиляция формы осуществляется за счёт газопроницаемости формовочной смеси и газотводов, прокалываемых душками диаметром 4 — 5 мм как со стороны набивки до снятия формы с модели, так и со стороны разъёма в знаковых и выступающих частях верхней формы. Стержни устанавливают как в нижнюю, так и в верхнюю формы. В нижней форме размещают центральный стержень, состоящий из двух половинок (1 и 6). В верхней форме устанавливаются стержень-кругляш 3 и стержень-ушко 2. Стержень под ушко крепят двумя шпильками. Для получения точных размеров буксы стержни при установке в знаки не должны качаться.

Половинки центрального стержня 1 и 6 промазываются по шву графитовой пастой, в противном случае газы могут прорваться в тело буксы и образовать в ней газовые раковины, что приводит к браку буксы.

Накрытие опок производят по длинным и строго точным штырям; это предохраняет формы от перекоса и обвала. Разрез собранной формы показан на фиг. 24. Соотношение сечений отдельных элементов литниковой системы принято как

$$1,0 : 1,22 : 1,25,$$

или

$$\Sigma F_{\text{лит}} : \Sigma F_{\text{шл}} : \Sigma F_{\text{ст}} = 1008 : 1232 : 1256,6.$$

При таком соотношении отдельных элементов литниковой системы получается наилучший результат в отношении качественных показателей.

Половинки 1 и 6 центрального стержня изготавливают в открытых металлических стержневых ящиках на формовочных станках. Стержень-кругляш 3 и стержень-ушко 2 изготавливают по металлическим стержневым ящикам вручную. Состав применяемой стержневой смеси дан в табл. 91.

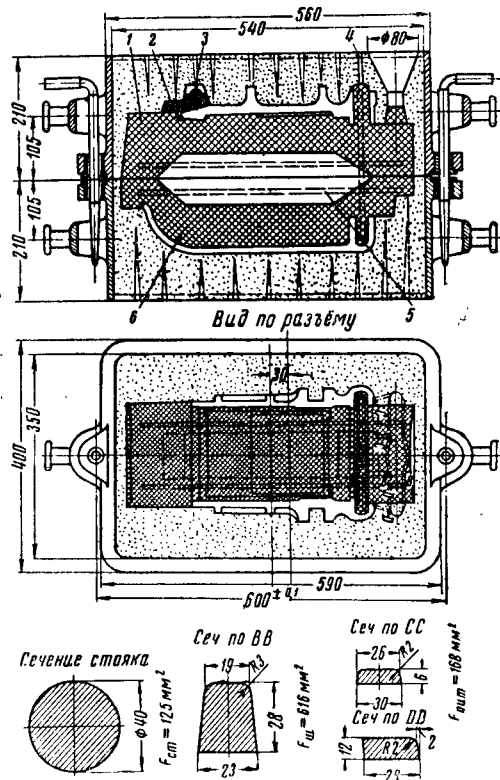
В стержни при их изготовлении устанавливают каркасы (прутки или трубки), причём последние не должны выходить на поверхность стержней. Для облегчения центрального стержня и увеличения податливости его делают пустотелым, но с добавлением в стержневой состав опилок.

После встройки землю сверху уплотняют деревянными молотками; излишек земли со стороны набивки счищают прямой линейкой. Затем вынимают баклуши и на ящик устанавливают сушильную плиту. При помощи опрокидывающего механизма станка стержневые ящики переворачивают на 180°, вниз плитой. При обратном движении станка стержни остаются на сушильных плитах.

Сушка центрального стержня происходит при температуре 270° в течение 2 час. Стержни 2

и 3 сушатся при температуре 200° в течение 40 мин. Высушенные стержни по линии разъёма формы точно притирают в специальных кондукторах на карусельном шлифовальном станке.

Прежде чем приступить к притирке поверхностей разъёма половинок центрального стержня, рейку, образующую пылевую шайбу,



Фиг. 24. Эскиз собранной формы и сечение элементов литниковой системы буксы С-2: 1 — стержень № 2; 2 — стержень № 4; 3 — стержень № 3; 4 — газотвод; 5 — каркас в стержне; 6 — стержень № 1

Соотношение сечений литниковой системы:

$$\Sigma F_{\text{лит}} : \Sigma F_{\text{шл}} : \Sigma F_{\text{ст}} = 1008 : 1232 : 1256,6 = 1 : 1,22 : 1,25.$$

поверхность зеркала и боковины окрашивают графитовой краской. После окраски готовые стержни просушивают (стержни не просушиваются, если их окраска производилась в горячем состоянии).

Букса С-2 не подвергается механической обработке. Поэтому отформованный стержень-кругляш вытряхивают в драйер, так как сушка стержней на фигурных плитах обеспечивает их высокую точность и прямолинейность, что в свою очередь способствует отливке точных деталей по чертёжным размерам.

Перед началом заливки на опоку устанавливают груз весом 70 кг.

Заливку буксы производят из чайникового ковша через носок, чугун выплавляют в вагранке. Оптимальная температура заливки 1290 — 1315°; продолжительность заливки одной формы 15 сек. После заливки

деталь в форме остывает в течение 5 мин.,
затем её выбивают.

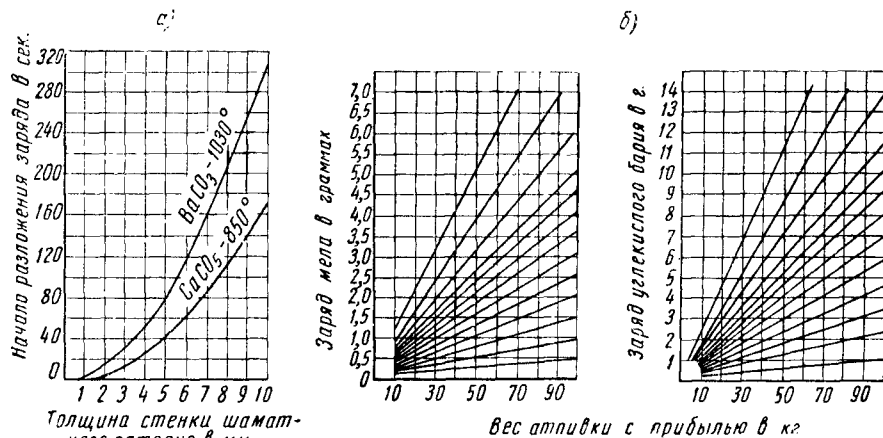
СТАЛЬНОЕ ЛИТЬЁ

Отливка ползунов на паровозоремонтных заводах осуществляется по следующему технологическому процессу: низ формы набивается на встряхивающих формовочных

30 — 40 мм; остальную часть опоки засыпают дополнительным составом.

Состав облицовочной и наполнительной смеси приведён в табл. 91.

Чтобы избежать размывания формы, подвод металла к детали делается снизу, что осуществляется при помощи литниковой системы из сифонных кирпичей С-40 ($l=200$); С-40 ($l=300$); С-33 ($l=300$); С-35 ($l=200$), которые



Фиг. 25. Кривые для определения мелового заряда a и толщины стенки натрона b

машинах; верх формы набивается пневматической набойкой. Окрашивается форма два раза до сушки и после сушки в горячем состоянии. В прибыль в шатном патроне устанавливается меловой заряд весом 25 г. Во избежание прорыва газов в верхней части прибыли устанавливается холодильник. Патрон с зарядом устанавливается на расстоянии 15 мм от верхней поверхности прибыли — холодильника. Вес мелового заряда и начало его действия могут быть определены по кривым (фиг. 25).

По технологии паровозоремонтных заводов МПС вес отливки ползуна паровоза: серии Э^у 180 кг, вес прибыли и литников 54 кг, серии Э^у — соответственно 160 и 55 кг.

Технология формовки ползуна паровоза серии ЭУ и размеры прибыли под газовым давлением представлены на фиг. 26.

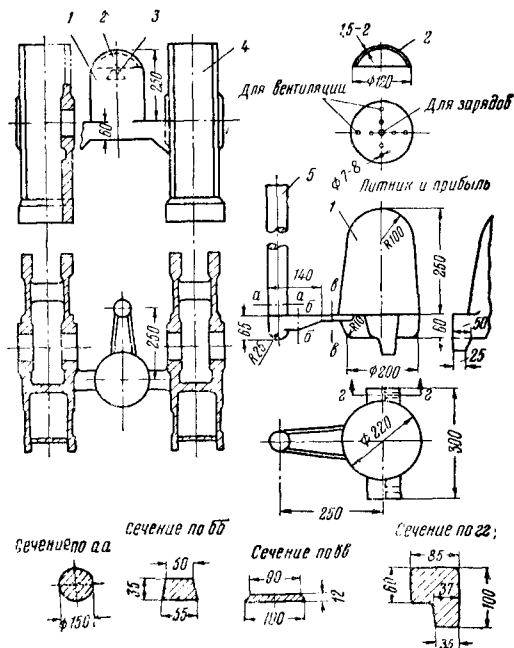
Продолжительность заливки одной формы на два ползуна 40—45 сек. Оптимальная температура металла при заливке формы ползуна 1480—1490°. Время остывания залитых деталей в форме не менее 14 мин. Отжиг деталей производится по режиму: нагрев в течение 5 час. до 900°, выдержка в течение 3 час. при температуре 900—930°.

Ползун паровоза серии ФД

Ползун паровоза серии ФД формируется как вращенной, так и на формовочных машинах по разъемной металлической модели; обе половины модели совершенно симметричны. Разрез собранной формы ползуна паровоза серии ФД представлен на фиг. 27.

Во время формовки модели в опоке засыпают облицовочной формовочной смесью на

заформовывают в опоках. Для получения более плотного металла в теле отливки питание в конце заливки осуществляют самым горячим металлом, поступающим в прибыль через дополнительный специально прорезанный питатель в верхней части формы.



Фиг. 26. Технология формовки ползуна паровоза серии ЭУ и размеры прибыли под газовым давлением: 1—прибыль; 2—холодильник; 3—патрон с меловым зарядом; 4—модель; 5—стояк

давлением расхода металла на единицу изделия заметно снижается. Так, при отливке ползуна паровоза серии Л с прибылью под газовым давлением с меловым зарядом теоретический выход годного составляет 67,4%. При отливке такого же ползуна с обычной открытой прибылью выход годного равен 57,0%.

Формовку ползуна с установкой прибыли под газовым давлением производят по разъемной модели в двух опоках; форму заливают в горизонтальном положении. Прибыль непосредственно примыкает к телу ползуна, а питание осуществляют в полость прибыли. Металл, необходимый для заполнения всей формы, проходя через прибыль, разогревает её, в результате чего металл в прибыли затвердевает значительно позже, чем создаётся благоприятное условие для питания тела отливки. Сечение питателя между стояком и прибылью должно быть таким, чтобы металл в нём затвердевал в первую очередь.

Для быстрого образования затвердевшей прочной корочки на поверхности прибыли, в верхней её части, где создаётся наибольшее давление и может произойти прорыв газов, устанавливают металлический холодильник (фиг. 28).

Башмак тормозной колодки

Башмак 50-т грузового вагона отливают из углеродистой стали марок 15Л, 20Л и 25Л ГОСТ 977-53. Формовку производят по разъемной металлической модели на станках 231 (ВФ-20) по две детали в форме. Форму набивают только наполнительным составом, без облицовки. После окончания уплотнения на станке верхней и нижней половин форм в них прокалывают газоотводы диаметром 8 мм на всю глубину формы (15 — 20 наколов на опоку).

Форму снимают со станка при помощи протяжных плит. Для выполнения присоединительной части тормозного башмака в полном соответствии с фигурой и требуемой точностью эту часть выполняют при изготовлении формы стержнем, который устанавливают в нижнюю опоку.

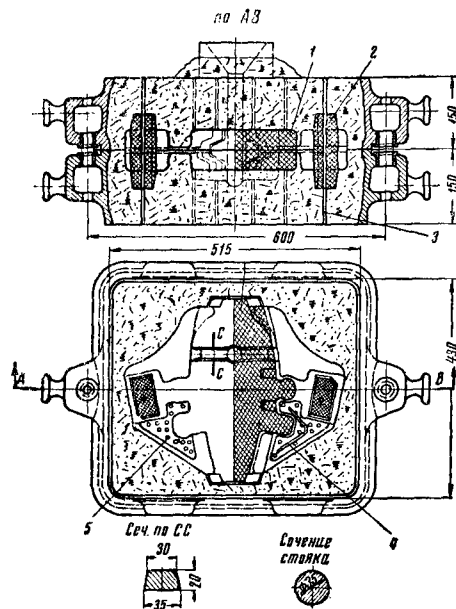
Эскиз формы и стержней дан на фиг. 29. Такой технологический процесс формовки тормозных башмаков распространён в механизированных литейных, при заливке форм на рольгангах, конвейерах или в литейных залах при наличии достаточных площадей.

В условиях литейных мастерских депо и вагоноремонтных заводов при недостаточности свободных площадей и отсутствии рольгангов и конвейеров применяется технология заливки форм в стопку.

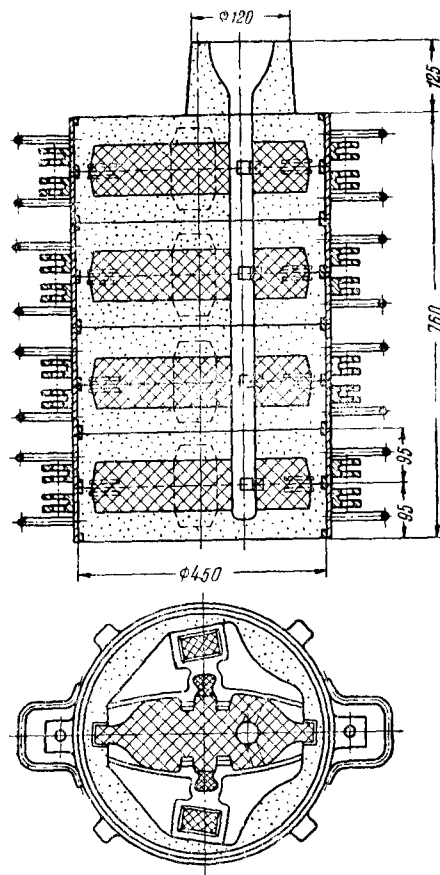
На фиг. 30 показан эскиз стопки, состоящей из 4 двойных форм.

При заливке деталей в стопку требуется значительно меньше площадей. При таком варианте заливки расход металла на литниковую систему значительно меньше, чем в первом случае.

При заливке башмаков тормозной колодки в стопку на Дарницком вагоноремонтном заводе расход металла на литник одной детали составляет 1 кг, а выход годного — 72,0%.



Фиг. 29. Эскиз собранной формы и сечение элементов литниковой системы башмаков тормозной колодки четырёхосного грузового вагона: 1 — стержень № 2; 2 — стержень № 1 (2 шт.); 3 — газоотводы $\varnothing 8$ мм; 4 — крючок; 5 — шпильки, $l = 100$ мм



Фиг. 30. Схема формовки башмака тормозной колодки в стопку по способу Дарницкого завода

При таком же способе формовки, но при заливке не в стопку на заводах имени Л. М. Казановича и на Канашском ВРЗ расход металла на литник одной детали соответственно 2,45 и 2,1 кг, а выход годного — 65,7 и 68,0%.

На вагоноремонтном Дарницком заводе в стопку заливают ряд деталей: башмак тормозной колодки, корпуса подшипников для вагонных осей всех типов и другие детали.

Способ Дарницкого вагоноремонтного завода заливки деталей в стопку может быть рекомендован для многих литейных мастерских депо и литейных цехов заводов МПС. Особенно этот способ должен получить распространение в условиях недостаточности площадей в литейных залах цехов и мастерских.

Паровозные буксы

Паровозные буксы отливают из углеродистой стали повышенного качества марок 20Л и 25Л III группы (ГОСТ 977-53).

Буксы небольшого развеса формуют на машинах 232 (ВФ-13) по 2 шт. в опоке; сложные по конфигурации и большие по развесу — на ручном плацу.

Большую часть поверхности букс после отливки механически обрабатывают, поэтому для получения более качественной и чистой отливки все буксы отливают в сухие формы с сухими стержнями. Примером машинной формовки букс служит букса паровоза серии СО.

Разрез собранной формы представлен на фиг. 31. Формовку ведут по неразъемной модели в одной опоке следующим образом: между моделями устанавливают стояк из шамотной трубки, модели засыпают облицовочной смесью и уплотняют. Когда уровень уплотненной формовочной смеси дойдет до верхнего контура модели, производят укладку литниковой системы из сифонного шамотного кирпича С-35 и С-40, после чего опока набивается наполнительной смесью доверху.

В верхней опоке формуются только прибыли и стояк. Перед выемкой модели из уплотненной формы в ней делают вентиляционные каналы через каждые 100—150 мм душником диаметром 6 мм как в нижней, так и в верхней опоке.

Во избежание подсосов и утяжин в изгибе уха к телу буксы во время формовки на модель устанавливаются круглые холодильники диаметром 20 мм, которые заформовываются вместе с моделью и остаются в форме при заливке.

При сборке формы после её сушки в опоку ставятся стержни 13, 4 и 1 (два последних по две штуки на деталь). Опоки скрепляются четырьмя скобами и форма передается на заливку.

Стержни паровозных букс изготавливаются из стержневой смеси.

Сушка форм производится в разобранном виде в камерной печи на вкатной тележке. Режим сушки следующий: нагрев до температуры 320—350° и выдержка при этой температуре 8 час.

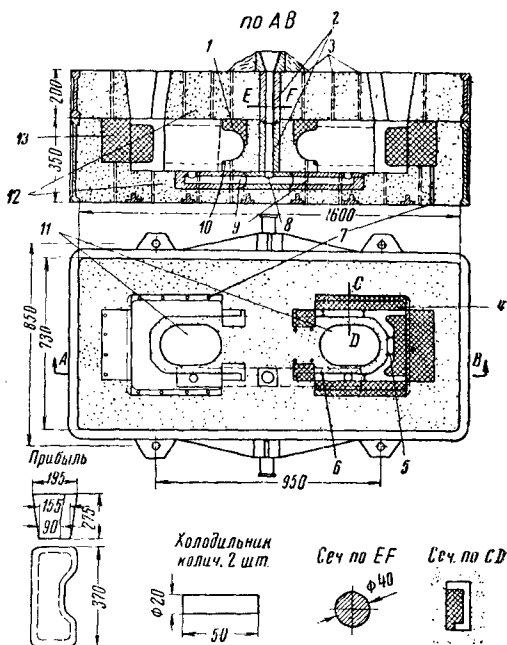
Сушка стержней также производится в камерной печи на тележке. Перед сушкой стержни окрашиваются маршалитовой краской.

Удельный вес краски 1,6—1,8. Температура сушки 180—200° с выдержкой при этой температуре в течение 4 час.

Заливка букс производится через стаканчик диаметром 35—40 мм при температуре металла не выше 1485° по пирометру без поправки. Продолжительность заливки 23—25 сек. Залитые буксы должны остывать в форме не менее 2 час., после чего формы поступают на выбивку.

После заливки, отрезки литников и прибылей буксы подвергаются термической обработке по режиму, зависящему от химического состава металла букс.

Каждая букса имеет приливной образец для механических испытаний. После термической обработки буксы очищают от окалины на дробеструйной установке.



Фиг. 31. Эскиз собранной формы паровозной буксы: 1 — стержень; 2 — сифонный кирпич С-33; 3 — газоотвод \varnothing 6 мм; 4 — стержень № 2; 5 — жеробейки $h = 50$ мм (2 шт.); 6 — жеробейки $h = 50$ мм (4 шт.); 7 — газоотводы в знаках \varnothing 6 мм; 8 — сифонный кирпич С-35; 9 — сифонный кирпич С-40; 10 — холодильник; 11 — пустоты 300 × 130; 12 — шпильки; 13 — стержень № 1

При отливке букс с прибылями под газовым давлением форму изготавливают или на встряхивающей формовочной машине или вручную. После отделки форму пульверизируют краской, затем сушат и в горячем состоянии вторично пульверизируют формовочной краской.

Сборка формы и установка стержней производится после полного остывания.

Газовый заряд в прибыли создает повышенное давление, вследствие чего расход металла на прибыли значительно меньше, чем при обычных открытых прибылях.

В качестве газового заряда для прибыли употребляют мел (CaCO_3) или углекислый барий (BaCO_3).

Вес мелового заряда в г:

$$M = \frac{1000Q \varepsilon_v P}{100 \gamma_{ж} \cdot 889}$$

где Q — вес отливки в кг;

ε_v — объёмная усадка для стали 6%;

P — задаваемое давление в ат;

$\gamma_{ж}$ — удельный вес жидкой стали, равный 7,0;

889 см³ — объём CO₂, выделяемого одним граммом мела при температуре 1400°C и при разложении $\frac{2}{3}$ мела.

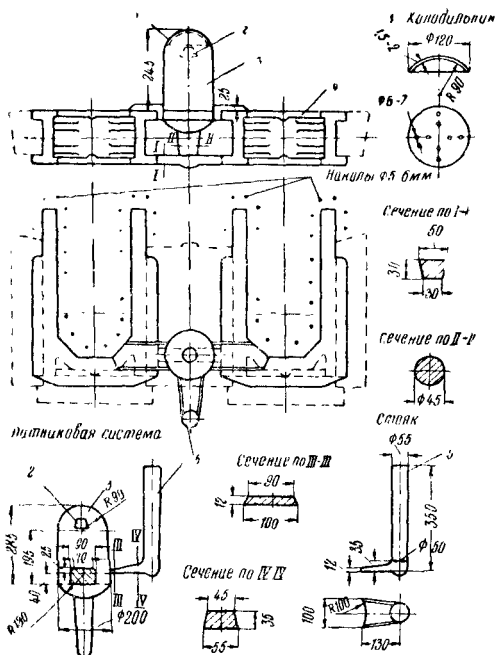
Схему отливки букс всех серий и размеры прибыли на Ростовском ПРЗ см. на фиг. 32

Меловой заряд при отливке паровозных букс с прибылями под газовым давлением определён в 25 г.

Расход металла на прибыли при отливке под давлением букс разных серий приведён в табл. 100.

Таблица 100
Расход металла на литьё букс

Наименование буксы	Серия паровоза	Вес в кг		Расход металла на прибыль в %
		отливки	прибыли	
Букса сцепной оси	СО	110	14,5	13,2
» ведущей »	СО	156	14,5	9,3
» » »	СУ	150	14,5	9,7
» задней сцепной оси	СУ	140	14,5	10,4
Букса сцепной оси	52	105	14,5	13,8
» ведущей »	52	150	14,5	9,7

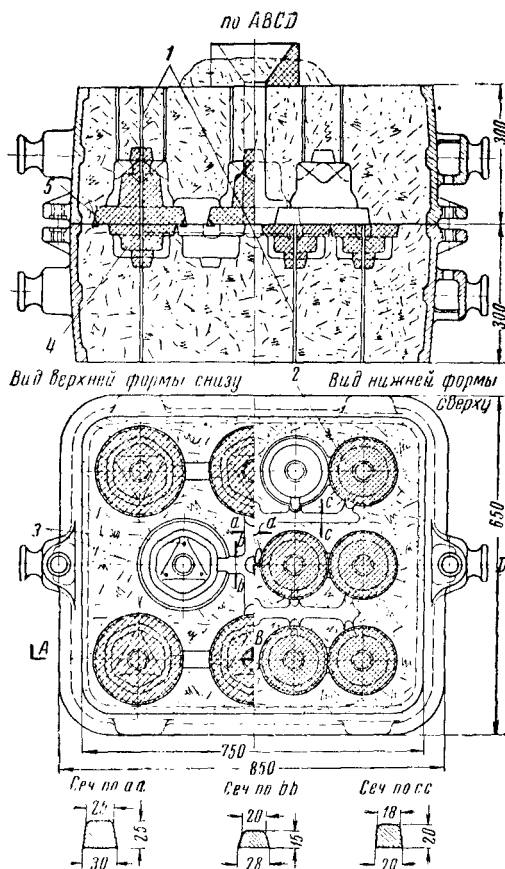


Фиг. 32. Технология формовки буксы и размеры прибыли под газовым давлением: 1—холодильник; 2—патрон с меловым зарядом; 3—прибыль; 4—модель буксы; 5—стояк

Конус и шайба фрикционного аппарата

Существующая технология отливки деталей по неразъёмной модели основывается обычно на формовке в одной опоке с использованием верхней опоки под литниковую систему и для удержания стержней от подъёма во время заполнения форм металлом. Нерацональность подобной технологии заключается в недостаточном использовании машинного оборудования, так как на одном станке из пары вырабатывают не формы для отливки деталей, а лишь опоку-перекрышу для удержания стержней.

Для увеличения производительности многие детали, формующиеся по неразъёмной модели, могут быть переведены на двухъярусную формовку. Примером двухъярусной формовки может служить технологический процесс отливки конуса и шайбы фрикционного аппарата. Конус и шайбу отливают из



Фиг. 33. Эскиз собранной формы и сечение элементов литниковой системы конуса и шайбы фрикционного аппарата: 1 — газоотвод \varnothing 4—6 мм; 2 — стержень № 1 (12 шт.); 3 — газоотвод \varnothing 4—5 мм (3 шт.); 4 — стержень № 1а (8 шт.); 5 — гвозди для крепления стержней $l = 125$ мм, \varnothing 4—5 мм

углеродистой стали следующего химического состава в %: углерода 0,38 — 0,50, марганца 0,50 — 0,80; кремния 0,15 — 0,30; серы 0,05; фосфора 0,05. Конус и шайбу корпуса фрикционного аппарата отливают в песчаные

сырые формы с сухими стержнями; формовку производят по неразъёмной модели в одной паре опок на станках типа 266 (ВФ-20).

В верхней опоке формуют 8 конусов, в нижней — 12 шайб.

Все детали заливают через один стояк диаметром 45 мм.

Перед постановкой стержней в формы душниками прокалывают каналы в знаках формы (в верхней и нижней опоках) для отвода газов и воздуха. В форме конуса делают три накола по треугольнику в его выступающей части.

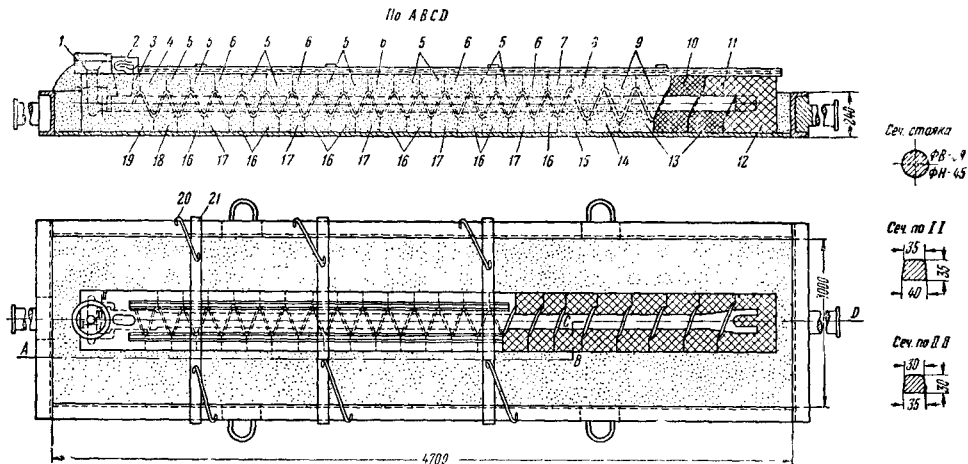
Затем в верхнюю и нижнюю опоки устанавливают стержни шайбы и конуса, которые

Технико-экономические показатели двухъярусной формовки очевидны, так как, кроме повышения производительности труда, снижается также расход формовочных материалов и металла на одну деталь.

Качественные показатели с переходом на двухъярусную формовку полностью сохраняются.

Стокерные винты

Примером формовки в стержнях деталей для железнодорожного транспорта могут служить винты стокерные, а также корпус и крышка крана Эверластинга. Винты стокерные для паровоза серии ФД и других се-



Фиг. 34. Эскиз собранной формы и сечение элементов литниковой системы винта стокера: 1—литниковая воронка; 2—прибыльная нарядка; 3—стержень № 9в; 4—стержень № 8в; 5—стержень № 7в (6 шт.); 6—стержень № 6в (5 шт.); 7—стержень № 5в; 8—стержень № 4в; 9—стержень № 3в (2 шт.); 10—стержень № 2в; 11—стержень № 1в; 12—стержень № 1н; 13—стержень № 2н; 14—стержень № 3н; 15—стержень № 4н; 16—стержень № 5а (6 шт.); 17—стержень № 6н (5 шт.); 18—стержень № 7н; 19—стержень № 8н; 20—крючки для крепления стержней; 21—полосы железа (4 шт.), $l=1,200$ мм

в верхней опоке крепят двумя гвоздями длиной 125 мм. После этого форму собирают по штырям, опоки скрепляют двумя скобами и на тележках по рельсовому пути направляют под заливку.

Перед заливкой устанавливается литниковая воронка, которая во избежание ухода металла обсыпается и обжимается формовочной землей.

Собранная форма с литниковой системой и с системой вентиляционных каналов представлена на фиг. 33.

При изготовлении форм соблюдают следующие правила:

- 1) для обеспечения чистой поверхности деталей форму набивают крепче, плотнее;
- 2) при формовке применяют только наполнительную смесь;
- 3) перед сборкой форму тщательно продувают сжатым воздухом;
- 4) отделку и починку надрывов в рабочей части формы не допускают.

После отливки указанные детали проходят термообработку — нормализацию и весь последующий цикл очистки в барабанах, пескоструйных камерах и на наждаках для удаления пригара, окалины, заусениц и пр.

рий, а также корпус и крышку крана Эверластинга отливают из стали марок 15Л, 20Л и 25Л по ГОСТ 977-53.

Получение формы для винта стокера осуществляется при помощи серии стержней (фиг. 34), изготавливаемых в металлических ящиках. Набивка должна быть плотной и равномерной. Для облегчения стержней и меньшего расхода стержневого состава в середине каждого стержня делают вырез глубиной 50 — 60 мм и шириной 70 — 80 мм. Затем каждый стержень накалывают от 10 до 15 раз. После изготовления стержни покрывают краской.

Разъём стержней осуществляют: по горизонтали — вдоль оси и по вертикали — по линии витка. Таким образом, формы винта собирают из верхних и нижних стержней в опоке на ровной простроганной плите или на двух рельсах. Сначала укладывают нижний ряд стержней, причём укладка должна быть плотной, без зазоров между соседними стержнями; проверяется это по шаблону. После этого укладывают верхний ряд стержней со строгим соблюдением точности совпадения витков и направленности ствола. После сборки стержней для крепления их сверху накладывают два рельса по длине опоки, которые кре-

пятся при помощи крючков к нижней плите или нижним рельсам. Во избежание поднятия стержней при заливке просвет между стержнями и рельсами не допускается.

Собранные стержни засыпают формовочной наполнительной землёй. Затем устанавливают воронку литника 1 и прибыльную наращалку 2, после чего форма готова под заливку. Форма опоки и способ крепления, а также размеры литниковой системы показаны на эскизе собранной формы.

Из эскиза формы видно, что для сборки низа используют всего 23 стержня восьми различных размеров. Отдельные стержни повторяются несколько раз. Верх собирают из 23 стержней 9 различных размеров, некоторые также повторяются несколько раз.

Стержни сушат в камерных печах с выкатной этажеркой.

Для лучшего заполнения форму устанавливают с наклоном. Заливку производят через стаканчик диаметром 35 — 40 мм. Наилучшие результаты получают при температуре металла 1485 — 1450° и скорости заливки 18 — 20 сек. Время остывания вента в форме 5 час.

Во избежание образования трещин и больших внутренних напряжений на каждом стержне по галтели витка нарезают по 2 — 3 ребра толщиной 2 мм и глубиной 15 — 20 мм; после заливки через 8 — 10 мин. опоку необходимо раскреплять.

После очистки от стержневой смеси, обрубки и слесарной обработки указанные детали проходят термообработку.

После отжига винты подвергают холодной правке, так как возможны случаи поводки и незначительного изгиба в процессе литья и термообработки.

Корпус и крышка спускного крана

Корпус и крышку спускного крана топки заливают в формы из сухих стержней. Стержни изготовляют по алюминиевым ящикам.

Состав стержневых смесей, режим сушки и состав краски те же, что и для вента стокера.

Сборку формы для корпуса и крышки крана производят в стопку по шесть стопок в опоке, а в каждой стопке собирают пять гнезд для корпуса или 12 гнезд для крышки.

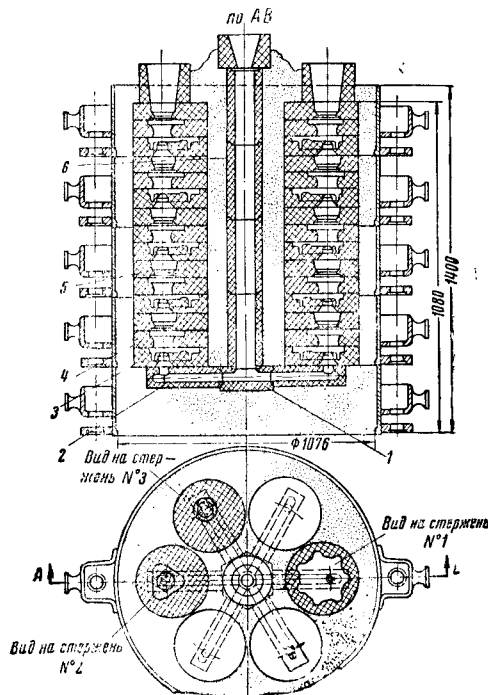
Заливку осуществляют через один стояк снизу; одновременно в одной форме заливают 30 корпусов или 72 крышки крана Эверлинг. Отливка этих деталей в сухих стержнях обеспечивает их получение без наличия земляных включений, что очень важно, так как эти детали подвергаются гидравлическому испытанию при давлении 25 ат.

Стержни (формы) для корпуса крана собирают следующим образом (фиг. 35): на гладкий поддон устанавливается керамическая шамотная шестиходовая звёздочка 1 марки С-24, к которой присоединяются концевые кирпичи 2 марки С-40 длиной 300 мм каждый с диаметром отверстия 40 мм. Перед присоединением концевых кирпичей к звёздочке торцы кирпичей смазывают тестообразной глиной. Затем устанавливают круглую опоку и набивают обычной наполнительной землёй. После набивки опоки её поворачивают на 180°, устанавливают вторую такую же опоку

и первую стопорную трубку С-6 длиной 300 мм, диаметром 56 мм, после чего стержни 5 устанавливают в стопки по 4 шт., а опоку, т. е. пространство между стопками стержней, набивают формовочной землёй.

После набивки второй опоки устанавливают третью, в которой также укладывают стопки по четыре стержня, ставят вторую стопорную трубку 6 и опоку набивают формовочной землёй и т. д.

В последнюю, пятую, опоку устанавливают прибыльные надставки и литниковую воронку, как указано на эскизе собранной формы (фиг. 35). Все опоки скрепляют. В каждую



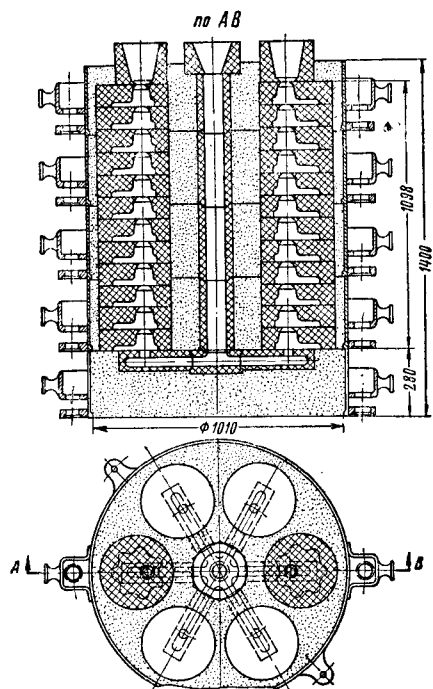
Фиг. 35. Эскиз собранной формы и сечение элементов литниковой системы корпуса продувочного крана по способу завода имени Л. М. Кагановича: 1 — шестиходовая звёздочка марки С-24; 2 — концевой кирпич марки С-40, $l = 300$ мм (6 шт.); 3 — стержень № 1 на стопку (5 шт.); 4 — стержень № 2 на стопку (5 шт.); 5 — стержень № 3 на стопку (5 шт.); 6 — трубки шамотные марки С-24, $l = 300$ мм (4 шт.).

стопку устанавливают 15 стержней трёх типов, следовательно, в трёх стержнях получают одну деталь.

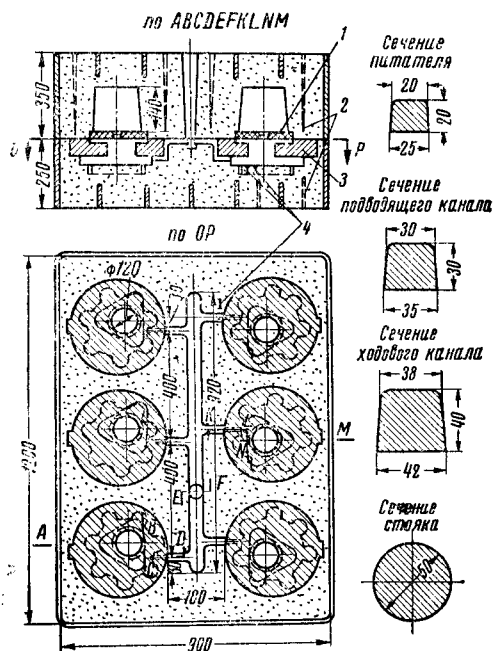
Крышка крана формируется и отливается по такому же принципу, как и корпус в сухих стержнях, с той лишь разницей, что в стопке собирают 12 деталей, т. е. в каждом стержне получается деталь. Разрез собранной формы крышки крана представлен на фиг. 36.

На Ворошиловградском паровозостроительном заводе корпус и крышку продувочного крана формовали и заливали не в стопку, а в один ряд: по восемь крышек (фиг. 37) и по шесть корпусов (фиг. 38) в опоке.

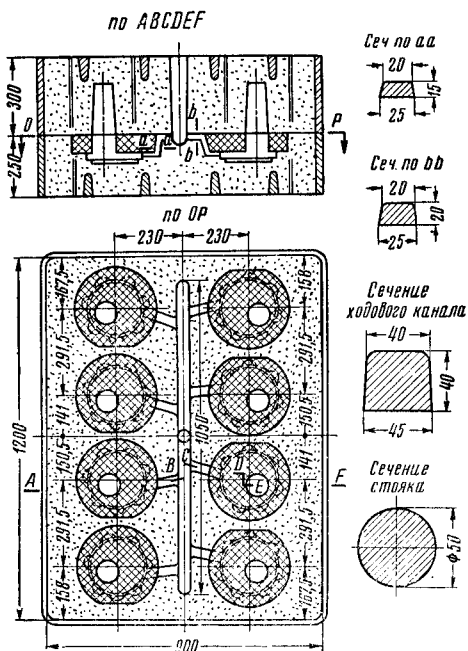
Формовку корпуса и крышки продувочного крана производили по неразъёмной модели в двух опоках с применением стержней и установкой питающих прибылей на каждой детали.



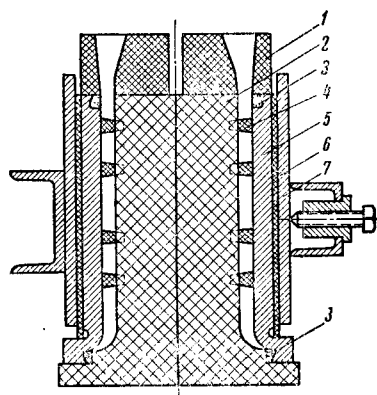
Фиг. 36. Эскиз собранной формы и сечение элементов литниковой системы крышек продувочного крана по способу завода имени Л. М. Кагановича



Фиг. 38. Эскиз собранной формы и сечение элементов литниковой системы корпуса продувочного крана по способу Ворошиловградского паровозостроительного завода: 1 — стержень № 2; 2 — газоотводы; 3 — стержень № 1, 4 — шпильки



Фиг. 37. Эскиз собранной формы и сечение элементов литниковой системы крышек продувочного крана по способу Ворошиловградского завода



Фиг. 39. Эскиз собранной формы для заливки бронзовой армировки на корпус подшипника: 1 — литниковая чаша; 2 — металлический или песчаный стержень № 1; 3 — обмазка из формовочной смеси; 4 — стержень № 2; 5 — корпус подшипника; 6 — асбестовая прокладка; 7 — металлическая пластина

При отливке указанных деталей по способу Ворошиловградского завода расход металла на литниковую систему и прибыли на одну крышку составлял 8,4 кг и на один корпус 16,6 кг, в то время как по технологии завода имени Л. М. Кагановича соответственно 0,53 и 6,8 кг.

Подшипник 50-т грузового вагона

Корпус указанного подшипника отливают из стали марки 25Л по ГОСТ 977-53 или штампуют.

Заливка бронзовой армировки на стальной корпус подшипника протекает по следующему технологическому процессу. Корпуса подшипника предварительно очищают в пескоструйных камерах от ржавчины, масла и окалины.

Затем места подшипника между корпусом и бронзовой арматуркой (шейка и задний буртик), которые должны заливаться баббитом, смазывают сульфитным или декстриновым клеем и заделывают обычной формовочной смесью (фиг. 39).

После этого корпуса поступают в сушило для просушки указанной обмазки из клея и формовочной смеси.

Форму под заливку собирают в такой последовательности: два стержня № 1 устанавливают на гладкую плиту; к стержням с обеих сторон ставят по одному заранее подготовленному и просушенному корпусу подшипника, которые специальными металлическими пластинами и струбцинами прижимаются к стержням; между металлическими пластинами и корпусом прокладывают асбестовый лист, который препятствует уходу металла из формы через отверстия подшипника; после этого устанавливают стержень литниковой воронки и груз. Вид собранной формы показан на фиг. 39.

На заводе имени Л. М. Кагановича стержни № 1 заменены металлическими со сквозными отверстиями для установки стержней № 4.

Металл по собранным формам разливают из чайникового ковша ёмкостью 50 кг. Бронзу раскисляют фосфористой медью непосредственно в ковше; количество раскислителя составляет 0,3% от веса металла в ковше. Заливка форм производится при температуре бронзы 1120 — 1140°C.

После заливки и выбивки приступают к очистке от песка и обрубке корпусов от литейных заусениц, а подшинники направляют под заливку. Баббит заливают по такому же технологическому процессу, как и для подшинников 20- и 16-м вагонов.

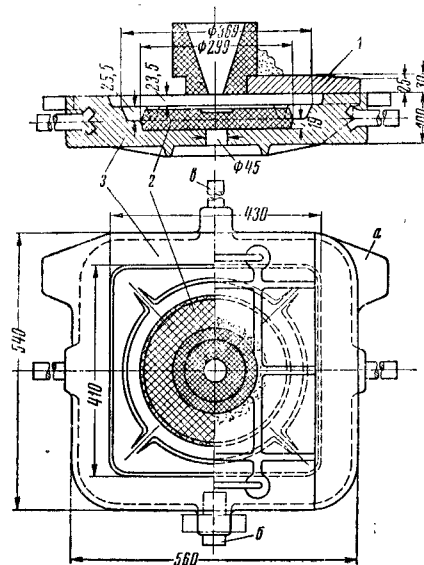
Подпятники поясной тележки

Подпятник отливают в одноместные и двухместные металлические формы.

Конструкция одноместной формы представлена на фиг. 40. Заливку форм производят сверху через литниковую воронку, которая одновременно является прибылью. В нижней части формы предусмотрена знаковая выемка диаметром 291 мм, в которую устанавливают сухой стержень-лепёшку 2. Стержень предохраняет форму от размыывания струей падающего металла. Для удобства выбивки

залитых деталей в нижней полуформе предусмотрено отверстие диаметром 45 мм.

Формы при помощи цапф устанавливают на специальные стойки. Центр тяжести формы за счёт приливов a и цапфы b , расположенных на одной стороне, смещается, в результате



Фиг. 40. Эскиз собранной одностойной металлической формы для отливки подпятника тележки 50-го вагона: 1—крышка формы; 2—стержень; 3—металлическая форма

чего форма принимает вертикальное положение. Однако прилив б, имеющийся на противоположной стороне, не позволяет форме занять вертикальное положение, так как он упирается в специальную планку.

После установки стержня-лепёшки форму накрывают крышкой, в центре которой расточено отверстие, в которое устанавливают сухой стержень литника. Диаметр литника, являющегося также и прибылью, 60 мм и вполне обеспечивает получение отливки без усадочных раковин в самой массивной части изделия.

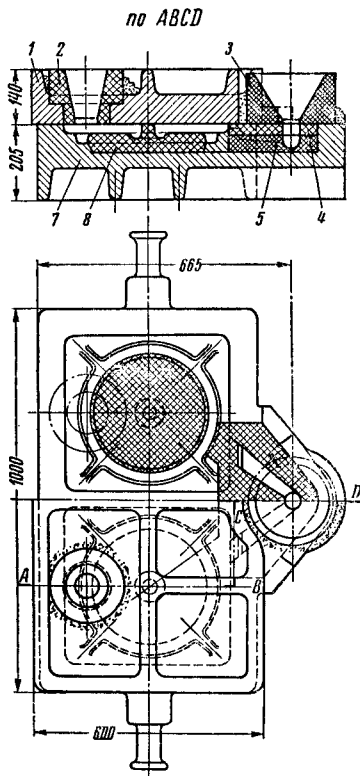
После заливки и затвердевания металла в форме снимают крышку и форма очень легко поворачивается на 180° на цапфах; деталь выпадает из формы или её вынимают кувалдой через отверстия диаметром 45 мм.

Эскиз двухместной формы представлен на фиг. 41. В форму также устанавливают стержни-лепёшки по одному на гнездо. Для предохранения форм от размывания их струёй металла ставят два стержня для подвода металла к деталям, стержни имеют удлинённую форму. На крышку устанавливают и обсыпают формовочной смесью два стержня для прибылей, после чего крышку ставят в форму и закрепляют клиньями. После сборки форма должна быть установлена в горизонтальном положении.

Стержни изготавливают с каркасами из проволоки диаметром 5 мм. Со стороны набивки в стержнях накалывают газоотводы в количестве 10 — 16 шт. Сушат стержни при температуре 160 — 180°C в течение 2 час.

Оптимальная температура заливки по оптическому пирометру без поправки 1470° ; выбивку производят через 8 — 10 мин. после окончания заливки.

При проектировании формы толщина её стенки взята в 1,5 раза больше толщины тела отливки. Стойкость металлических форм для отливки подпятников (двухместных) несколько выше, чем для отливки других деталей, что следует объяснить меньшей массой заливаемого металла в формы и наличием ребра, разделяющего форму на два гнезда.



Фиг. 41. Эскиз собранной двухместной металлической формы для отливки подпятника тележки 50-т вагона: 1 — крышка формы; 2 — стержень № 4; 3 — стержень-воронка; 4 — стержень № 3; 5 — стержень № 2; 7 — металлическая форма; 8 — стержень

Формы выходят из строя по причине образования сетки разгара и трещин, но не сквозных, так как в форме отсутствуют квадратные знаковые отверстия.

Стойкость форм подпятника — до 200 заливок. Стойкость одностенной формы подпятника 300 — 400 заливок. Каждый из описанных технологических процессов имеет свои преимущества.

Одностенная форма имеет лучшую стойкость. В двухместной форме не всегда используют каждое гнездо, поэтому возможны брак и преждевременный выход из строя одного гнезда, из-за чего приходится выбрасывать всю форму. Это вызывает перерасход чугуна на единицу изделия и удорожание литья.

Но с точки зрения металлоёмкости формы (расход металла на одностенный подпятник составляет 43,5 кг) одностенная форма представляет собой неудобный вариант при заливке стали. Требуется большое количество открытий стопора, что вызывает излишние потери на всплески и скрап. Двухместная форма имеет большую металлоёмкость, что уменьшает количество необходимых открытий стопора и потери металла на скрап; в ней несколько сокращается расход металла на литники, но зато стойкость её снижается почти в 2 раза.

ЦВЕТНОЕ ЛИТЬЁ

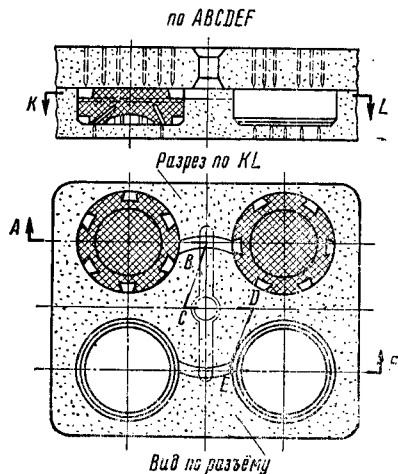
Корпус всасывающего клапана водяного насоса

Корпус всасывающего клапана водяного насоса паровоза серии СО отливают из бронзы ОЦС 3-12-5 согласно ГОСТ 613-50. Отливка корпуса производится в сырые песчаные формы со стержнями. Формы изготавливают на встряхивающих машинах с допрессовкой типа 266. В одной форме обычно устанавливают четыре модели корпуса.

Для поддержания физических свойств наполнительную смесь освежают песком К 70/140 или полужирным. Нижнюю опоку наполняют облицовочной смесью, верхнюю — наполнительной.

Набивка должна быть плотной и равномерной по всему сечению. По окончании уплотнения форму накалывают душком диаметром 3 — 4 мм в количестве 4 — 6 наколов против каждой модели, затем вместе с моделью форму поворачивают на 180° , снимают модель, устанавливают стержни по одному в каждую полость и накрывают.

Собранную форму (фиг. 42) устанавливают на подопочную деревянную плиту и вместе

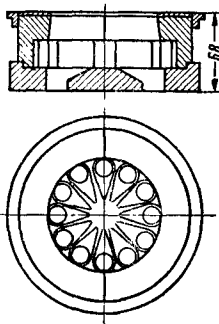


Фиг. 42. Эскиз собранной формы корпуса всасывающего клапана водяного насоса паровоза серии СО

с ней по рольгангу отправляют на конвейер, где и производят заливку.

При изготовлении стержней каркас по контуру стержня не ставится. Болванчики,

служащие для образования мелких круглых отверстий в дне отливки, в количестве



Фиг. 43. Общий вид стержневого ящика корпуса всасывающего клапана водяного насоса паровоза серии СО

12 шт. (фиг. 43) припиливают шпильками диаметром 2 мм ($l=80$ мм), по одной шпильке на каждый болванчик.

Перед заливкой верхнюю опоку нагружают плитой-грузом. Заливка собранной формы производится при температуре 1160—1180°. Процесс заливки отнимает обычно 8 сек. на одну форму с четырьмя отливаемыми корпусами.

Чтобы пары свинца и цинка не попадали в атмосферу цеха, заливку форм производят непосредственно на конвейере, снабжённом вытяжным зонтом.

Отливки находятся в форме не менее 20 мин., после чего их выбивают и корпус очищают при помощи пневматического инструмента и пескоструйного аппарата.

Корпус инжектора

Корпус инжектора В-250 отливают из бронзы марки ОЦС 3-12-5 (ГОСТ 613-50).

Металл корпуса инжектора В-250 выплавляют в электропечи ДМК-0,5 и печи Георгадзе. Расход шихтовых материалов на 1 т жидкой бронзы для деталей инжектора В-250 представлен в табл. 94. Металл в печи раскисляют фосфористой медью с содержанием фосфора 12%; раскислителя даётся 0,7%, или 7 кг на 1 т жидкой бронзы.

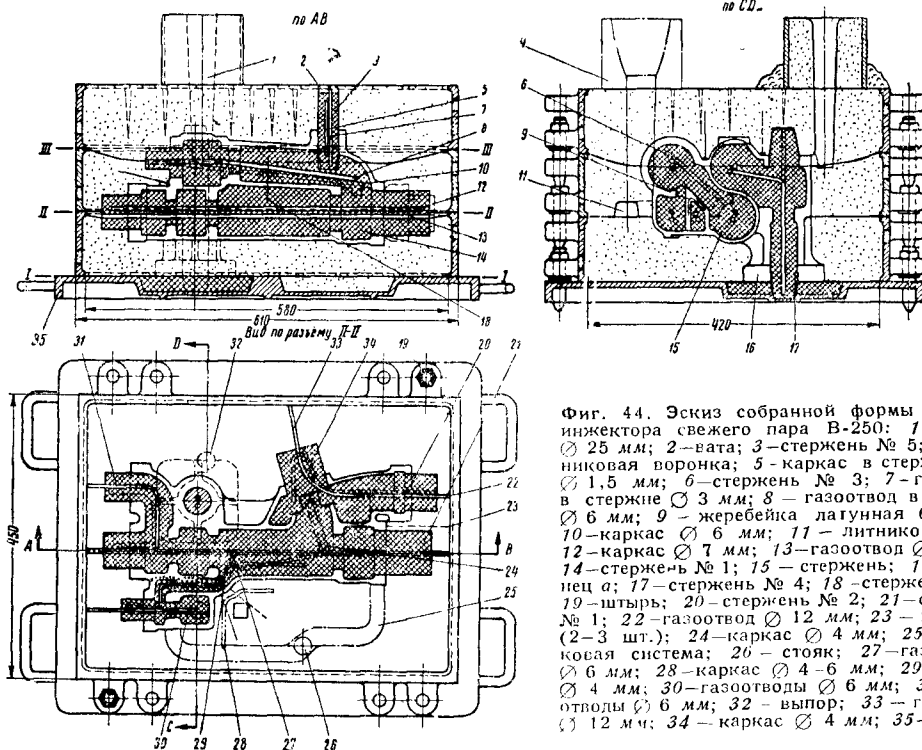
Корпус инжектора В-250 отливают в песчаные сухие формы с сухими стержнями.

Корпус формуют вручную по разбёмной металлической модели в трёх опоках (фиг. 44). Опоки — стальные литые.

Процесс формовки протекает следующим образом.

На нижнюю часть модели устанавливают объёмную модель фланца 16, затем модель кладут на щит по разбёму II—II, после чего накладывают опоку так, чтобы между стенками последней и моделью было расстояние, равное со всех сторон.

На модель засеивается облицовочный состав слоем 3—5 см, который тщательно уплотняют набойкой под фланцем 16, дозаваливают наполнительной землей и ровно пробивают набойкой. Излишек земли со стороны набив-



Фиг. 44. Эскиз собранной формы корпуса инжектора свежего пара В-250: 1 — выпор \varnothing 25 мм; 2 — вата; 3 — стержень № 5; 4 — литниковая воронка; 5 — каркас в стержне № 5 \varnothing 1,5 мм; 6 — стержень № 3; 7 — газоотвод в стержне \varnothing 3 мм; 8 — газоотвод в стержне \varnothing 6 мм; 9 — жеребейка лагуная 6×35×1; 10 — каркас \varnothing 6 мм; 11 — литниковый ход; 12 — каркас \varnothing 7 мм; 13 — газоотвод \varnothing 12 мм; 14 — стержень № 1; 15 — стержень; 16 — фланец а; 17 — стержень № 4; 18 — стержень № 2; 19 — штырь; 20 — стержень № 2; 21 — стержень № 1; 22 — газоотвод \varnothing 12 мм; 23 — шпильки (2—3 шт.); 24 — каркас \varnothing 4 мм; 25 — литниковая система; 26 — стояк; 27 — газоотводы \varnothing 6 мм; 28 — каркас \varnothing 4—6 мм; 29 — каркас \varnothing 4 мм; 30 — газоотводы \varnothing 6 мм; 31 — газоотводы \varnothing 6 мм; 32 — выпор; 33 — газоотвод \varnothing 12 мм; 34 — каркас \varnothing 4 мм; 35 — плита

При указанной технологии формовки (принимая угар при плавке 5%) практический выход годного литья составляет в заводских условиях 68,5%. Отливка по указанному технологическому процессу производится на заводе имени Л. М. Кагановича.

ки счищают линейкой, заглаживают гладилкой и припиливают разобшительным песком.

На первую опоку накладывают металлическую плиту 35 с отверстием для стержневого знака со стороны фланца. Заформованную опоку вместе с плитой переверты-

вают на 180°, разъем *II—II* заглаживают гладилкой и припыливают разоблицительным песком, после чего аналогично заформовывают верхнюю часть модели. В верхнюю опоку заформовывают также модели выпора, стойка и знака стержня пожарного штуцера.

По всей площади формы на расстоянии 40—50 мм душиком диаметром 4—5 мм накладывают газоотводы.

По окончании формовки вынимают модели стойка, выпора и знака стержня пожарного штуцера.

Разъем формы производят следующим образом. Снимают сразу две опоки — третью (верхнюю) и вторую (среднюю), поворачивают на 180°, т. е. так, чтобы третья форма (верхняя) легла на подпочный щиток; далее отвертывают болт, скрепляющий отъемную часть модели во второй опоке. При этом форму слегка смачивают водой по контуру модели. Выступающие части формы прошивают шпильками длиной 80 мм, а место под фланцем водяной коробки прошивают шпильками того же размера в количестве 6 шт.

После этого модель корпуса и модель литника по разьему *II—II* во второй форме слегка расталкивают и вынимают. Края формы заглаживают гладилкой; дополнительно прошивают тремя шпильками болван под фланцем водяной коробки; три газоотвода прокалывают в верхней части малого парового фланца. Затем снимают вторую опоку и поворачивают её на 180°. Повернув, устанавливают её на первую опоку, покрытую в местах соприкосновения клеёной, далее расталкивают и вынимают вторую отъемную часть модели по разьему *III—III* из второй опоки, срезают или заглаживают земляные заусеницы и задиры, после чего прошивают шпильками междузонавый выступ.

Расталкивают и вынимают модель из третьей (верхней) опоки по разьему *III—III*, форму отделяют и со стороны знака трубкой диаметром 12 мм прорезают газовый канал для вывода газа из стержня № 4 стойки; газоотводы диаметром 2 мм прокалывают: на площадке товарного клейма 6 шт., на пожарном штуцере 6 шт., на площадке водяной коробки 3 шт., на фланце водяной коробки 3 шт. и на фланце вестового рукавчика 5 шт.

Вторую опоку убирают с нижней. Расталкивают и вынимают часть модели из первой опоки, производят отделку и подправку формы, по разьему *II—II* шпильками длиной 30 мм прошивают в пять рядов переход в количестве 50 шт. от камеры дополнительного питания к полости установки паровых и водяных конусов. С двух сторон прошивают переход у вестового клапана шпильками в количестве 20 шт. с каждой стороны; заглаживают места прошивки, срезают острые углы.

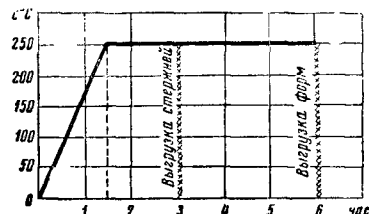
Первую опоку снимают с плиты и ставят на торец, вынимают модель фланца. Форму подправляют, отделяют и все три опоки окрашивают (состав краски приведен в табл. 66 и 88).

Весь комплект форм корпуса инжектора В-250 подают на тележку сушильной камеры.

Форму литниковой воронки заформовывают, окрашивают, а выпоры из облицовоч-

ного состава окрашивают и также подают в сушильную камеру. Сушка форм производится по режиму, указанному на фиг. 45. Внутренние полости корпуса образуются проставкой стержней. Количество и конфигурация стержней, устанавливаемых в форму, представлены на фиг. 46.

Для упрочнения круглых стержней при их изготовлении в стержневых ящиках



Фиг. 45. Режим сушки форм и стержней для корпуса инжектора

устанавливают каркасы из мягкой проволоки различного диаметра — от 2 до 8 мм.

Все стержни корпуса инжектора В-250 изготовляют вручную. Перед набивкой стержневых ящиков последние протирают керосином.

Стержни при их изготовлении обязательно должны быть плотно набиты.

Во всех стержнях по их разьему прорезают каналы для выхода газов, образующихся в большом количестве при заполнении формы металлом; все газоотводы должны выходить в знаки. В случае недостаточной вентиляции формы и стержней или неправильного вывода газоотвода газ может попадать в металл и, оставаясь в нём, давать брак по газовым раковинам. В центральной стержень и в стержень рукавчика (фиг. 46) прокладывают фитиль.

Во избежание пригара и осыпания стержней их окрашивают высокоогнеупорной краской.

Все стержни проходят определённый режим сушки. После сушки стержни очищают от заусениц, окрашивают и вторично ставят в сушку.

Формы собирают в такой последовательности. Металлическую плиту (фиг. 46) укладывают горизонтально на разровненную земляную постель. На плиту в углубление для стержня кладут стержень-лепёшку, затем накрывают первую опоку, очищенную от пыли и прилипшей земли.

Очищают от земли и заусениц, проверяют и укладывают в опоку центровой стержень вестового рукавчика. Стержни должны быть сухими, окрашенными ровным слоем и не иметь трещин и вмятин.

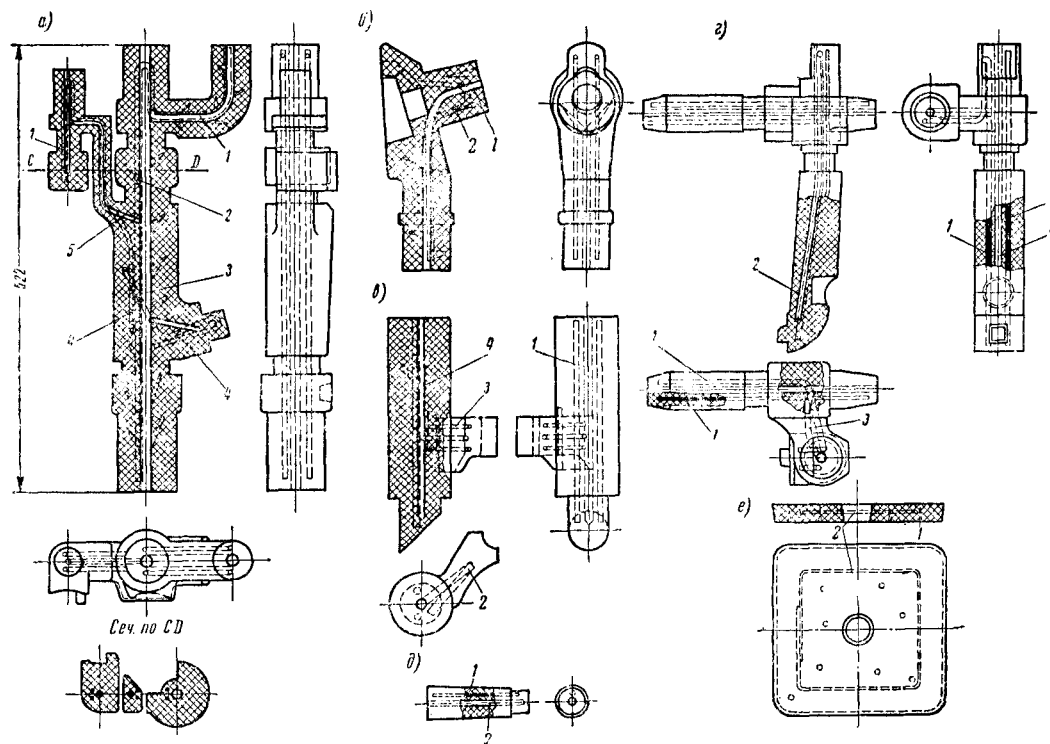
После укладки стержней проверяют шупом размерность толщины тела между стержнем и формой, последнюю продувают воздухом.

Для предохранения ухода металла из формы и заливки газоотводов у стержня по краю знаков стержней укладывают валик из теста. Очищают, продувают и проверяют отпечаток формы во второй опоке, которой по штырям накрывают первую опоку.

На ленту стержня отверстия дополнительного питания устанавливают жеребейку высотой 6 мм для сохранения требуемого размера тела. Устанавливают по знакам форм стержень стойки и щупом диаметром 6 мм проверяют толщину тела инжектора во второй опоке. Пространство между стержнями и формой тщательно закрывают чистой ватой.

металла в выпоре заливку ведут малой струей.

После заливки форма остывает не менее 3 час., затем её выбивают из опоки. Далее приступают к процессу ошуровки и очистки от формовочной земли при помощи пневматических молотков и пескоструйного аппарата и слесарной обработки и только после этого проверяют давлением воды в 25 ат.



Фиг. 46. Эскиз стержней корпуса инжектора свежего пара В-250: а—стержень № 1: 1—газоотвод \varnothing 6 мм; 2—каркас \varnothing 5–7 мм; 3—газоотвод \varnothing 12 мм; 4—каркас \varnothing 4 мм; 5—восковой фитиль \varnothing 5 мм; б—стержень № 2: 1—газоотвод \varnothing 12 мм; 2—каркас \varnothing 4 мм; в—стержень № 3: 1—каркас \varnothing 5–7 мм; 2—газоотвод—восковой фитиль; 3—каркас \varnothing 4 мм; 4—газоотвод \varnothing 12 мм; г—стержень № 4: 1—каркас \varnothing 4–5 мм; 2—газоотвод \varnothing 6 мм; 3—газоотвод—восковой фитиль; д—стержень № 5: 1—каркас \varnothing 2 мм; 2—газоотвод \varnothing 3 мм; е—стержень № 6: 1—газоотвод \varnothing 4 мм; 2—каркас \varnothing 4 мм

Очищают, продувают и проверяют отпечаток третьей формы, а также стержень пожарного штуцера. Перекрывают верхней (третьей) опокой собранные две опоки.

Для проверки верхней опоку снимают и проверяют знаки стержней и водяной коробки на обжим и на смещение стержней. Осторожно продувают пыль и вынимают вату из полости форм. На торцы знаков стержней стойки и водяной коробки укладывают валик из теста диаметром 4–6 мм и снова покрывают верхнюю опоку по штырям. Устанавливают стержень пожарного штуцера 3. Устанавливаются уже очищенные и продутые воронки литника и выпора. Собранный форму нагружают грузами и заливают.

Температура заливки бронзы 1170–1190°. Время заполнения одной формы 15–18 сек. В процессе заливки шлак в ковше удерживают специальной сциалкой. Струю металла к концу заливки постепенно уменьшают, поэтому с момента появления

Подшипники 16- и 20-т вагонов

Указанные подшипники представляют трёхслойную деталь, состоящую из баббита, бронзы и чугуна.

Производство каждого слоя осуществляется способом литья в формы по следующему технологическому процессу.

Первоначально отливают в сырые песчано-глинистые формы бронзовую армировку; последнюю отливают из бронзы марки ОЦС 5-5-5 согласно ГОСТ 613-50. Выплавку металла для армировки производят в пламенных печах системы Георгалдзе, или, как на заводе имени Л. М. Кагановича, в электропечах ДМК-450. Продолжительность плавки в печах ДМК-450 равна 1,5 часа. Плавка ведётся без предохранительного покрова; металл раскисляют фосфористой мелью. Для предохранения металла от окисления последний после раскисления покрывают слоем древесного угля. Металл раскисляют в ковше

и там же покрывают его слоем древесного угля.

Заливку форм ведут при температуре бронзы 1120—1180°. Продолжительность заливки одной формы с четырьмя армировками 20-т вагона и с восемью армировками 16-т вагона 6 сек. Металл из печи по формам разливают ковшами ёмкостью 50—80 кг каждый. Таким образом, выпуск металла одной плавки из печи осуществляют не одновременно, а с перерывами, равными продолжительности разливки металла из одного ковша. При разливке одним ковшом выпуск металла одной плавки из печи продолжается от 20 до 30 мин.

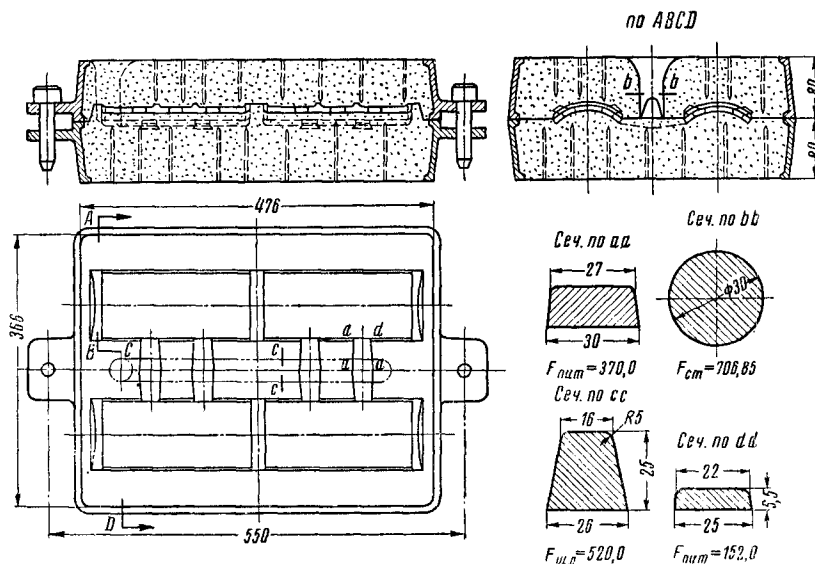
При плавке бронзы, и особенно при её разливке по формам, большое внимание уделяют вопросам вентиляции. Рабочий-плавильщик и разлищик должны быть максимально

половинкой формы при помощи штырей. Собранный форму направляют в разливочный пролёт под заливку. Перед заливкой формы нагружают грузами, а после, примерно через 5 мин., выбивают и при помощи пескоструйного аппарата приступают к очистке армировок с последующей зачисткой на наждаках.

При указанном технологическом процессе выход годного металла на армировке для 20-т вагона составляет 60%, а 16-т вагона 65%.

Обработанную и проверенную по шаблону армировку направляют в чугунолитейный цех, где на армировку заливают чугун. Таким образом, получают корпус подшипника с предохранительным антифрикционным слоем бронзы в 7—8 мм.

Заливку корпусов вагонных подшипников на бронзовую армировку производят



Фиг. 47. Эскиз собранной формы и сечение элементов литниковой системы армировки 20-т вагона

Соотношение литниковой системы:

$$\Sigma F_{см} : \Sigma F_{пл} = 706,85 : 520,0; \Sigma F_{пл} : \Sigma F_{плит} = 520,0 : 152 \times 8 = 520,0 : 1216.$$

защищены от той среды, в которой производят плавку и разливку бронзы. Предельно допустимое содержание окиси цинка (ZnO) не должно быть выше 0,005 мг на 1 л воздуха, а свинца и его неорганических соединений — не более 0,00001 мг на 1 л. Такая концентрация указанных окислов в воздухе может быть гарантирована соответствующим вентиляционным обустройством.

Как уже указывалось выше, отливку бронзовых армировок для 16- и 20-т вагонов производят в сырые песчано-глинистые формы без стержней. Формы для армировок вагонных подшипников изготавливают на встряхивающих формовочных машинах с подпрессовкой типа 266 (ВФ-17) и ВФ-14; в одной форме обычно размещают четыре модели армировки для подшипника 20-т вагона (фиг. 47) и восемь моделей для 16-т вагона (фиг. 48).

По окончании уплотнения и подпрессовки формовочной смеси нижнюю половину формы поворачивают на 180° и устанавливают разъемом вверх, после чего её накрывают верхней

в сырые песчано-глинистые формы без стержней. Формы изготавливают на встряхивающих машинах типа 266 (ВФ-17), в одной форме помещают четыре модели корпуса подшипника 16-т вагона (фиг. 49) и три корпуса подшипника 20-т вагона (фиг. 50).

Изготовление форм ведут в следующем порядке: сначала на модели корпуса подшипника, смонтированной на подмодельной плите, устанавливают бронзовые армировки, которые не должны качаться. Затем ставят опоку на протяжную плиту станка, здесь же производят формовку. По окончании уплотнения и подпрессовки формовочной смеси нижнюю половину формы с заформованными в ней бронзовыми армировками поворачивают на 180° и устанавливают разъемом вверх на сборочный рольганг. Далее заделывают формовочной смесью конические отверстия в бронзовой армировке для баббита в уровень с поверхностью армировки и только после этого накрывают их верхней половиной формы. В верхней опоке накалывают газоотводы для

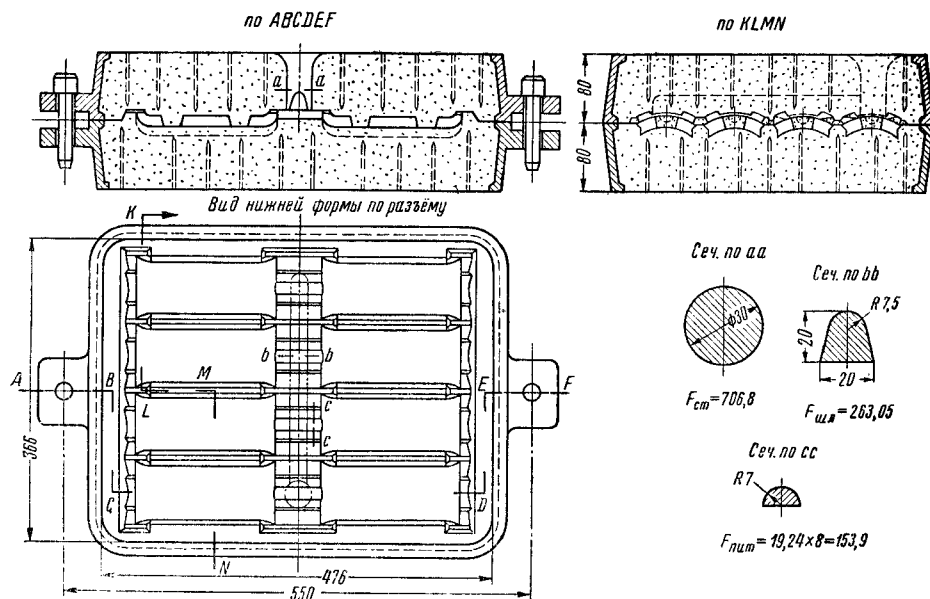
метром 5 мм в количестве не менее 5 шт. над каждым подшипником, располагая их по окружности над яблоком подшипника.

Собранную таким образом форму направляют в заливочное отделение под заливку.

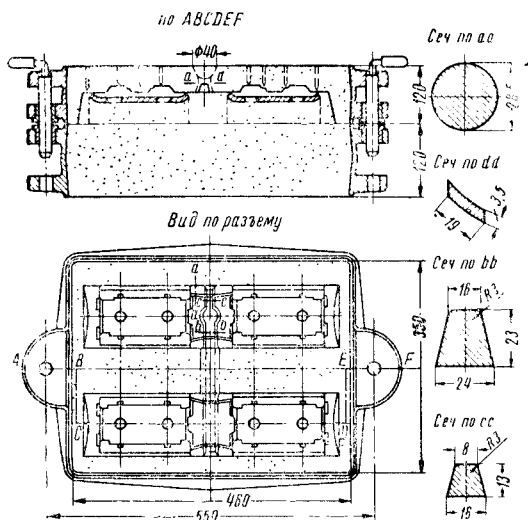
Корпус подшипника отливают из чугуна марки СЧ 15-32 по ГОСТ 1412-48. Выплавка указанной марки чугуна осуществляется в 5-й вагранках с копыльником. Чугун из копыльника выпускают в барабанный ковш ёмкостью 700 кг и транспортируют на разли-

вочный участок, где переливают в чайниковые ковши ёмкостью по 140 кг каждый.

Из ковшей через носок производят заливку формы при температуре чугуна 1280°. При более низкой температуре получают повышенный брак по «недоливу» форм, при более высокой — повышенный брак вследствие того, что подплавляют или расплавляют армировку. Продолжительность заливки одной формы с четырьмя подшипниками для 16-го вагона и с тремя подшипниками 20-го вагона 6—8 сек.



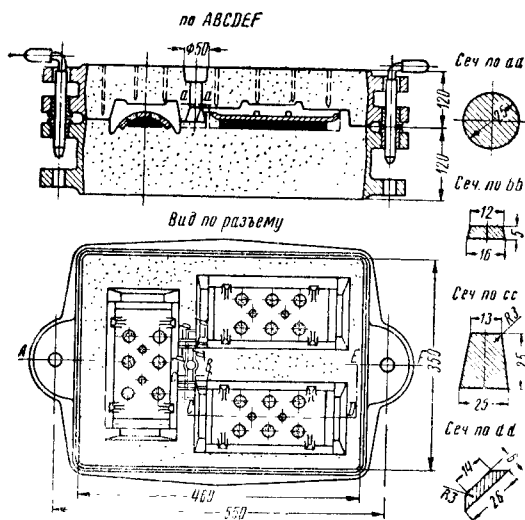
Фиг. 48. Эскиз собранной формы и сечение элементов литниковой системы армировки 16-го вагона



Фиг. 49. Эскиз собранной формы и сечение элементов литниковой системы корпуса чугунного подшипника 16-го вагона

Соотношение литниковой системы:

$$\Sigma F_{\text{лит}} : \Sigma F_{\text{шл}} : \Sigma F_{\text{см}} = 532 : 616 : 638 = 1 : 1,16 : 1,2.$$



Фиг. 50. Эскиз собранной формы и сечение элементов литниковой системы корпуса чугунного подшипника 20-го вагона

Соотношение литниковой системы:

$$\Sigma F_{\text{лит}} : \Sigma F_{\text{шл}} : \Sigma F_{\text{см}} = 380 : 475 : 490 = 1 : 1,25 : 1,29$$

Перед заливкой с поверхности металла в ковше счищают шлак. Во время заливки литник держат полным, а расстояние носка ковша над литниковой воронкой должно быть не более 150 мм.

Продолжительность остывания подшипников в форме после заливки 10 мин., а затем следует выбивка на выбивных решётках.

Выбитые из форм подшипники очищают в барабанах пескоструйными аппаратами, а затем направляют в механический цех для обработки армировки, после чего подшипники заливают баббитом.

Подшипники должны заливаться кальциевым баббитом марки БК по ГОСТ 1209-41, причём сплав, залитый в подшипники, должен содержать не менее 0,80% кальция (Ca) и 0,57% натрия (Na).

Температура расплавленного баббита в тигле перед заливкой должна быть для подшипников 16-т вагона 520—550°C, а для подшипников 20- и 50-т вагонов 540—570°. Перед заливкой подшипники вместе с собранной формой нагревают до температур: 150—180° при заливке баббита в подшипник 16-т вагона, 200—250° при заливке 20-т вагона и 250—300° при заливке 50-т вагона.

Шихту составляют на основании химического анализа и твёрдости исходных материалов. В качестве исходного материала используют отходы производства и переплав.

Чтобы предохранить баббит от окисления, поверхность расплавленного металла в тигле покрывают слоем мелкого сухого древесного угля толщиной 30 мм, просеянного через сито. Однако величина зёрен угля не должна быть менее 5—10 мм в поперечнике; употребление угольного порошка и пыли не допускается.

Повышение температуры расплавленного баббита выше 570° влечёт за собой излишнее выгорание в баббите кальция и натрия и образование раковин в отливках. Температуру расплавленного баббита измеряют пирометрами.

Для получения однородного сплава расплавленный баббит в тигле перемешивают железным ломиком, в противном случае подшипники первой заливки получают с большим содержанием натрия (Na) и кальция (Ca). В то же время в заливаемые последними подшипники попадает баббит, обеднённый указанными элементами, такие подшипники показывают худшие эксплуатационные данные.

Перемешивают баббит только во время заливки, во время плавки этого делать нельзя, так как это приводит к увеличенному угару.

Ниже температуры 475° разливать баббит запрещено, так как при более низкой температуре металл имеет недостаточную жидкотекучесть.

Расплавление баббита в плоских тиглях-чашах не практикуется, так как это ведёт к большому угару. Наилучшей формой тигля для плавки баббита является показанная на фиг. 51.

В случае отливки корпусов подшипника из стали заливку бронзовой армировки производят на стальные корпуса с применением металлических стержней № 1 со сквозными отверстиями для установки стержней № 4 (фиг. 39). Эта технология обеспечивает получение точных (без заливок) гнезд, заливаемых баббитом.

Подшипники дизелей тепловозов¹

Баббит для заливки тонкослойных подшипников не должен иметь резко выраженного неоднородного строения, а тем более крупных кристаллов твёрдой составляющей в виде неравномерно расположенных скоплений (как это часто наблюдается в сплаве марки Б-83); микроскопическое строение антифрикционного сплава не должно подчиняться так называемому «правилу Шарпи».

В тонкослойных подшипниках может быть использован однофазный сплав.

Антифрикционный сплав для заливки тонкослойных подшипников должен обладать твёрдостью в пределах 15—20 НБ; при такой твёрдости сплав толщиной менее 1 мм выдерживает допустимые удельные нагрузки; твёрдость баббита в пределах 25—40 НБ является недопустимой.

Для обеспечения лучшей работоспособности необходимо иметь прочное соединение антифрикционного сплава с корпусом подшипника. Слой полуды, наносимый на корпус подшипника, должен обладать высоким сопротивлением усталостному разрушению под действием циклических нагрузок.

Наиболее полно удовлетворяют перечисленным требованиям баббиты на свинцовой основе со щелочными и щелочно-земельными металлами.

Одним из лучших является баббит Б-2, состоящий из олова — 1,5÷2,0%, кальция — 0,2÷0,45%, натрия — 0,15÷0,4%, магния до 0,1%, остальное до 100% свинец.

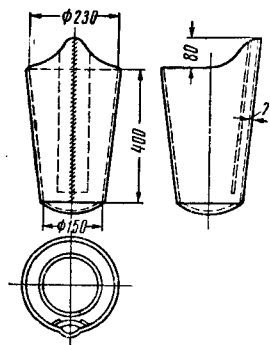
Заливка тонкослойных подшипников баббитом Б-2 осуществляется центробежным способом.

Перед заливкой подшипников баббитом производится их лужение. В качестве припоя пользуются сплавом, состоящим из 20% олова и 80% свинца.

Перед лужением корпус подшипника подвергается обезжириванию в 10%-ном растворе щёлочи, подогретой до температуры 80—90°C. Затем корпуса промывают в горячей воде, травят в 7—8%-ном растворе соляной кислоты в течение 10—15 сек., затем их подвергают нейтрализации в 8%-ном растворе щёлочи.

После нейтрализации корпуса подшипников промываются и покрываются слоем флюса — водным раствором хлористого цинка и хлористого аммиака.

Покрытый слоем флюса подшипник нагревают в электропечи до температуры 150—



Фиг. 51. Форма и размеры тигля для плавки баббита

¹ По материалам ЦНИИ МПС.

200°C и погружают в ванну с расплавленной полудой.

Полуда в ванне нагревается до температуры 330—350°. Выдержка подшипников в расплавленной полуде длится 3—4 мин.

Подготовленные таким образом корпуса подшипников зажимаются при помощи приспособления в планшайбе центробежной машины, вращающейся со скоростью 580—700 об/мин.

Заливка производится со скоростью 2—3 кг/сек. Температура баббита 530—550°C. Залитые подшипники вращаются в машине 15—20 сек., после чего производится следующая заливка.

Как показали испытания, продолжительность работы подшипников, залитых баббитом БТ, составляет 300 час., баббитом Б-83 — 600, а баббитом Б-2 — свыше 3 000 час.

Отливка втулок из свинцовистой бронзы ОЦС-4-4-17

При отливке втулок в металлические стационарные и металлические вращающиеся формы значительно уменьшается ликвация и одновременно повышаются механические свойства сплава.

Втулки отливают из указанной бронзы, содержащей свинца 20, олова — 7, цинка — 3 и меди — 70%; распределение свинца по сечению отливки указано в табл. 101.

Таблица 101

Ликвация свинца при отливке втулок со стенками толщиной 25 мм в металлические формы

Характеристика формы	Температура в °С		Окружающая скорость в м/сек	Содержание Рв в % в зоне		
	формы	сплава		наружной	средней	внутренней
Стационарная	50	980	1	19,90	19,62	19,77
Вращающаяся	50	1 050	6	22,71	20,80	20,05
	20	1 050	6	8,8	10,48	17,85
	20	1 020	6	17,50	19,80	18,97

Механические свойства образцов, вырезанных из втулок, имеют следующие показатели:

Временное сопротивление при растяжении	15—20 кг/мм²
Относительное удлинение	12—15%
Ударная вязкость	2—4 кгм/см²
Твердость НВ	56—62

Отливка втулок на заводах МПС и в депо производится в металлическую форму на центробежных машинах с горизонтальной осью вращения консольного типа конструкции ЦНИИТМаш (фиг. 52).

Число оборотов металлической формы

$$n = \frac{K}{\sqrt{r}}, \text{ или } n = \frac{5\,520}{\sqrt{R\gamma}},$$

где K — коэффициент, зависящий от состава сплава; для сплавов с большим содержанием свинца $K = 2\,700 \div 3\,000$;

r — радиус отливки в см;

R — внутренний радиус отливки в см;

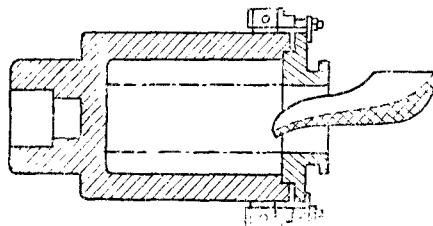
γ — удельный вес сплава в г/см³.

Машины, на которых производится отливка втулок, имеют следующие числа оборотов шпинделя:

$$n = 615, 1\,050 \text{ и } 1\,450 \text{ об/мин.}$$

При отливке сплавов, содержащих большое количество свинца и склонных к ликвации, температура металлической формы должна быть в пределах 50—75°; для сплавов, не склонных к ликвации, — в пределах 150—250°.

При значительном перегреве металлических форм отливки поражаются поверхностными



Фиг. 52. Металлическая форма для центробежной отливки втулок

газовыми раковинами — ситовостью — за счёт выделения газов из материала — металла формы.

Для уменьшения степени ликвации свинца бронзу ОЦС-4-4-17 и другие свинцовистые марки сплавов следует заливать при низкой температуре.

Вращающиеся формы охлаждают водой. Для удлинения срока службы металлической формы и во избежание приваривания расплава к телу формы внутренняя поверхность последней окрашивается.

Для окраски формы при отливке свинцовистых сплавов рекомендуется смазка, содержащая 98% растительного масла и 2% сажи. Хорошие результаты даёт покрытие формы ацетиленовой копотью или натирка сухим порошком графита.

На качество отливки детали оказывает большое влияние скорость заливки. Бронзу ОЦС-4-4-17 следует заливать во вращающиеся металлические формы со скоростью не менее 3,0 кг/сек и до 7 кг/сек — больших втулок весом 50 кг.

При скорости заливки менее 3,0 кг/сек на поверхности отливки обнаруживаются раковины, неслитины и другие дефекты.

Линейная скорость наращивания слоя отливки λ при скорости заливки g в кг/сек определяется по следующей формуле:

$$\lambda = \frac{\delta}{\tau} = \frac{\delta g}{Q},$$

где δ — толщина стенки отливки;

Q — вес отливки в кг;

τ — продолжительность заливки сплава в форму;

$$\tau = \frac{Q}{g}.$$

При заливке вращающихся форм скорость наращивания слоя отливки λ должна быть в оптимальных пределах, т. е. несколько превышать скорость образования затвердевшего слоя отливки.

При значительном увеличении скорости наращивания явления сегрегации становятся заметнее. Уменьшение скорости наращивания вызывает образование поверхностных дефектов.

ДВУХЪЯРУСНАЯ ФОРМОВКА

В 1938—1939 гг. инж. Семкиным И. С. был предложен способ двухъярусной формовки по неразъёмной модели с дополнительным перекрывающим форму стержнем и полезным использованием объёма верхней и нижней полуформ.

Предложенный способ двухъярусной формовки даёт возможность использовать под формовку объём нижней и верхней опоки, что приводит к увеличению количества деталей в форме почти вдвое. Коэффициент использования формовочных машин резко повышается, а расход воздуха и электроэнергии на единицу изделия заметно снижается.

Для снижения трудоёмкости изготовления отливок, повышения производительности труда следует использовать объём верхней опоки для формовки второго ряда деталей как с перекрываемыми стержнями, так и без стержней; детали без стержней обычно формуют в верхней опоке вместе с такими деталями, которые располагаются в нижней опоке и перекрываются стержнями.

Можно также располагать модели в шахматном порядке на верхней плите и формовать одновременно в верхней и нижней опоках детали без стержней.

Двухъярусный метод формовки широко применяют при формовке и неоднородных деталей в верхней и нижней опоках.

На заводах и в мастерских депо ряд деталей, ранее формующих по разъёмной модели в двух опоках, переведён на формовку в одной опоке по неразъёмным моделям с перекрытием их стержнями. Это позволило увеличить количество деталей вдвое в одной форме за счёт использования объёма верхней опоки.

Благодаря повышению производительности труда трудоёмкость формовочно-стержневых работ на единицу изделия заметно снижается.

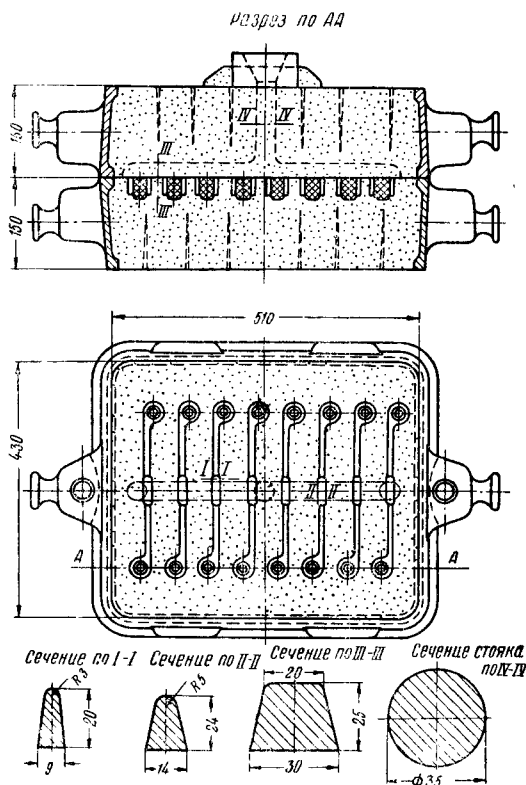
Сочетая формовку в нижних опоках деталей, перекрываемых стержнями, с деталями, формующимися в верхней опоке без стержней, можно добиться значительной экономии средств, металла, энергии и материалов.

При двухъярусной формовке располагается вдвое больше деталей, чем при одноярусной, что приводит к значительному снижению расхода металла на литниковые системы.

Целесообразность и простота двухъярусной формовки особенно сказываются при формовке небольших деталей на машинах с габаритами опоки в свету 510 × 415 и 750 × 650 мм.

Двухъярусная формовка деталей, не перекрываемых стержнями

Примером двухъярусной формовки деталей, не перекрываемых стержнями, может являться изготовление ушек буквы (фиг. 53 и 54).

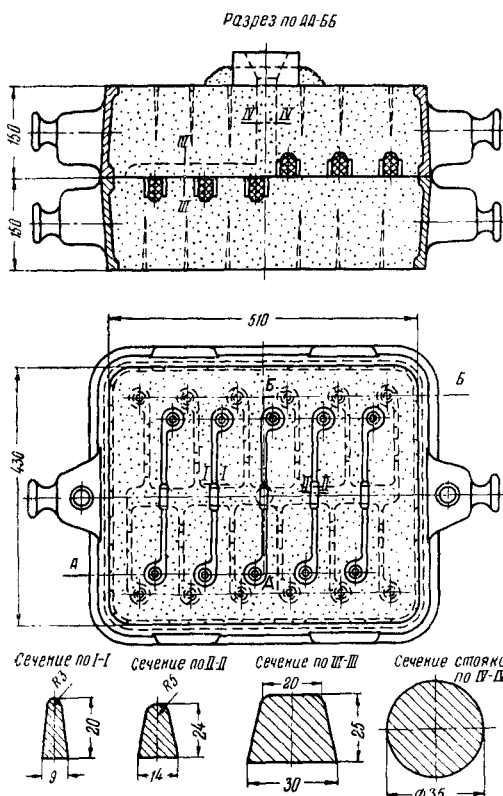


Фиг. 53. Схема формовки ушка в горизонтальном положении с разъемом по плоскости, 16 деталей в форме

Раньше эти детали формовали в нижней опоке по 16 моделям; в верхней располагали элементы литниковой системы, стояк и литниковый ход. При двухъярусной формовке этой детали, увеличивая расстояние между осями моделей до 75 мм и сохраняя тот же разъем, размещают в верхней и нижней опоках по 12 моделей. В результате при тех же затратах производительность формовщиков и коэффициент использования оборудования повысились на 50%. При изменении разъёма и переходе на вертикальную формовку и заливку (фиг. 55) удалось на одной плите разместить 36 моделей, а введением дополнительного перекрывающего стержня стало возможным формовать в два яруса 72 детали. Таким образом, при тех же затратах рабочей силы на формовку производительность труда и коэффициент использования оборудования увеличились вдвое. Изготовление дополнительных стержней, перекрывающих формы, не повлияло на увеличение трудоёмкости.

Увеличение количества моделей на одной нижней плите до 64 шт. также не исключает возможности применения двухъярусной формовки с размещением в форме 128 отливок.

И в этом случае производительность труда формовщика и коэффициент использования оборудования возрастают вдвое по сравнению с формовкой в один ярус по 64 отливки в форме.



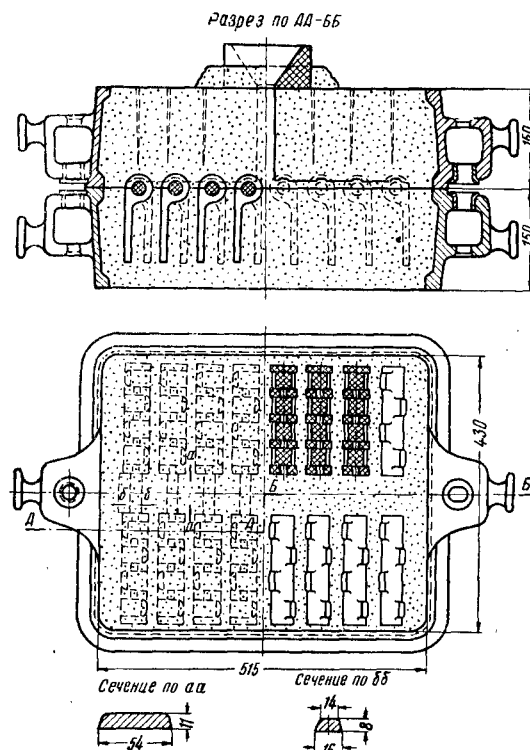
Фиг. 54. Схема формовки ушка в горизонтальном положении с разъемом по плоскости в два яруса. 24 детали в форме

Двухъярусная формовка несимметрично расположенных деталей

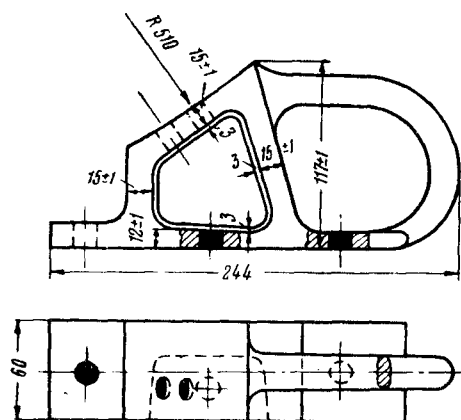
В некоторых случаях при несимметричном расположении моделей возможно применять двухъярусную формовку без дополнительных перекрывающих стержней. Так, например, конструктивные особенности колодки горочного башмака (фиг. 56) с расположением рукоятки не по линии разреза вынуждают формовать эту деталь только в одной нижней опоке со стержнем, перекрывающим рукоятку. При таком способе формовки в нижней опоке размещаются четыре отливки (фиг. 57). При симметричном расположении моделей в верхней и нижней полуформе двухъярусная формовка колодки горочного башмака производилась при полном перекрытии всей формы дополнительным стержнем. Для формовки колодки горочного башмака в два яруса без применения дополнительных перекрывающих стержней необходимо модели на верхней плите располагать таким образом, чтобы рукоятка верхней полуформы совпадала с неперекрываемой частью отливки нижней полуформы. Производительность труда формовщиков и

коэффициент использования формовочного оборудования возрастают при таком способе формовки.

Паровозный тормозной башмак формовался по разъемной модели в двух опоках, причём плоскость прилегания башмака к тормозной колодке ($R = 454, 451$ и 375) выполняется при помощи стержня.



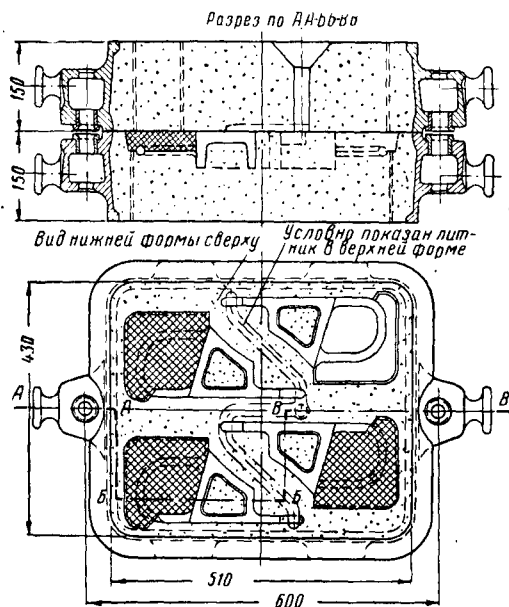
Фиг. 55. Схема формовки ушка в вертикальном положении с разъемом по оси втулки. 64 детали в форме



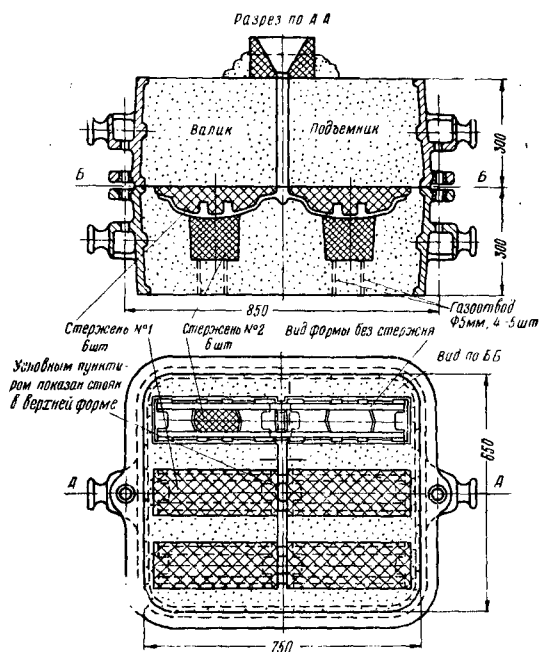
Фиг. 56. Колодка горочного башмака

Изменили эту технологию, и башмак стали формовать не горизонтально по разъемной модели в двух опоках, а вертикально в одной нижней опоке; основной стержень № 1 обес-

печивает соприкосновение башмака с колодкой и одновременно выполняет роль перекрывающего стержня. Это позволило использовать объём верхней опоки для формовки второго



Фиг. 57. Схема формовки горячего башмака



Фиг. 58. Схема формовки тормозного паровозного башмака

яруса (или других деталей) без изготовления дополнительного перекрывающего стержня (фиг. 58).

Такой вариант двухъярусной формовки увеличивает производительность труда и коэф-

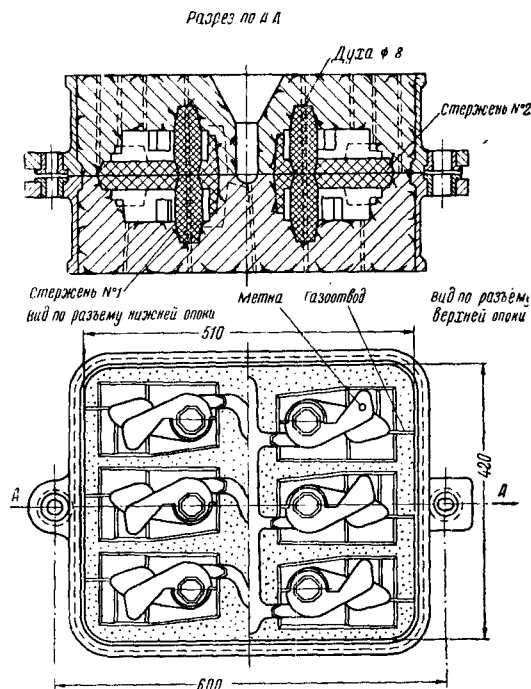
фициент использования оборудования, значительно снижает расход металла на литниковую систему и формовочных материалов.

Бесспорно целесообразна и выгодна двухъярусная формовка в случаях применения дополнительных, перекрывающих форму, стержней, не требуемых при обычной одноярусной формовке. Трудоемкость изготовления дополнительных стержней обычно компенсируется снижением трудоемкости за счет повышения производительности труда.

Двухъярусная формовка: дополнительным стержнем, перекрывающим форму

В качестве примера формовки детали с применением дополнительного, перекрывающего форму, стержня может служить валик подъемника автосцепки, который первоначально формовался по разъемной модели в двух опоках.

Изготовлением дополнительного стержня, перекрывающего одновременно гнезда в форме, стало возможным формовать валик подъемника по неразъемной модели в два яруса с использованием объема верхней и нижней опок. При этом размещаются 22 детали в форме (вместо 12); производительность формовщиков в связи с этим увеличилась на 80%, а трудоемкость изготовления формы на одну деталь сократилась почти вдвое.



Фиг. 59. Схема формовки подъемника по неразъемной модели в два яруса

Подъемник (фиг. 59) формовался на машине типа 266 (ВФ-17) в опоках размерами в свету 510 × 315 × 150. При формовке подъемника по разъемной модели в один ярус используются обе опоки, максимальное коли-

Таблица 102

Технико-экономические показатели формовки в один и два яруса

Наименование отливок	Количество моделей на подмодельной плите	Формовка в один ярус			Формовка в два яруса		
		Расход формовочных смесей на 1 деталь в кг	Расход металла на литниковую систему на 1 деталь в кг	Выход годного в %	Расход формовочных смесей на 1 деталь в кг	Расход металла на литниковую систему на 1 деталь в кг	Выход годного в %
Горочный башмак	4/8	22,5	1,25	67,3	11,3	0,75	74,6
Тормозной »	2/4	49,0	2,2	70,3	24,5	1,35	76,5
Подъёмник	6/12	16,4	3,1	32,0	8,2	1,85	43,2
Валик подъёмника	12/22	16,7	2,5	54,5	9,1	1,63	63,3
Коилус	8/16	56,0	1,53	71,5	37,5	1,19	75,0
Клин фрикционного аппарата	12/24	33,4	1,1	70,5	16,7	0,66	77,0
»	18/36	22,2	0,79	77,7	11,1	0,47	80,5
Шайба	12/22	36,7	1,02	59,2	20,0	0,42	72,7
Ушко буксы	16/24	6,3	0,34	40	4,2	0,20	52,0
	36/72	3,05	0,17	55	1,53	0,12	62,3
	64/120	1,6	0,10	68,1	0,85	0,06	71,8
Клин фрикционного аппарата	9/18	44,4	1,5	63,2	22,2	0,90	73,4

Примечание. Брак — 1% по всем деталям; ушко — 2%; угар — 4,5%; пробы и скрап — 5,5%.

чество деталей в форме было 6. С переходом на формовку в два яруса с дополнительным стержнем, перекрывающим гнезда формы, количество деталей в форме увеличилось вдвое.

Третьим примером формовки по неразъёмной модели с дополнительным стержнем, перекрывающим гнезда формы, является клин для шестигранного корпуса фрикционного аппарата, который первоначально формовался по разъёмной модели в двух опоках с внутренними размерами $510 \times 415 \times 150$ по 4 шт. в одной форме.

Впоследствии клин фрикционного аппарата с горизонтальной формовки и заливки был

переведён на вертикальную по неразъёмной модели. Введением дополнительного стержня для перекрытия гнезд формы и выполнения контура деталей клин стали формовать в два яруса в опоках с внутренними габаритными размерами $750 \times 650 \times 300$. При таком методе формовки в форме размещалось 24 детали. Изменением конструкции дополнительного стержня для перекрытия гнезд формы на три детали удалось их количество в одной форме увеличить до 36 при тех же внутренних размерах опоки и при той же трудоёмкости изготовления стержня.

Технико-экономические показатели обоих способов формовки представлены в табл. 102.

СУШКА ФОРМ И СТЕРЖНЕЙ

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ И ТЕМПЕРАТУРА СУШКИ

Продолжительность сушки (фиг. 60) тем меньше, чем выше температура сушки. Максимальные температуры сушки определяются свойствами высушиваемых материалов, т. е. составом формовочных и стержневых смесей.

Продолжительность сушки зависит как от температуры сушки, так и от размеров форм и стержней.

Длительность сушки форм обычно колеблется от 6 до 12 час. и более; для мелких форм цветного и чугунолитя она сокращается до 3—6 час.

Данные о режиме сушки форм приведены в табл. 103, а коэффициенты заполнения сушил и продолжительность сушки стержней в камерных сушилах — в табл. 104.

Периодически действующие сушила служат как для сушки форм, так и для высушивания стержней. Одновременно вести сушку тех и других нельзя, так как режимы времени сушки для форм и стержней различны. По конструктивным признакам периодические сушила подразделяют: с выдвигаемыми полками, с выкатными этажерками, с выкатными тележками. Первые два типа сушил применяют

для высушивания стержней, а третий — для форм.

Непрерывно действующие сушила применяются главным образом для сушки стержней, но иногда в них высушивают также и формы, причём в течение всего периода сушки формы и стержни находятся в движении.

По конструкции непрерывные сушила делят на вертикальные и горизонтальные. Первые служат для сушки мелких и средних стержней, вторые — для стержней всех размеров.

Переносные сушила резко отличаются от предыдущих как конструктивно, так и по способу применения. Их используют для сушки больших тяжёлых опоки и почвенных форм, устанавливая на высушиваемые формы.

Характеристики сушил (фиг. 61—70) приведены в табл. 105—110.

В литейных для сушки песка и глины используют специальные сушила (108—110).

Для нагрева сушил пригодны все виды топлива: твёрдое, жидкое, газообразное и пылевидное. В последнее время на некоторых заводах применяются также сушила, которые нагреваются электричеством, и сушила, в которых используется тепло отходящих газов других печей.

В табл. 105 приведены основные размеры горизонтальных конвейерных сушил для стержней.

В табл. 106 даны основные данные нормали-

зованных камерных сушил Гипромеза. Расход топлива в этой таблице предусмотрен исходя из загрузки 20% объема сушила и 10% влажности формовочной массы.

Таблица 103

Режим сушки форм при опочной и почвенной формовке

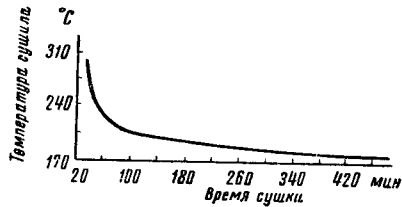
Средние внутренние размеры опок в м при опочной формовке	Серый чугун и цветные металлы					Стальное литьё					Сушка пере- носными су- шилами при почвенной формовке ¹	
	Первичная сушка			Подсушка после ремонта		Первичная сушка			Подсушка после ремонта			
	температура в °С	длительность ра- боты топки в часах	длительность суш- ки в часах	температура в °С	длительность суш- ки в часах	температура в °С	длительность ра- боты топки в часах	длительность суш- ки в часах	температура в °С	длительность суш- ки в часах	температура в °С	длительность суш- ки в часах
От 0,5×0,6 до 1,2×0,8	400	4—5	6—8	180	0,5	450	6—7	8—12	200	0,5	400	8
От 1,2×0,9 до 3,0×2,0	400	6—7	8—12	200	1—1,25	450	7—8	16—20	250	1,5	400	12
От 3,5×2,0 до 5,5×4,0	450	8—9	16—21	200	1—0,5	500	8—9	18—24	250	1,5	450	24
От 5,0×3,5 до 5,5×4,0	450	10—11	24—36	200	2—4	550	10—11	24—36	250	2—4	450	36
Свыше 5,5×4,0	450	12—15	36—48	200	3—8	550	12—15	36—48	250	6—8	450	48

¹ Длительность поверхностной подсушки при почвенной формовке на глубину 30—40 мм от 1,5 до 3 час.

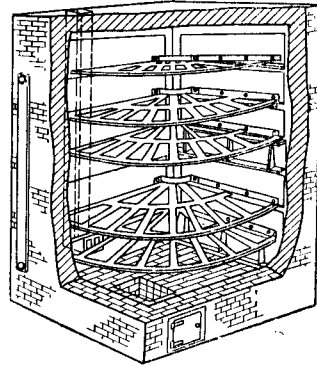
Таблица 104

Коэффициенты заполнения сушил и продолжительность сушки стержней

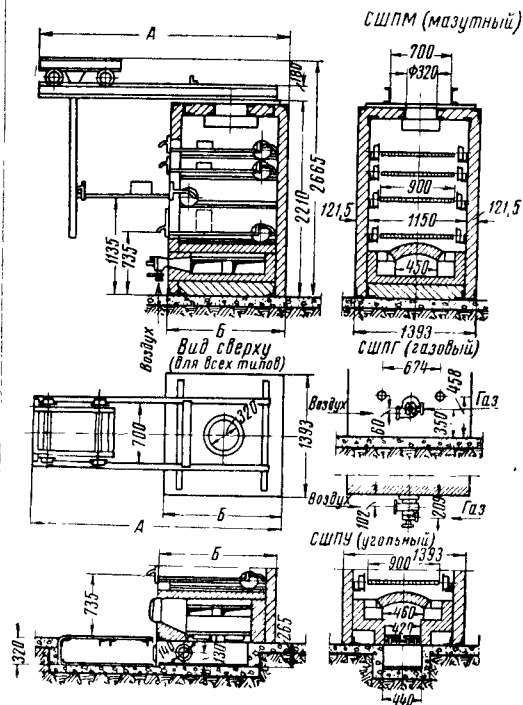
Размеры форм и стержней	Расчётный коэф- фициент запол- нения сушил, считая на раз- рыхлённую смесь	Температура сушки в °С	Продолжительность цикла сушки (без учёта времени на загрузку и раз- грузку сушил) в часах	В том числе время топки в часах
Стержни с органическими связующими материалами				
Объём:				
до 1 дм³	0,04—0,08	175—250	1—1,25	1—1,25
от 1 до 15 дм³	0,08—0,10		2—2,50	2—2,50
» 15 до 25 дм³	0,10—0,12		3—3,75	3—3,75
более 25 дм³	0,12—0,15		4—5,0	4—5,0
Стержни песчано-глинистые				
Толщина стенки:				
до 200 мм	0,12—0,15	300—350	6,0	4,0
от 200 до 500 мм	0,15—0,18		7,0	5,0
более 500 мм	0,18—0,20		9,0	7,0
Стержни для изложниц				
В среднем	0,18—0,20	210—300	8—10	6—8,0
Примечание. Продолжительность загрузки и разгрузки сушил принимается:				
1) стержневых этажерных сушил, обслуживаемых электрокарами, от 10 до 15 мин., обслужи- ваемых ручными подъёмными тележками — от 15 до 30 мин.;				
2) камерных тележечных сушил, оборудованных электрическими передаточными тележками (транспордерами), — от 0,5 до 1 часа;				
3) прочих камерных тележечных сушил в зависимости от их размера и количества форм от 1 до 2,5 часа.				



Фиг. 60. Зависимость времени сушки от температуры



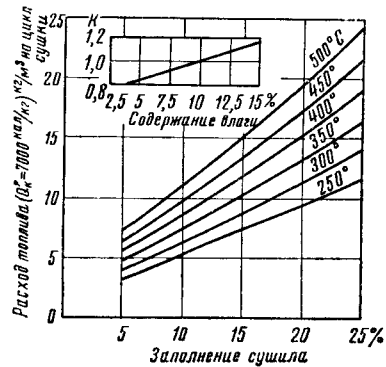
Фиг. 61. Сушила с секторными полками, построенные из кирпича



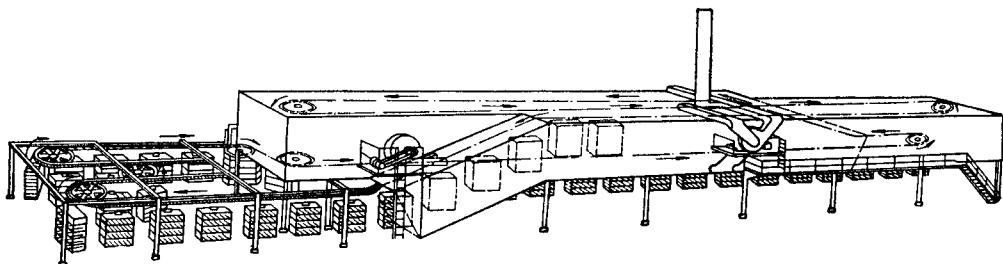
Фиг. 62. Сушильные шкафы с выдвижными полками



Фиг. 63. План горизонтального сушила: 1 - разгрузка; 2 - натяжной ролик; 3 - привод; 4 - спуск; 5 - верстаки для стержней; 6 - подвешенные этажерки; 7 - подъем



Фиг. 64. Номограмма для расчёта расхода топлива в камерных сушилах



Фиг. 65. Схема горизонтального сушила

Таблица 105

Горизонтальные конвейерные сушила для стержней

Наименование сушила	Количество полок на этажерке	Общая пло- щадь полок в м²	Производи- тельность в т/час	Длина	Шири- на	Высота	Топливо
				в м			
Трёхходовое	5	98,0	1,2	27,0	8,0	5,6	Генераторный газ То же Мазут Электроэнергия
То же	5	140,0	2,35	34,0	13,5	7,0	
Четырёхходовое	5	243,0	3,0	—	—	—	
Двухходовое	5	100,0	2,5	—	—	—	
Конвейерное тоннельное для подсушки стержней	1	4,5	—	6,0	2,0	3,55	Генераторный газ или мазут

Таблица 106

Типовые камерные сушила для сушки форм и стержней конструкции Гипромеза

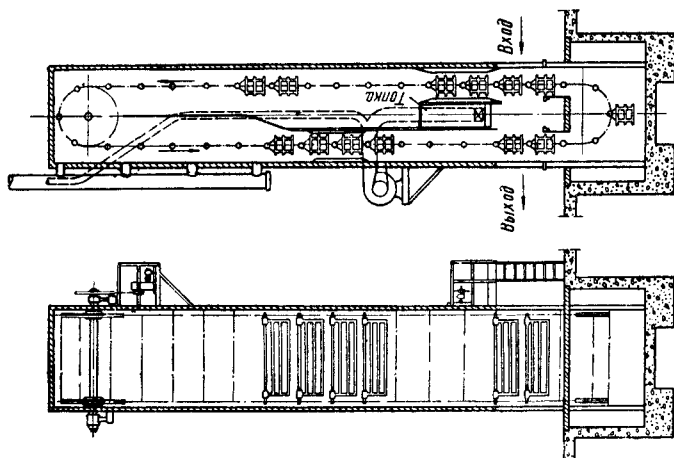
Объем камеры в м³	Число топок	в м						Объем заполнения опоками и стержнями в м³	в т		Время работы топки в часах	Принятое напряжение колосниковой решетки в кг/м²·час	Площадь колосниковой решетки в м²	Общий расход каменного угля за время сушки в кг	Расход каменного угля в кг/м² сушила	Температура сушки в °C
		Ширина камеры	Длина камеры	Высота камеры	Ширина садки	Длина садки	Высота садки		Вес формовочной массы	Вес металла						
11	1	2,00	2,60	2,22	1,18	2,4	1,48	2,2	3,5	2,5	5—6	47	0,64	166	15	350
37	2	3,45	4,25	2,5	2,3	4,15	1,5	7,4	11,0	7	5—6	68	1,95	620	17	450
60	2	4,23	5	2,8	3	4,9	1,62	12,0	18,6	13	5—6	80	2,64	1 050	17	450
90	2	4,23	5	4,3	3	4,9	3,22	18,0	27,5	19	5—6	75	4,3	1 520	17	450

Таблица 107

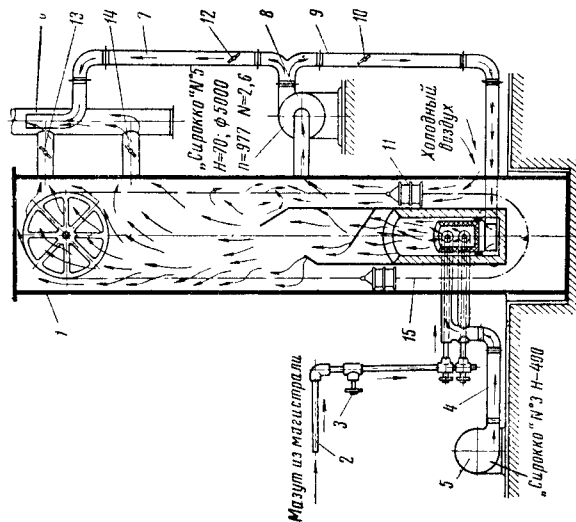
Типовые вертикальные конвейерные сушила СКВУ, СКВМ, СКВГ и СКВЭ¹
(по материалам Союзтеплостроя)

Тип	Размеры камеры в м			Габари- ты суши- ла в м			Рабочие размеры этажерок в м			Вспомогательные размеры в м							Сушиль- ная пло- щадь в м² при коли- честве по- лок на этажерке			Количество этажерок в рабочей зоне	Оптимальная производи- тельность в т/час	Длительность сушки в часах	Часовой расход тепла в т/кал (сушила угольные, мазутные и газовые)	Установленная мощность моторов в кат (сушила агрегатические)
	длина	ширина	высота над уровнем пола	длина	ширина	глубина задо- жения сушила	длина	ширина	высота	от уровня пола до окна загрузки	высота рабочего окна	ширина рабоче- го окна	от уровня пола до				одной	двух	трех					
													нижней пло- щадки	второй пло- щадки	основной выхлопной трубы	верхней площадки								
1	2,75	2,55	7,3	4,75	5,3	1,5	1,6	0,5	0,65	0,6	1,26	2,25	0,8	3,3	4,75	5,9	7,5	15,0	22,5	9	0,8	0,35— 2,0	240	5,5
2	2,75	2,55	10,45	4,75	5,3	1,5	1,6	0,5	0,65	0,6	1,26	2,25	0,8	4,0	6,0	9,0	12,5	25	37,5	15	1,3	0,5— 3,0	240	6,5
3	3,5	2,68	10,75	5,69	5,44	1,82	1,8	0,7	0,7	0,6	1,26	2,38	2,3	5,0	7,3	9,07	17,5	35	52,5	14	1,75	0,5— 3,0	400	7,7
4	3,5	2,68	15,25	5,69	5,44	1,82	1,8	0,7	0,7	0,6	1,26	2,38	2,3	6,5	9,2	13,5	27,5	55	82,5	22	2,5	0,75— 4,5	400	12,7

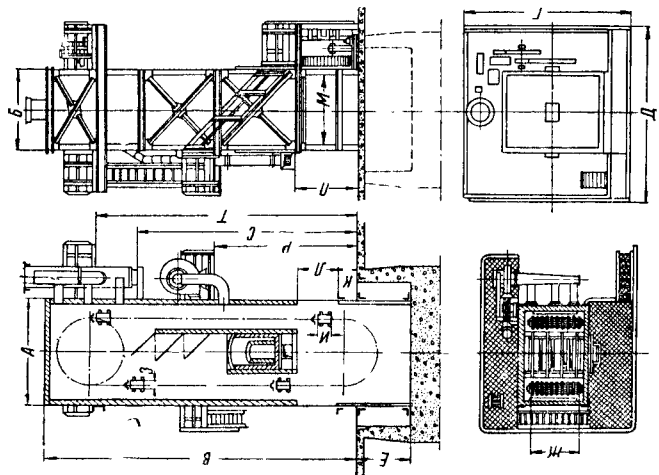
¹ Буквы У, М, Г и Э соответственно означают: сушило угольное, мазутное, газовое и электрическое.² На типы 1, 2, 3 и 4 подразделяются сушила каждой марки.



Фиг. 66. Схема современного вертикального сушила



Фиг. 67. Схема движения газов в вертикальном сушите: 1 — кожух печи; 2 — нефтепровод для подачи нефти к форсункам; 3 — вентиль для заправки магистральной; 4 — воздухопровод для подачи воздуха к форсункам; 5 — вентиль для подачи воздуха; 6 — дымовая труба; 7 — трубопровод для отвода продуктов горения; 8 — вентиль для циркуляции газов; 9 — воздухопровод для возврата рециркулирующих газов; 10 — шибера для регулировки рециркулирующих газов; 11 — этажерка; 12, 13, 14 — шибера для регулировки отходящих газов; 15 — цепь



Фиг. 68. Вертикальные конвейерные сушила

Расход топлива (в условных единицах на 1 м³ сушила за период сушки) в камерных сушилах в зависимости от температуры рассчитывают по основной номограмме фиг. 64. Данные взяты применительно к сушке форм с 10% влаги. При ином содержании влаги полученные результаты следует умножить на коэффициент K , значения

которого приведены в верхней номограмме фиг. 64.

Расчётный объём заполнения сушила определяют исходя из размеров опок:

Размеры опок в м	Заполнение в %
До 0,7×0,7	15–18
От 0,7×0,7 до 2×1,5	18–20
» 2×1,5 до 3×2,5	20–25
Свыше 3×2,5	25

Расход топлива в конвейерных сушилах в пересчёте на нефть составляет 20–30 кг на 1 т высушенных стержней. Длительность сушки колеблется от 2 до 4 час., в зависимости от размеров стержней, и регулируется скоростью движения конвейера.

Таблица 108
Сушильные шкафы для сушки стержней с секторными полками
(по материалам Союзтеплостроя)

Отопление	Марка	Количество полок	Общая площадь полок в м ²	Производительность в кг/час
Газовое (генераторный газ)	СШСГ-1	5	2,5	200–300
	СШСГ-2	4	2,0	
	СШСГ-3	6	3,0	
	СШСГ-4	5	2,5	
Мазутное	СШСМ-1	4	2,0	120–200
	СШСМ-2	5	2,5	
	СШСМ-3	3	1,5	
	СШСМ-4	4	2,0	

Примечание. Шкафы всех марок имеют одинаковые размеры: длина — 1 м, ширина — 0,9 м, высота — 2,03 м.

Таблица 109
Вертикальные печи для сушки песка

Род топлива	Производительность в т/час	Потребная мощность в кВт	Длина	Ширина	Высота
			в м		
Твёрдое . . .	0,5	—	1,5	—	1,84
	2,5	2,2	2,4	2,0	7,6
	2,5	2,6	2,5	2,3	6,3
Генераторный газ	2,0	—	3,8	3,4	10,28
Дрова и мазут	1,5–2,0	—	2,0	1,8	6,0

Таблица 110
Барабанные сушила для песка и глины

Марка	Размеры барабана в м		Производительность сушил по сухой продукции в т/час		Расход тепла в тысячах ккал/час		Расход топлива в кг/час или в м ³ /час		Максимальное давление воздуха в мм вод. ст.	Расход воздуха на установку в м ³ /час	Установленная мощность электро-двигателя в кВт
	диаметр	длина	глина	песок	глина	песок	глина	песок			
СОБУ-1 СОБМ-1 СОБГ-1	0,8	4,0	0,25	0,6	89	120	13,5÷36,0 9,0 70,0	18÷47,0 12,0 95,0	— — —	— 1 000 —	— — —
СОБУ-2 СОБМ-2 СОБГ-2	1,2	6,0	0,75	2,0	268	358	41÷107,0 25 200,0	54÷144 35 280	100 430 150	— 3 000 —	5,3 6,8 5,4
СОБУ-3 СОБМ-3 СОБГ-3	1,4	7,0	1,2	3,1	410	550	78,0÷180 38,0 320,0	90÷250 53 430	— — —	— 4 500 —	— — —
СОБУ-4 СОБМ-4 СОБГ-4	1,6	8,0	1,75	4,7	594	614	91÷243,0 55,0 470,0	121÷330 90 650	100 430 150	— 6 500 —	16,5 18,2 18,2
СОБУ-5 СОБМ-5 СОБГ-5	2,0	10,0	3,45	9,2	1 110	1 560	170÷450,0 110,0 890,0	230÷630 165 1 250	100 430 150	— 12 000 —	28,5 34,3 27,5

Примечания. 1. СОБУ — на угле, СОБМ — на мазуте, СОБГ — на генераторном газе.
2. Мощность указана с учётом дутьевой установки и дымососа. Сушила изготавливают по чертежам Союзтеплостроя.

В цехах тяжёлого и среднего литья, перешедших на поточный метод производства, применяются горизонтальные тоннельные сушилки для подсушки форм.

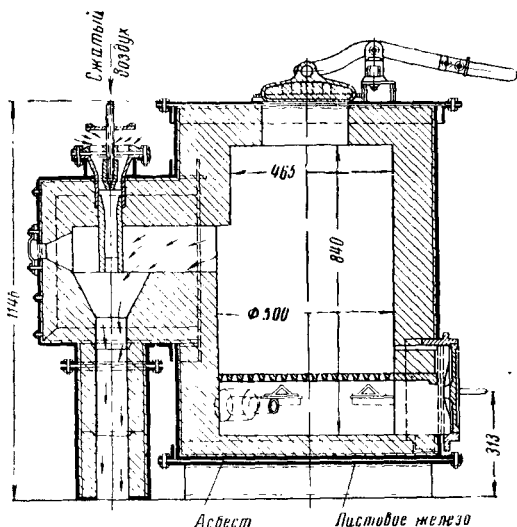
Формы передвигаются в печи с помощью пластинчатого транспортера. Длительность нахождения форм в печи 2—3 часа. Печи работают на газе и мазуте.

Преимущества тоннельных сушилок — равномерная подсушка форм, быстрая оборачиваемость опок и экономия топлива.

Сушку форм на месте осуществляют четырьмя способами: 1) при помощи жаровен и коробов; 2) газом, сжигаемым при помощи горелки без искусственной подачи воздуха; 3) газом, сжигаемым в специальной горелке с искусственным дутьём; 4) переносными сушилками. Первый способ — примитивный и несовершенный. Второй и третий способы можно осуществить, если в цехе или на заводе имеется газовая установка.

Для сушки форм можно применять любой горючий газ: генераторный, светильный, коксовальный и т. д. Если искусственного дутья нет, то газ подводится по трубе в горелку, представляющую собой рамку, сваренную из труб, в которых пробиты отверстия для выхода газа наружу. Рамка имеет очертания, близкие к очертаниям нижней части формы. Газ зажигают у отверстий и перекрывают нижнюю часть формы верхней опоклой, лежащей на низких подставках. При этом остаётся небольшой зазор для прохода воздуха к горелке и выхода из формы продуктов горения. Последние частично выводятся также через литник и выпоры.

Четвёртый способ сушки почвенных форм также нашёл применение в литейных.



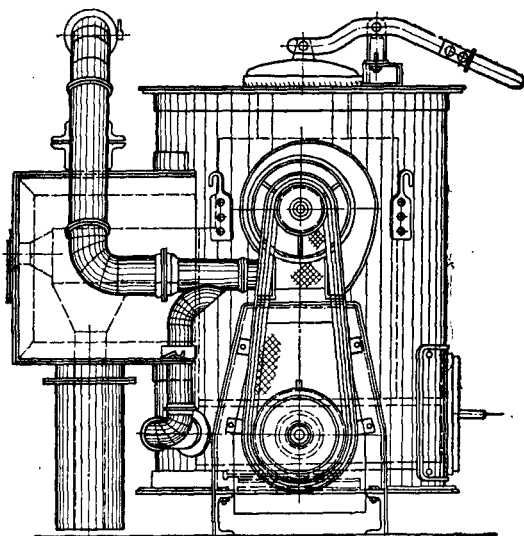
Фиг. 69. Переносное сушило типа ИЯЛ-1

По методу подачи воздуха переносные сушилки делят на две группы: с подачей воздуха от вентилятора и с подачей воздуха от компрессора. Для переносных сушилок целесообразнее применять воздух повышенного давления (4—5 ат), чем работать от отдельных

вентиляторов, которые обеспечивают дутьё давлением всего 100—200 мм вод. ст.

Сушило ИЯЛ-1 (фиг. 69) представляет собой цилиндрический железный кожух, выложенный внутри огнеупорным кирпичом. Диаметр шахты в свету 500 мм, высота шахты колосниковой решётки 700 мм. Колосниковая решётка состоит из плиток с коническими отверстиями. Топливо (антрацит АК или мелкий кокс) загружают сверху через окно, которое закрывают футерованной крышкой, легко отводимой в сторону. Сушило приспособлено для работы сжатым воздухом при давлении 5—6 ат. Сжатый воздух частично используют также в инжекторе, засасывающем атмосферный воздух и подающем его в поддувало.

Расход сжатого воздуха составляет приблизительно 0,5 м³/мин при давлении 5 ат.



Фиг. 70. Переносное сушило типа ИЯЛ-11

Сушило ИЯЛ-11 (фиг. 70) имеет такие же основные размеры, как и сушило ИЯЛ-1. Сбоку шахты установлен небольшой вентилятор системы Косточкина. Вентилятор получает движение от мотора посредством ременной передачи трапециoidalной формы. Воздух подводят снизу в поддувало и сверху — к смесительной камере. Расход электроэнергии — 0,8 кВт·ч.

Сушилки ИЯЛ-1 и ИЯЛ-11 рассчитаны на часовой расход 10—15 кг топлива (антрацит АК или мелкий кокс).

ПОВЕРХНОСТНАЯ СУШКА ФОРМ ИНФРАКРАСНЫМИ ЛУЧАМИ

Для поверхностной сушки форм с успехом применяют также инфракрасные лампы. В СССР такие лампы мощностью 250 и 500 вт выпускает Московский электроламповый завод. У этих ламп внутренняя поверхность колбы, имеющая параболическую форму, покрыта тонким слоем серебра и служит отра-

жателем. В фокусе зеркала помещена вольфрамовая нить. Температура её накала 2500°K (абсолютная температура). Длина волны максимального излучения $\lambda_{\text{max}} = 1,05 \text{ мкм}$. Основное излучение даёт участок спектра с длинами волн $\lambda = 0,8—3 \text{ мкм}$. К. п. д. лампы равен 0,7. Срок службы достигает 10 000 час. Габариты лампы: длина 250 мм, диаметр 176 мм.

Подсушивание форм инфракрасными лучами имеет ряд преимуществ. Основные из

них: получение равномерно сухой поверхности, четырёхкратное удешевление стоимости сушки по сравнению с поверхностной подсушкой газовыми или керосиновыми горелками, отсутствие надобности в разогреве сушил. Последнее даёт весьма заметную экономию электроэнергии сравнительно с сушкой форм в электрических сушилах. Применение инфракрасных ламп, кроме того, способствует общему улучшению условий труда в литейных.

ПЛАВИЛЬНЫЕ АГРЕГАТЫ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

КЛАССИФИКАЦИЯ ПЛАВИЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ

По источнику тепла плавильные печи делят на три группы: печи, нагреваемые теплом сгораемого топлива; печи, в которых источником тепла является составная часть нагреваемого металла; печи, нагреваемые электрическим током. Первая группа может быть подразделена на три подгруппы: печи, в которых нагреваемый металл не соприкасается ни с топливом, ни с продуктами горения (тигельные); печи, в которых нагреваемый металл соприкасается с продуктами горения топлива (пламенные); печи, в которых нагреваемый металл соприкасается как с топливом, так и с продуктами горения (шахтные).

Вторая группа включает в себя бессемеровские и томасовские конвертеры, из которых в литейном производстве получили распространение малые бессемеровские конвертеры (с боковым дутьём).

Третью группу печей делят на четыре подгруппы: дуговые (нагреваемые электрической дугой) — однофазные и трёхфазные; сопротивления (нагреваемые пропусканием тока через тело, обладающее большим электросопротивлением) тигельные и ванного типа; индукционные с сердечником; индукционные без сердечника (нагреваемые вихревыми токами, возникающими в массе плавящегося металла).

Характеристики плавильных печей и их классификация приведены в табл. 111—122.

Таблица 111

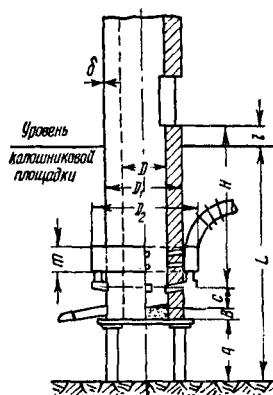
Характеристика работы различных печей

Печи	Температура отходящих газов в $^{\circ}\text{C}$	К. п. д. печи в %
Тигельные	1400÷1600	2,5÷5
Пламенные	1300÷1400	8÷12
Конвертеры	—	25÷30
Шахтные (вагранки)	450÷500	40÷55
Электрические	—	50÷65

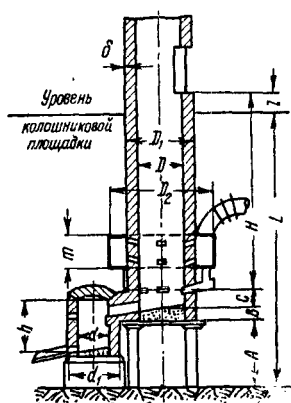
ВАГРАНКИ

При непрерывной разливке металла можно применять вагранки без копильников. Вагранки с копильниками (стационарного или барабанного типа) рассчитаны на ступенчатую разливку и особенно для приме-

нения в тех случаях, когда требуется накапливать металл для заливки тяжёлых деталей. Вагранки производительностью выше 3—5 т загружают специальными кранами. Основные размеры вагранок (фиг. 71—73) приведе-



Фиг. 71. Схема вагранки без копильника



Фиг. 72. Схема вагранки с копильником

ны в табл. 114, а основные размеры фурм (для вагранок с трёхрядными фурмами) — в табл. 115.

Вагранки должны быть обязательно снабжены искрогасителями (фиг. 74 и 75).

Таблица 112

Классификация плавильных печей литейных цехов по их применению

Печи	Цветные сплавы	Чугун	Сталь
Тигельные: с металлическим тиглем	Баббиты, цинковые, алюминевые и магниевые сплавы	—	—
с шамотным или графитовым тиглем	Все сплавы (при эпизодических отливках)	При эпизодических отливках	При эпизодических отливках
Отражательные	Бронзы в поворотных печах типа «Мечта», а также (в небольших литейных) в малых отражательных печах. Бронзы (для крупных отливок) в больших отражательных печах. Алюминий—в отражательных печах	Ковкий чугун при непоточном производстве в отражательных печах, иногда серый чугун в отражательных печах (для валков)	Для среднего и тяжелого литья (мартеновские печи)
Вагранки	Медные сплавы (в отдельных случаях)	Серый чугун; реже—ковкий чугун, а также ковкий чугун при дулекс-процессе с электропечью или пламенной печью	При триплекс-процессе с конвертером и электропечью и дулекс-процессе с конвертером
Конвертеры	—	—	Мелкое литье (малые бессемеровские конвертеры)
Электропечи: дуговые однофазные	Бронзы, иногда алюминий (ДМК)	В небольшом производстве (ДМК)	—
трёхфазные	—	Для рафинирования жидкого чугуна и плавки на твердой закладке, а также при дулекс-процессе (ДЧМ)	Стальное литье (ДСН и ДСО)
Сопроотивления тигельные и камерные	Алюминиевые и магниевые—в тигельных и алюминиевые сплавы—в камерных печах	—	—
Индукционные: с сердечником	Бронза, латунь, алюминий, иногда магний	—	—
без сердечника	—	Для большинства сплавов	—

Таблица 113

Дуговые качающиеся электропечи для медных сплавов ДМК

Наименование	Единица измерения	ДМК-0,1	ДМК-0,25	Д МК-0,5	ДМК-1,0
Ёмкость печи	кг	100	250	500	1 000
Допускаемая перегрузка	%	50	20	20	20
Мощность трансформатора	кВа	125	175	250	400
Напряжение низкой стороны	В	100	100	110	110
Максимальная сила тока низкой стороны	А	1 250	1 750	2 300	3 640
Диаметр графитового электрода	мм	75	75	100	150
Размер плавильного пространства	»	180×600	500×840	700×1 100	830×1 140
Глубина ванны	»	120	150	190	235
Продолжительность расплавления	мин.	30—40	35—45	40—50	60
Расход энергии на расплавление (на 1 т твердой закладки) при круглосуточной работе	кВт·ч	425	325	300	290
Часовая производительность при круглосуточной работе	кг	125	250	450	700
Средняя продолжительность службы футеровки	плавки	300	400	500	500
Расход электродов на 1 т металла	кг	До 3,5	3,5	3,0	3,0
Расход воды	м³/час	2	2,5	3,0	5,0
Ход электродов	мм	375	375	590	650
Размер загрузочного окна	»	270×220	270×220	400×250	360×270
Вес металлической конструкции	кг	1 200	1 250	1 800	2 420
Площадь печи в плане	мм	2 940×1 400	3 180×1 400	3 970×1 650	4 520×1 800
Наибольшая высота над полом	»	1 400	1 400	1 505	1 620

Таблица 114

Основные размеры вагранок

Производи- тельность Q в $т/час$	Размеры									
	D в мм	δ в мм	D_1 в мм	D_2 в мм	m в мм	H в мм		A в мм		V в мм
						без ко- пиль- ника	с копиль- ником	без ко- пиль- ника	с копиль- ником	
1,0—1,5	0,5	5—6	0,9	1,4	700	3—3,5	0,6	1,1	200	150—200
1,5—2,5	0,6	5—6	1,0	1,5	700	3,5—4	0,75	1,25	200	150—200
2,5—3,5	0,7	5—6	1,2	1,8	800	3,5—4,5	0,75	1,35	200	150—200
3,5—4,5	0,8	7—8	1,3	2,0	800	4—5	0,85	1,50	200	150—200
4,5—5,5	0,9	7—8	1,4	2,1	800	4—5	0,85	1,55	200	150—200
5,5—7,0	1,0	7—8	1,5	2,2	800	4—5	0,9	1,75	250	200—250
7,0—8,5	1,1	9—10	1,6	2,3	900	4,5—5,5	1,1	1,75	250	200—250
8,5—10	1,2	9—10	1,7	2,4	900	4,5—5,5	1,1	1,75	250	200—250
10—12	1,3	9—10	1,8	2,5	1 000	4,5—5,5	1,2	1,95	250	200—250
12—14	1,4	11—12	2,0	2,7	1 000	5—6	1,2	1,95	250	200—250
14—16	1,5	11—12	2,1	2,8	1 000	5—6	1,2	—	300	500—600
16—18	1,6	11—12	2,2	2,9	1 000	5—6	1,3	—	300	500—600
18—20	1,7	11—12	2,3	3,0	1 100	5—6	1,3	—	300	500—600
20—22	1,8	11—12	2,4	3,1	1 100	5—6	1,3	—	300	500—600
22—25	2,0	11—12	2,6	3,3	1 100	5—6	1,4	—	300	500—600

Таблица 115

Основные размеры фурм и данные о дутье

Вагранки			Фурмы основного ряда					Фурмы дополнительных рядов					$\Sigma f_2 + \Sigma f_3$ в М ²		$\frac{\Sigma f_{общ} \cdot 100}{F}$ в %	Плотное количество воздуха в М ³ /час	Диаметр воздухопровода в мм	Требуемое давление в мм вод. ст.
D в мм	F в М ²	Q в т/час	n	a × b в мм	f ₁ в М ²	Σ f ₁ в М ²	$\frac{\Sigma f_1 \cdot 100}{F}$ в %	n	a ₁ × b ₁ в мм	f ₂ = f ₃ в М ²	Σ f ₂ = Σ f ₃ в М ²							
0,5	0,196	1—1,5	4	70 × 140	0,010	0,040	20	4	30 × 40	0,0012	0,0048	0,0096	2 000	200	300—400			
0,6	0,283	1,5—2,5	4	70 × 200	0,014	0,056	20	4	40 × 45	0,0018	0,0072	0,0142	3 000	250	400—500			
0,7	0,334	2,5—3,5	4	80 × 240	0,019	0,077	20	4	40 × 60	0,0024	0,0096	0,0192	4 000	300	400—500			
0,8	0,502	3,5—4,5	6	70 × 240	0,017	0,102	20	6	40 × 50	0,0021	0,0125	0,0250	5 000	350	400—600			
0,9	0,636	4,5—5,5	6	80 × 260	0,021	0,127	20	6	40 × 65	0,0025	0,0150	0,0318	6 500	400	500—700			
1,0	0,785	5,5—7,0	6	90 × 280	0,026	0,157	20	6	40 × 80	0,0033	0,0198	0,0396	8 000	400	500—700			
1,1	0,960	7,0—8,5	8	90 × 300	0,024	0,190	20	8	40 × 75	0,0030	0,0238	0,0475	9 500	450	500—700			
1,2	1,131	8,5—10	8	90 × 310	0,028	0,226	20	8	40 × 90	0,0035	0,0278	0,0557	11 500	450	500—700			
1,3	1,330	10—12	8	100 × 330	0,033	0,266	20	8	50 × 80	0,0040	0,0332	0,0664	13 500	500	500—700			
1,4	1,540	12—14	10	100 × 300	0,030	0,308	20	10	50 × 75	0,0038	0,0385	0,0770	15 500	550	700—1 000			
1,5	1,762	14—16	10	110 × 330	0,035	0,352	20	10	60 × 75	0,0044	0,0440	0,0880	18 000	600	700—1 000			
1,6	2,000	16—18	10	120 × 330	0,040	0,400	20	10	60 × 85	0,0050	0,0500	0,1000	20 000	650	700—1 000			
1,7	2,270	18—20	12	130 × 300	0,038	0,454	20	12	70 × 75	0,0048	0,0570	0,1140	23 000	650	700—1 000			
1,8	2,550	20—22	12	140 × 300	0,042	0,510	20	12	70 × 75	0,0053	0,0640	0,1280	25 500	650	700—1 000			
2,0	3,140	22—25	12	150 × 350	0,052	0,628	20	12	80 × 80	0,0065	0,0785	0,1570	31 500	650	700—1 000			

Обозначения: D —внешний диаметр вагранки; F —площадь сечения вагранки в свету; Q —производительность вагранки; n —число фурм в ряду; f с соответствующими индексами—площадь выходного сечения одной фурмы первого, второго и третьего рядов; Σf —площадь сечения всех фурм данного ряда соответственно индексам; $\Sigma f_{общ}$ —общая площадь сечения фурм всех рядов; a —высота; b —ширина фурм первого ряда; a_1 —высота, b_1 —ширина фурм второго и третьего рядов.

Вентиляторы для вагранок выбирают: 1) по количеству воздуха, подаваемого в единицу времени, зависящему от площади поперечного сечения вагранки и расхода кокса; 2) по необходимому давлению, зависящему от высоты вагранки, её диаметра и плотности шихты. Обычно принимают для расчёта максимальный расход $150 \text{ м}^3/\text{м}^2$ поперечного

сечения вагранки в 1 мин., или $8400 \text{ м}^3/\text{м}^2$ в 1 час. Необходимое давление определяют по формуле [6]:

$$\Delta p = (100 - 120) (H + 0,25D) \text{ мм вод. ст.},$$

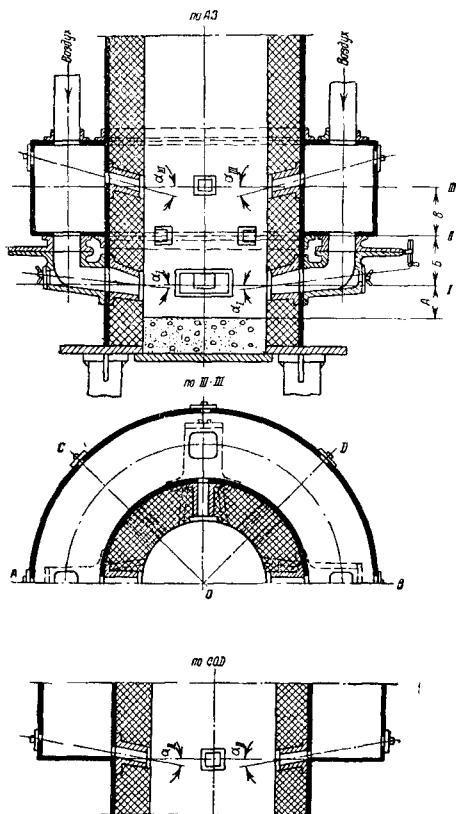
где H — полезная высота вагранки в м;

D — диаметр вагранки в м,

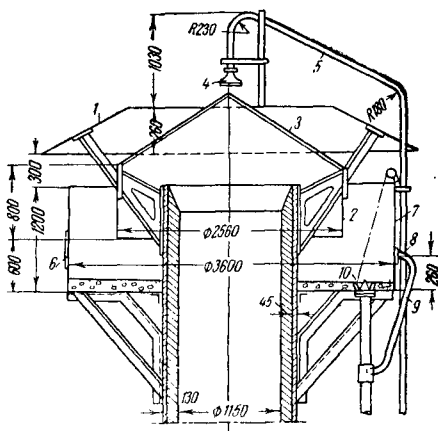
или по следующим данным практики:

Производительность вагранок в т/час	1,5	4,5	12	25
Давление в мм вод. ст.	500	600	700	1000

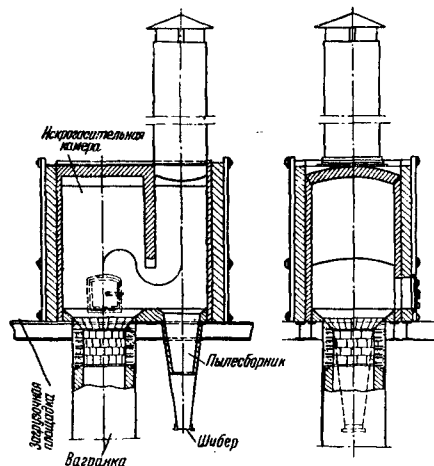
Для вагранок применяют обычно центробежные вентиляторы высокого давления «Сирокко» или системы Косточкина. Лучшими являются вентиляторы с автоматическим



Фиг. 73. Расположение фурм в многорядной вагранке



Фиг. 74. Водяной искрогаситель для вагранки: 1 — кольцо зонта; 2 — фартук; 3 — зонт; 4 — разбрызгиватель; 5 — газовая труба 1,5"; 6 — двери; 7 — кожух; 8 — сливное окно; 9 — сливная труба; 10 — спускной клапан



Фиг. 75. Камерный искрогаситель для вагранки

регулированием подачи воздуха по весу. Рекомендуемые диаметры воздухопроводов приведены в табл. 116.

Таблица 116
Диаметры воздухопроводов к вагранке

Длина воздухопровода в м					Диаметр выходного отверстия вентилятора в мм
9	18	27	36	45	
110	120	130	136	145	100
140	150	155	171	180	125
165	180	195	205	215	150
195	210	225	240	255	175
220	240	257	275	290	200
245	275	290	307	325	225
280	300	325	345	360	250
305	330	350	375	397	280
335	360	390	410	430	305
390	420	450	480	500	355
445	480	517	545	575	400
500	545	578	610	648	460
560	600	645	710	720	500

Для уменьшения расхода кокса и увеличения температуры ваграночного металла на ряде заводов осуществляют подогрев воздуха, подаваемого в воздушную коробку, теплом отходящих ваграночных газов. Для использования тепла самопроизвольно догорающих ваграночных газов устанавливают рекупера-

тор в трубе вагранки. Для лучшего использования тепла отходящих газов производится их дожигание в специальной топке. В первом случае воздух подогревают до 200—250°C, при этом экономят до 15—20% кокса или повышают температуру металла на 15—20°; во втором случае воздух подогревают до 300—400°C, экономии кокса достигают 30—35% или повышают температуру металла на 40—60°.

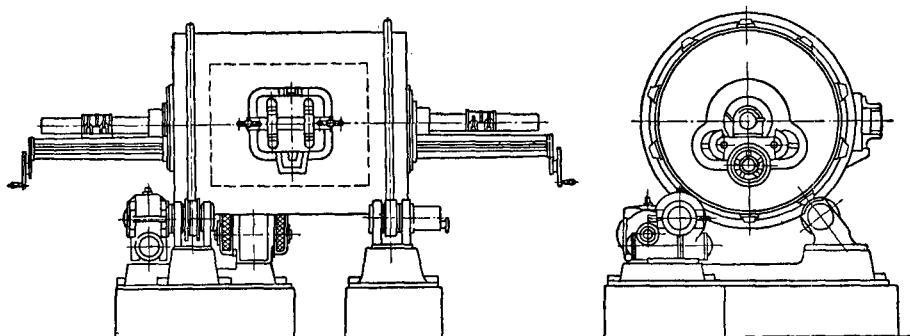
Лучшие результаты получают при подогреве воздуха в специально отопляемом рекуператоре ВИСХОМ. Температура подогрева воздуха доходит до 600°, повышение температуры металла на 60—100°, экономия топлива до 50%.

Имеются данные о применении для вагранок газового топлива. Природный вы-

сокалорийный газ, введённый в холостую коксовую колошу, позволяет снизить расход кокса до 6—7%. Силикатная колоша из кислых или нейтральных огнеупоров даёт возможность вести плавку не только на природном газе или мазуте, но также и на генераторном газе. В последнем случае обязательен подогрев воздуха и газа. Положительные результаты в отношении экономии кокса и увеличения температуры металла дали плавки с введением в вагранку воздуха, обогащённого кислородом.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПЕЧИ

В литейном производстве применяют электрические дуговые печи типов ДМК (фиг. 76), для медных сплавов, ДСН—для стали и ДГМ—для чугуна (табл. 117—119), печи сопро-



Фиг. 76. Электропечь типа ДМК

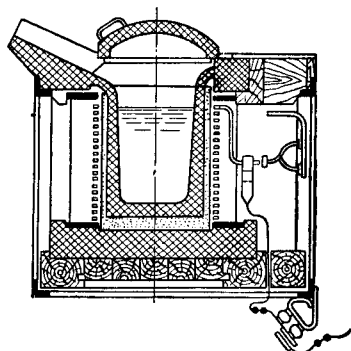
Таблица 117

Дуговые сталеплавильные наклоняющиеся электропечи ДСН

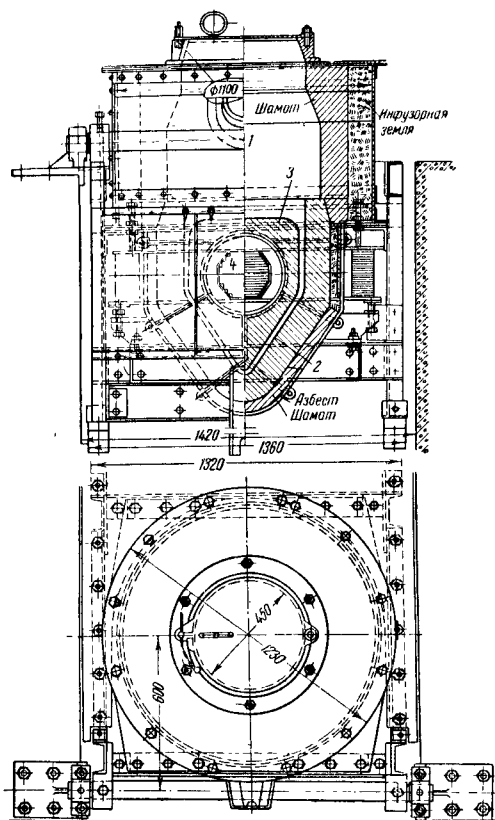
Наименование	Единица измерения	ДСН-0,25А	ДСН-0,5А	ДСН-1,5А	ДСН-3А	ДСН-5А	ДСН-10Б	ДСН-30А
Ёмкость	т	0,25	0,5	1,5	3,0	5,0	10	30
Допускаемая перегрузка	%	20	20	20	20	20	20	15
Мощность трансформатора	квa	225	400	1 000	1 500	2 250	3 500	8 000
Напряжение низкой стороны	в	160/92	190/110	200/115	210/127	220/127	220/127	240/180
Максимальная сила тока низкой стороны	а	815	1 200	2 600	4 100	5 900	9 200	19 250
Диаметр комбинированного электрода	мм	125	150	225	300	350	400	Графит 400
» распада электродов	»	350	480	680	800	900	1 100	1 300
» плавильного пространства	»	855	1 100	1 600	2 000	2 400	2 920	3 950
» зеркала ванны на уровне порога	»	770	1 012	1 480	1 830	2 282	2 840	3 850
Глубина ванны до порога	»	195	216	275	340	430	430	675
Размер загрузочного окна	мм	280×200	360×300	520×330	650×465	780×600	680×940	960×800
Продолжительность расплавления	час	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	2,35
Расход энергии на расплавление 1 т твёрдой завадки	квт·ч	675—830	600—750	550—615	500—550	475—510	480	430—450
Средняя продолжительность службы пода:								
при основном процессе	плавка	250	350	450	550	550	550	550
при кислом процессе	»	500	700	800	1 000	1 000	1 000	1 000
Средняя продолжительность службы свода:								
при основном процессе	»	26	35	40	45	45	45	40
при кислом процессе	»	50	75	100	100	100	100	100
Расход электродов на 1 000 квт·ч	кг	25	23	22	21	21	20	Графит 9
Расход воды ¹	м³/час	2	3	6	8	10	20	20
Ход кареток	мм	800	1 000	1 100	1 200	1 300	1 500	1 800
Вес металлоконструкций	кг	4 200	5 200	10 450	14 000	16 500	49 400	92 400

¹ Без учёта потребления воды комбинированными электродами.

тивления для плавки алюминия и его сплавов, индукционные печи бессердечниковые (фиг. 77, табл. 120) и со стальным сердечником (фиг. 78) для плавки латуни, мельхиора, бронз и алюминиевых сплавов.



Фиг. 77. Индукционная бессердечниковая печь



Фиг. 78. Индукционная печь со стальным сердечником

В СССР производят индукционные электрические печи типа ИЛО-0,3, ИЛО-0,6, ИЛД-1,2 и ИЛД-2,0 ёмкостью соответственно 0,3; 0,6; 1,2 и 2,0 т. Буквы обозначают: И — индукционная, Л — плавка латуни, О — однофазные, Д — двухфазные.

Кроме того, применяют индукционные печи ВИП 250-150/30-90 ёмкостью до 750 кг, а также бессердечниковые печи.

Таблица 118

Печь стадеплавильная с откатывающимся котлом ДСО-5А

Наименование	Единица измерения	Показатели
Ёмкость	т	5
Допустимая перегрузка	%	20
Мощность трансформатора	кВа	2 250
Напряжение низкой стороны	В	220/127
Максимальная сила тока низкой стороны	А	5 900
Диаметр угольного электрода	мм	350
» распада электродов	»	900
» плавильного пространства	»	2 400
Диаметр зеркала ванны на уровне порога	»	2 330
Глубина ванны до порога	»	400
Размеры загрузочного окна	»	650×500
Продолжительность расплавления	час	1,5
Расход энергии на расплавление 1 т твердой завадки	кВт-ч	475
Средняя продолжительность службы пода:		
при основном процессе	плавка	550
при кислом процессе	»	1 000
Средняя продолжительность службы свода:		
при основном процессе	»	40
при кислом процессе	»	90
Расход электродов на 1 000 кВт-ч	кг	21
Расход воды	м³/час	20
Ход колонок	мм	1 500
Скорость перемещения колонок	м/мин	1
Вес металлических конструкций	кг	35 000

Таблица 119

Печь ДЧМ для подогрева и рафинирования чугуна

Наименование	Единица измерения	Показатели
Ёмкость	т	10
Допустимая перегрузка	%	20
Мощность трансформатора	кВа	2 000
Напряжение низкой стороны	В	180/104
Максимальная сила тока низкой стороны	А	11 100
Диаметр угольно-металлических электродов	мм	350
Диаметр распада электродов	»	900
» плавильного пространства	»	2 410
Диаметр зеркала ванны на уровне загрузочного окна	»	2 345
Глубина ванны до порога	»	612
» » от уровня металла	»	587
Размеры загрузочного окна	»	780×600
Расход энергии на 1 т металла	кВт-ч	140
» электродов на 1 000 кВт-ч	кг	20
» воды	м³/час	25
Ход кареток	мм	1 200
Вес металлических конструкций	кг	20 000
Производительность:		
1 выдача	т/час	10
2 выдачи	»	9
4 »	»	8

Таблица 120
Бессердечниковые индукционные электропечи ПО

Тип	Ёмкость печи в кг (по стали)	Мощность однофазного генератора в ккал	Мощность возбудителя постоянного тока в кет	Мощность трёхфазного мотора в кет
ПО-50-1	50	50	0,65	70
ПО-150М	125	150	0,65	185
ПО-600-1	1 000	650	22	800
ПО-600-У	1 400			
ПО-650-2Т1	2 000			
ПО-1200	4 000	650+650	22+22	

ТИГЕЛЬНЫЕ ПЕЧИ

Для плавки металла применяют графитовые, шамотные и металлические тигли. Сверху тигель закрывают крышкой, защищающей металл от окислительного действия атмосферы печи. Размеры тиглей — по ОСТ 20154-39 и 20155-39. В литейном производстве чаще всего применяют тигли ёмкостью от 50 до 120 кг (иногда до 300 кг).

Хорошую стойкость для плавки алюминиевых сплавов (до 100 плавов) показали тигли из чугуна с количеством хрома 0,55% и никеля 0,27—0,37%:

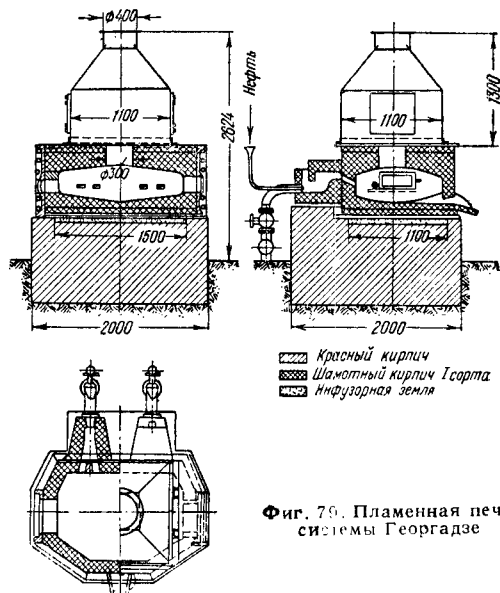
Ёмкость тигля в кг . . .	150	225	300
Время плавки в минутах	50	60	70
Расход мазута в % к весу металла	13	12	11

ПЛАМЕННЫЕ ПЕЧИ

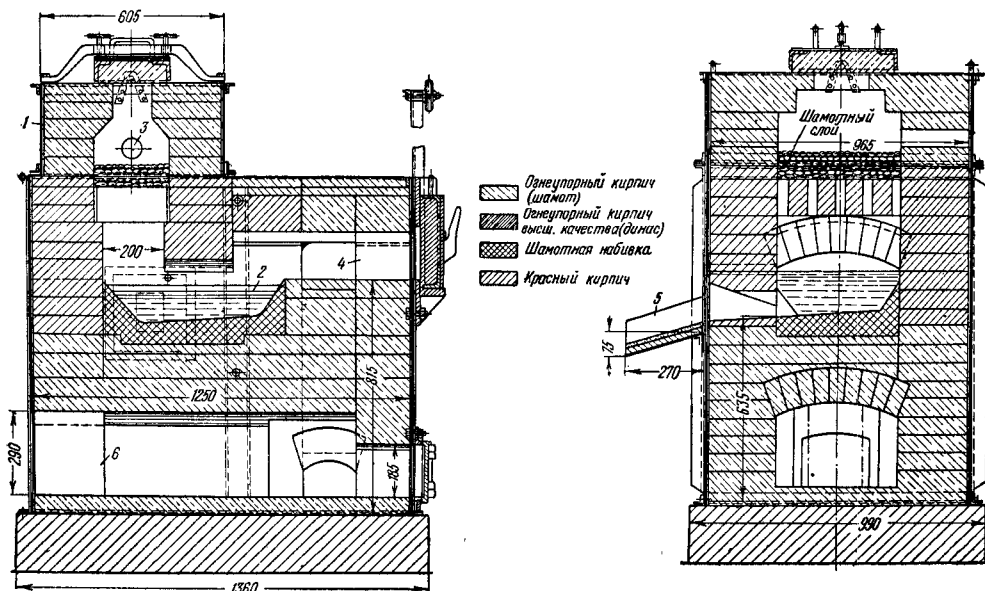
Печь системы Георгадзе используют для плавки медных сплавов (фиг. 79).

Печь работает на мазуте. Удельный расход мазута около 9%, а на первую плавку (включая разогрев печи) около 12%. Угар бронзы около 3%.

Печь типа «Экономплав» (фиг. 80) применяют для плавки медных сплавов, а иногда и чугуна. Ёмкость печи 160, 320 и 800 кг. При плавке медных сплавов удельный расход мазута 12—15% на первую плавку и 7—10% на последующие. Продолжительность плавки 1—1,5 часа. При плавке чугуна расход топлива повышают до 25—30%, а время плавки до 1,5—2,5 часа. Угар металла (меди и чугуна) составляет в среднем 7%.



Фиг. 79. Пламенная печь системы Георгадзе



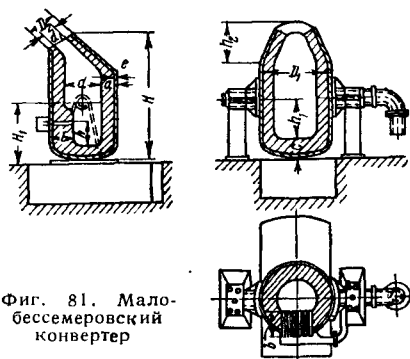
Фиг. 80. Пламенная печь «Экономплав»: 1—камера сгорания; 2—ванна; 3—форсунка; 4—рабочее окно; 5—лёжка; 6—дымоход

МАРТЕНОВСКИЕ ПЕЧИ

В фасоносталелитейных цехах заводов железнодорожного транспорта применяют мартеновские печи сравнительно небольшой ёмкости — до 80 т (табл. 121). Топливо — мазут или генераторный газ. Возможно также применение доменного и коксовального газов.

КОНВЕРТЕРЫ С БОКОВЫМ ДУТЬЁМ

Типичная конструкция конвертера с боковым дутьём показана на фиг. 81 (табл. 122).



Фиг. 81. Мало-бессемеровский конвертер

Таблица 121

Основные размеры мартеновских печей*

Ёмкость T в т	Ширина печи в м	Длина печи в м	Площадь хода $S = L \times e$ в м ²	Глубина ванн h в м	Отношение $\frac{L}{e}$	Коэффици- ент ёмкос- ти $K = \frac{v}{Sh}$	Высота свода от уровня порога до основания свода N	Средне- часовая произво- дительно- сть в т	Расход топлива в 10 ⁴ кал/т	Высота трубы в м
10	2,0	4,75	9,5	0,450	2,37	0,378	1,4	1,5—2	1,75	40
20	2,5	6,0	15	0,530	2,4	0,33	1,8	3—4	1,65	50
30	3,0	7,0	20,3	0,600	2,42	0,334	1,95	4—5	1,60	55
40	3,2	7,8	25	0,660	2,44	0,387	2,1	5—6	1,50	60
50	3,4	8,4	28,6	0,720	2,47	0,39	2,25	6—7	1,50	63
60	3,6	8,9	32	0,760	2,43	0,394	2,4	7—8	1,45	65
70	3,75	9,35	35	0,810	2,50	0,398	2,45	8—9	1,42	67
80	3,9	9,8	38,2	0,850	2,52	0,4	2,5	9—10	1,40	70

* Эти данные относятся к мартеновским печам фасонолитейных цехов, работающим скрап-процессом.

** Отношение $\frac{L}{e}$ приведено для печей, работающих на подогревом генераторном газе. При работе на мазуте оно должно быть увеличено до 3, для того чтобы факел не достигал головок печи.

Таблица 122

Основные размеры и показатели работы малых бессемеровских конвертеров

Наименование	Единица измере- ния	Ёмкость в т			Наименование	Единица измере- ния	Ёмкость в т		
		1	1,5	2			1	1,5	2
Диаметр рабочего пространства d . . .	мм	700	800	900	Высота кожуха конвертера H	мм	2 200	3 000	3 300
Толщина кладки в цилиндрической части a	»	250	300	300	Отношение внутренней высоты кожуха к диаметру цилиндрической части	—	2,7	3,25	3,25
Толщина кожуха e	»	15	15	20	Количество сопел	шт.	6	6	6
Внешний диаметр цилиндрической части D_1	»	1 250	1 460	1 570	Диаметр сопел	мм	25/30	30/35	35/40
Толщина кладки у фурм b	»	450	500	500	Длина сопел	»	450	550	550
Толщина кладки пода c	»	250	360	360	Общая площадь сопел	см ²	31	48,5	68,0
Диаметр горловины в свету d_1	»	250	300	300	Отношение площади рабочей части конвертера к площади сопел	—	10,5	9,0	7,0
Внешний диаметр горловины D_2	»	650	700	700	Расход воздуха	м ³ /мин	60	70	80
Высота от пода до плоскости оси цапф h_1	»	450	525	600	Давление дутья	атм	0,2	0,3	0,4
Высота горловины h_2	»	500	500	600	Продолжительность продувки	мин.	15	20	25
Глубина ванн h	»	400	475	550	Вес футеровки с засыпкой	т	2,7	4,5	6
Высота от пола цеха до плоскости оси цапф H_1	»	1 200	1 500	1 500	Вес кожуха	»	1	1,6	2

ОБОРУДОВАНИЕ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ

ПОДЪЕМОТРАНСПОРТНОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ

Таблица 126

Ручные ковши

Ёмкость в кг	Диаметр в мм		Высота в мм	Приблизитель- ный вес в кг	
	верх- ний	ниж- ний		ковша	вилки
20	210	150	230	—	—
50	300	230	320	8	18
75	350	260	350	11	20
100	350	290	360	14	22
150	380	300	400	17	23

В открытых шихтовых складах литейных цехов применяют:

1) краны железнодорожного типа, передвигающиеся по рельсам; 2) краны на гусеничном ходу; 3) вагонетки; 4) электрокары.

В закрытых шихтовых складах применяют краны (обычно грузоподъемностью 5 т), имеющие электромагнитные шайбы для подъема грузов (табл. 123) или грейферы (табл. 124).

Для центральной загрузки вагранок применяются шаржирные краны (табл. 125). Кран литейного цеха представлен на фиг. 82. При разливке металлов применяются ручные ковши (табл. 126), крановые конусные (табл. 127) или барабанные (табл. 128).

Таблица 123

Электромагнитные шайбы

Элементы харак- теристики	Едини- ца из- мере- ния	Тип магнита		
		М-2	М-3	М-4
Диаметр шайбы	мм	750	900	1 150
Высота подвеса	»	800	1 000	1 100
Потребная мощ- ность	квт	2,75	3,5	7,5
Вес магнитной шайбы	кг	650	1 050	1 800
Подъемная сила магнитов для: болванок и плит	т	6,0	9,0	16,0
шара для дроб- ления шихты	»	3,5	4,0	6,5
крупного скра- па	»	0,25	0,35	0,60
машинного чу- гунного литья	»	0,2	0,25	0,65
мелкого скра- па	»	0,18	0,22	0,4
стальной стружки . . .	»	0,09	0,11	0,2

Таблица 124

Грейферы (фиг. 82а)

Ёмкость в м³	Вес грей- фера в т	Длина хо- да троса в м	Основные размеры в мм (фиг. 82а)						
			A	C	D	B	E	a	b d
1,5	1,65	5,6	2 200	2 150	2 620	2 760	1 250	130	365 14,5
2,5	2,5	8,5	2 550	2 560	3 020	3 280	1 490	150	420 16,0
5,0	4,5	8,6	3 130	3 210	3 825	4 020	2 220	210	530 22,5

Таблица 125

Габаритные размеры шаржирных кранов (фиг. 82)

Размеры в мм				
L	H	a	b	c
8 200	11 000	1 550	950	5 850
7 000	15 000	2 240	1 120	4 480
4 700	11 000	1 800	950	2 350

Таблица 127

Конусные крановые ковши

Ёмкость в кг	Диаметр в мм		Высота в мм	Прибли- зительный вес в кг
	верх- ний	нижний		
500	550	450	550	150
750	650	500	650	180
1 000	700	550	700	200
1 500	800	650	800	300
2 000	850	750	860	350
2 500	900	800	900	400
3 000	950	850	950	500
4 000	1 050	950	1 000	650
5 000	1 100	1 000	1 050	750

Таблица 128

Барабанные ковши

Ём- кость в кг	Диаметр	Дли- на	Вес с фу- теркой в кг	Ём- кость в кг	Диаметр	Дли- на	Вес с фу- теркой в кг
	в мм				в мм		
500	500	400	325	2 500	800	750	1 100
750	500	600	375	3 000	800	900	1 300
1 000	600	550	475	4 000	950	850	1 650
1 500	700	600	650	5 000	950	1 050	2 000
2 000	700	800	875				

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Бункеры с затворами, питателями и дозаторами. В большинстве случаев для земли применяют бункеры, склепанные или сваренные из листовой стали. Угол наклона стенок бункера должен быть для сухой земли не менее 45°, для влажной формовочной земли — не менее 60°.

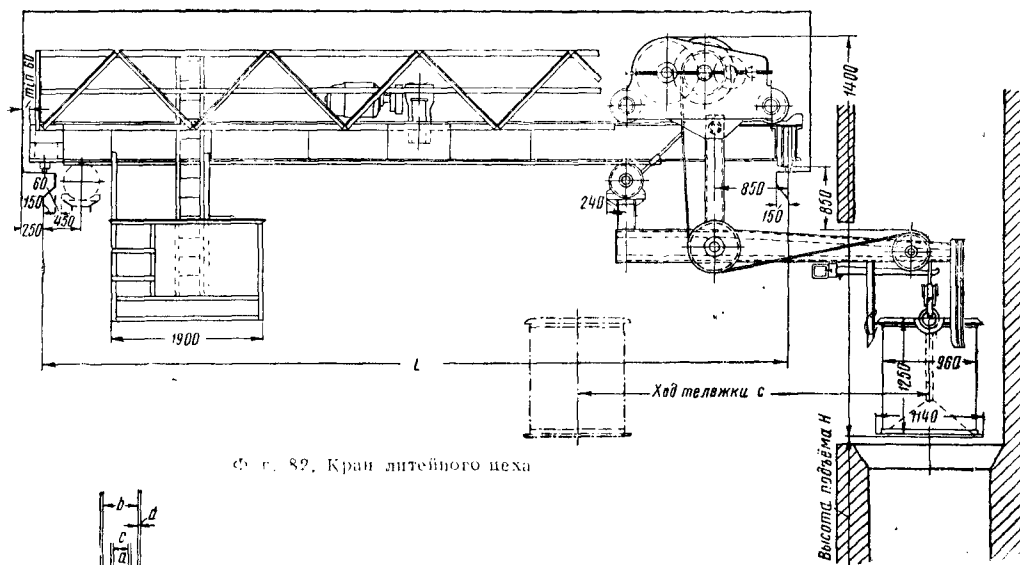
Наименьшие размеры выходных отверстий бункеров:

Для сухой земли 150×150 мм
 » песка из карьера 450×450 »
 » увлажненной формовочной
 земли в больших бункерах 600×600 »
 То же для расходных бунке-
 ров формовочных машин . . . 300×375 »
 Для старой (горелой) земли 300×300 »

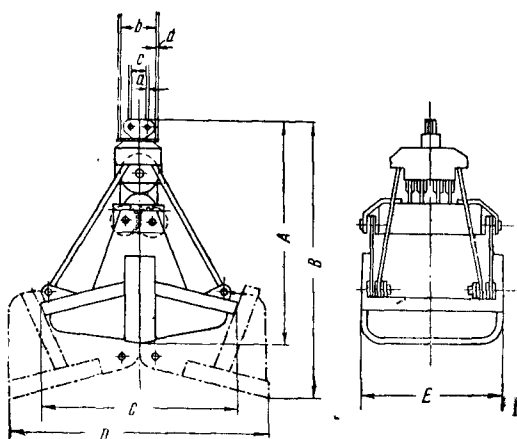
Для предупреждения зависания земли на стенках расходных бункеров у формовочных машин часто ставят вибраторы, которые должны приводиться в действие при открытом

затворе бункера. Бункеры рекомендуется делать круглого, а не прямоугольного сечения, придавая им возможно меньшую конусность. Расходные бункеры для стержневой земли ре-

комендуется выполнять отнюдь не сужающимися, а одинакового сечения по высоте (в виде труб) или даже слегка расширяющимися книзу.



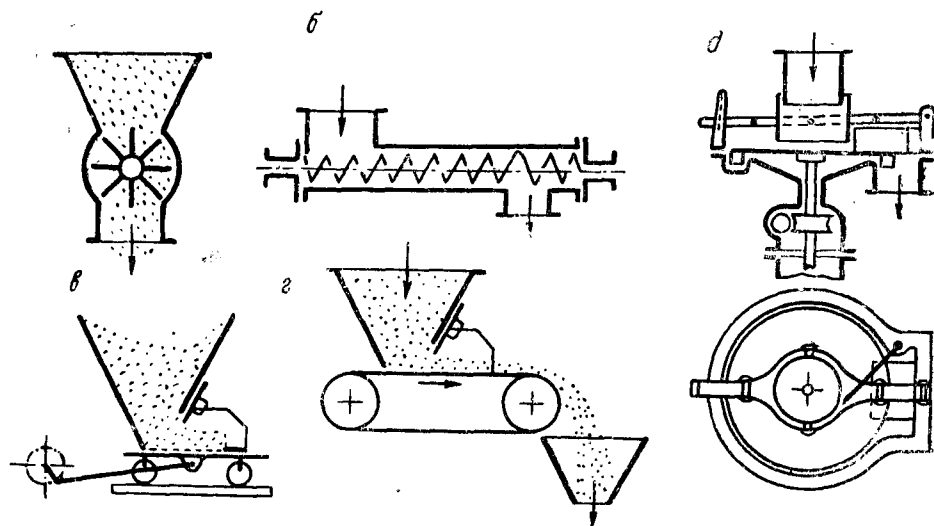
Фиг. 82. Кран литейного цеха



Фиг. 82а. Грейфер

Если подача земли из бункера требуется непрерывная и равномерная в определённом количестве в каждую единицу времени, то вместо затворов под выходными отверстиями бункеров ставят питатели. Основные типы питателей схематично показаны на фиг. 83.

Если из бункера требуется брать материал периодически, но каждый раз в определённом количестве, то применяются дозаторы. В качестве дозатора можно применить питатель любой системы, но строго ограничив время его действия. Чаще применяются специальные дозаторы.



Фиг. 83. Питатели: а—звёздчатый; б—шнековый; в—лотковый; г—пластинчатый; д—тарельчатый

Барабанные сита применяются главным образом для отделения от материала посторонних примесей и для просеивания старой (горелой) земли. Число оборотов барабанного сита

$$n = \frac{12}{R},$$

где n — число оборотов барабана в 1 мин.;
 R — радиус барабана в м.

Длина барабана берётся от 2 до 2,5 диаметра барабана, причём приблизительно считают, что на 1 м просеиваемой земли требуется от 20 до 30 дм^2 поверхности барабанного сита.

Качающиеся плоские сита имеют несколько больший к. п. д. просеивания, чем барабанные сита, но также применяются для крупного просеивания (с отверстиями от 3 мм и выше).

Вибрационные сита, на которых возможно тонкое просеивание, имеют наибольший к. п. д. просеивания.

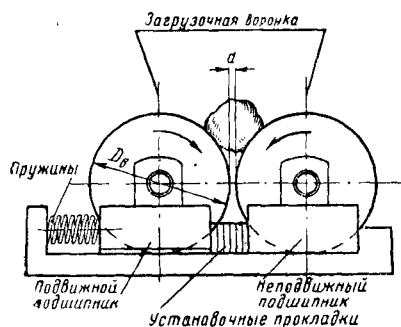
Характеристика сит приведена в табл. 129.

Таблица 129

Просеивающие машины

№ сита	Линейный размер отверстия в мм	Диаметр проволо- ки в мм	Допускаемое отклонение		Допу- скаемое превыше- ние раз- мера наиболь- ших клет- ток над средними в %
			разме- ра от- вер- стия	диаметра проволоки	
6	3,36	1,02	±3	От -15 до +30	10
12	1,68	0,69	±3	» -15 » +30	10
20	0,84	0,42	±5	» -15 » +30	25
40	0,42	0,25	±5	» -15 » +25	25
70	0,21	0,14	±6	» -15 » +35	40
100	0,149	0,102	±6	» -15 » +35	40
140	0,105	0,074	±8	» -15 » +35	60
200	0,074	0,053	±8	» -15 » +35	60
270	0,053	0,041	±8	» -15 » +35	90

Дробильные машины Отношение размера куска материала, входящего в дробильную машину, к размеру куска, выходящего из неё, называется кратностью дробления. Количество энергии, затрачиваемое дробилкой на 1 т раздробляемого материала, приблизительно пропорционально кратности дробления.



Фиг. 84. Вальцовая дробилка

Вальцовые дробилки с гладкими вальцами (фиг. 84) применяют главным образом лишь для разминания комьев земли, выбиваемой из опок, для дробления же угля, глины и других материалов применяются зубчатые или рифлёные вальцовые дробилки. Кратность дробления при гладких вальцах от 3 до 5, при зубчатых вальцах она может быть доведена до 8.

Размалывающие машины. Размалывающие бегуны (табл. 130) применяют для размалывания глины, шамота и иногда угля.

Таблица 130

Размалывающие бегуны

Размеры катков в мм		Ремённые шкивы			Мощность в л. с.	Производительность в $\text{м}^3/\text{час}$	Вес в кг
диаметр	ширина	диаметр в мм	ширина в мм	число об/мин.			
600	200	500	100	90	1,5	1,0	1 700
850	230	600	125	70	2,5	2,5	3 000
1 000	300	900	150	60	2,5	4,0	4 200

Шаровые мельницы применяют главным образом для размалывания угля и реже — глины.

Шаровые мельницы с ситами, требующие частой прочистки сит при мелком просеивании угля и глины, применяют лишь для небольшой производительности (до 150 $\text{кг}/\text{час}$). Шаровая мельница с ситами в исполнении завода Красная Пресня имеет барабан $\varnothing 550$ и шириной 450 мм и даёт производительность 75 $\text{кг}/\text{час}$ молотого угля при потребляемой мощности мотора 2,5—3,5 л. с.

Шаровые мельницы, в которых размолотый материал увлекается проходящим сквозь барабан током воздуха, применяются для значительно больших производительностей.

Помимо шаровых мельниц, для размалывания угля и глины применяются мельницы и других систем, из которых имеют наибольшее применение молотковые мельницы.

Машины для сепарации металлических частей. Для кусковых материалов применяют магнитные сепараторы с лотковым питателем, для земли применяют главным образом ленточные магнитные сепараторы (табл. 131). Толщину слоя земли, направляемой через барабан, регулируют в пределах 25—30 мм; для мелкокускового угля толщина слоя берётся вдвое и может достигать до 60—70 мм. При применении этих сепараторов для земли производительность их (ввиду меньшего слоя земли) следует считать вдвое меньшей.

Смешивающие машины. Лопаточные смешиватели представляют собой корыто, в котором вращается один или два параллельных вала с насаженными на них лопатками. Как одноваловые, так и двухваловые смешиватели бывают периодического или непрерывного действия. Первые применяют главным образом для стержневых смесей, вторые в механизированных непрерывно действующих земледельцах для приготовления наполнительных

Таблица 131

Магнитные сепараторы с лентой

Ширина ленты в мм	Энергия для электромагнита в вт	Мощность привода в л. с.	Производительность в м ³ /час	Ширина ленты в мм	Энергия для электромагнита в вт	Мощность привода в л. с.	Производительность в м ³ /час
Магнитный шкаф Ø 300 мм при 50 об/мин.				Магнитный шкаф Ø 450 мм при 45 об/мин.			
300	330	½	25	300	625	1	50
350	330	½	27	350	625	1	58
400	330	½	32	400	625	1	70
450	440	½	36	450	795	1	77
500	440	½	40	500	795	1	85
600	590	¾	50	600	970	1½	105
750	715	¾	66	750	1 175	2	135
900	845	1	76	900	1 365	2	160
1 050	970	1	90	1 050	1 560	2½	1 900
1 200	1 160	1½	1 070	1 200	1 750	3	2 200

смесей для формовки по сырому. Диаметр лопастных валов берётся 400—800 мм, число оборотов 20—50 в 1 мин., потребная мощность для среднего размера смесителей около 1 л. с. на каждый м³/час производительности.

Смешивающие бегуны (табл. 132) вследствие высокого качества смешивания являются наилучшими смесителями для получения всех сортов формовочных и стержневых смесей. Однако вследствие периодичности своего действия (работы отдельными замесами),

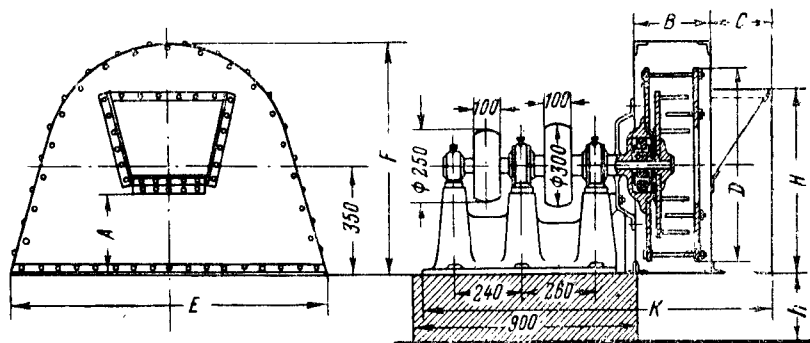
весьма большой требуемой мощности и громоздкости этих машин их следует применять для более ответственных стержневых и формовочных смесей, в которых связующие добавки должны быть очень тщательно перемешаны с песком.

Таблица 132

Смешивающие бегуны

Элементы характеристики	Единица измерения	Марки бегунов	
		111	112
Габариты:			
длина	мм	3 620	4 550
ширина	»	2 040	2 685
высота	»	1 630	1 920
Число об/мин. вертикального вала	—	25	20
Размеры чаши:			
диаметр	мм	1 320	2 405
глубина	»	590	690
Размеры катков:			
диаметр	»	755	900
ширина	»	150	275
Вес катка	кг	320	800
Норма загрузки чаши	м ³	0,2—0,3	0,4—0,6
Производительность	м ³ /час	2—5	4—8

Разрыхляющие машины. Дезинтеграторами (табл. 133) называются машины, в которых земля пропускается через ряд штифтов, насаженных на вращающихся дисках. Их применяют для сравнительно небольших производительностей (не выше 15 м³/час). Число оборотов дисков берётся так, чтобы



Фиг. 85. Дезинтегратор

Таблица 133

Дезинтеграторы (фиг. 85)

№	Производительность в м ³ /час	Требуемая мощность в л. с.	Число об/мин.	Размеры в мм							
				A	B	C	D	E	F	K	H
2	3,5	4—5	450 и 500	290	260	210	630	1 050	795	1 240	640
3	5	6—7	320 и 350	410	330	235	880	1 350	1 050	1 361	800
8	5	6—7	320 и 350	—	362	235	—	1 380	1 050	1 240	800

окружная скорость наружных штифтов была 15—22 м/сек.

Аэраторы называются разрыхляющие машины, в которых с помощью вращающегося (750 об/мин.) вала с лопатками бросают землю на несколько рядов вертикальных железных прутьев или на вертикально висящие цепи и таким образом разрыхляют её. Завод Красная Пресня изготавливает аэраторы двух типов. Первый тип — с цепями производительностью 10 м³/час имеет мотор в 4 кВт; второй тип — с прутьями производительностью 30—40 м³/час.

Передвижные разрыхляющие машины бывают весьма разнообразных систем. Завод Красная Пресня изготавливает такие машины под маркой 121 производительностью до 8 м³/час при мощности мотора 2 кВт и линейной скорости ленты 4,7 м/сек. Габариты такой машины: длина 1715, ширина 948 и высота 1080 мм, вес 380 кг.

МЕХАНИЗАЦИЯ ФОРМОВКИ И СТЕРЖНЕВЫХ РАБОТ

Классификация формовочных машин. Формовочные машины классифицируются: 1) по способу уплотнения земли и 2) по способу выемки модели из формы.

По способу уплотнения земли машины делятся на: 1) ручные (с уплотнением трамбовками), 2) прессовые, 3) встряхивающие и 4) пескомёты.

По способу выемки модели различают два основных типа машин: 1) машины, в которых во время выемки модели опока находится наверху, а модель внизу под ней: а) со съёмной опокой, б) с штифтовым или рамочным подъёмом и в) протяжные, и 2) машины, в которых при выемке модели опока находится в перевернутом положении так, что модель помещается вверху опоки: а) с поворотной плитой и б) с поворачивающимся (или передвижным) столом.

Кроме того, формовочные машины делятся по способу приведения их в действие на ручные, механические, гидравлические, пневматические и электромагнитные.

Характеристики формовочных машин приведены в табл. 134—144.

Таблица 134

Ручные прессовые машины со съёмной опокой

Элементы характеристики	Размеры в мм			
Расстояние между стойками траверсы	600	750	850	950
Глубина стола . . .	430	460	500	510
Ширина стола . . .	250	300	475	600
Наибольший размер опоки:				
длина	250	550	650	750
ширина	400	450	500	500
высота	200	250	250	250
Высота стола	675	700	700	700
Длина рычага	500—1000	500—1000	500—1000	500—1000
Переменное расстояние от стола до траверсы	125—350	125—400	125—400	125—400

Таблица 135

Пневматическая прессовая машина ПФ-3

Элементы характеристики	Единица измерения	Показатели
Собственный вес машины .	кг	3 200
Габариты с откинутыми столами:		
длина	мм	3 740
ширина	»	1 750
высота	»	2 400
Высота над уровнем пола .	»	1 500
Высота стола над полом .	»	716
Размеры подмодельной плиты	»	720×540
Наибольшее расстояние от плоскости подъёмного стола до нижней плоскости опоки	»	70
Наибольшая глубина вытяжки модели	»	55
Расстояние от прессовой плиты до планок стола, равное высоте опоки . .	»	70—120
Расход всасывающего воздуха на одну формовку .	м³	0,15
Наибольшая сила прессования	т	12
Производительность машины при полной механизации	полуопок в час	100—120
Число рабочих	—	2—4
Диаметр прессового цилиндра	мм	525
Ход прессового поршня . .	»	70
Диаметр подводящего воздухопровода	»	20

Таблица 136

Встряхивающая машина со съёмной опокой

Элементы характеристики	Единица измерения	Показатели
Габариты:		
длина	мм	1 300
ширина	»	640
высота	»	1 550
Высота стола над полом . .	»	745
Расстояние между прессовой плитой и столом . .	»	250, 330, 380 и 430
Размеры встряхивающего стола	»	520×415
Наибольшие размеры форм:		
длина	»	400
ширина	»	300
высота	»	200
Ход прессового поршня . .	»	125
Подъёмная сила встряхивающего стола	кг	100
Расход всасывающего воздуха на одну формовку .	м³	0,2
Наибольшая сила прессования	т	3
Производительность машины (полных форм в час) .	—	Около 25—40
Число рабочих	—	1
Диаметры цилиндров:		
прессового	мм	254
встряхивающего	»	75
Диаметр подводящего воздухопровода	»	15

Таблица 137

Встряхивающие машины с поворотной плитой

Элементы характеристики	Единица измерения	Модель			
		ВФ-9	ВФ-9а	ВФ-10	ВФ-10а
Вес машины	кг	1 650	1 750	2 350	2 200
Габариты:					
длина	мм	1 950	2 150	1 940	1 760
ширина	»	830	830	990	990
высота	»	2 375	2 375	2 520	2 520
Высота над полом	»	1 600	1 600	1 600	1 600
Высота рольганга над полом	»	445	445	325	325
Ход вытяжки	»	250	250	300	300
Наибольший ход прессового поршня	»	294	294	338	338
Наибольшие внешние размеры опок:					
длина	»	1 020	1 210	1 300	1 120
ширина	»	650	650	800	800
высота	»	250	250	300	300
Подъемная сила стола при 6 ат	кг	340	340	645	645
Производительность машины	опок/час	Около 80	Около 80	Около 80	Около 80
Число рабочих цилиндров	—	2	2	2	2
Диаметр прессового цилиндра	мм	410	410	480	480
Диаметр встряхивающего цилиндра	»	180	180	230	230
Диаметр поворотного цилиндра	»	—	—	180	180
Диаметр воздухопровода	»	20	20	25	25

Таблица 138

Размеры машин ВФ-14 и ВФ-11 в мм (фиг. 86)

Размер	ВФ-14	ВФ-11	Размер	ВФ-14	ВФ-11	Размер	ВФ-14	ВФ-11	Размер	ВФ-14	ВФ-11
a	410	480	g	330	476	n	1 190	1 250	t	930	978
b	200	250	h	640	725	o	1 730	1 925	v	235	280
c	150	150	i	710	762	p	853	964	D	30	35
d	865	1 016	k	888	952	q	510	584	x	76	76
e	762	914	l	1 208	1 320	r	330	380	y	160	210
f	405	486	m	500	520	s	290	305			

Таблица 139

Встряхивающие машины ВФ-7 (фиг. 86а)

Элементы характеристики	Единица измерения	Показатели
Размеры стола	мм	1 450×1 060
Ход вытяжки	»	460
Расстояние между штифтами	»	1 500×660
Производительность при полной механизации	опок/час	35—40
Максимальная подъемная сила	т	2
Расход воздуха на одну формовку	м³	1,2
Вес машины	кг	7 422

Таблица 140

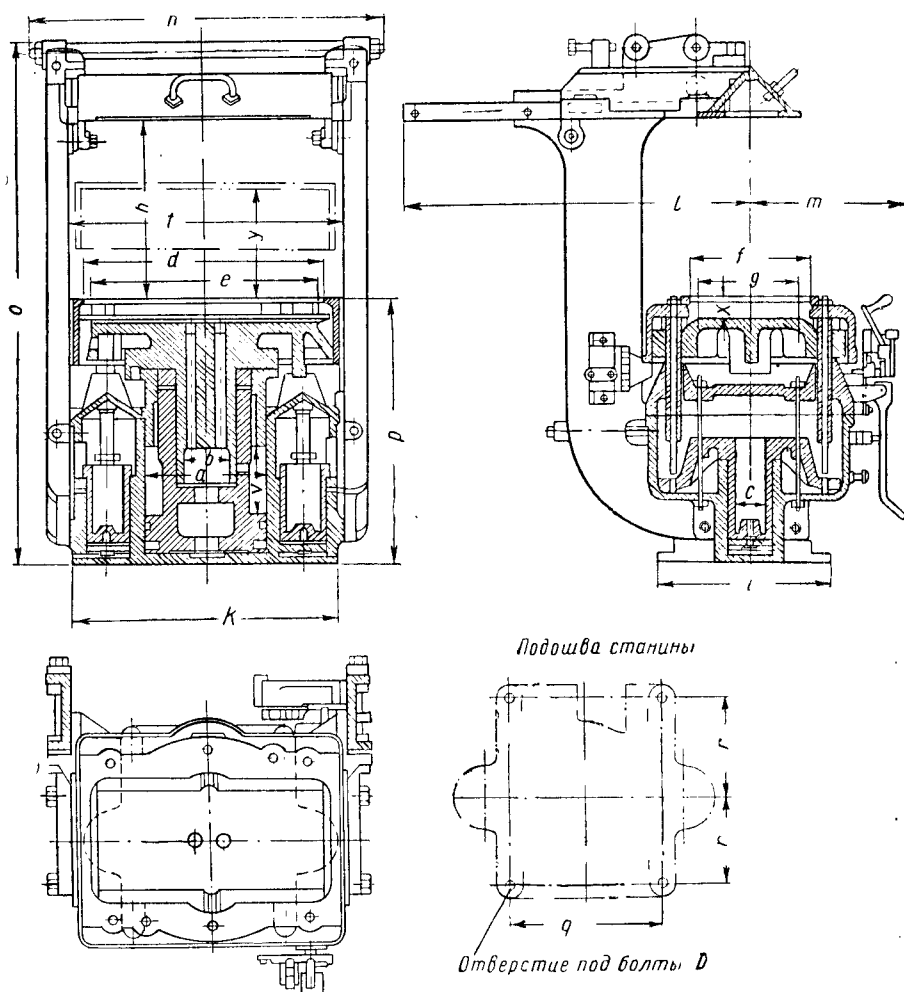
Встряхивающие машины

Элементы характеристики	Единица измерения	ВФ-14	ВФ-11
Вес машины	кг	2 100	2 850
Габариты:			
длина	мм	1 190	1 250
ширина	»	1 708	1 840
высота	»	1 730	1 925
Размеры подъемной рамы в свету	»	865×405	1 016×486
Ход вытяжки	»	160	210
Наибольший ход прессового поршня	»	235	281
Расстояние от прессовой плиты до стола	»	640	725
Наибольшие размеры опок в свету:			
длина	»	600	850
ширина	»	390	470
высота	»	200	250
Подъемная сила встряхивающего стола	кг	450	900
Сила прессования	т	7	9,5
Расход воздуха (в пересчете на 1 ат) на одну формовку	м³	Около 1,2	Около 1,5
Диаметр подводящего воздухопровода	мм	25	25

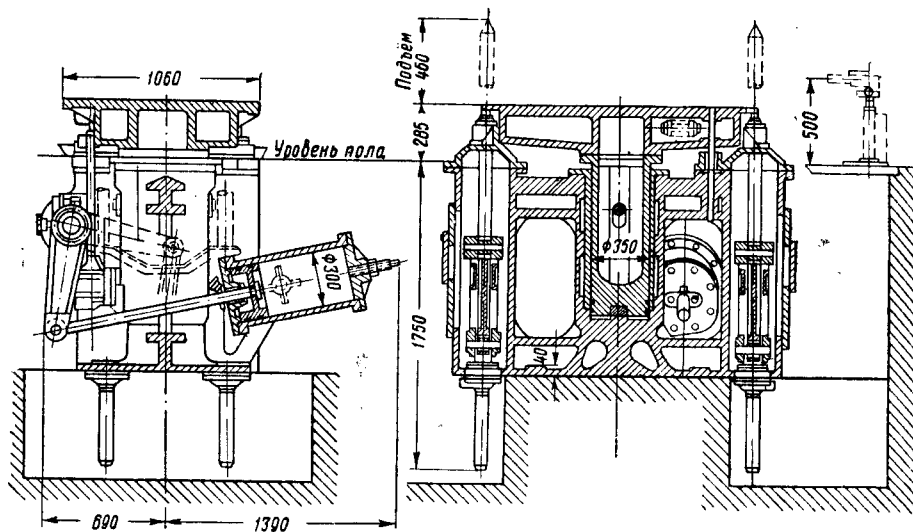
Таблица 141

Встряхивающие машины

Элементы характеристики	Единица измерения	Модель		
		ВФ-3	ВФ-17	ВФ-4
Вес машины	кг	1 280	2 250	2 600
Габариты при откинутой на 60° траверсе:				
длина	мм	1 450	1 620	1 700
ширина	»	1 500	1 675	1 760
высота	»	1 575	2 230	1 950
Протяжное окно рамки	»	400×680	450×420	526×814
Наибольший ход прессового поршня	»	207	340	300
Наибольший размер опок:				
длина	»	520	650	650
ширина	»	380	450	500
высота	»	200	300	250
Подъемная сила встряхивающего стола	кг	225	270	400
Наибольшая сила прессования	т	5	7	8
Производительность (опок в час)	—	80	80	80
Расход воздуха (в пересчете на 1 ат) на одну опок	м³	0,6	—	0,75
Число рабочих	—	2	2	2
Диаметр встряхивающего поршня	мм	150	180	200
То же прессового поршня	»	350	430	460
То же подводящего воздухопровода	»	25	25	30



Фиг. 86. Встряхивающая машина ВФ-11-14

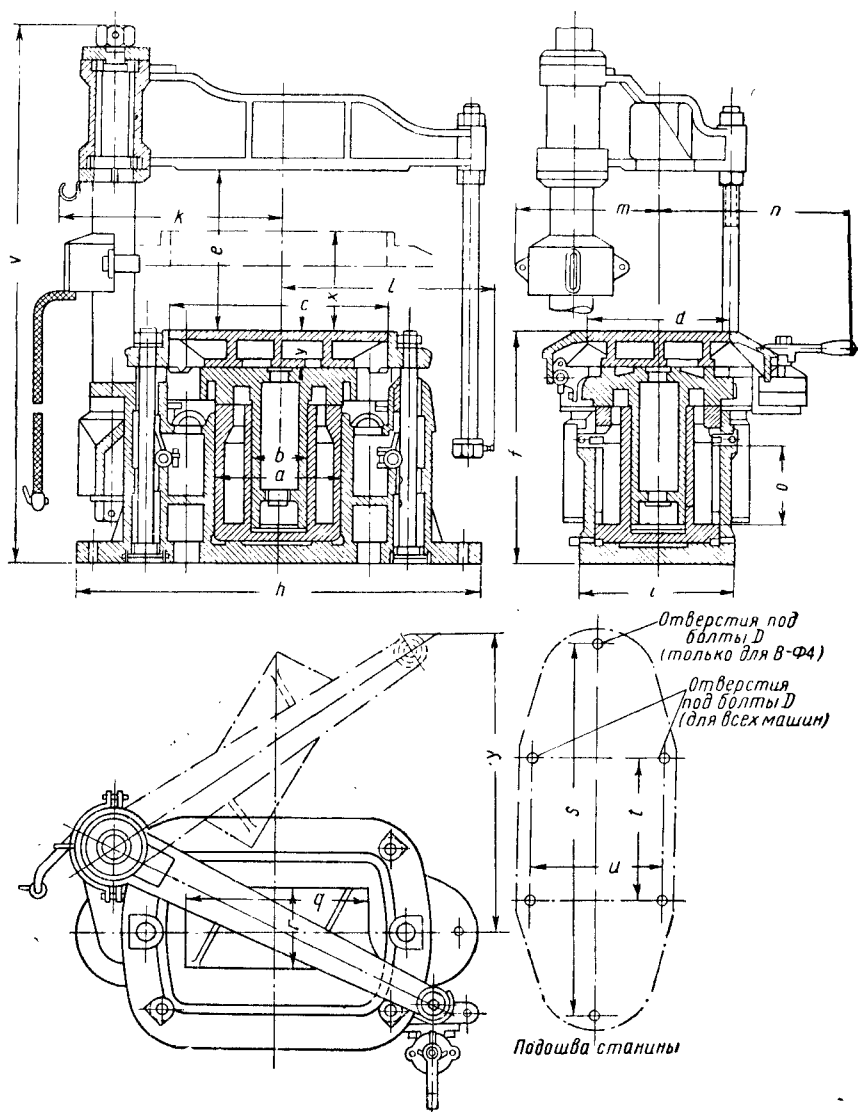


Фиг. 86а. Встряхивающая машина ВФ-7

Таблица 142

Размеры машин ВФ-3, ВФ-17 и ВФ-4 в мм (фиг. 87)

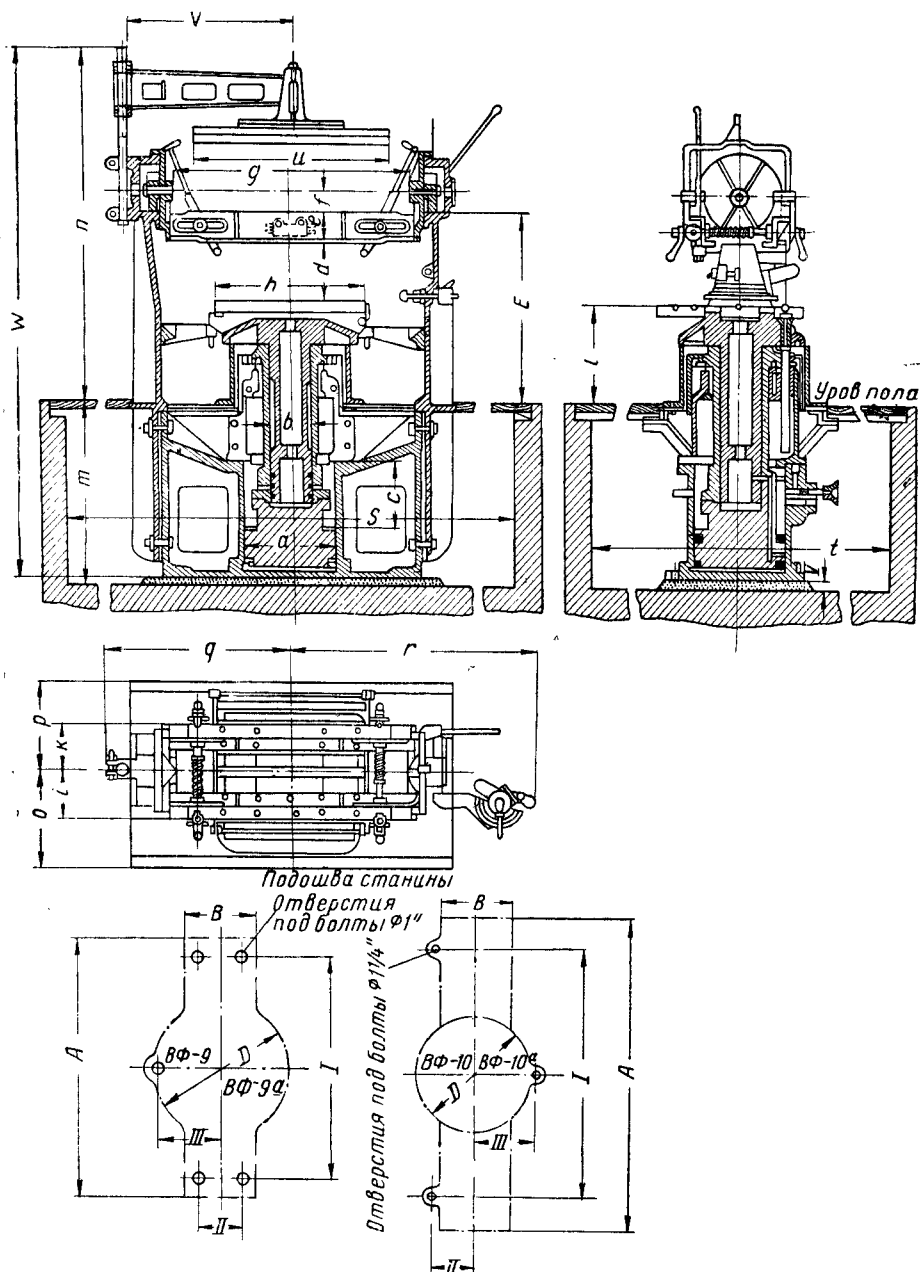
Раз- мер	ВФ-3	ВФ-17	ВФ-4	Раз- мер	ВФ-3	ВФ-17	ВФ-4	Раз- мер	ВФ-3	ВФ-17	ВФ-4
<i>a</i>	350	430	46	<i>q</i>	120	105	125	<i>r</i>	310	300	300
<i>b</i>	150	180	200	<i>h</i>	690	1 472	1 480	<i>s</i>	—	—	1 370
<i>c</i>	676	820	810	<i>i</i>	465	550	570	<i>t</i>	580	760	480
<i>d</i>	396	450	522	<i>k</i>	655	736	800	<i>u</i>	355	320	475
<i>e</i>	400	895	600	<i>l</i>	650	700	760	<i>v</i>	1 575	2 230	2 950
	350	845	550	<i>m</i>	420	430	525	<i>o</i>	207	340	300
	300	795	500	<i>n</i>	600	650	710	<i>y</i>	900	1 025	2 050
<i>f</i>	735	910	835	<i>q</i>	410	500	670	<i>D</i>	20	25	25



Фиг. 87. Встряхивающая машина ВФ-3

Размеры машин ВФ-9, ВФ-9а, ВФ-10 и ВФ-10а в мм (фиг. 88)

Раз- мер	ВФ-9	ВФ-9а	ВФ-10а	ВФ-10	Раз- мер	ВФ-9	ВФ-9а	ВФ-10а	ВФ-10	Раз- мер	ВФ-9	ВФ-9а	ВФ-10а	ВФ-10	Раз- мер	ВФ-9	ВФ-9а	ВФ-10а	ВФ-10
<i>a</i>	410	410	480	480	<i>i</i>	200	200	224	224	<i>r</i>	1 120	1 220	940	1 040	<i>III</i>	230	280	342	342
<i>b</i>	180	180	230	230	<i>k</i>	215	215	236	236	<i>s</i>	1 340	2 530	2 340	2 530	<i>IV</i>	45	45	38	38
<i>c</i>	294	294	338	338	<i>l</i>	445	445	325	325	<i>t</i>	1 570	1 570	1 570	1 570	<i>V</i>	35	35	25	25
<i>d</i>	270	270	330	330	<i>m</i>	810	810	945	945	<i>u</i>	900	1 080	1 045	1 225	<i>A</i>	1 190	1 380	1 320	1 503
<i>e</i>	130	130	180	180	<i>n</i>	1 600	1 600	1 600	1 600	<i>v</i>	740	815	780	855	<i>B</i>	310	310	305	305
<i>f</i>	95	95	90	90	<i>o</i>	435	435	450	450	<i>w</i>	2 375	2 375	2 520	2 520	<i>D</i>	600	600	656	656
<i>g</i>	1 056	1 250	1 160	1 340	<i>p</i>	395	395	380	380	<i>I</i>	1 010	1 200	1 070	1 250	<i>E</i>	845	845	835	835
<i>h</i>	680	680	685	685	<i>q</i>	835	930	820	900	<i>II</i>	200	200	152	152					



Фиг. 88. Встряхивающая машина с поворотной плитой

Таблица 144
Встряхивающие машины с поворачивающимся столом

Элементы характеристики	Единица измерения	Модель	
		232 (ВФ-13)	233 (ВФ-12)
Вес машины	кг	3 000	5 000
Габариты:			
длина	мм	2 340	3 250
ширина	»	1 956	2 900
высота	»	2 400	3 125
Расстояние от перевернутого стола до рольганга или приёмных планок	»	876	860
Размеры поворотного стола:			
длина	»	1 240	1 000
ширина	»	660	1 500
Размер рольганга приёмного стола:			
длина	»	1 000	—
ширина	»	560	—
Длина прижимных планок	»	—	1 200
Расстояние между прижимными планками	»	—	470
Наибольшие размеры опок:			
длина	»	1 000	1 250
ширина	»	600	1 000
высота	»	450	430
Подъёмная сила стола при 5,5 атм	кг	650	1 350
Диаметр встряхивающего цилиндра	мм	190	330
То же, поворотного цилиндра	»	460	380 и 254
То же, съёмного цилиндра	»	150	20
Высота подъёма встряхивающего стола	»	50—70	40—60
Число ударов в мин.	шт.	100—130	100—190
Вибраторы (50-мм)	шт.	2	5
Диаметр подводящего воздухопровода	мм	25	30

Пескомёты. Производительность нормальной головки центробежных пескомётов различных типов равна 10—12 м³ уплотнённой земли

в час при непрерывной его работе. Наиболее распространёнными типами пескомётов являются: 1) стационарного типа с ситом и с лентой; 2) переносного типа; 3) консольного и передвижного типов (табл. 145—147).

Таблица 145
Стержневая поршневая машина С-1 (фиг. 89)

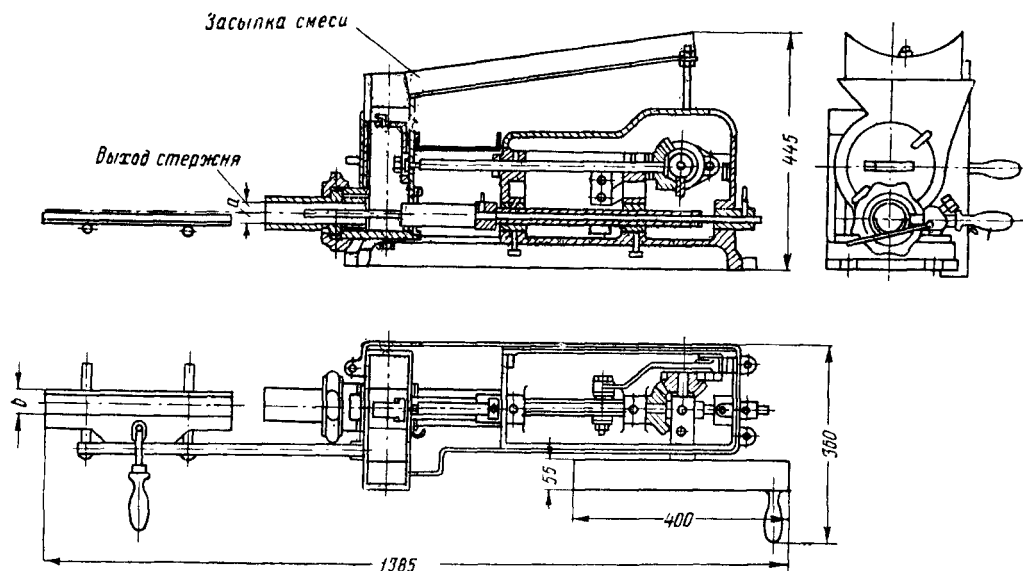
Размер	Размер в мм				
<i>a</i>	19	26	32	40	50
<i>b</i>	25	32	38	46	56
<i>c</i>	18	18	27	27	27

Таблица 146
Размеры в мм ручных встряхивающих машин для стержней (фиг. 90)

Размер	Модель		Размер	Модель	
	С-3	С-4		С-3	С-4
<i>a</i>	410	515	<i>i</i>	675	825
<i>b</i>	310	370	<i>k</i>	820	1 035
<i>c</i>	735	650	<i>l</i>	390	560
<i>d</i> макс	200	250	<i>m</i>	265	315
<i>e</i>	300	400	<i>n</i>	648	815
<i>f</i>	278	365	<i>o</i>	456	600
<i>g</i>	16	40	<i>p</i>	560	640
<i>h</i>	860	760	<i>H</i>	1 050	1 020

Пескодувные машины применяют для набивки стержней сложных конфигураций. Изготавливаемых заводом Красная Пресня пескодувных машин С-6 и С-7 первая является более совершенной и имеет большее применение.

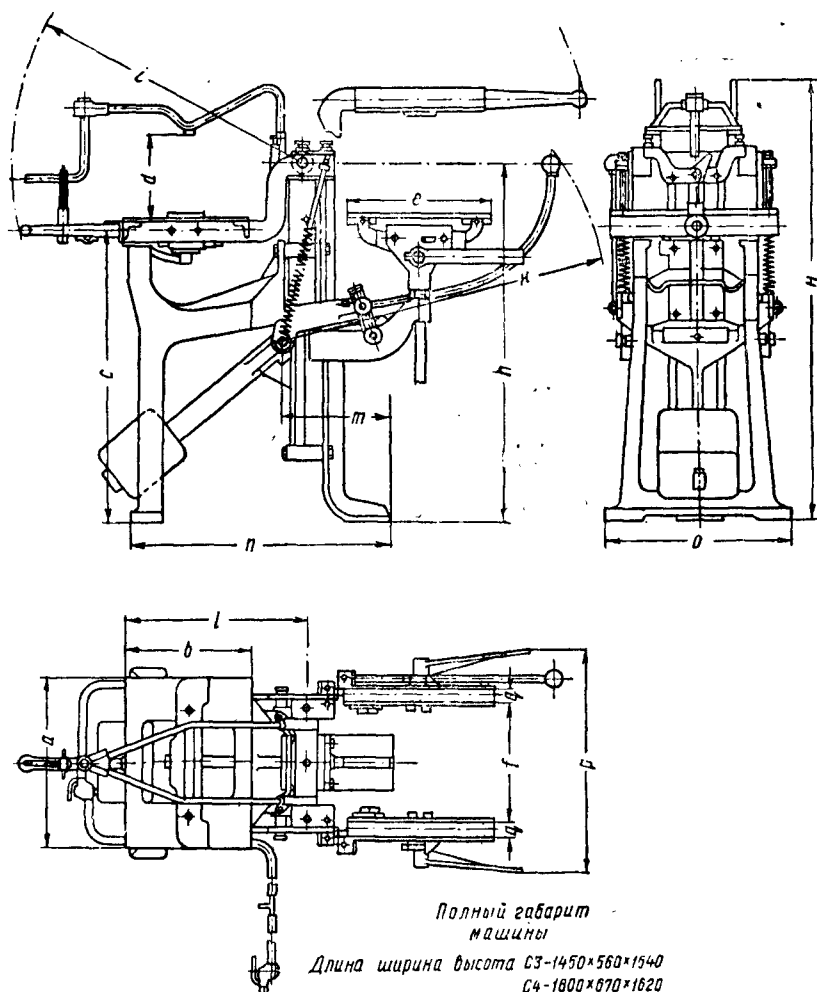
Машина С-6 применяется для ящиков, имеющих горизонтальную плоскость разъёма, максимальный размер ящика 900 × 450,



Фиг. 89. Стержневая поршневая машина С-1

высота 300 мм, максимальный объём стержня 25 дм³. Производительность 250 — 500

стержней в час и в большей мере зависит от правильной организации рабочего места и сте-



Фиг. 90. Ручная встряхивающая машина для стержней

Таблица 147

Техническая характеристика машин С-3 и С-4

Элементы характеристики	Модель		Элементы характеристики	Модель	
	С-3	С-4		С-3	С-4
Наибольшие внешние размеры в мм стержневого ящика:			Наибольший вес стержневого ящика с землей и сушильной плитой в кг.	Около 15—20	30
длина	400*	560	Размеры поворотного стола в мм	310×410	370×515
ширина	300	36)**	Длина приёмных планок и расстояние между их осями в мм	360×318	400×105
высота	200	200	Диаметр вибратора в мм	25	25
Наибольший ход вытяжки в мм	200	200			

* Длина может быть увеличена за счёт свешивающейся плиты на столе.

** За счёт установки плиты можно довести размер до 1 000×450 мм.

лении механизации всех подсобных операций по изготовлению стержня.

Для массового изготовления стержней простой формы с вертикальным разъемом ящика завод Красная Пресня изготавливает автоматическую карусельную пескодувную машину БЗЧ-6.

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВЫБИВКИ И ОЧИСТКИ ЛИТЯ

Оборудование для выбивки литя и стержней. Характеристика оборудования приведена в табл. 148—150.

Таблица 148

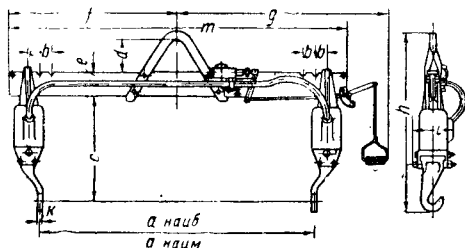
Вибраторы

Диаметр вибратора в мм	Размеры опок в мм	
	при сухой формовке	при сырой формовке
50	600×600×300	900×900×450
60	900×900×300	900×1 200×450
75	900×1 200×300	1200×1 200×450
100	1200×1 200×300	1200×1 500×450
125	1500×1 500×300	1500×1 800×450
150	1800×2 400×300	2400×3 000×450
200	2500×3 500×350	3500×4 000×450

Таблица 149

Вибрационные траверсы (фиг. 91)

Элементы характеристики	Модель		
	О-9 (454)	О-10 (455)	О-11 (456)
Грузоподъемность в т . . .	1	2	3
Диаметр плунжера вибратора в мм	75	100	125
Вес в кг	150	210	280
Диаметр подводящего шланга в мм	20	25	30
Размеры в мм:			
а наиб	1 400	1 750	2 300
б	50	75	100
с	560	670	745
д	100	210	250
е	825	1 075	1 450
г	865	1 370	1 730
н	880	1 150	1 325
и	200	240	275
к	20	30	40
т	1 650	2 150	2 900
х	40	40	40



Фиг. 91. Вибрационные траверсы

Таблица 150

Пневматические вибрационные решетки

Элементы характеристики	Единица измерения	Модель		
		О-12	О-13	О-20 (431)
Грузоподъемность . . .	т	2	3	2
Длина решетки . . .	мм	2 650	3 650	1 400
Ширина решетки . . .	»	1 230	1 365	1 200
Высота решетки над полом	»	300	300	400
Расстояние между планками решетки в свету	»	60	59	54
Количество вибраторов	шт.	2	2	2
Диаметр плунжера вибраторов	мм	125	150	125
Диаметр подводящего воздухопровода	»	40	40	30

Пневматические вибрационные решетки (табл. 151) применяются для выбивки крупных опок при массовом и крупносерийном производстве. Делаются с одним, двумя и четырьмя цилиндрами.

Специальные выбивные устройства для безопасных форм изготавливают двух типов: 1) в виде вращающегося наклонного цилиндрического барабанного сита, внутрь которого сталкиваются безопасные формы, и 2) в виде инерционной механической решетки в комбинации с особым устройством для автоматического подъема плит у заливочного конвейера на месте выбивки для сбрасывания с этих плит безопасных форм на решетку.

Таблица 151

Пневматические стержневые выбивные машины

Элементы характеристики	Единица измерения	Модель	
		О-15	О-14 (411)
Габариты:			
длина	мм	1 400	2 400
ширина	»	600	665
высота	»	1 230	975
Высота центра бабок над полом	»	1 075	770
То же над рамой	»	210	610
Наибольшее расстояние между бабками	»	300	500
Ход прижимной бабки	»	150	250
Наибольшая сила прижима	кг	200	800
Диаметр прижимного цилиндра	мм	75	140
Диаметр вибратора	»	60	125
Диаметр подводящего воздухопровода	»	20	25

Оборудование для очистки и обрубки литя. Круглые барабаны применяются для очистки мелкого простого литя. Квадратные барабаны применяются для литя более сложной конфигурации. Количество загруженных с литём звездочек (из белого чугуна) около 400 кг на 1 м объема барабана, или 30—35% от веса литя.

Барабаны непрерывного действия применяются для очистки литейника, а также для мелкого однородного и несложного литя. Имеют

устройство для автоматического возврата звёздочек. Продолжительность очистки регулируется изменением угла наклона оси барабана к горизонту.

Пневматические песко- и дробеструйные аппараты. Аппараты, работающие по системе всасывания, иногда применяют для очистки свободной струей песка в пескоструйных камерах. Аппараты, работающие по гравитационной системе, применяют в пескоструйных и дробеструйных барабанах, круглых вращающихся столах и проходных столах. Аппараты, работающие по системе давления, применяют для очистки песком и дробью свободной струей в камерах, а также для барабанов круглых и проходных столов. При этом обычно применяют двухкамерные аппараты системы давления с автоматическим перепуском геска или дробы, допускающие непрерывную

работу. Давление воздуха при работе с песком: 2—3 ат, при работе с дробью 5—6 ат.

Сопла для пескоструйных и дробеструйных аппаратов. Применяют литые сопла из белого обыкновенного и хромистого (1—1,5% Cr) чугуна, сопла с вставками из победита и других твёрдых сплавов и сопла целиком из твёрдых сплавов. Победитовые сопла при работе с песком стоят не менее 250 час., сопла из карбида вольфрама 800—900 час.

Внутренний диаметр d сопел $4 \div 16$ мм. Длина сопла равна в среднем $10d$. По последним данным рекомендуется длина сопла $10 - 12d$ для $d < 8$ мм и $14 - 15$ для $d = 8 - 13$ мм.

Расход воздуха указан в табл. 152. Производительность сопла — в табл. 153.

Таблица 153

Таблица 152
Расход воздуха и эффективной мощности пескоструйным соплом

Диаметр сопла в мм	Давление воздуха в ат				
	2	3	4	5	6
4	0,44 2,3	0,59 3,6	0,75 4,9	0,90 6,8	1,05 8,4
5	0,69 3,5	0,94 5,8	1,16 8,0	1,42 10,5	1,62 13,0
6	0,99 5,1	1,33 8,3	1,68 11,3	2,04 15,0	2,32 18,6
7	1,35 7,0	1,81 11,0	2,28 16,0	2,77 20,5	3,16 25,3
8	1,75 9,0	2,36 14,5	2,97 20,0	3,62 26,5	4,12 33,0
9	2,33 11,5	2,99 18,3	3,75 26,0	4,58 34,5	5,22 42,0
10	2,75 14,3	3,69 22,5	4,63 32,0	5,65 41,8	6,44 52,0
11	3,33 17,2	4,47 27,5	5,61 38,0	6,84 50,5	7,99 64,0
12	3,96 20,5	5,31 32,3	6,67 45,5	8,14 60,5	9,27 74,0
13	4,65 24,0	6,24 38,0	7,83 54,0	9,55 71,0	10,90 87,5
14	5,39 27,8	7,24 44,5	9,03 62,0	11,8 82,0	12,62 101,0
15	6,18 32,0	8,30 51,0	10,53 69,0	12,72 94,0	14,49 115,0

Примечания. 1. Первая цифра — расход воздуха в м³/мин, вторая цифра — мощность в л. с.

2. Для гравитационной системы и системы всасывания расход воздуха и мощности находится по таблице с прибавкой 15—20%, причём вместо диаметра рабочего (песчановоздушного) сопла берётся диаметр воздушного сопла.

Производительность сопла при работе с чугунной дробью

Давление воздуха в ат	Производительность в см ³ /мин очищаемой поверхности при диаметре сопла в мм			
	5	6	8	10
1	143	167	200	226
2	255	300	362	433
3	362	435	520	618
4	456	570	665	810
5	551	665	841	1 000
6	643	800	1 000	1 140

Расход (потеря) песка в пескоструйных пневматических аппаратах составляет 50—100 кг на 1 т литья. Расход чугунной дробы 2,4—3,5 кг на 1 т литья при надлежащей вентиляции агрегата (отсутствие уноса дробы) и герметизации его.

Пескоструйные барабаны применяются для очистки песком или дробью мелкого литья. Работают по системе давления и гравитационной системе.

Пескоструйный барабан 0-3 завода Красная Пресня работает по гравитационной системе. Очистка песком попеременно включаемыми соплами; общее число сопел 12, одновременно работают 4; диаметр рабочих сопел 9 мм, воздушных — 3 мм; число оборотов барабана в мин. — 2; диаметр барабана в свету 900 мм, длина 1 125 мм; загрузка и выгрузка литья через торцевую дверку. Габариты установки: длина 1 970 мм, длина с открытой дверкой 2 825 мм, ширина 2 360 мм, высота 1 800 мм. Мощность мотора 1,4 кв.

Пескоструйные круглые вращающиеся столы применяют для очистки песком или дробью мелкого и среднего литья. Работают по системе давления и гравитационной системе. Делаются с тремя или одним вращающимися соплами. Диаметр столов берётся от 750 до 2 400 мм.

Пескоструйные проходные столы применяют для очистки песком или дробью массового среднего литья, имеющего плоскую форму, например радиаторов для водяного и парового отопления. Литые транспортируются мимо качающихся сопел, работающих по системе давления или гравитационной. Проходные столы делаются с соплами, рас-

положенными не только над транспортёром, но и под ним, для очистки одновременно верхней и нижней стороны отливок, и в таком случае имеют по два пластинчатых транспортёра с разрывом в зоне действия сопел.

Пескоструйные шкафы представляют собой небольшие камеры или ящики на ножках с решётчатым дном и резиновыми занавесками или двумя отверстиями для рук, через которые рабочий, находящийся вне шкафа, направляет внутрь камеры сопло. Работают по системе всасывания и давления, в последнем случае возможна очистка также дробью. Применяются для мелкого и среднего литья сложной формы.

Пескоструйные камеры с поворачивающимся столом применяют для очистки среднего литья песком или дробью и работают по системе давления. На одной половине стола, находящейся в камере, производится очистка литья, а на другой, находящейся вне камеры, раскладываются отливки. Стол поворачивается вручную.

Пескоструйные камеры для крупного литья (табл. 154) изготовляют: 1) с вращающимся приводным кругом, на который завозится тележка с литьём, и 2) без вращающегося круга. В последнем случае рабочий (в специальном костюме и респираторе) находится внутри камеры. Очистка производится песком или дробью, работа — по системе давления.

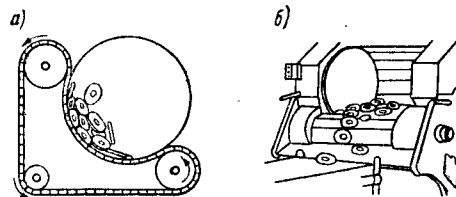
Таблица 154

Пескоструйные камеры с вращающимся кругом								
Тип	Свободная рабочая площадь в м	Внутренняя высота в м	Поворотный круг		Вес камер в кг		Вес в кг	
			диаметр в м	подъёмная сила в т	с поворотным кругом	без поворотного круга	элементов и шнека	поворотного круга и привода
I	2×2	2,5	1 200	3	3 000	2 500	850	900
II	2,5×2,5	2,5	1 500	6	4 000	3 800	900	1 100
III	3,5×3,5	3	2 100	8	6 500	4 900	950	1 800
IV	4,5×4,5	3,5	2 400	10	9 500	8 000	950	2 050

Механический аппарат для генерации струи чугунной дроби для очистки литья представляет собой центробежное ленточное колесо с приспособлением для питания его дробью. Нормальный диаметр колеса 400 мм, число оборотов в минуту 2 250, мощность мотора 15 л. с., производительность около 130 кг выбрасываемой дроби в 1 мин. Для направления струи дроби на отливки у колеса устанавливаются отражатели. Стойкость различных деталей колеса по данным автозавода ЗИС следующая: диски колеса из мягкой стали служат 3 мес., литые лопатки из хромистого, закалённого в масле белого чугуна до 2 недель, без термообработки 2 смены; коробка питательного аппарата из хромистого белого чугуна от 15 до 120 дней; импеллер (крылатое колесо питателя) и отражатели из того же материала соответственно 25—30 и 10 дней; резина, которой выстлан внутри защитный кожух колеса, 2 недели. При подборе комплекта сменных лопаток последние должны иметь отклонение по весу не свыше

3 г для обеспечения балансировки колеса. Основным преимуществом лопаточного дробеструйного колеса перед пневматической дробеструйной очисткой является экономия в потребляемой мощности.

Дробеструйные ленточные барабаны с дробеструйными колёсами применяют для очистки мелкого литья. Расход дроби по данным завода-изготовителя 2—3 кг на 1 т литья. Цилиндрическая часть барабана образована пластинчатым транспортёром, движение которого при очистке литья показано стрелками на схеме фиг. 91а. Загрузка литья производится



Фиг. 91а. Ленточный пескоструйный барабан

скиповым подъёмником. Для выгрузки литья снимается крышка, пластинчатый транспортёр пускается в обратном направлении и отливки выпадают из барабана в подставленный ящик (схема б). Дробеструйное колесо устанавливается над барабаном так, что плоскость колеса вертикальна и находится в плоскости оси барабана.

Завод Красная Пресня изготовляет подобный барабан, имеющий диаметр в свету 1 200 мм, длину 1 000 мм с ёмкостью загрузки 0,45 м³.

Пескоструйные и дробеструйные камеры непрерывного действия применяют для массового среднего и крупного литья. Движение отливок через камеры обычно цепным транспортёром.

Наждачные станки для зачистки мелкого литья применяют стационарные, обычно с двумя шлифовальными кругами диаметром 500—600 мм или 300—350 мм с приводом от трансмиссии или с индивидуальным мотором. Для среднего и крупного литья применяют маятниковые станки с кругами диаметром 300—350 до 600 мм. Для крупных отливок применяются: 1) переносные станки с гибким валом, приводимым от электромотора, с кругами диаметром до 300 мм; 2) переносные электрические станки с мотором, монтированным вместе с кругом, подобные электродрели; диаметр кругов обычно до 150 мм; 3) пневматические переносные станки с пневматическим двигателем (давление воздуха 6 ат), монтированным вместе с кругом.

Пневматические зубила применяют для обрубки среднего и крупного литья (табл. 155).

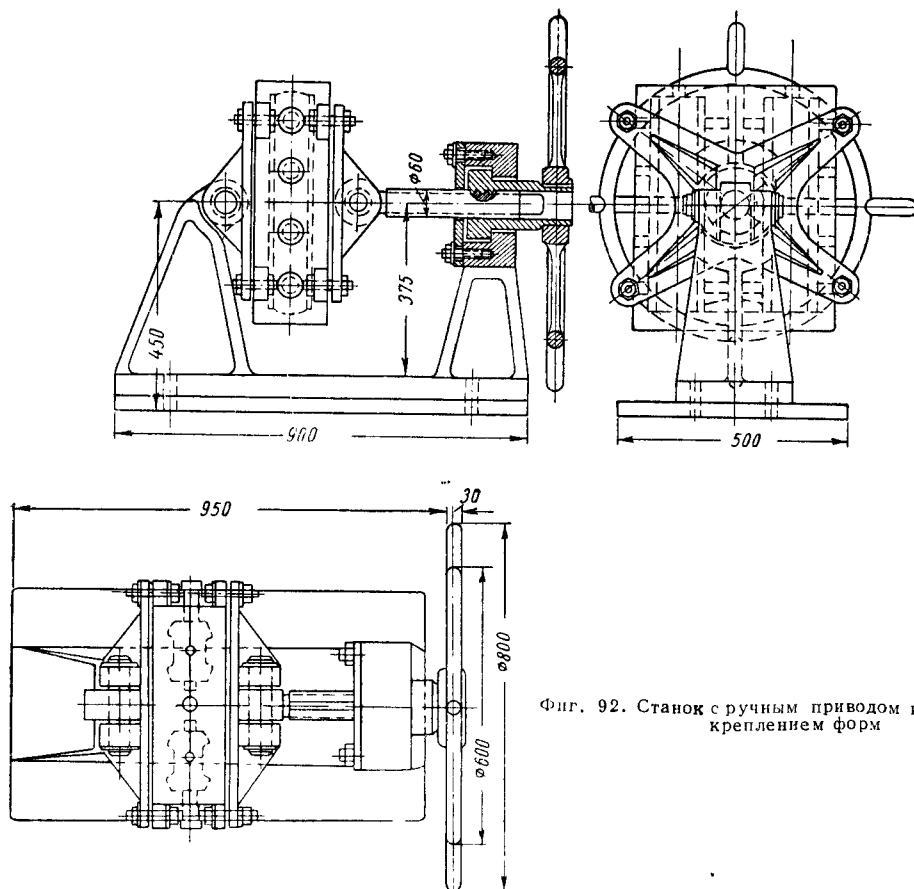
СТАНКИ И МАШИНЫ ДЛЯ ОТЛИВКИ ДЕТАЛЕЙ В МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ФОРМЫ

Ручные станки Нижнеднепровского стрелочного завода. На фиг. 92 показан станок с винтовым зажимным устройством, при помощи которого вручную производится сборка и разборка форм.

Пневматические зубила

Марка молотка	Назначение молотка	Общая длина в мм	Вес молотка в кг	Ударник			Среднее число ударов в мин.	Диаметр шланга в мм	Расход всасываемого воздуха в м ³ /мин
				диаметр в мм	длина в мм	вес в кг			
РК-41	Лёгкая чеканка и обрубка	260	4,5	28	50	0,2	2 500	—	—
РК-42	Лёгкая обрубка, средняя чеканка	295	4,8	28	70	0,3	2 000	—	—
РК-43	Средняя обрубка, тяжёлая чеканка, клёпка горячих заклёпок диаметром 10 мм	340	5,4	28	90	0,4	1 500	13	0,7
РК-44	Средняя обрубка, клёпка горячих заклёпок диаметром 12 мм	380	5,8	28	105	0,47	1 200	—	—
РК-45	Тяжёлая обрубка, клёпка горячих заклёпок диаметром 14 мм	410	6,3	23	120	0,54	1 100	—	—

Примечание. Расход воздуха указан для давления 5,5 ат. При меньшем давлении расход воздуха уменьшается, но соответственно понижается и мощность молотка.



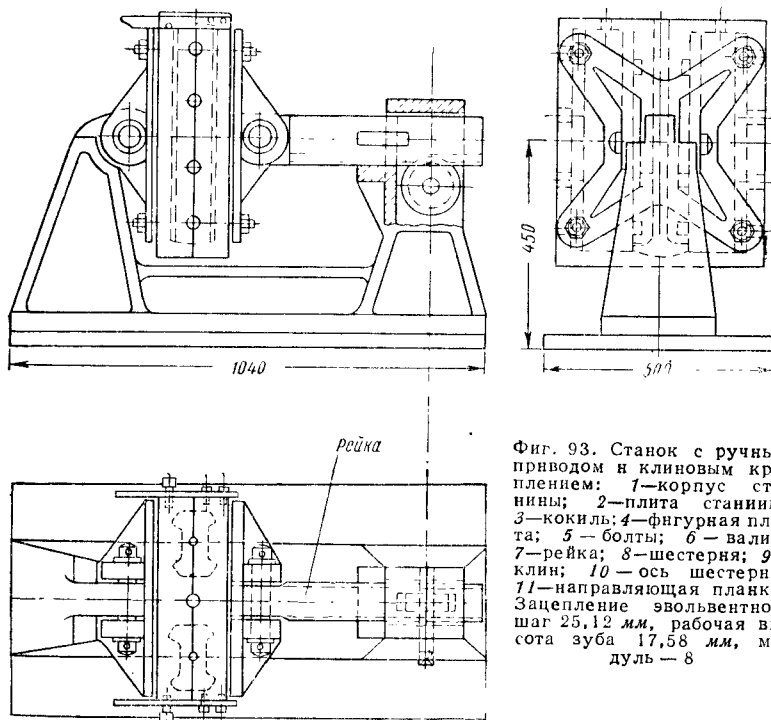
Фиг. 92. Станок с ручным приводом и винтовым креплением форм

Процесс сборки и разборки форм производится вручную, детали этого станка (винт, гайка и др.) требуют механической обработки, что удорожает его стоимость. На фиг. 93 показан более усовершенствованный вариант крепления металлических форм на станке без винтового устройства. Такая конструкция

станка проста и удобна в эксплуатации, она обеспечивает надёжное крепление металлических форм, быструю сборку перед заливкой и разборку после заливки, снижает трудоемкость и облегчает труд сборщиков. Вследствие жёсткого крепления металлических форм все детали стрелочной группы имеют точные

размеры и без механической обработки поступают на сборку крестовин. Один рабочий обслуживает 8 таких станков и заливает металлом 20 форм. При необходимости на станке этого типа может быть осуществлена много-

через обе крышки цилиндра 3. На концах штока укреплены плиты 4 и 5 для крепления половин формы, которые связаны между собой штангами 6. При движении штока крепёжные плиты для крепления полуформ перемещаются



Фиг. 93. Станок с ручным приводом и клиновым креплением: 1—корпус станины; 2—плита станины; 3—кокиль; 4—фигурная плита; 5—болты; 6—валик; 7—рейка; 8—шестерня; 9—клин; 10—ось шестерни; 11—направляющая планка. Зацепление эвольвентное, шаг 25,12 мм, рабочая высота зуба 17,58 мм, модуль — 8

кратная заливка в течение разливки одной плавки.

Станок представляет собой металлическую форму 3, которая состоит из двух половинок и имеет симметричную линию разреза.

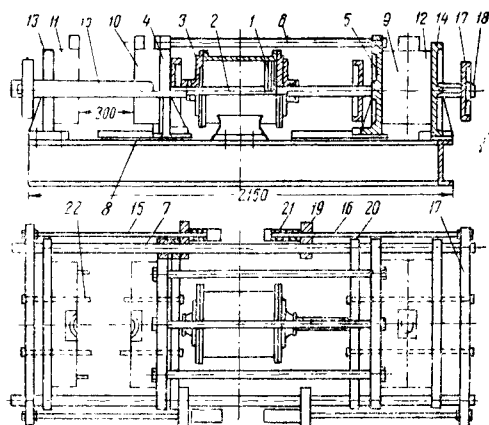
Металлическая форма устанавливается на станине 1. Половинки форм подвешиваются на станке при помощи крепёжных фигурных плит 4 и валиков 6. Крепёжные плиты крепятся к половинкам форм болтами 5 диаметром 15 мм. Крепление формы осуществляется при помощи рейки 7, цилиндрической шестерни 8, насаженной на ось 10, и жёстко крепится клином 9. Для разгрузки рейки по бокам устанавливаются направляющие разгрузочные планки 11.

На станках указанной конструкции на Нижнеднепровском заводе отливают коромысла переводного механизма, противовесы, обоймы фонарей стойки, вкладыши, перекрёстные переводы и другие.

Пневматические станки двустороннего действия. Пневматические станки для отливки в металлические формы получили значительно большее распространение, чем станки с ручным приводом. Особенно хорошие результаты достигаются при применении пневматических стайков двустороннего действия конструкции ЦЛ № 1 (фиг. 94).

На указанном станке устанавливается две формы (4 половинки), разъем форм производится попеременно при помощи одного цилиндра и поршня 1. Шток поршня 2 проходит

по направляющим 7 и 8. К поверхности крепёжных плит крепятся подвижные полуформы 9 и 10. Неподвижные половинки полуформ 11 и 12 укрепляются на торцевых стойках 13 и 14. При перемещении поршня вправо происходит закрытие правых полуформ и од-



Фиг. 94. Пневматический станок двустороннего действия: 1—поршень; 2—шток поршня; 3—крышки цилиндра; 4 и 5—плиты для крепления полуформы; 6—штанги; 7 и 8—направляющие; 9 и 10—подвижные полуформы; 11 и 12—неподвижные полуформы; 13 и 14—торцевые стойки; 15 и 16—тяги; 17—плита; 18—направляющие

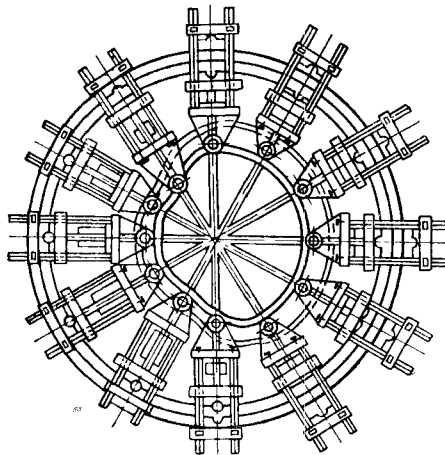
новременное раскрытие после заливки левых полуформ. После заливки правой закрытой формы поршень перемещается влево, происходит открытие правой и закрытие левой формы; такое попеременное открытие и закрытие производится после каждой заливки. Отливки выбивают при помощи парно расположенных толкателей в каждой полуформе. Для этой цели имеются тяги 15 и 16, которые с одной стороны связаны с плитой 17. Плита 17 может перемещаться по направляющим 18. На концах тяг 15 и 16 помещаются пружины 21. При перемещении крепёжной плиты 5 и закреплённой на ней полуформы в сторону неподвижно стоящей плиты с укрепленными на ней толкателями 22 и происходит выталкивание залитых деталей из гнезд передвигающихся полуформ. В это же время плита 17 тягами 16—15 перемещается влево в сторону стойки 14. Толкатели 22, укрепленные на плите 17, выталкивают отливки из подвижно установленных половинок полуформ.

Положительной стороной пневматического станка двустороннего действия является экономия времени на процесс открытия, которое осуществляется одновременно с закрытием противоположных половинок форм, а также экономия сжатого воздуха. Указанные станки применимы для отливки цветных и чёрных металлов. Применение указанных машин даёт возможность сравнительно легко осуществить многократную заливку, особенно при отливке деталей несложной конфигурации. При отливке деталей из цветных сплавов, вследствие применения печей небольшого тоннажа, а также сравнительно невысоких температур разливаемого металла, охлаждения металлических полуформ не предусматривается. По такому принципу производится отливка бронзовых деталей на заводе имени Л. М. Кагановича. Также не следует предусматривать искусственного охлаждения полуформ и при отливке чёрных металлов в случае редкого использования их в течение заливки одной плавки, когда не наблюдается значительного перегрева полуформ, а промежутка времени между двумя заливками одной формы достаточно для естественного охлаждения. Таким способом на этих станках отливают чугунные детали на Московском торном заводе.

Карусельные литейные машины для отливки деталей в металлические формы представляют собой блок нескольких станков механического или пневматического действия, установленных на круглом вращающемся механизме. Назначение таких машин заключается также в своевременном закрывании и раскрытии металлических форм. Вращающийся стол создаёт такие условия заливки, при которых ковш всегда находится в одном и том же положении, т. е. передвижение ковша заменяется движением карусели. Это имеет большое положительное значение при отливке деталей мелкого развеса.

Карусельная машина с механическим приводом конструкции инж. Сидельникова (фиг. 95) имеет вращающуюся карусель, на которой расположено 12 металлических форм. Каждая форма состоит из двух полуформ, причём неподвижные полуформы расположены на наружном неподвижном кольцеобразном столе.

На внутреннем вращающемся столе помещён копир в виде жёлоба определённой формы. Подвижные — передвигающиеся в радиальном направлении — полуформы на своих концах имеют вращающиеся ролики, входящие в жёлоб копира. При вращении центральной части копира подвижные полуформы будут



Фиг. 95. Карусельная машина

передвигаться в радиальном направлении, закрывать полуформы перед заливкой и открывать их в другой части окружности после заливки и затвердения отливок. Скорость вращения стола равна 10—12 оборотам в час, т. е. каждая форма заливается примерно через 5 мин. При таком обороте полуформ требуется воздушное охлаждение.

При отливке деталей с полостями, выполняемых при помощи стержней, установку их приходится производить после каждой заливки в горячие полуформы, что крайне неудобно и затруднительно; уже после 5—10-й заливки полуформы даже при воздушном охлаждении нагреваются до 400—500°. При отливке же бесстержневых деталей, т. е. форм без стержней, такие машины очень удобны и могут дать большую производительность труда.

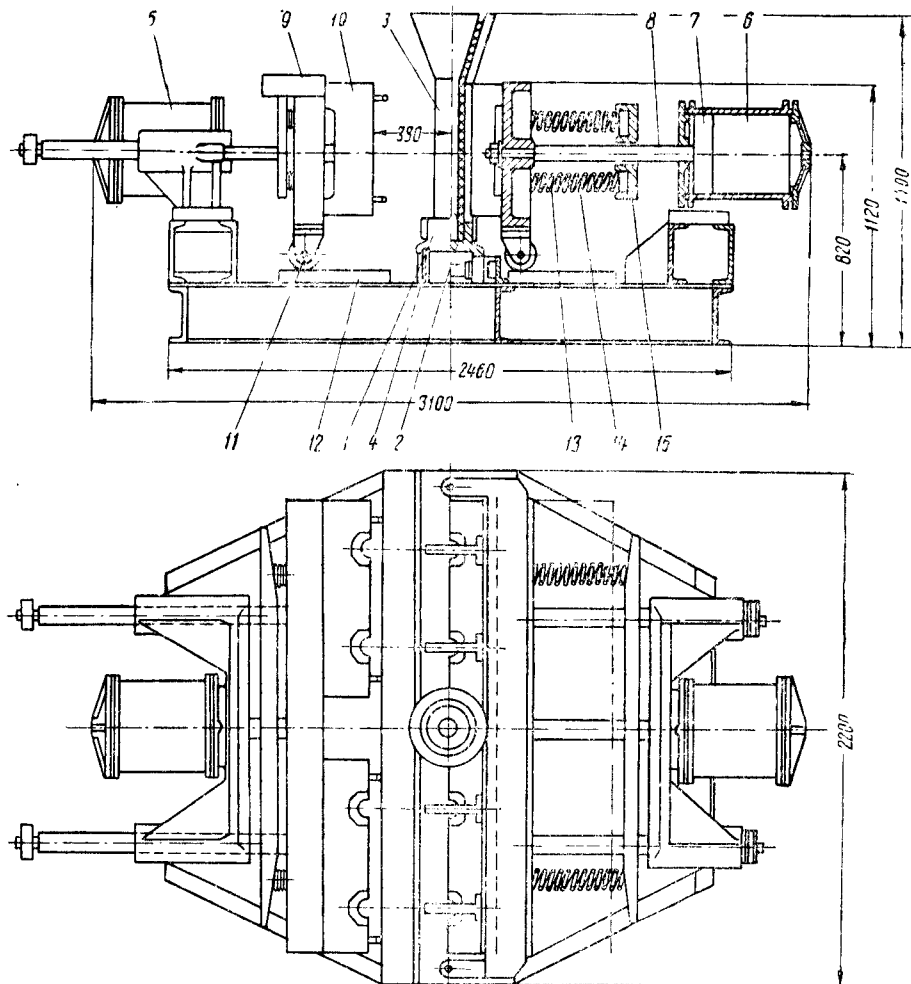
Карусельная автоматизированная машина Главсантахпрома, предназначенная для отливки арматуры в металлические формы, состоит из отдельных самостоятельно действующих станков, производящих операции сборки и разборки форм. Машина предназначена для отливки чугунной арматуры для соединения канализационных труб (тройники, сифоны, патрубки и др.), хотя с успехом эту конструкцию машины можно применять и для отливки других деталей небольшого развеса.

Применение этой машины для отливки чугунной арматуры повышает производительность в 10 раз, снижает трудоёмкость в 8,4 раза и уменьшает расход металла на единицу отливки на 30%. При этом съём литья с 1 м² производственной площади возрастает в два раза, брак снижается до 2—3%, а себестоимость — примерно в 9 раз.

Отливка деталей на указанной машине производится в чугунные формы с сырыми стержнями. Вес одной детали 4 кг.

Пневматические машины с проходной плитой. Вышеперечисленные станки и машины, предназначенные для отливки деталей в металлические формы, имеют один общий недостаток, особенно заметный при многократной заливке и при отливке деталей из чёрных металлов, т. е. когда внутренние стенки металлической формы нагреваются до высокой температуры. При отливке средних и особен-

отстаёт от разливки, приходится устанавливать большее количество станков и производить более редкую заливку в одну форму. Для устранения указанного недостатка и лучшего использования металлических форм работниками ЦЛ № 1 и работниками завода имени Л. М. Кагановича была спроектирована пневматическая литейная машина с сифонной проходной плитой (фиг. 96).



Фиг. 96. Пневматическая литейная машина с проходной плитой

но крупных деталей рабочий должен находиться, в случае необходимости постановки стержней, между двумя полуформами; расстояние между ними, как правило, не более 800—900 мм. Вследствие большого теплоразлучения между полуформами создаются потоки горячего воздуха и уже после третьей или четвертой заливки работать становится невозможно. Температура на поверхности стенок форм при отливке деталей весом 80 кг с толщиной стенки 25 мм после третьей заливки без применения искусственного охлаждения достигает 300°, а после пятой — 700° и выше. В результате установка стержней затягивается и сборка

В отличие от ранее описанных станков и машин на литейной машине с проходной сифонной плитой сборку стержней и литниковых каналов производят на проходной плите вне машины, благодаря чему труд рабочих значительно облегчается и процесс ускоряется. Если сборка стержней и литниковых каналов длится значительно больше, чем технологическое время между двумя заливками одной формы, то вся сборка и установка стержней могут производиться в промежутках времени между плавками. В течение же разливки плавки производится только операция заливки с необходимыми кратковременными опера-

циями закатки проходной плиты в машину, закрытия полуформ, заливки форм, раскрытия полуформ и выкатки проходной плиты с отлитыми деталями из машины.

На такой машине можно отливать детали больших размеров и веса. При отливке корпуса фрикционного аппарата весом 80,4 кг одновременно через один сифон заливалось по 4 шт.

До выпуска плавки производится сборка проходных плит 1, установка в каналы сифонных трубок 2, стояка 3 и центровых стержней отливаемой детали. Собранные проходные плиты располагают с одной стороны машины на специальных передвигающихся тележках с такими же рольгангами, как и рольганг 4 машины. На каждой тележке устанавливается пять проходных плит. При передвижении тележки вдоль машины рольганги тележки при её остановке совпадают с рольгангом машины, на которых и передвигается собранная проходная плита в процессе разливки или,

наоборот, с рольганга машины передвигается на тележку проходная плита с залитыми деталями. При помощи цилиндров 5 и 6, поршей 7, штока 8 происходит передвижение плиты 9 и металлических полуформ 10. В результате при движении вперёд закрывается машина под заливку (левая сторона), а при движении назад открывается машина (правая сторона) для выкатки и закатки проходной плиты.

Для устранения заеданий, перекоса в цилиндрах и прогиба штоков крепёжные плиты опираются на ролики 11, которые, передвигаясь по направляющим 12, поддерживают крепёжные плиты и металлические полуформы в строго вертикальном положении, чем и достигается плотность соединения по разёму полуформ. В каждом гнезде полуформы имеется два толкателя 13, которые при помощи пружин 14, упирающихся в плиты 15, производят одновременно выталкивание залитых деталей из обеих половинок формы.

БРАК В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Важнейшим условием получения качественных отливок является правильно и тщательно разработанный и точно соблюдаемый технологический процесс, а также применение кондиционных исходных материалов.

Технология литья складывается из ряда самостоятельных процессов. Этими процессами являются: приготовление формовочных и стержневых смесей, изготовление моделей и стержневых ящиков, производство форм и стержней, сборка форм, плавка металла, заливка и выбивка форм, очистка и термическая обработка отливок и, наконец, окончательный контроль и сдача годной продукции.

Обязательным условием является также контроль качества выполнения работы как на промежуточных, так и на окончательных этапах производства.

Правильно организованный и технически подготовленный контроль должен гарантировать высокое качество отливок и во время вскрывать причины брака и понижения качества литья.

Годной продукцией литейного цеха считается та, которая выполнена в пределах норм, установленных по техническим условиям ГОСТ, чертежам и специальным соглашениям между производственным предприятием и потребителем литья.

Бракованной продукцией литейного цеха считается такая, которая имеет дефекты или отклонения от норм. Однако незначительные дефекты поверхности в виде неглубоких и небольших раковин являются причиной забраковки лишь в том случае, если детали с такими дефектами показывают неудовлетворительную службу в эксплуатации. В технических условиях на литьё в каждом случае должны быть оговорены все допустимые дефекты. Бракованное литьё в зависимости от возможности его исправления или применения отливки с дефектами без исправления подразделяется на три вида:

1. Окончательный брак. К этому виду относится литьё, которое в процессе из-

готовления получило значительные дефекты или отклонения от установленных требований и исправить его невозможно или экономически невыгодно. Такое литьё может пойти только в scrap на переплавку.

2. Исправимый брак. Литьё с дефектами, которые можно устранить, после чего оно становится годным. Без устранения дефектов литьё на дальнейшие операции обработки не допускается.

3. Условный брак. Литьё имеет отклонения от установленных технических норм, но может быть допущено к эксплуатации только в тех случаях, когда дефекты его не могут ухудшить работы детали в механизме или влияют только на внешний вид, но не на прочность детали. Такое литьё не исправляют, а пускают на дальнейшую обработку только по согласованию с заказчиком.

Характеристика дефектов в литейном производстве, меры их предупреждения и способы исправления приведены в табл. 155, на стр. 133—139.

Брак литья по месту его обнаружения разделяют на:

1) внутренний — все виды брака, обнаруженные в литейном цехе;

2) внешний, происшедший по вине литейного цеха, но обнаруженный в других цехах завода, главным образом в процессе последующей обработки отливок.

Для правильного определения дефектов отливок и их причин применяют классификатор дефектов, построенный на базе стандартных классификаторов:

1) ГОСТ 2612-44 «Отливки из серого чугуна — терминология и классификация дефектов»;

2) ГОСТ 3287-46 — то же для ковкого чугуна;

3) ГОСТ 4009-48 — то же для стального литья.

Единство классификации обеспечивает сравнимость данных о браке по разным заводам и облегчает обмен опытом.

Таблица 155

Дефекты в литейном производстве, меры их предупреждения и способы исправления

Шифр ¹ и виды дефектов, их характеристика и способы обнаружения	Причины	Меры предупреждения	Способы исправления
0 32 53 Заливы Неопределённой формы рёбра, выступы и другие приливы на теле отливки, образовавшиеся в местах разёма опок или в зазорах между отдельными частями формы Внешний осмотр чёрной отливки	Недостаточная нагруженность формы или слабое крепление формы при заливке Искривление опок, а также неисправность втулок Небрежная формовка и сборка Несовпадение размеров знаков у модели и ящика	Расчёт груза, правильная укладка груза, улучшение крепления опок Простройка опок, смена втулок, проверка по кондуктору Усиление контроля сборки и инструктаж Проверка моделей и ящиков	Обработка и очистка
02 38 44 Коробление Изменение размеров и контура отливки под влиянием усадочных напряжений Внешний осмотр отливки до или после механической обработки. Измерение, разметки	Неравномерное остывание отдельных частей отливки вследствие её нерациональной конструкции Неправильный подвод металла, ухудшающий равномерность остывания Чрезмерно высокая температура заливки Неправильная укладка при отжиге Неправильная термообработка	Исправление конструкции отливки (установка рёбер, галтелей, изменение толщины стенок и взаимных переходов) Подвод металла в более тонкие и концевые части отливки Уменьшение температуры заливки Равномерная плотная укладка деталей Изменение режима термообработки	Правка: вручную, под молотами и прессами; выдерживание в печи под грузом при $t=750^{\circ}\text{C}$
03 — 44 Корольки Небольшие, независимо от отливки застывшие металлические шарики в открытых или закрытых раковинах отливки Внешний осмотр отливки до и после механической обработки Просвечивание	Неправильная подача металла в литниковую систему в начале заливки, образование всплесков Неправильное устройство литниковой системы, способствующее образованию брызг Переувлажнение формы	Инструктаж заливщика Изменение литниковой системы Уменьшение влажности смеси, меньшее смачивание формы	Газовая или электрическая заварка; ввёртывание пробки
04 43 15 Наросты Различной формы и различных размеров образования на поверхности отливок, состоящие из металла с прослойками или включениями формовочного материала или шлака Внешний осмотр чёрной отливки	Недостаточная прочность формы вследствие малой крепости формовочной смеси Неравномерная набивка формы и стержней Неправильный подвод жидкого металла, вызывающий удары струи о форму Плохая, с задирами поверхность формы	Изменение состава формовочной смеси в сторону увеличения крепости Более равномерная набивка формы и стержней Изменение конструкции литниковой системы, обеспечивающее более спокойное заполнение формы металлом Тщательная отделка форм	Механическая обработка
05 34 41 Недолив (неполная отливка) Неполностью выполненные конфигурации и размеры отливки вследствие недостаточного заполнения металлом литейной формы Внешний осмотр чёрной отливки	Недостаточное количество металла в ковше Низкая температура заливки Недостаточная жидкотекучесть металла вследствие неправильного химического состава или по причине окисленности металла Уход металла из формы вследствие небрежной сборки Засорение и пережимы питателей при сборке Нерациональная конструкция отливки (слишком тонкие стенки)	Перерасчёт количества металла при заливке, увеличение температуры металла, выпускаемого из печи, приближение мест заливки к печи, улучшение системы эзливки Изменение химического состава металла, улучшение процесса плавки Улучшение качества сборки Инструктаж сборщиков и контроль сборки Изменение конструкции отливки, утолщение стенок	Газовая или электрическая заварка; ввёртывание пробки

¹ В первой клетке слева шифр для брака отливок из серого чугуна, во второй — ковкого чугуна, в третьей — стали.

Шифр ¹ и виды дефектов, их характеристика и способы обнаружения	Причины	Меры предупреждения	Способы исправления
06 — — <i>Отбел</i> Наличие в разных частях отливки твёрдых, не поддающихся механической обработке мест со светлой лучистой поверхностью излома, обусловленных присутствием в чугуне структурно-свободного цемента Испытание твёрдости и обрабатываемости Определение связанного углерода химическим анализом Исследование микроструктуры	Неправильный химический состав металла Чрезмерно быстрое снижение температуры металла в форме вследствие переувлажнения формовочной смеси Нетехнологичность конструкции (резкое колебание толщин стенок, не позволяющее подобрать правильную шихту и режим заливки)	Изменение химического состава в сторону увеличения графитизирующих элементов Уменьшение влажности формовочной смеси Изменение конструкции отливки	Термическая обработка
07 — 31 <i>Пригар</i> Грубая, шероховатая поверхность отливки, образовавшаяся в результате сплавления формовочных материалов с металлом	Недостаточная огнеупорность формовочных материалов Недостаточное количество угля в формовочной массе Неравномерность свойств формовочного материала вследствие его плохой переработки Применение чрезмерно крупного песка, образующего в форме или стержне большие поры, в которые проникает жидкий металл; при затвердевании образуются корка из зёрен песка, сваривающихся с металлом (механический пригар) Недостаточно плотная набивка Плохое припыливание формы или плохое качество припыла Плохое окрашивание формы или плохое качество краски Заливка слишком горячим металлом Плохая очистка отливок	Увеличение огнеупорности формовочных и стержневых смесей Увеличение содержания каменного угля в формовочной массе Инструктаж земледелов. Усиление контроля Изменение состава формовочных смесей (применение более мелких песков) Увеличение плотности набивки форм. Инструктаж и контроль Улучшение качества припыла. Инструктаж формовщиков Улучшение качества краски. Инструктаж формовщиков Выдержка металла в ковше. Заливка более холодным металлом Инструктаж и контроль очистки	Обрубка и обдирка на абразивных кругах
08 21 11 <i>Раковины газовые</i> Открытые (наружные) или закрытые (внутренние) пустоты в теле отливки, обычно с чистой и гладкой поверхностью Внешний осмотр отливки после механической обработки, просвечивание	Большое содержание газов в металле Нераскислённый металл Пониженная газопроницаемость формовочных или стержневых смесей Повышенное содержание газообразующих веществ в формовочных и стержневых смесях Чрезмерное местное смазывание формы при вытаскивании модели или исправлении повреждения Недостаточная вентиляция форм и стержней Недостаточная просушка форм или стержней Плохая окраска формы или стержня	Применение менее окислительной шихты, изменение дутьевого режима Раскисление металла Изменение состава формовочной и стержневой смеси в сторону повышения газопроницаемости. Уменьшение плотности набивки Уменьшение содержания угля и других газообразующих веществ в формовочных или стержневых смесях Инструктаж формовщиков и сборщиков Улучшение вентиляции форм и стержней Улучшение сушки форм и стержней. Усиление контроля. Инструктаж формовщиков и стерженщиков	Газовая или электрическая заварка; ввёртывание пробок; при небольших размерах дефекта — металлизация, т. е. покрытие исправляемой поверхности слоем металла

Продолжение табл. 155

Шифр ¹ и виды дефектов, их характеристика и способы обнаружения	Причины	Меры предупреждения	Способы исправления
	<p>Перерыв струи во время заливки</p> <p>Применение грязных либо окислённых жеребеек или кокилей</p> <p>Низкая температура заливаемого металла, затрудняющая выход из него газов</p> <p>Неправильное устройство литниковой системы и неправильные размеры (или отсутствие) выпоров, в результате чего форма быстро заполняется металлом и газы не успевают удалиться из неё</p>	<p>Усиление контроля за равномерностью окраски</p> <p>Улучшение качества краски</p> <p>Инструктаж заливщиков и контроль заливки</p> <p>Контроль за качеством лужения жеребеек и чистой кокилей</p> <p>Повышение температуры заливки</p> <p>Изменение литниковой системы и выпоров с расчётом увеличить торможение металла или ускорить выход газов</p>	
<p>09 — —</p> <p>Раковины земляные</p> <p>Открытые или закрытые пустоты в теле отливки, полностью или частично заполненные формовочным материалом</p> <p>Внешний осмотр отливки до и после механической обработки. Просвечивание</p>	<p>Местное разрушение и засорение формы при сборке</p> <p>Недостаточная прочность формовочной и стержневой земли или краски</p> <p>Задир поверхности формы из-за неисправности моделей</p> <p>Недостаточное крепление выступающих частей формы</p> <p>Слабая, а также неравномерная набивка формы и стержней</p> <p>Долгое выдерживание сырой формы до заливки, вызывающее осыпание подсыхнувших и выступающих частей</p> <p>Пережог стержней или формы</p> <p>Несоответствие размеров знаков стержней и знаков моделей, что приводит к обжиму формы и её засорению во время сборки</p> <p>Неправильная установка стержней, вызывающая подрыв формы</p> <p>Неправильная литниковая система, вызывающая размыв формы или стержня</p> <p>Обвал формы при установке груза</p> <p>Нетехнологичность конструкции отливки (непрочные тонкие выступы и острые углы формы)</p>	<p>Инструктаж сборщиков, усиление контроля сборки</p> <p>Улучшение качества формовочной и стержневой земли и красок</p> <p>Проверка и исправление моделей</p> <p>Улучшение крепления выступающих частей формы</p> <p>Улучшение плотности и равномерности набивки формы и стержней. Усиление контроля</p> <p>Улучшение организации сборки и заливки, уменьшение простоя форм перед заливкой</p> <p>Усиление контроля за сушкой, инструктаж</p> <p>Проверка и исправление знаков моделей и стержневых ящиков</p> <p>Инструктаж сборщиков, контроль</p> <p>Изменение конструкции литниковой системы, уменьшение напора металла</p> <p>Инструктаж сборщиков и заливщиков</p> <p>Изменение конструкции отливки — уменьшение или ликвидация резких выступов и острых углов формы</p>	<p>Газовая или электрическая заварка; ввёртывание пробок; при небольших размерах дефекта — металлизация, т. е. покрытие исправляемой поверхности слоем металла</p>
<p>10 22 13</p> <p>Раковины усадочные</p> <p>Открытые или закрытые пустоты в теле отливки, имеющие шероховатую поверхность с грубокристаллическим строением</p> <p>Внешний осмотр отливки до и после механической обработки. Просвечивание</p>	<p>Неправильная конструкция отливки (утолщения и местные скопления металла)</p> <p>Неправильное питание отливки жидким металлом в процессе её затвердевания (неправильное расположение приливов, выпоров и литников)</p> <p>Неправильные размеры или неправильная установка холодильников или недостаток холодильников (кокилей)</p>	<p>Изменение конструкции отливки для уменьшения скоплений металла и утолщений</p> <p>Изменение литниковой системы, расположения и размеров выпоров и приливов для улучшения питания жидким металлом мест, склонных к образованию усадочных пустот, и для обеспечения направленности затвердевания</p> <p>Увеличение числа холодильников (кокилей) или изменение их конструкции</p>	<p>То же</p>

Продолжение табл. 155

Шифр ¹ и виды дефектов, их характеристика и способы обнаружения	Причины	Меры предупреждения	Способы исправления
	Повышенное содержание элементов, способствующих усадке, и пониженное содержание элементов, препятствующих усадке Чрезмерно высокая температура заливки, увеличивающая усадку	Изменение химического состава в сторону, способствующую уменьшению усадки Уменьшение температуры заливки	То же
11 23 13			
Раковины шлаковые Открытые или закрытые пустоты в теле отливки, полностью или частично заполненные шлаком Внешний осмотр отливки до и после механической обработки. Просвечивание	Применение окисленной и загрязнённой шихты, загрязнённых флюсов, нестойких огнеупоров, способствующих образованию шлаков Низкая температура и низкая жидкотекучесть металла, препятствующие отделению шлака из металла в ковше и в литниковой системе Неправильная литниковая система, не отделяющая шлака Разрушение фильтровальной сетки вследствие непрочности стержневой смеси или неправильной сушки сетки Нерациональное устройство ковшей, не способствующее отделению шлака Плохая очистка металла в ковше от шлака и небрежная, вместе со шлаком, заливка в формы Заливка иераски слённого металла	Применение менее ржавой шихты и соответствующих кондициям флюсов Применение качественных огнеупоров Повышение температуры металла и его жидкотекучести Изменение литниковой системы, усиление её шлакоотделительной способности Изменение состава материала сетки и изменение режима сушки Изменение конструкции ковшей, установка шлакоотделительной перегородки Инструктаж заливщиков. Выдержка металла в ковше перед заливкой Сгущение шлаков в ковше Улучшение раскисления металла	То же
12 25 14			
Рыхлота и пористость Явно повышенная крупнозернистая и неплотная структура металла Осмотр обработанной поверхности. Гидравлическое или воздушное испытание	См. «Раковины усадочные и газовые»	То же	То же и пропитка или подчеканка
13 31 32			
Спаи Сквозные или поверхностные с закруглёнными краями щели и углубления в теле отливки, образованные неслившимися потоками преждевременно застывшего металла Внешний осмотр отливки до и после механической обработки	Недостаточная температура заливки Недостаточная жидкотекучесть металла вследствие неправильности химического состава Неправильная литниковая система, обуславливающая слишком медленное заполнение формы Перерыв струи при низкой температуре металла Засорение или пережим питателей	Повышение температуры заливки Увеличение жидкотекучести металла изменением химического состава Изменение литниковой системы с целью увеличения скорости заливки Инструктаж заливщиков, усиление контроля заливки Инструктаж сборщиков, усиление контроля сборки	Газовая или электрическая заварка
14 11 21			
Трещины горячие Прямолинейные или извилистые разрывы (сквозные трещины) и надрывы (несквозные трещины) тела отливки	Неправильная конструкция отливки; резкий переход от толстых к тонким сечениям	Изменение конструкции отливки — смягчение переходов различных сечений. Устройство галтелей рёбер на моделях	То же

Продолжение табл. 155

Шифр ¹ и виды дефектов, их характеристика и способы обнаружения	Причины	Меры предупреждения	Способы исправления
Поверхность металла по трещине окислена (имеет цвет окалины) Внешний осмотр отливки до и после механической обработки	Сопротивление форм и стержней нормальной усадке металла из-за чрезмерно плотной набивки, неправильного состава формовочных и стержневых смесей, неправильного расположения ребер опок или каркасов в стержнях	Уменьшение плотности набивки, изменение состава формовочных или стержневых смесей. Изменение расположения и конструкции ребер опок или каркасов стержней	
15 12 22 Трещины холодные Прямолинейные или извилистые разрывы и надрывы тела отливки. Поверхность металла по трещине не окислена (может иметь цвет побежалости) Внешний осмотр отливки до и после механической обработки	Неправильный химический состав — повышенное содержание элементов, увеличивающих доперлитовую усадку или уменьшающих временное сопротивление при высоких температурах Преждевременная выбивка Заливка чрезмерно горячим металлом, увеличивающая усадку Неправильный подвал металла, ухудшающий равномерное остывание отдельных частей отливок Неправильное расположение холодильников Плохое раскисление металла	Изменение химического состава металла для уменьшения усадки и повышения временного сопротивления при высоких температурах Изменение времени выдержки перед выбивкой. Устранение сквозняков в помещении выбивки Понижение температуры заливки путём выдержки металла в ковше Изменение литниковой системы, обеспечивающее равномерное остывание отдельных частей отливки Установка или изменение конструкции холодильников (кокилей) Улучшение раскисления металла	Газовая или электрическая заварка
16 13 33 Ужимины Неглубокие узкие и длинные вмятины в теле отливки, прикрытые слоем металла (соединённого с отливкой «литниковым швом»), отделённого от тела отливки прослойкой формовочного материала Внешний осмотр отливки до и после механической обработки	Наличие слоистости и трещин на поверхности формы Недостаточная газопроницаемость и вентиляция формы, приводящие к местному вспучиванию слоя земли вследствие повышенного газового давления и отжима вспученного слоя металла во время заливки Повышенная газотворная способность материала формы	Инструктаж формовщиков Усиление газопроницаемости формовочной массы и вентиляции формы, равномерная плотность набивки. Хорошая подготовка формовочной смеси Уменьшение органических добавок и снижение влажности формовочной смеси	То же
17 51 51 Несоответствие металла стандартам или техническим условиям по химическому составу Неправильный химический состав Химический анализ отливок обычными, а также спектроскопическими методами	Неправильный расчёт угара при составлении шихты Применение материалов без проверки их состава в химической лаборатории Взвешивание на неправильных весах или применение материала без веса Ошибки при загрузке (например не дано добавок ферросплавов) Неправильное ведение плавки Ошибки экспресс-анализов	Проверка правильности расчёта шихты Усиление контроля химического состава шихтового материала Проверка и исправление весов, контроль за взвешиванием Инструктаж закладчиков, контроль Инструктаж плавильщиков, контроль Инструктаж лаборантов. Дублирование контрольных проб	Неисправимо

Продолжение табл. 155

Шифр ¹ и виды дефектов, их характеристика и способы обнаружения	Причины	Меры предупреждения	Способы исправления
18 52 81 <i>Несоответствие металла стандартам или техническим условиям по микроструктуре</i> Неправильное соотношение структурных составляющих чугуна. Отступления по величине, форме, строению или по распределению составляющих Микроанализ	Неправильный химический состав Неправильная температура заливки Недоотжиг	Изменение химического состава металла Изменение температуры заливки Изменение времени или температуры отжига	Термическая обработка
19 53 61 <i>Несоответствие металла стандартам или техническим условиям по физико-механическим свойствам</i> Пониженные по сравнению с нормами механические свойства чугуна. Недостаточная его магнитопроводность, антимагнитность, коррозионная устойчивость, жаростойкость и т. д. Механические испытания. Специальные испытания на магнитопроводность, коррозионную устойчивость, жаростойкость, износостойкость и др.	Неправильная термическая обработка: неправильный нагрев или охлаждение, недостаточная максимальная температура и малая выдержка, высокая температура и чрезмерная выдержка Окисление металла во время термической обработки Конструкция детали, не позволяющая получить необходимую структуру во всех её частях Неправильно взята проба	Изменение режима термической обработки. Усиление контроля Изменение режима термической обработки (отжига) Улучшение обматки горшков. Введение засыпки Изменение конструкции детали для достижения более равномерного охлаждения в различных её частях Инструктаж лаборанта и контролёра	Только в отдельных случаях термическая обработка
20 35 45 <i>Несоответствие размеров и конфигурации отливок чертежам</i> Отклонения в размерах отливки, перекосы, смещение центров или отдельных частей, разностенность и т. д. Внешний осмотр, разметка	Неправильное изготовление или ремонт моделей и ящиков Неправильный монтаж моделей на плитах Плохое состояние опочного парка — износ штырей и втулок Неправильная формовка и небрежный выем моделей Нетехнологичность конструкции отливки	Проверка и ремонт моделей и ящиков Проверка монтажа моделей, перемонтаж Ремонт опок — замена штырей и втулок Проверка технологии Инструктаж формовщиков, усиление контроля Изменение конструкции отливки	Только в отдельных случаях механическая обработка, газовая или электрическая заварка; заварка жидким металлом
21 39 35 <i>Несоответствие веса отливок стандартам или техническим условиям</i> Отклонения в весе отливки от заданного в недопустимых пределах Взвешивание	Неправильная постановка стержней и накрытие формы Недостаточно жёсткий каркас стержней, вызывающий их изгиб во время заливки Изгиб стержней во время сушки Плохое укрепление стержней жеревейками «Закатка» отливок в очистном барабане Переточка наждаком	Инструктаж сборщиков, усиление контроля Ужесточение конструкции каркасов стержней Применение сушильных плит или подсыпки во время сушки Усиление крепления стержней. Инструктаж сборщиков, усиление контроля Инструктаж барабанщиков, контроль Инструктаж наждачников, контроль	То же

Продолжение табл. 155

Шифр ¹ и виды дефектов, их характеристика и способы обнаружения			Причины	Меры предупреждения	Способы исправления
22	41	—			
<i>Механические повреждения</i>					
Нарушение целостности отливки при выбивке, транспортировке или очистке			Нерациональная конструкция литниковой системы (чрезмерно толстые по сравнению с телом отливки, питатели, прибыли и выпоры), приводящая к вылому тела при удалении литников, выпоров и прибылей	Изменение конструкции литниковой системы, уменьшение промежуточных сечений между телом отливки и литниковой системой, выпором и прибылями. Изменение места подвода литников и установки прибылей	Только в отдельных случаях механическая обработка, газовая или электрическая заварка; заварка жидким металлом
Внешний осмотр отливки			Отбивка литниковой системы, выпоров и прибылей без предварительной подрубки	Инструктаж обрубщика, контроль	
			Падение отливки	Инструктаж выбивщиков и транспортировщиков	
			Неполная загрузка очистных барабанов или совместная загрузка тонкостенных и тяжёлых отливок	Инструктаж баранбашников, контроль	

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

1. Во всех пролётах и на всех производственных площадях литейного цеха должны быть устроены свободные безопасные проходы как для транспорта, так и для доступа к оборудованию и к рабочим местам. Оснастка, рабочий инструмент, материалы и т. д. должны распределяться по рабочим местам так, чтобы исключалась возможность загромождения их и проходов к ним.

2. Для поддержания чистоты воздуха в литейных цехах большое значение имеет непрерывная очистка полов на рабочих участках, своевременное удаление всех отходов производства и содержание в чистоте рабочих мест.

3. Удаление вредных газов, пыли и излишнего тепла из литейных цехов осуществляется своевременным открытием и закрытием окон и тех или иных фонарей цеха, а также посредством вентиляции. В холодный период окна в цехе следует открывать на высоте 5,5—6,0 м от пола во избежание сквозняков. В летнее время температура воздуха в производственных помещениях литейного цеха не должна превышать температуры наружного воздуха в тени более чем на 5°.

4. Участки и пролёты цеха, где удаление пыли, газов и излишка тепла не может быть достигнуто проветриванием, необходимо снабжать приточно-вытяжной вентиляцией. Места же и агрегаты, где выделение или скопление газов и пыли достигает больших размеров, должны быть отделены от производственных участков цеха и снабжены усиленной вытяжной механической вентиляцией.

5. Все рабочие места и проходы литейного цеха должны быть обеспечены естественным светом по нормам ГОСТ 3291-46 и искусственным освещением по ГОСТ 3825-47. Кроме общего и местного освещения, в литейных цехах должно быть предусмотрено аварийное освещение, которое должно давать света не менее 10% нормального, установленного ГОСТ.

Для получения отражённого света стены, потолки, колонны и т. д. должны периоди-

чески краситься краской светлого тона не реже двух раз в год. Промывка окон и фонарей должна производиться регулярно, не реже одного-двух раз в месяц.

Очистка окон и стен, крепление стёкол в окнах и фонарях должны производиться с соблюдением особых мер предосторожности как в отношении лица, занятого на этой работе, так и в отношении людей, находящихся поблизости и ниже места производства указанной работы.

Крепление и замазка стёкол в световых верхних фонарях должны быть абсолютно надёжными.

6. Подъёмные механизмы и вспомогательные приспособления (стропы, тросы, цепи, крючки, подьёмы) независимо от их назначения должны использоваться при условии строгой дисциплины и соблюдения всех правил и инструкций Котлонадзора.

7. Рационализация транспорта и транспортно-подъёмных средств в литейных цехах — одна из важнейших мер борьбы с несчастными случаями, так как значительный процент всех несчастных случаев в литейных цехах падает на работы по подъёму и транспортировке тяжестей; для устранения их необходимо выполнять следующие требования техники безопасности:

а) не перегружать краны и другие подъёмные приспособления и транспортные средства;

б) твёрдо помнить, что групповая работа с грузами без команды опасна и что дисциплина в этом случае есть основа безопасности труда;

в) правильно зацеплять, укладывать и подвешивать груз при подъёме краном и пользоваться только вполне исправными и проверенными чалочными приспособлениями;

г) использовать подъёмно-транспортные приспособления только по своему прямому назначению;

д) не допускать в работу краны и другие подъёмные механизмы, находящиеся в явно неудовлетворительном состоянии и не соот-

ветствующие требованиям техники безопасности;

е) краны, предназначенные для перемещения ковшей с расплавленным металлом, проверять особенно тщательно перед использованием, а самое перемещение производить под надзором лица, отвечающего за исправное состояние крана;

ж) перед использованием ковшом для расплавленного металла удостовериться в исправном действии поворотного механизма и стопорного устройства.

8. Процессы выгрузки, загрузки и перемещения формовочных и шихтовых материалов, топлива и флюса должны быть механизированы, так как, что было отмечено выше, больше всего несчастных случаев имеет место на этой категории работы в силу широкого применения на ней ручного труда.

9. Опoki должны храниться в специальном складе или под навесом, оборудованным подъёмно-транспортными средствами. Высота укладки в штабели мелких и средних опок допускается до 1,5 м, а крупных — до 2,0 м. Отступление от этого правила в сторону увеличения высоты укладки допустимо только по особому разрешению ОТБ и под ответственностью заведующего складом и мастера по подготовке производства.

10. Не рекомендуется укладывать шихтовые материалы (штыковой чугуn, скрап) в груды и штабели высотой свыше 700 мм.

Ширина проходов в шихтовом складе должна быть не менее 1,0 м и проходы не должны пересекаться с транспортными путями грейфера электромагнитной плиты и другими транспортно-погрузочными устройствами склада шихтовых материалов.

Разбивка негабаритного скрапа и ломка штыкового чугуна должны вестись при строгом соблюдении правил техники безопасности, при самой полной и возможной механизации (применение чушколомов, копров, склизов, магнитных плит и т. д.).

11. Приготовление формовочной и стержневой земли должно производиться по схеме, вывешенной в отделении цеха.

Важнейшей мерой борьбы с несчастными случаями в современных механизированных земледельных отделениях является ограждение движущихся и вращающихся механизмов и снабжение их рабочими площадками, обеспечивающими безопасное обслуживание их. Переходы от механизма к механизму, расположенные на разной высоте от пола цеха, должны быть снабжены прочными барьерами и ограждениями, обшитыми по высоте не менее чем на 150 мм. Настилы переходов и площадок должны быть плотными, не допускающими проникания через них земли и пыли, которые, падая вниз, засоряют помещения и попадают на рабочих.

Пусковое устройство бегунов и смесителей должно быть заблокировано с ограждением так, чтобы исключить возможность пуска их, когда внутри находится рабочий, производящий очистку, смазку или ремонт.

При конвейерах должны быть предусмотрены в определённых местах переходные мостики. Все механизмы землелегательного отделения должны снабжаться остановочными приспособлениями с кнопкой «стоп»,

расположенными непосредственно на рабочих местах, и так, чтобы ими можно было легко воспользоваться в момент опасности.

Механизированная земледелка должна иметь двустороннюю звуковую и световую сигнализацию для предупреждения работающих о пуске и остановке механизмов.

12. Сушила для сушки форм и стержней с выдвижными платформами, полками и этажерками должны снабжаться плотно закрывающимися дверками и смотровыми окнами, чтобы топочные газы не могли проникать в помещение цеха, а над дверями должны устанавливаться вытяжные зонты. Отдых рабочих и длительное пребывание их у дверей сушил категорически воспрещается. Подсушка форм жаровнями с коксом и углём, а также пользование переносными сушилами разрешается: при одновременном с сушкой проветривании помещения, при наличии достаточно мощной вытяжной вентиляции, в нерабочее время при недостаточной сильной вентиляции и если не удаётся осуществить проветривание в рабочую смену.

13. При изготовлении форм не следует делать каких-либо исправлений формы, висющей на кране, особенно подлезать под неё. От незначительного толчка или вследствие недостаточного уплотнения земли форма может обвалиться и придавить рабочего. Для исправления поднятой формы её нужно поставить на надёжные подставки или же перевернуть на 180°, после чего делать исправление, находясь над опокoй.

Не следует продувать форму ртом, так как это может засорить глаза. Следует пользоваться ручными мехами или сжатым воздухом. Формовку в почву следует вести, учитывая уровень грунтовых вод и с таким расчётом, чтобы дно ямы (твёрдой постели) было на 1,5 м выше наивысшего уровня грунтовых вод.

Проникновение грунтовой воды в форму в почве может вызвать взрыв при заливке с весьма тяжёлыми последствиями для лиц, принимающих участие в заливке или находящихся поблизости.

Радикальным средством предохранения от такой аварии является формовка в железном или железобетонном кессоне. Формовку и изготовление стержней следует также механизировать, применяя для этого формовочные машины. Землю в форму из бункеров следует подавать при помощи конвейера из землелегательного отделения. К работе на механизированных формовочных машинах допускаются только специально обученные рабочие.

14. Несчастные случаи в плавильном отделении литейного цеха связаны с загрузкой печей (вагранок и электропечей) и самим процессом получения жидкого металла, его транспортировкой и разливкой по формам.

Вывавшийся из рук рабочего тяжёлый кусок металла при загрузке может раздробить ступню ноги, кусок с острыми кромками может повредить руку и т. д., а поэтому необходимо следить за тем, чтобы при ручной загрузке отдельные металлические куски шихты имели размер и вес, удобные для загрузки.

Наилучшим способом облегчения работы и достижения безопасности при загрузке вагранки является механизация этого процесса.

лутём применения скиповых или бадейных загрузочных устройств.

При обслуживании вагранки на нижнем её уровне, т. е. при фурмах и при выпуске металла и шлака, необходимо следить за тем, чтобы смотровые окна были снабжены быстро открывающимися крышками на случай внезапного прекращения или перерыва дутья. С той же целью на трубе, подводящей дутьё к кольцевому воздухопроводу, должен быть шибер для быстрого отделения вагранки от воздухопровода и воздуходувки, чтобы предотвратить проникновение из вагранки в воздухопровод окиси углерода и образование в нём гремучей смеси; последняя неизбежно приводит к взрыву с тяжёлыми последствиями для работников, обслуживающих вагранку.

Для смягчения взрыва на кольцевом воздухопроводе вагранки необходимо ставить предохранительный клапан особой конструкции. Диаметр лётки следует выдерживать в пределах 15—25 мм при глубине её около 40 мм.

Площадка под вагранкой должна быть выложена сухой землёй во избежание взрыва при попадании на неё расплавленного чугуна и шлака при выбивке вагранки.

Вагранки должны иметь сухую аварийную яму перед выпускным желобом и под ним и по своим размерам достаточную для ковша наибольшего размера.

Вдоль фронта вагранки должно быть свободное пространство шириной не менее 5 м.

Небрежно или неумело проведённый ремонт вагранки может вызвать обвал футеровки во время плавки в зоне плавления, и жидкий чугун проест кожух вагранки и будет с силой выбрасываться газами наружу. При таком состоянии вагранки дутьё должно быть немедленно остановлено и вагранка выбита.

Всякая работа у ковша с жидким металлом и при работе у фурм должна вестись сухим инструментом, не имеющим ржавчины. В противном случае это может повести к небольшому взрыву, и брызги металла могут причинить ожоги рабочему, пользующемуся неисправным инструментом.

15. При электропечах, помимо всего того, что следует исполнять при загрузке вагранки и о чём было сказано выше, необходимо соблюдать следующие меры предосторожности. При временном прекращении подачи воды в уплотнители и электрододержатели необходимо сразу же выключить ток и закрыть вентили для воды. Подачу воды в электрододержатели и уплотнители производят постепенно, во избежание большого парообразования.

Отходящие от печи газы удалять от электропечи вытяжной вентиляцией. Все приборы управления высокого напряжения располагать в особом помещении и иметь двустороннюю и двойную сигнализацию между печью и пусковыми приборами. При осмотре печи, загрузке и розливе металла и при установке электродов выключать ток. Все металлические части электропечи должны быть заземлены.

16. Для борьбы с ожогами считается недопустимым:

1) ставить на работу к печи случайных, необученных рабочих;

2) иметь сырой и заржавленный инструмент;

3) пользоваться непроверенными подъёмными и транспортными средствами для разливочных ковшей всех размеров и конструкций, включая и ручные ковши;

4) переполнять ковши металлом до краёв. Металл в ковше не должен достигать края ковша примерно на одну восьмую высоты его обмазки или футеровки;

5) наращивать ковши даже временно на одну плавку при помощи одной кирпичной кладки;

6) примерять плохо просушенные ковши;

7) иметь неисправный поворотный механизм ковша или неисправное стопорное устройство;

8) мокрый пол в местах выпуска металла шлака и в местах заливки форм;

9) сливать шлак в сырые ямы или в сырые коробки;

10) допускать плохо просушенное выпускное отверстие (лётку);

11) забрасывать в расплавленный металл заржавленные или сырые и непрогретые куски металла и других материалов;

12) иметь загромождённые пути и проходы при транспортировке жидкого металла;

13) заливать металл в плохо просушенные или плохо вентилируемые формы;

17. При специальных видах литья основными мерами борьбы с ожогами являются:

1) периодический контроль за состоянием агрегатов;

2) при установке нескольких машин для литья под давлением последние должны быть экранированы и иметь достаточное расстояние одна от другой;

3) место, где производится смазка специальной оснастки, должно иметь вытяжную искусственную вентиляцию;

4) центробежные машины должны иметь надёжные ограждения;

5) при отливке деталей методом центрифугирования недопустимо находиться в котловане, где работает машина;

6) при заливке необходимо пользоваться очками и другими защитными и предохраняющими средствами и спецодеждой, которые предусматриваются цеховыми инструкциями.

18. При обслуживании различных типов печей при изготовлении сплавов цветных металлов большую опасность для рабочих представляют окис цинка и пары свинца.

Необходимо:

1) загрузочные отверстия печей снабжать зонтами с вытяжкой газов из-под зонта;

2) отделять эти агрегаты от других участков литейного цеха;

3) снабжать хорошей приточной и вытяжной вентиляцией;

4) строжайше соблюдать все правила по охране труда и технике безопасности, которые определены цеховыми инструкциями.

19. Следует принимать ряд мероприятий для предупреждения профессиональных заболеваний, которые вызываются: 1) пылью, вредными газами и парами, выделяющимися при некоторых производственных процессах; 2) резкими колебаниями температуры окружающей среды, а при ручной формовке на полу и в почве—повышенной влажностью формовочных материалов, особенно в сочетании с низкой их температурой.

Ниже приведено допустимое количество вредных газов и пыли в литейных цехах:

Сернистый газ (SO_2)	0,02	мг/л
Оксид углерода (CO)	0,03	»
Хлор (Cl)	0,001	»
Хлористый водород (HCl)	0,01	»
Фтористый водород (HF)	0,001	»
Оксид цинка (ZnO)	0,005	»
Оксид магния (MgO)	0,004	»
Сероводород (H_2S)	0,01	»
Акролин	0,002	»
Пыль	0,002	»

Для обеспечения нормального состава воздуха в цехе необходимо удалять из помещений испорченный воздух и подавать свежий.

20. Температура в литейных цехах должна быть:

а) при температуре наружного воздуха менее $+10^\circ\text{C}$ — $+10$ — $+15^\circ$;

б) при температуре наружного воздуха

более $+10^\circ\text{C}$ —не более чем на 5° выше наружной.

21. Процессы, связанные с насыщением воздуха пылью или вредными газами, а также участки, где имеет место значительное выделение лучистой теплоты, должны быть локализованы и снабжены хорошей вентиляцией для освежения воздуха.

Рабочие места должны быть обеспечены хорошим освещением, вентиляцией, снабжены, где требуется, защитными приспособлениями и ограждениями, не быть загроможденными опоками, отливками, землей и отходами производства.

Рабочий персонал должен снабжаться спецодеждой и приспособлениями, достаточно надёжно защищающими его от ожогов, осколков, от попаданий в организм пыли и вредных паров и газов при дыхании.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

1. Андреев В. М. Основы изготовления деревянных и металлических моделей. Машгиз, М.—Л., 1946.
2. Берг П. П. Основы учения о формовочных материалах. Машгиз, М., 1948.
3. Горюнов И. П. Справочник формовщика-литейщика. Трудрезервиздат, М., 1950.
4. Куманин И. Б. и Лясс А. М. Связующие материалы для стержней. Оборонгиз, М., 1949.
5. Ложичевский А. С. Металлические модели. Машгиз, М., 1948.
6. Лурье М. Ю. Сушильное дело. ГОНТИ, М.—Л., 1938.
7. Лясс А. М. и Куманин И. Б. Новая технология скоростного изготовления литейных стержней и форм. ЦНИИТМаш, М., 1950.
8. Мариенбах Л. М. Применение инфракрасных лучей для поверхностной сушки форм. Вестник машиностроения, № 7—8, 1946.
9. Мариенбах Л. М. Печное хозяйство литейных цехов, ч. I. Сушила. ОНТИ, М., 1934.
10. Мариенбах Л. М. Печное хозяйство литейных цехов, ч. II. Плавильные печи. ОНТИ, М.—Л., 1936.
11. Мильман Б. С. Инструкция по технологии изготовления сверхпрочного чугуна. ЦНИИТМаш, М., 1950.
12. Окороков Н. В. Электроплавильные печи чёрной металлургии. Металлургиздат, М., 1950.
13. Стебаков Е. С. Модельно-опочный инвентарь. В кн.: Машиностроение. Энциклопедический справочник, т. 6. Машгиз, М., 1948.
14. Кузнецов М. А., Скворцов А. Я. и Смеляков Н. И. Справочник мастера литейщика. Машгиз, М.—Свердловск, 1950.
15. Власов В. И. Стальное литьё в металлические формы. Машгиз, М., 1951.
16. Дубинин Н. П. Влияние температуры нагрева металлической формы на образование брака по газовой пористости. «Литейное дело» №12, 1951.

КУЗНЕЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО



ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ¹

Кузнечно-штамповочное производство занимает в ремонте подвижного состава весьма большое место. В кузницах производят как полуфабрикаты — детали, дополнительно обрабатываемые на металлорежущих станках до сборки (дышла, втулки, скалки, стержни буферные, хомуты, контркривошипные осей, винты, подюлочные балки, подвески, накладки, пальцы и пр.), так и отдельные крепёжные и другие детали, идущие на сборку без дополнительной обработки.

Характеристики кузниц паровозо- и вагоноремонтных заводов и депо и данные об их производительности см. ТСЖ т. 7, стр. 88—99, 196, 207, 299, 356, 357, 371, 430, 436.

Понятие о ковке и штамповке

Металлы обладают пластичностью, т. е. способностью (свойством) частиц металла под действием извне приложенной силы перемещаться в разных направлениях без нарушения сцепления между частицами. Состояние, при котором металлы приобретают это свойство, называется пластическим. Пластичность металла определяется скоростью деформации, формой, химическим составом, температурой нагрева и другими условиями. Область пластических деформаций для данного металла находится между пределом упругости и временным сопротивлением.

Ковкой и штамповкой называют такие способы механической обработки давлением металлов, при которых кусок металла, обладающий свойством пластичности и текучести, изменяет свою форму и размеры под действием удара или нажима.

При ковке металл подвергается внешней (или геометрической) деформации, когда происходит изменение формы и размеров заготовки, и внутренней (физической) деформации, когда происходит изменение структуры металла и его физических свойств.

Покровку хорошего качества можно получить, только выбрав целесообразный и экономичный технологический процесс, т. е. наилучший режим ковки, под которым надо понимать правильный выбор материала для ков-

ки, температур обработки, скорости деформации, времени и числа нагревов, веса падающих частей молота и тоннажа прессы.

Влияние химического состава на свойства стали

Углерод С, кремний Si, марганец Mn, никель Ni, хром Cr, молибден Mo, ванадий V и вольфрам W повышают прочность, упругость и твёрдость стали.

Углерод, вольфрам, молибден, ванадий и никель оказывают влияние в сторону измельчения зерна.

Углерод, вольфрам, марганец, молибден, хром, никель и ванадий способствуют углублению закалки стали и самозакаливанию её при охлаждении на воздухе.

Сера S и фосфор P являются вредными примесями в стали, так как они понижают прочность металла. Сера делает сталь красноломкой. Это значит, что нагретый металл при ковке или прокатке даёт трещины и может развалиться на куски. Повышенное содержание фосфора способствует хладоломкости стали, т. е. сообщает металлу при низких температурах хрупкость. Содержание серы и фосфора в углеродистой стали допускается не более 0,050% каждой примеси.

Чем меньше примесей содержится в металле, тем лучше он куётся. Чистые металлы более ковкие, чем сплавы. Наилучшей ковкостью обладает чистое железо. Различные примеси оказывают на ковкость одного и того же сплава, а также на скорость и на выбор температуры нагрева различное влияние.

С повышенным содержанием углерода снижаются показатели пластических свойств стали, повышается её хрупкость, а следовательно, ухудшается ковкость.

Примесь кремния более 2,0% ведёт к увеличению зерна; повышенное содержание кремния даёт понижение пластичности и вязкости после термообработки.

При содержании в среднеуглеродистой стали более 1,5% Mn снижается пластичность.

При содержании марганца до 1% заметного понижения ковкости стали не наблюдается. При большем содержании марганца сталь можно хорошо ковать лишь при нагреве более высоком, чем для обыкновенной стали. При содержании же марганца свыше 7% сталь хорошо куётся при более низкой температуре, чем в предыдущем случае.

¹ При составлении раздела «Кузнечное производство» использованы литературные источники («Машиностроение» т. 6 и 8, Справочник проектиста машиностроительных заводов и др.), а также нормативы заводов, проектных организаций и институтов.

Ni повышает прочность, пластичность и вязкость. При содержании не выше 3% никель не оказывает заметного влияния на ковкость стали.

Содержание в стали 1,5% и менее хрома не снижает пластичности. Более высокое содержание хрома ухудшает ковкость стали, причём это ухудшение увеличивается соответственно повышению содержания углерода.

Ванадий в пределах 0,5 ÷ 2,0% не понижает ковкости стали.

Содержание в стали 0,6% и ниже молибдена повышает прочность и пластичность.

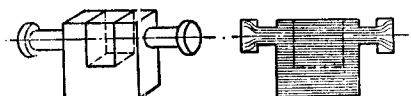
Влияние способа кузнечной обработки на волокнистость стали

Необходимо добиваться следующих качеств у слитков, предназначенных дляковки:

- 1) однородного химического состава;
- 2) возможно меньшей ликвации;
- 3) мелкозернистости структуры;
- 4) возможно менее развитой дендритной структуры.

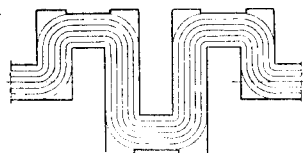
Ковка должна обеспечить волокнистость ковальной стали. Волокнистость увеличивает прочность стали в направлении этих волокон.

При вытяжке механические качества стали повышаются в продольном направлении и ухудшаются в поперечном. Предварительная осадка слитка улучшает механические качества стали в поперечном направлении. Волокна металла должны следовать по очертаниям изделия; направления волокон должны совпадать с направлением наибольших нормальных напряжений, возникающих при эксплуатации. На фиг. 1 показано направление



Фиг. 1. Направление волокон в коленчатом вале, изготовленном вырубкой

волокон в коленчатом вале, изготовленном вырубкой, — волокна разрезаны; на фиг. 2 показано направление волокон в коленчатом

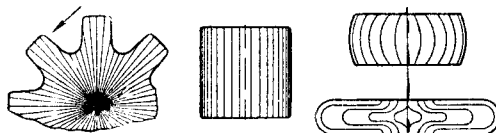


Фиг. 2. Направление волокон в откованном коленчатом вале

вале, изготовленном ковкой (гибкой), — волокна не разрезаны и направлены по контуру вала.

На фиг. 3 схематически показаны разрез шестерни и процесс осадки заготовки; при работе шестерни находится под действием силы, направленной перпендикулярно радиусу. Для

того чтобы обеспечить нужную крепость, волокна должны располагаться по направлениям радиусов шестерни; это достигается осадкой заготовки на торец, благодаря чему



Фиг. 3. Направление волокон в шестерне

волокна выгибаются и принимают направление, совпадающее с направлением радиусов.

Необходимое направление волокнистости обеспечивается ковкой с высокой степенью деформации.

Для создания волокнистой структуры в области столбчатых кристаллов требуется большая степень деформации, чем для получения такой же структуры в зернистой области слитка.

Волокнистость зависит также от способов горячей обработки давлением, машины и инструментов (табл. 1).

Таблица 1

Направление волокон при различных способах обработки давлением

Способ обработки	Направление волокон
Свободная ковка	
Под молотом	Направление волокон может значительно отклоняться от направления течения металла при вытяжке
Под прессом	Волокна отклоняются от направления течения металла значительно меньше, чем при ковке молотом
Штамповка	
В закрытых штампах	Направление волокон следует по геометрической форме изделия
Под молотом в открытых штампах из фасонных заготовок	Направление волокон может отклоняться от геометрической формы изделия

Влияниековки на механические свойства и микроструктуру стали

Механические свойства ковального металла зависят от степени деформации заготовки (слитка) или степени уменьшения её сечения при ковке. Степень деформации ковального металла

$$\varepsilon = \frac{F_{нач} - F_{кон}}{F_{нач}} 100\%.$$

Отношение наименьшего размера исходного поперечного сечения заготовки (слитка) к наибольшему конечному поперечному сечению откованной заготовки называют уковкой:

$$y = \frac{F_{заг.}}{F_{кон}}$$

Влияние степени деформации на механические свойства ковальной стали см. в табл. 2.

Таблица 2

Влияние степени деформации на механические свойства ковальной стали

Механические свойства	Продольный образец	Поперечный образец	
	Кратность уковки		
	2—10	2—6	6—10
	повышение в %	понижение в %	
Сужение поперечно- го сечения	10÷20	20÷30	40÷50
Относительное удли- нение δ	10÷20	20	30
Ударная вязкость a_K	10÷20	20÷40	50÷60
Предел усталости	Равномерное	6	15
Предел текучести	3÷6	—	—
Временное сопротив- ление	3÷6	—	—

Из этой таблицы видно, что ковка и штамповка с повышением кратности уковки оказывают слабое влияние на пределы усталости, текучести, предел пропорциональности и временное сопротивление, а на сужение поперечного сечения, относительное удлинение, предел выносливости и ударную вязкость — весьма значительное влияние. При этом в продольных образцах (т. е. вдоль волокон) с повышением степени уковки (до 10) механические качества повышаются по сравнению с поперечными образцами (поперёк волокон).

Если сравнить механические свойства в различных частях поперечного образца, то в центральной части они будут ниже: удлинение до 20%, сужение площади на 20 ÷ 25%, ударная вязкость на 10% [14].

Степень уковки до 5—6 рекомендуется, когда можно обеспечить направление волокон, мало отличающееся от направления наибольших нормальных напряжений. Степень уковки 3—4,5 можно устанавливать в тех случаях, когда невозможно обеспечить направление волокон по геометрической форме изделия с направлением наибольших нормальных напряжений при эксплуатации изделия [14].

При ковке изделий из проката степень уковки снижается.

Способ кузнечной обработки также влияет на выбор степени уковки. Ковка и штамповка на молотах происходят при неравномерной температуре деформируемого металла, неравномерными обжатиями и с очень большой скоростью деформации, что создаёт также неравномерную деформацию. Эти недостатки значительно смягчаются при ковке и штамповке на кузнечных прессах и других машинах с меньшими скоростями деформации.

Достижению необходимой степени уковки способствует предварительная осадка (проковка) слитка (заготовки).

Техническими условиями на поковки железнодорожного транспорта для литой стали

углеродистой и для проката обыкновенного качества степень уковки при протяжке рекомендуется брать не менее 3, а при осадке — не менее 2,5.

Влияниековки на величину зерна сталей

Строение литой стали крупнозернистое. Сталь с крупнозернистой структурой обладает низкими механическими качествами и плохой вязкостью.

Макроструктура литой стали изменяется от степени уковки. При ковке слитка зёрна стали благодаря ударам или нажатиям не только вытягиваются, но и раздробляются; крупнозернистое строение слитка превращается в мелкозернистое.

Прокатка слитка вытягивает зёрна стали. При ковке прокатанных заготовок вытянутые зёрна как бы смешиваются между собой и раздробляются.

Таким образом, благодаря горячей ковке зёрна раздробляются, становятся более мелкими и однородными. Мелкозернистость повышает механические свойства поковки. Величина зерна стали, рекристаллизованного во время горячей обработки давлением, зависит от степени, температуры и скорости деформации. При этом следует учитывать, что иногда ковка заканчивается с большой степенью и скоростью деформации при температурах, более низких, чем температура рекристаллизации, что отражается на степени упрочнения металла. На отдельных участках поковки следует осуществлять степени деформации, которые не являются критическими.

Влияние температуры нагрева на структуру стали при ковке

При определении температурного интервалаковки и штамповки следует учитывать усилия, степень и скорость деформации, а также руководствоваться диаграммой состояния (см. фиг. 1 на стр. 293).

При нагреве в металле происходят структурные изменения и рост зерна. В холодном состоянии структура доэвтектоидной углеродистой стали состоит из феррита и перлита. При нагревании до точки A_{C1} , т. е. до 723° С, структура стали не меняется (если до этого она не подвергалась холодной обработке или закалке). При 723° С перлит переходит в аустенит. От точки A_{C1} сплав будет состоять из феррита и аустенита. При дальнейшем нагревании феррит растворяется в аустените и при переходе за точку A_{C3} слиток будет состоять из мелких зёрен одного только аустенита.

Вблизи температуры плавления ковкость быстро падает вследствие ослабления связей между зёрнами. Перегретый крупнозернистый металл или пережжённый металл с окисленными границами зёрен при деформации весьма часто разрушается с образованием пограничных трещин. Пограничное залегание сульфидных эвтектик в углеродистых сталях или карбидных эвтектик в хромистых и быстрорежущих сталях во время горячей штамповки может привести к разрушению металла.

При нагреве выше A_{C3} (линия GOS для доэвтектоидных сталей) аустенитная структура

не меняется. В интервале температур от P до N происходит лишь рост отдельных зёрен аустенита. Однако температура нагрева не должна быть выше той, при которой уже начинается интенсивный рост зёрен. Эта температура называется критической температурой роста зерна при нагреве (табл. 3).

Таблица 3
Критические температуры роста зерна сталей при нагреве [14]

Название и марки стали	Критическая температура роста зерна при нагреве в °C
Углеродистая с содержанием С 0,12%	1300
Углеродистая с содержанием С 0,39–0,45%	1150
Хромистая низколегированная Х4	1150
Хромистая низколегированная 20Х, 40Х	1050–1100
Хромоникелевая	1100–1150
Хромолибденовая 38ХМЮА	1100
Хромомарганцеволибденовая Ж275	1150
Хромоникелевольфрамовая 18ХНВА (Э-16, Э-18)	1200

Дальнейший нагрев приведёт к перегреву, обусловливающему крупнозернистую структуру поковки. При нагреве, близком к температуре плавления, наступает перегог, который приводит к неисправимому браку поковки. Далее, при повышении температуры сталь начинает расплавляться и при достижении линии ABC она окончательно расплавится, перейдёт в жидкое состояние. Поэтому температура нагрева стали должна быть ниже температуры плавления на 100–150°C, т. е. ниже линии AE (фиг. 1 на стр. 293). Так, например, для стали с содержанием углерода 0,3% нагрев до 1200°C пережога не даст.

При высокой температуре металл увеличивает свою текучесть и нужно меньшее усилие для его деформирования, т. е. нужна меньшая мощность механизма для того, чтобы отковать поковку. Деформация в холодном состоянии металла или при низких температурах создаёт большие внутренние напряжения, приводящие к появлению трещин в металле.

Ковка, произведённая ниже точки A_{r1} , называется «холодной ковкой» в отличие от законченной вблизи точки A_{r3} , называемой «горячей ковкой». Механические качества стали после холоднойковки понижены. При холоднойковке зерно не раздробляется, а только вытягивается по направлению ковки. При этом прочность стали значительно возрастает, металл приобретает наклёп, но зато появляется хрупкость.

Сталь при температурах ниже 550°C ковать нельзя, так как она при этой температуре обладает значительной хрупкостью.

Заканчивать ковку следует при температуре не выше 800–900°C, иначе произойдёт

образование крупнозернистой структуры; следовательно, для обеспечения мелкозернистости при горячей ковке следует соблюдать температурные интервалы ковки.

Повторные нагревы откованных участков поковки вызывают новый рост зёрен. Поэтому в случае необходимости повторных нагревов (при ковке крупных деталей) следует применять промежуточный отжиг.

Мало- и среднеуглеродистые, низко- и среднелегированные стали являются высокопластичными, хорошо поддающимися ковке; они не обнаруживают хрупкого состояния при горячей ковке в интервале 800–1200°C.

Чем больше содержание углерода в стали, тем она твёрже, тем выше её сопротивление деформации.

Температурные интервалы ковки и штамповки приведены в табл. 4.

Таблица 4
Температурные интервалы ковки и штамповки

Металл	Температура ковки в °C	
	начало	конец
Углеродистая сталь:		
1,5% С	1000	800–850
1,45 ÷ 0,9% С	1050–1000	800–850
0,9 ÷ 0,5% С	1100–1050	800–850
0,5 ÷ 0,3% С	1150–1100	800–850
0,3% С	1200–1100	800–850
0,2 ÷ 0,1% С	1200–1150	800–850
Инструментальная сталь		
У7 и У7А, У8 и У8А	1150	800–840
То же У9 ÷ У13 и У9А ÷ У13А	1120	820–870
Быстрорежущая сталь	1200	925
Низколегированная сталь	1100	825–850
Среднелегированная сталь	1100–1150	850–875
Высоколегированная сталь	1150	875–900
Алюминиевые сплавы:		
АК-2, АК-4, АК-6	490	380
АК-8	470	400
Дюралюминий	470	350
Магниеые сплавы:		
МА-1 и МА-2	440	350
МА-3	400	300
МА-5	375	300
Латунь:		
ЛТ-90	850	700
Л-68	800	650
Л-62	780	630
Э-59 и ЛС-59	750	600
Латуни специальные:		
ЛМЦ, ЛАЖ, ЛТМ, ЛЕЖ-59	720	600
ЛМ-62	750	600
Алюминиевая бронза	900	750
Бериллиевая бронза	800	700
Мельхиор, нейзильбер	850	700
БРАЖ-9	850	770
БРАЖ МЦ 10-3-1,5 и БРАЖ К 10-4-4	850	700

НАГРЕВ СТАЛИ ДЛЯ КОВКИ И ОХЛАЖДЕНИЕ ПОКОВОК

Условия нагрева в печи

Выбор скорости нагрева является важным моментом и с точки зрения экономичности технологии и с точки зрения правильного нагрева стальных заготовок (справочные данные по вопросам теплопередачи см. ТСЖ, т. 1, раздел Теплота).

Допустимая скорость нагрева зависит от металла (степени его однородности, химического состава, теплопроводности, теплоёмкости, температуропроводности) и от условий передачи тепла (тип и конструкция печи, форма и размеры заготовок, их расположение на поду печи).

Чем выше в стали содержание углерода, кремния, марганца и других составляющих, тем ниже её теплопроводность.

Значения температуропроводности, теплоёмкости, теплопроводности и удельного веса стали см. ТСЖ, т. 2, стр. 640 и 647.

Основные условия правильного процесса нагрева кузнечных заготовок [9, 11]:

1. Мелкие заготовки диаметром до 150 мм из конструкционной стали можно загрузить в печь, температура которой близка к начальной температурековки или на 100—150°С выше необходимой температурыковки.

2. Температурапечи в месте посадки холодных заготовок из легированной стали с низкой температуропроводностью, заготовок большого сечения, а также крупных холодных слитков должна быть значительно ниже температурыковки: для слитков до 2 т из углеродистой стали эта температура (в месте посадки) 700 ÷ 900°, из высоколегированной стали 450 ÷ 600°, для больших слитков всех марок стали 200 ÷ 300°С. Такие заготовки лучше нагревать в методических печах. В месте посадки заготовки нагреваются в течение примерно 60—70% всего времени нагрева. Температура сварочной части печи должна быть выше начальной температурыковки на 100—200°.

3. Металл следует нагревать постепенно, но после достижения температуры 700—800° скорость нагрева должна быть большей во избежание усиленного роста зёрен, обезуглероживания поверхности и образования окалины.

4. Необходимо обеспечить наибольшую равномерность температуры по сечению и длине заготовки, наименьшее обезуглероживание поверхности заготовки и целостность нагреваемого металла.

5. Слой окалины должен быть возможно меньшим.

6. Горючее должно наилучшим образом смешиваться с воздухом и сжигаться с минимальным избытком воздуха, обеспечивающим полноту горения.

7. Печь не должна засасывать холодного воздуха через щели. Печь должна обладать спокойным ходом.

Угар

В процессе нагрева на поверхности металла непрерывно образуется окалина. Происходит это следующим образом: содержащийся в отходящих газах избыток кислорода соединяется с железом, образуя окалину. Верхний слой окалины отпадает и соединяется с материалом пода печи, превращаясь в сварочный шлак; последний в свою очередь при соприкосновении с нагреваемым металлом растворяет имеющуюся на его поверхности окалину; металл огляется, подвергается действию печных газов, а следовательно, и избыточного кислорода; в результате снова образуется окалина.

Во времяковки заготовка соприкасается с воздухом и под действием кислорода также образуется окалина; потери металла вследствие окисления и ошлакования в процессе нагрева составляют п е ч и о й у г а р, а потери при окислении во времяковки — у г а р п р и к о в к е.

Количество окалины зависит от режима нагрева, продолжительности пребывания металла в печи при наибольшей температуре и от состава газов в печи. Чем дольше металл находится в печи после его нагрева до требуемой температуры, тем быстрее растёт величина угара.

Быстрый нагрев стали способствует уменьшению её окисления.

В расчётах общие потери металла от угара при одном нагреве принимают: при индукционном нагреве до 1%, электропечи до 1,5%, газовой или угольной печи до 3%, нефтяной печи до 3,5%.

Окалина, вдавливаемая при ковке в металл, снижает качество поковки и часто ведёт к полному браку. В общем угар приводит к большому перерасходу металла.

Для уменьшения угара следует:

- 1) улучшить процесс горения путём усовершенствования конструкции печей и горелок, а также регулирования горения;
- 2) уменьшить время пребывания заготовок в печи при высоких температурах, ускорить режимы нагрева;
- 3) вести нагрев с наименьшим избытком воздуха;
- 4) нагревать сталь в контролируемой атмосфере;
- 5) загружать плотнее печь, сохраняя необходимое оптимальное давление газа в печи;
- 6) выкладывать подину печи из основного огнеупорного материала, который не образует с окалиной сварочного шлака.

Время нагрева кузнечных заготовок и слитков

Для расчёта требуемого времени нагрева обычно пользуются формулой проф. Н. Н. Доброхотова, по которой время нагрева в часах:

для мягкой углеродистой стали

$$t = 10 D \sqrt{D};$$

для высоколегированной стали

$$t = 20 D \sqrt{D}.$$

Время нагрева высоколегированных сталей:

от 0 до 850°

$$t = 13,3 D \sqrt{D};$$

от 850 до 1200°

$$t = 6,7 D \sqrt{D}.$$

В формулах D — диаметр круглой или сторона квадратной заготовки в мм.

Время нагрева мягкой стали от 0 до 850° равно времени нагрева от 850 до 1200°.

Время нагрева горячих слитков при температуре поджигаемых слитков не ниже 500°С равно приблизительно половине времени нагрева холодных.

Влияние расположения стальных заготовок в печи на скорость их нагрева показано на фиг. 4.

Расположение заготовок	Поправочный коэффициент	Расположение заготовок	Поправочный коэффициент
	1		1
	1		1,4
	2		4
	1,4		2,2
	1,3		2
	1,3		1,8

Фиг. 4. Влияние расположения стальных заготовок в печи на скорость их нагрева

Формула Чижикова для определения времени нагрева слитков и заготовок качественных сталей в методических печах:

$$t = \kappa D \text{ час.},$$

где D — диаметр или сторона квадрата слитка в см;

κ — коэффициент, равный 0,25 ÷ 0,30 для быстрорежущей стали (и её заменителей) и высоколегированной, 0,175 ÷ 0,200 для всех остальных углеродистых и легированных сталей.

Совершенствование печной техники, использование опыта кузнецов-новаторов и результатов научно-исследовательских работ привели к тому, что время нагрева, получаемое по указанным формулам, во многих передовых кузницах значительно перекрывается.

В табл. 5—7 в известной мере учтены все эти достижения. Однако при пользовании ими необходимо делать проверку исходя из местных условий.

В табл. 5 приведены режимы нагрева заготовок из углеродистой стали (по материалам БТИ НКСС). В табл. 6 приведены режимы нагрева холодных слитков из углеродистых и легированных сталей, рекомендуемые инж. В. В. Керекеш. В табл. 7 приведено время индукционного нагрева стальных заготовок.

Ускорение нагрева кузнечных заготовок является одним из элементов работы передовиков-кузнецов, позволивших им достигнуть высокой производительности труда. Их внимание в этой области привлекает не только вопрос о ликвидации потерь на ожидание нагрева заготовок, но и вопрос о повышении скорости нагрева.

Проведённые в СССР исследования показали практическую возможность увеличения

Таблица 5

Продолжительность нагрева (в мин.) заготовок из углеродистой стали

Диаметр d или сторона квадрата a в мм	Профиль заготовки							
	круглый				квадратный			
	Расположение заготовок в печи							
	одиночное	на расстоянии d	на расстоянии $d/2$	вплотную	одиночное	на расстоянии a	на расстоянии $a/2$	вплотную
От 15 до 1200° (при температуре рабочего пространства печи 1300°)								
10	2,0	2,0	3,0	4,0	2,5	3,5	4,5	8,0
20	3,0	3,5	5,0	7,0	4,5	6,0	8,0	13,0
30	5,0	5,5	7,0	10,0	6,0	8,5	11,0	19,0
40	6,5	8,0	9,5	13,0	8,0	11,0	14,0	25,0
50	8,0	9,5	12,0	16,0	10,5	14,5	17,5	32,0
60	9,5	11,5	14,0	19,5	12,5	17,5	21,0	38,0
70	11,0	13,5	16,5	22,5	14,5	20,5	25,0	44,0
80	13,0	15,5	19,5	26,0	17,0	23,5	28,5	52,0
90	15,0	18,0	23,0	31,0	19,5	27,0	33,5	62,0
100	18,0	21,5	27,0	36,0	23,0	32,5	40,0	72,0

От 15 до 1250° (при температуре рабочего пространства печи 1300°)

10	2,0	2,5	3,0	4,0	3,0	3,5	5,0	8,0
20	4,6	4,5	5,5	7,5	5,0	6,5	9,0	15,0
30	6,0	7,0	8,5	12,0	8,0	10,5	13,5	25,0
40	8,0	9,5	12,0	16,0	10,5	14,5	18,0	32,0
50	10,5	12,0	15,5	20,5	13,5	18,5	23,0	41,0
60	12,5	14,5	18,5	25,5	16,0	22,0	27,0	50,0
70	14,5	17,5	22,0	29,0	19,0	26,0	32,0	58,0
80	16,5	20,0	25,0	33,0	22,0	30,0	37,0	66,0
90	19,9	22,5	28,0	37,5	24,5	34,0	42,0	76,0
100	21,0	25,5	31,5	42,0	27,5	38,0	46,0	84,0

От 15 до 1200° (при температуре рабочего пространства печи 1400°)

10	1,5	2,0	2,5	3,0	2,0	2,5	3,5	6,0
20	2,0	2,5	3,0	4,0	2,5	3,5	5,0	8,0
30	3,0	3,5	4,5	5,5	3,5	5,0	6,5	11,0
40	3,5	4,5	5,5	7,5	4,5	6,5	8,0	15,0
50	4,5	5,5	6,5	9,0	5,5	8,0	10,0	18,0
60	5,0	6,0	8,0	10,5	6,5	9,5	12,0	21,0
70	6,0	7,5	9,0	12,5	7,5	11,0	13,5	24,0
80	7,0	8,5	10,5	14,0	9,0	12,5	15,5	28,0
90	8,0	9,5	11,5	15,5	10,0	14,0	17,0	31,0
100	9,0	10,5	13,0	17,5	11,5	15,5	19,0	35,0

Примечания. 1. Время нагрева малолегированной стали можно брать равным времени нагрева углеродистой стали.

2. Для углеродистых инструментальных и среднелегированных сталей время нагрева надо увеличивать на 25—50%.

3. Для высоколегированных сталей время нагрева увеличивается против данных таблицы на 50—100%.

4. Количество одновременно нагреваемых в печи заготовок для бесперебойной работы ковочного механизма подсчитывается по формуле

$$N = \frac{T}{T_{\text{осн}} + T_{\text{всп}}} + 1,$$

где N — число заготовок;

T — время нагрева заготовки в мин.;
 $T_{\text{осн}}$ и $T_{\text{всп}}$ — основное и вспомогательное времяковки или штамповки в мин.

5. При определении времени нагрева следует учитывать длину заготовки. Для этого данные табл. 5 умножают на коэффициент C , принимаемый в зависимости от отношения длины заготовки l к линейному размеру сечения u :

l/u	3	2	1,5	1,0
C	1,0	0,98	0,92	0,71

Таблица 6

Продолжительность нагрева холодных слитков [11]

Диаметр слитка в мм		Вес слитка в т	Макси- мальная темпера- тура печи при посадке в °С	Выдержка при темпе- ратуре посадки в час.	Нагрев до 650° С в час.	Выдержка при 650° С в час.	Нагрев до темпера- туры ковки в час.	Выдержка при темпера- туре ковки в час.	Итого часов
верхний	нижний								
Из углеродистой стали марок 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50									
455	385	1,2	900	1,0	—	—	3,5	1,0	5,5
550	470	2,1	900	1,0	—	—	4,5	1,5	7,0
630	530	3,1	800	1,0	—	—	6,0	2,0	9,0
630	545	3,8	800	1,0	—	—	6,5	2,0	9,5
690	595	4,9	700	1,5	—	—	6,5	2,5	10,5
795	695	6,1	700	1,5	—	—	9,5	3,0	14,0
895	785	8,7	600	2,0	7,0	1,0	4,5	2,5	16,0
1 000	915	12,3	600	2,0	6,0	2,0	5,0	4,0	19,5
1 070	930	15,0	500	2,5	6,5	2,0	6,5	4,5	21,0
1 135	1 040	18,0	500	2,5	7,5	2,5	5,5	5,0	23,0
Из легированной стали марок 15Х, 30Х, 35Х, 45Х, 30Н, 40Н, 27ХМ, ОХМ, 45Г, 30Г2, 35СГ, 35ХСГ, 50СГ, 30ХСМ, 12ХНГ, 40ХН									
455	385	1,2	700	1,0	—	—	3,5	2,0	6,5
550	470	2,1	700	1,0	—	—	5,5	2,0	8,5
630	530	3,1	600	1,5	3,0	0,5	3,0	2,5	10,5
630	545	3,8	600	1,5	3,0	0,5	3,5	2,5	11,0
690	595	4,9	500	1,5	3,5	0,5	4,0	3,0	12,5
795	695	6,1	500	2,0	5,0	1,0	4,5	3,5	16,0
895	735	8,7	450	2,5	5,5	1,5	5,0	4,0	18,5
1 000	915	12,3	450	2,5	7,5	2,5	5,0	4,5	22,0
Из высоколегированной стали марок СХ8, ОХН2М, ОХН3М, ОХН4М, 55ХНМ, ОХМФ, ЭЯ1, ЭЯ2, немагнитной									
630	545	3,8	450	2,0	4,0	1,0	4,0	2,5	13,5
690	595	4,9	400	2,5	5,0	1,0	4,0	3,0	15,5
795	695	6,1	400	2,5	7,0	1,0	5,5	3,5	19,5
895	735	8,7	350	2,5	8,5	1,5	6,5	4,0	23,0
1 000	915	12,3	350	3,0	10,0	2,5	7,0	5,0	27,5
Примечания. 1. Температура слитков при посадке в печь должна быть равной температу- ре цеха. 2. Выдержка при посадке производится с выключенными горелками. 3. Все слитки в печи укладываются на подкладках. 4. Максимальная температура нагрева слитков из высоколегированной стали 1150 ÷ 1180°С, остальных слитков 1170 ÷ 1250°С.									

скорости нагрева стальных заготовок в пламенных кузнечных печах. Скоростной нагрев кузнечных заготовок ведёт к сокращению времени нагрева в несколько раз, увеличению удельной производительности печей, экономии металла в связи со снижением потерь на образование окалины и на припуски, улучшением условий работы печей, штампов и т. п.

Скоростной нагрев применим главным образом в массовом производстве (при изготовлении более или менее тонких поковок правильной формы).

Печи под скоростной нагрев должны быть механизированы.

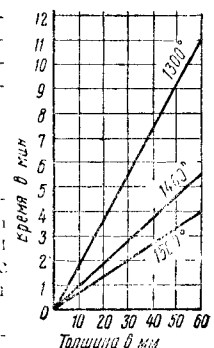
При установлении времени нагрева стальных заготовок следует помнить, что чем выше температура печи, тем быстрее нагревается сталь. Как установлено исследованиями, тепловое напряжение в нагреваемых изделиях не вызывает разрушений металла.

Для ориентировочного определения времени скоростного нагрева круглых и квадратных заготовок до температуры 1200°С можно пользоваться графиком, приведённым на фиг. 5.

Охлаждение поковок

Для устранения напряжений, возникающих при охлаждении поковок, и образования в связи с этим трещин применяют медленное охлаждение:

- 1) охлаждение на воздухе — поковки лежат на стеллаже в один ряд;
- 2) охлаждение на воздухе — поковки лежат в штабелях;



Фиг. 5. График для подсчёта продолжительности скоростного нагрева стальных заготовок

Таблица 7

Ориентировочное время индукционного нагрева стальных заготовок из углеродистой и легированной стали под ковку при частоте тока 1 000—2 500 гц [7, 25]

Диаметр заготовки в мм	Продолжительность нагрева в сек.	Диаметр заготовки в мм	Продолжительность нагрева в сек.
20	10÷50	100	175÷280
40	14÷105	120	225÷340
60	70÷165	140	280÷405
80	120÷210		

Примечание. Продолжительность нагрева заготовок из немагнитной высоколегированной стали на 20% больше.

3) охлаждение в ящике или в колодце — поковки укладывают по мере их отковки;
4) охлаждение на воздухе до 600°C, а затем в ящике с засыпкой песком, золой, шлаком и т. д.

Ниже приведены режимы охлаждения поковок и штампов из сталей различных марок послековки и штамповки:

В штабелях на воздухе—марки стали: У7, У8, У10, У12, У13, 30Х, 40Х, 45Х, 35Х, 35ХМЮА, 38ХМЮА, Ж1, Ж2, СХ3, СХ8, СХ12, Я1, Я2, Я1Т, Н25, Н36, Н42, ХН25, Н12ХГ, ХН60.

В штабелях, защищённых от сквозняков, — марки стали: ШХ6, ШХ9, ШХ12, ШХ13, Х, 7Х, 9Х, 7Х3, ЭХ3А, ХГ, 9ХС, 4ХС.

В термостатах (мелкие размеры) и подогреваемых колодцах выгрузка при температуре не выше 150°C — марки стали: ХВГ, В2, Ж3, Ж4, ЭИ107.

НАГРЕВАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

На паровозо- и вагоноремонтных заводах и в депо применяют для нагрева заготовок при машинной ковке, как правило, печи; при ручной ковке мелких деталей применяют также горны. Характеристику огнеупорных материалов, применяемых при кладке печей, см. на стр. 11.

Горны. Характеристика некоторых применяемых на паровозо- и вагоноремонтных заводах и в депо горнов (фиг. 6, 7 и 8) приведена в табл. 8.

В горне можно производить местный нагрев металла, т. е. любой части поковки.

Для равномерного нагрева поковку следует постоянно поворачивать; в горн периодически подбрасывают влажный уголь.

Недостатки угольного горна:

1) нагрев металла происходит при непосредственном соприкосновении топлива с металлом; при высокой температуре сера топлива проникает в металл и ухудшает его механические свойства; во избежание этого явления поковку кладут в горящий уголь, когда большая часть серы из топлива удалась с дымом;

2) неполное сгорание углерода топлива и связанная с этим потеря теплотворной способности;

3) большой процент выброса несгоревшего угля при очищении горна от золы и шлака во время усиления огня;

4) невозможность использования продуктов сгорания топлива, уходящих с высокой температурой;

5) низкий коэффициент полезного действия при горении;

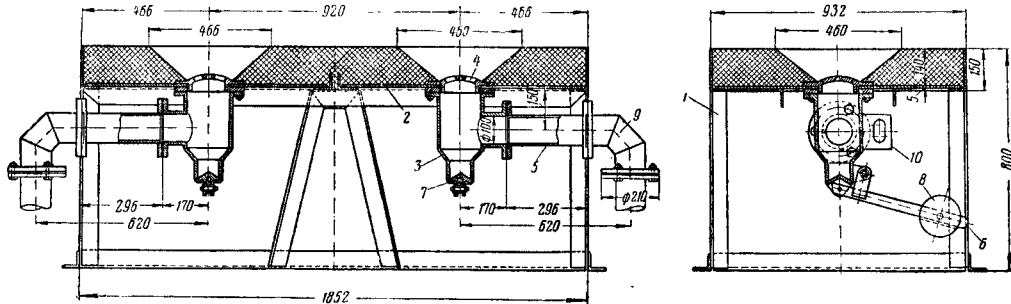
6) большой расход топлива.

Печи. Кузнечные печи классифицируют по источнику тепла: 1) пламенные — тепло получается за счёт сжигания

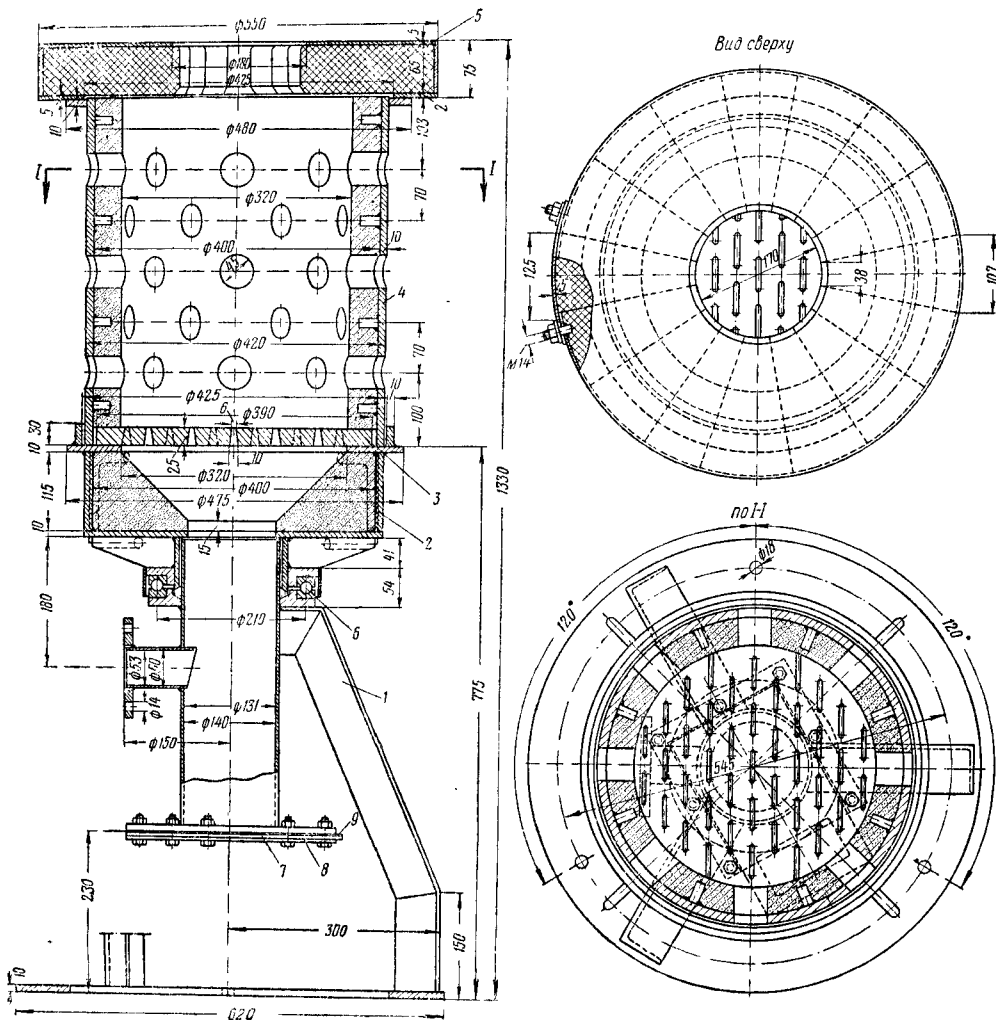
Таблица 8

Кузнечные горны для заводов и депо МПС
(по материалам Трансзаводпроект)

Назначение горнов	Тип горна	Диаметр пода			Производительность в кг/час	Отвод продуктов горения	Количество отходя- щих газов в м³/час	Напряжение колос- никовой решётки в кг/м²час	Средний расход топлива в кг/час	Расход вентилятор- ного воздуха в м³/час	Размеры гор- на над полом в мм	Вес горна в кг	
		длина	ширина	площадь в м²									
													в м
К прессу 100 т . .	Вращающийся на 40 очков	—	—	—	0,1	100	Под зонт	185	180	18	145	Ø615, H=1 330	0,5
» » 60 » . .	То же на 50 очков	—	—	—	0,1	80	» »	155	150	15	175	Ø615, H=1 250	0,5
Для мелких загото- вок	Открытый двухогневой	—	—	—	0,036	20	» »	100	200	10	90	2370×1062×800	0,7
То же	Открытый одноогневой	—	—	—	0,018	10	» »	50	200	5	45	1300×1062×800	0,4
Для котельных ра- бот	То же	1,88	0,8	0,7	0,56	55÷60	» »	325	60	34	310	Ø2 080×730	2,9
Для медницких ра- бот	»	1,56	0,6	0,5	0,36	35÷40	» »	220	65	23	210	Ø1 740×730	3,0
То же	»	1,26	0,45	0,46	0,21	20÷25	» »	140	70	14,5	135	Ø1 460×730	2,2



Фиг. 6. Кузнечный двухогневой горн на твердом топливе: 1—каркас горна; 2—плита; 3—корпус поддувала; 4—фурма; 5—патрубок; 6—рычаг груза; 7—конус; 8—груз; 9—колено; 10—задвижка



Фиг. 7. Кузнечный вращающийся горн для нагрева мелких деталей подвижного состава (к прессу 100-т): 1—основание горна; 2—нижняя обечайка; 3—колосник; 4—верхняя обечайка; 5—каркас крышки; 6—шарик

Таблица 9
Основные характеристики некоторых кузнечных печей на твердом топливе для предприятий МПС
(по материалам Трансзаводпроект)

Назначение печи	Тип садочной печи	Размеры пода			Размеры коло- никовой решетки			Произво- дитель- ность в кг/час	Отход продуктов горения	Разрежение в ши- бер в мм вод. ст.	Количество отхо- дящих газов в м ³ /час	Напряже- ние коло- никовой решетки в кг/м ² час	Средний расход топлива в кг/час	Расход венти- ляторного воздуха в м ³ /час		Габариты печи над потом в мм			Общий вес печи в т
		длина	шири- на	в м	длина	шири- на	в м							пер- вич- ный	вто- рич- ный	длина	ширина	высота	
К молоту: 0,15-0,2 т 0,3-0,4 0,5 0,75 1,0 1,15 1,4 1,6 1,8 2,0 2,2 2,4 3,0	Однокамерная	0,6	0,6	0,36	0,6	0,4	0,24	75	Под зонт	—	175	10	18	115	50	2,645	1,800	2,795	11,8
	»	0,8	0,6	0,45	0,6	0,45	0,27	90	»	—	205	12	22	135	60	2,770	1,800	2,830	14,0
	»	0,9	0,8	0,72	0,8	0,45	0,36	145	В боров	4,1	330	180	36	220	95	2,995	2,000	2,953	20,6
	»	1,0	0,7	0,70	0,7	0,4	0,28	140	»	4,5	330	125	37	195	85	3,045	1,700	2,953	41,6
	»	1,15	0,8	0,92	0,8	0,48	0,38	180	»	4,2	380	100	45	250	110	3,200	2,420	3,02	31,0
	»	0,75	0,8	0,92	0,7	0,6	0,42	180	»	4,2	380	100	45	250	110	3,300	2,925	3,028	23,2
	»	1,4	1,15	1,6	(0,7×0,46)	0,64	0,54	310	»	4,3	670	110	73	450	190	3,870	2,860	2,580	49,5
	»	1,2	0,9	1,08	0,9	0,6	0,54	210	»	4,6	450	100	58	300	125	3,245	2,400	2,878	21,4
	Двухкамерная	1,5×2	0,9×2	2,16	1,2	0,6×1,22	1,44	430	»	4,75	500	150	105	600	200	5,070	2,700	3,080	54,4
	Однокамерная	1,9	1,2	2,28	1,2	0,8	0,96	450	»	4,6	440	105	110	610	270	4,370	2,480	3,080	44,6
Для рельсовых про- тисурезов Для прутков перед завязкой Для хомутов перед обжимкой Для хомутов перед обжимкой К ковочной машине: 3-4" 2" 1-1,5" Для прутков перед оттяжкой Для завязки ушков рессорных листов Для концов жаро- вых и дымогарных труб	»	2,1	1,44	3,0	1,2	0,8	0,96	600	»	5,0	1,350	180	143	855	375	4,390	2,370	3,118	47,0
	»	1,6×2	1,0×2	3,2	(0,6×0,74)	1,6	1,6	650	»	4,8	1,600	100	160	1,000	400	5,330	3,050	3,140	53,8
	»	—	1,95	—	(0,45×0,46)	0,4	0,4	175	»	4,75	325	10	30	215	95	3,930	2,800	2,850	33,2
	Однокамерная	3,15	0,6	1,89	(0,45×0,69)	0,93	0,93	570	»	4,7	550	105	140	560	240	4,500	2,840	2,900	57,3
	»	0,88	0,6	1,53	0,6	0,4	0,24	130	»	4,2	220	100	24	115	65	2,930	1,700	2,950	16,2
	»	0,7	0,6	0,42	0,6	0,35	0,21	110	Под зонт	—	105	100	21	130	55	2,685	1,800	3,145	12,6
	»	1,43	0,6	0,86	0,7	0,6	0,42	175	В боров	3,75	400	100	43	260	115	3,650	1,800	2,455	17,5
	Щелевая	1,0	0,45	0,45	0,6	0,45	0,27	100	»	3,5	230	100	25	150	60	2,930	1,800	2,545	13,3
	»	1,0	0,45	0,45	0,6	0,45	0,27	100	Под зонт	—	250	95	25	140	30	3,090	1,620	3,010	13,0
	»	0,7	0,45	0,32	0,46	0,45	0,21	60	»	—	130	75	15	85	35	1,700	1,500	2,940	5,3
Для прутков перед оттяжкой Для завязки ушков рессорных листов Для концов жаро- вых и дымогарных труб	»	0,7	0,45	0,32	0,4	0,45	0,18	95	»	—	150	10	16	100	40	2,050	1,350	2,980	7,4
	»	0,65	0,4	0,26	0,4	0,45	0,18	65	»	—	130	80	14	85	40	2,400	1,300	2,908	7,7
	»	0,6	0,46	0,26	0,4	0,6	0,24	Жаровых 75, дымогар- ных 120	»	—	210	90	27	110	75	1,980	1,780	3,255	10,53

Таблица 10

Электроды

Элементы характеристики	Единица измерения	Электроды								
		камерные							шахтные	
		Н-15	Н-30	Н-45	Н-60	Н-75	Г-30	Г-50	Ш-35	Ш-55
Номинальная мощность . .	квт	15	30	45	60	75	30	50	35	55
Число фаз	—	1/3	1/3	3	3	3	3	3	1/3	1/3
Максимальная рабочая температура	°С	950	950	950	950	950	1 300	1 300	950	950
Мощность холостого хода . .	квт	5+10%	4+10%	11±10%	14±18%	17±10%	12	13	10	15
Производительность	кг/час	50	125	200	275	350	50	130	125	230
Время разогрева холодной печи	час.	5	6	7	8	10	—	—	—	—
Габариты:										
ширина	мм	300	450	600	750	400	300	450	300	300
длина	»	650	950	1 200	1 500	1 800	400	700	300	300
высота	»	250	450	500	550	600	250	350	1 200	2 000
Вес печи с футеровкой . . .	т	1,2	2,3	3,2	4,8	6,6	2,3	2,3	3,6	4,6

Таблица 10а

Высокочастотные серийные установки [7,26]

Рабочая частота тока в гц	Номинальная мощность в квт	Наибольшая мощность, потребляемая на сети, в квт	Ориентировочная производительность в кг/час	Пределы диаметров нагреваемых стальных заготовок в мм	Рабочая частота тока в гц	Номинальная мощность в квт	Наибольшая мощность, потребляемая на сети, в квт	Ориентировочная производительность в кг/час	Пределы диаметров нагреваемых стальных заготовок в мм
8 000	100 250	165 365	200 500	20÷60	1 000	500	650	1 000	65÷170
2 500	50 100 250	80 150 350	100 200 500	40÷115	50	Промышленная частота — заводская силовая сеть		—	150÷350

Таблица 11

Форсушки низкого давления конструкции Стальпроекта

Диаметр форсунок в мм	Размеры в мм																			Вес одной форсунки в кг
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	И	К	Л	М	Н	П	Р	С	Т	У	Ф	Х	
38	260	80	82	180	72	42	40	38	7	10	5	2	50	40	78	85	150	110	21	—
65	328	120	104	203	105	72	75	65	10	12	8	2	95	75	118	128	250	200	40	30
100	406	165	136	241	145	100	110	100	10	15	8	2	135	110	163	173	280	220	60	52
125	485	205	176	280	150	125	110	125	10	15	8	2	140	110	203	213	280	220	75	5
150	495	205	176	290	150	125	160	150	18	25	15	3	190	150	203	220	360	260	95	—
200	560	240	206	320	200	160	180	200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	125	—

Таблица 12

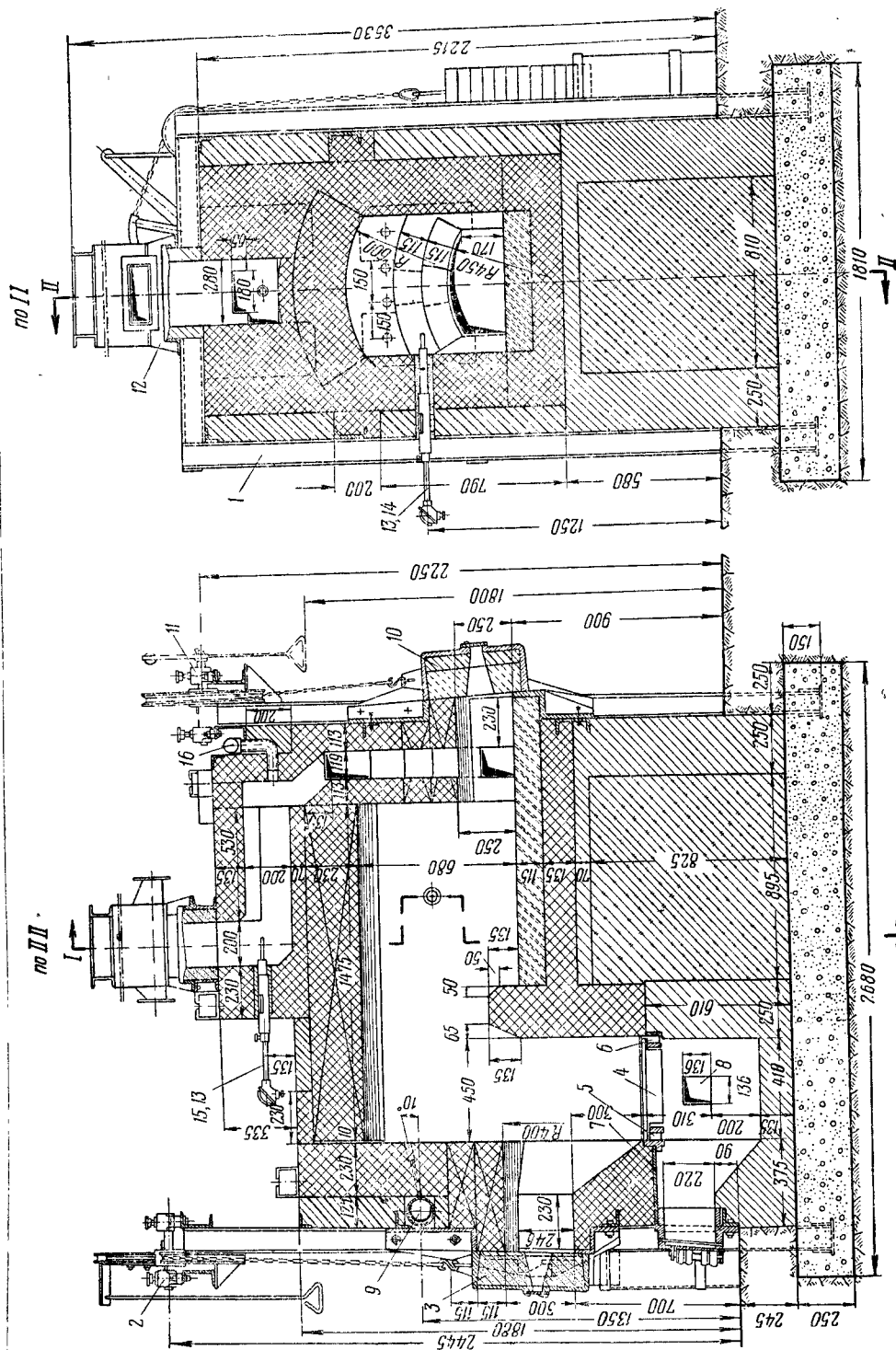
Форсушки низкого давления типа ФДБ

Тип фор- сунки	Диаметр воздушной трубы в дюймах	Давление воздуха в мм вод. ст.									Вес всей установ- ки форсунки в кг	Размеры в мм				
		450		550		600		700				А	В	С	Е	К
		Расход														
		мазута в кг/час	воздуха в м³/час	мазута в кг/час	воздуха в м³/час	мазута в кг/час	воздуха в м³/час	мазута в кг/час	воздуха в м³/час	мазута в кг/час						
ФДБ-1 . .	2	5	180	20	200	22	220	24	230	25	43	181	190	90	110	236
ФДБ-2 . .	3	8,5	280	30	310	34	340	37	360	40	44	187	190	90	110	244
ФДБ-3 . .	4	13,5	430	48	480	52	510	56	550	60	51	209	210	95	110	280
ФДБ-4 . .	5	20	730	76	750	82	810	89	880	95	63	238	210	105	140	320

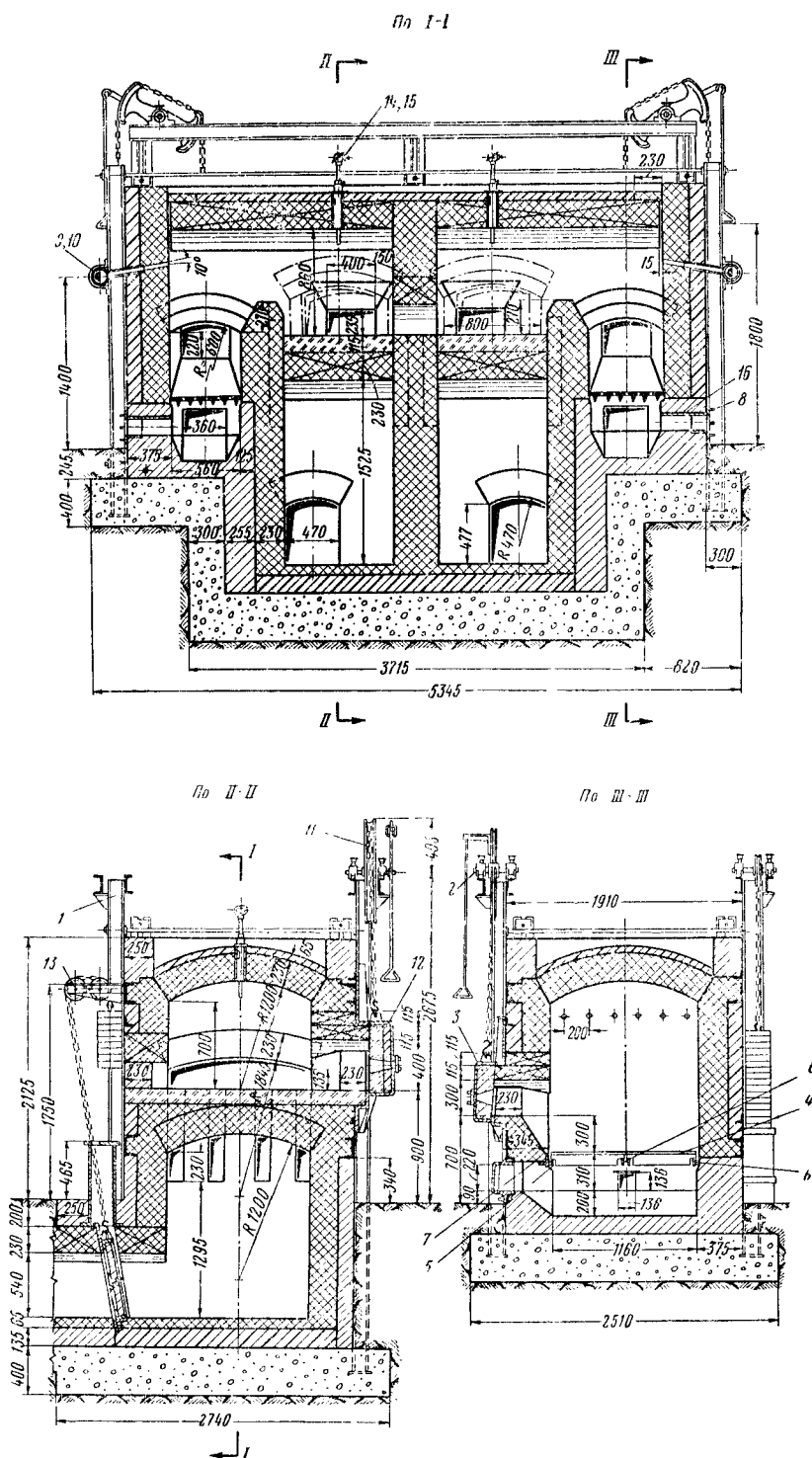
Таблица 13

Горюелентные горелки низкого давления конструкции Стальпроекта

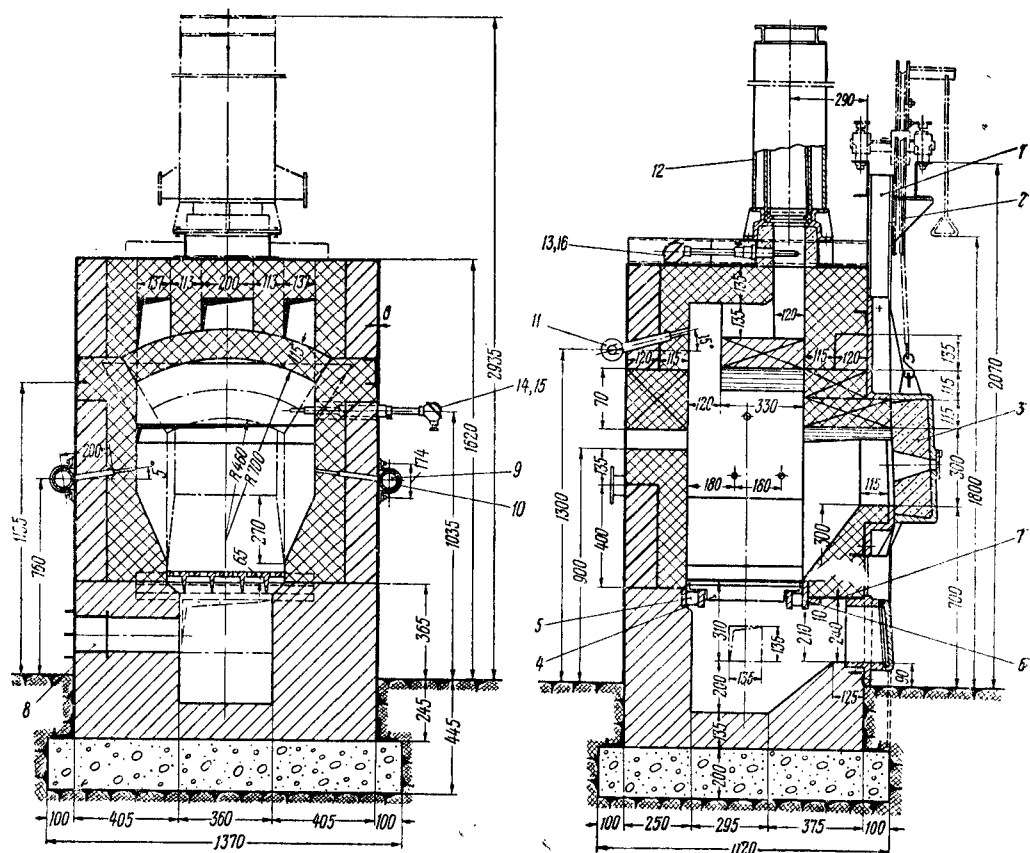
№ го- релки	Размеры в мм																	Производи- тельность в нм³/час										
	Д	Дг	Дв	А	Б	В	Г	Е	Ж	И	К	Л	М	Н	О	Р	Т		д₁	д₂	д₃	д₄	д₅	а	б	с	т	п
1	50	65	65	100	95,5	115	120,5	375	220	135	60	190	250	110	130	110	130	50	38	40	34	75	13	8	5	33	15	Газ 1 400 ккал/нм³ 35/70
2	60	75	75	110	100,5	125	132,5	405	220	150	70	190	250	123	150	128	150	60	45	48	40	50	15	10	6	40	18	
3	75	100	100	125	125	155	155	490	220	190	95	190	250	148	170	148	170	75	56	60	50	112	19	12	8	50	23	80/160
4	100	125	125	140	140,5	185	183,5	570	280	230	120	250	310	178	200	178	200	100	75	80	68	150	25	16	10	66	30	140/230
5	125	150	150	170	160	210	213	645	320	270	140	290	350	202	225	202	225	125	94	100	85	188	31	20	13	83	38	220/450
6	150	200	200	190	190	260	255	770	420	350	190	400	460	258	280	258	280	150	113	120	100	225	33	24	15	100	45	320/650
7	200	250	250	235	220	310	312	910	540	420	240	520	580	312	335	312	335	200	150	160	135	300	50	32	20	132	60	550/1 100
8	50	50	65	100	90	110,5	120,5	365	220	135	60	190	250	90	110	110	130	45	38	40	35	75	13	8	5	33	15	Газ 2 200 ккал/нм³ 30/60
9	60	65	75	110	95,5	120	132,5	395	220	150	70	190	250	110	130	128	150	57	45	48	42	90	15	10	6	40	18	
10	75	75	100	125	99,5	140,5	155	450	220	190	95	190	250	128	150	148	170	71	56	60	53	112	19	12	8	50	23	70/130
11	100	100	125	140	125	170,5	183,5	540	280	230	120	250	310	148	170	178	200	95	75	80	70	150	25	16	10	66	30	120/230
12	125	125	150	170	139,5	200,5	213	615	320	270	140	290	350	178	200	202	225	119	94	100	88	188	31	20	13	83	38	190/380
13	150	150	200	190	160	235	255	715	420	350	190	400	460	232	225	253	280	142	113	120	105	225	38	24	15	100	45	270/550
14	200	200	250	235	190	255	312	855	540	420	240	520	580	258	280	312	335	190	150	160	140	300	50	32	20	132	60	450/900



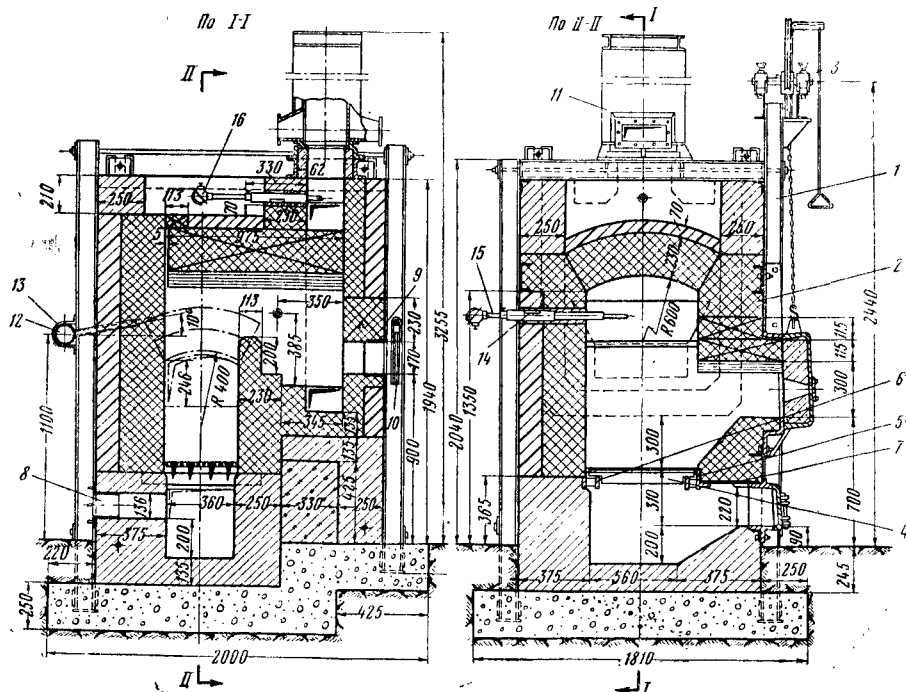
Фиг. 9. Камерная кузнечная печь (к 0,3 — 0,4-м молоту): 1 — каркас печи; 2 — механизм подъема заслонки топочного окна; 3 — фронт топочного и зольникового окна; 4 — к.с.-ослик плитчатый; 5, 6 — балка подколосниковая; 7 — лист; 8 — патрубок; 9 — коллатор; 10 — фронт рабочего окна; 11 — механизм подъема заслонки рабочего окна; 12 — рекуператор; 13 — горизонтальная установка термометра; 14, 15 — термометра; 16 — сопло для разбавления дымовых газов



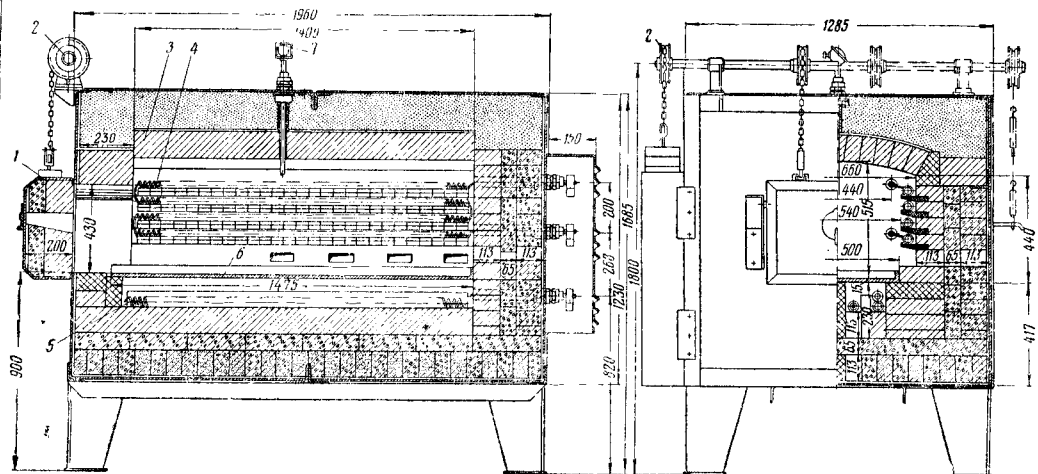
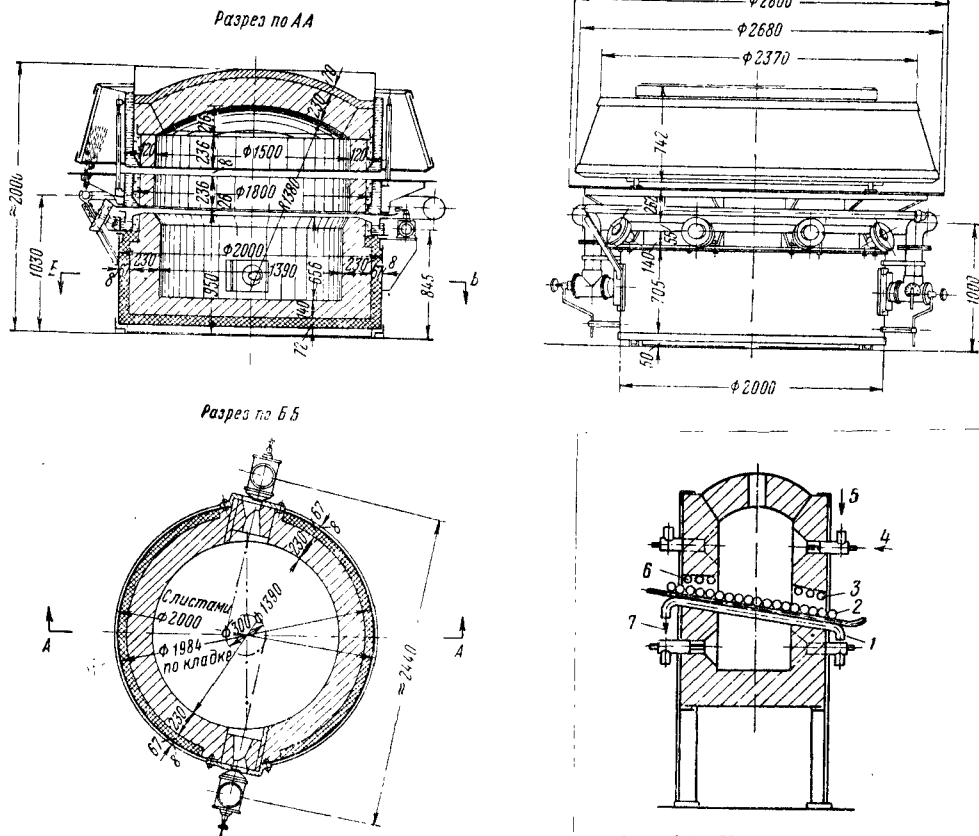
Фиг. 10. Двухкамерная кузнечная печь (к 2-т молоту): 1—каркас печи; 2—механизм подъёма заслонок топочных окон; 3—фронт топочного и золникового окна; 4—колосник плитчатый; 5, 6—балка подколосниковая; 7—лист; 8—патрубок; 9—коллектор; 10—хомут; 11—механизм подъёма заслонки рабочего окна; 12—фронт рабочего окна; 13—шибер футерованный; 14—вертикальная установка термопары; 15—термопара

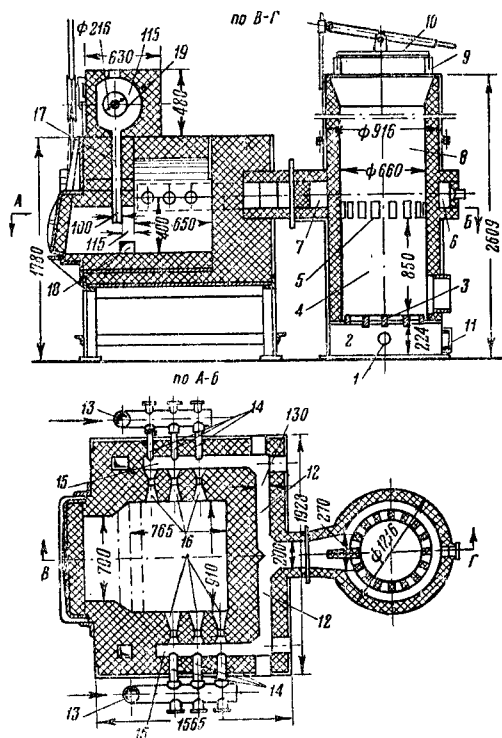


Фиг. 11. Шелловая кузнечная печь (к 1—1,5° горизонтально-ковочной машине): 1—каркас печи; 2—механизм подъема заслонки топочного окна; 3—фронт топочного и зольникового окон; 4—колосник плитчатый; 5, 6—балка подколосниковая; 7—лист; 8—патрубок; 9—коллектор; 10—хомут коллектора; 11—сопло для разбавления дымовых газов; 12—рекуператор; 13, 14, 15—термопара

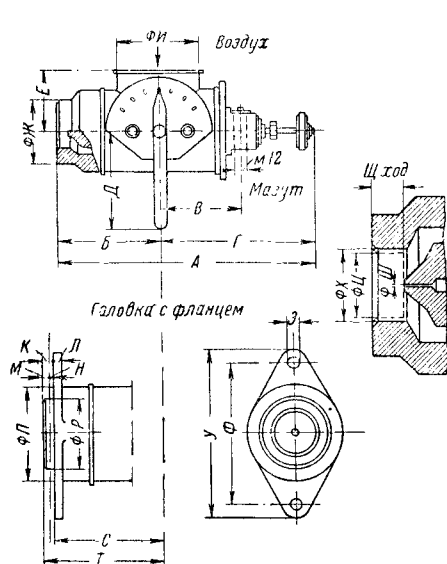


Фиг. 12. Шелловая кузнечная печь для нагрева жаровых и дымогарных труб перед подкаткой и раздачей: 1—каркас печи; 2—фронт топочного и зольникового окна; 3—механизм подъема заслонки топочного окна; 4—колосник плитчатый; 5, 6—балка подколосниковая; 7—лист; 8—патрубок; 9—рамка рабочего окна; 10—щиток рабочего окна; 11—рекуператор; 12—коллектор; 13—хомут коллектора; 14, 15, 16—установка термопары





Фиг. 16. Кузнечная печь с индивидуальным газо-генератором: 1—патрубок; 2—зольник; 3—колосниковая решётка; 4—камера; 5—щели топливника; 6—газосборник; 7—труба футерованная; 8—крышка; 9—водяной затвор; 10—генератор; 11—шлаковые отверстия для очистки от золы и шлака; 12, 15, 17, 18—каналы; 13—трубы; 14—патрубок; 16—горелки; 19—воздухонагреватель



Фиг. 17. Форсунки низкого давления конструкции Стальпроекта

давления конструкции Стальпроекта. Минимальное давление газа перед горелкой 100 мм вод. ст., воздуха—150 мм вод. ст.

В табл. 14 (фиг. 20) приведены размеры турбулентных горелок низкого давления конструкции Союзтепlostроя. Диаметр отверстия d_1 дроссельной шайбы выбирают из расчёта получения в основании газового сопла давления газа, не превышающего 80 мм вод. ст.

В табл. 15 (фиг. 21) приведены размеры инжекционных горелок для газа 900—2 200 ккал/м³ конструкции Стальпроекта. Диаметр газового сопла d_c определяется расчётом. Охлаждение горелок по фиг. 21, а—воздушное, по фиг. 21, б и 21, в—водяное.

Для сжигания пылеугольного топлива применяют специальные горелки с давлением воздуха 250—300 мм вод. ст.

На фиг. 22 представлена широко распространённая конструкция горелки типа «труба в трубе» производимостью по угольной пыли 850—1 100 кг/час.

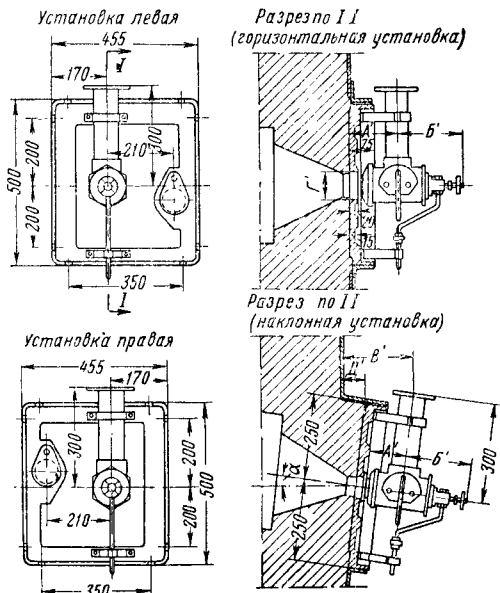
Тепловой баланс печи [23]

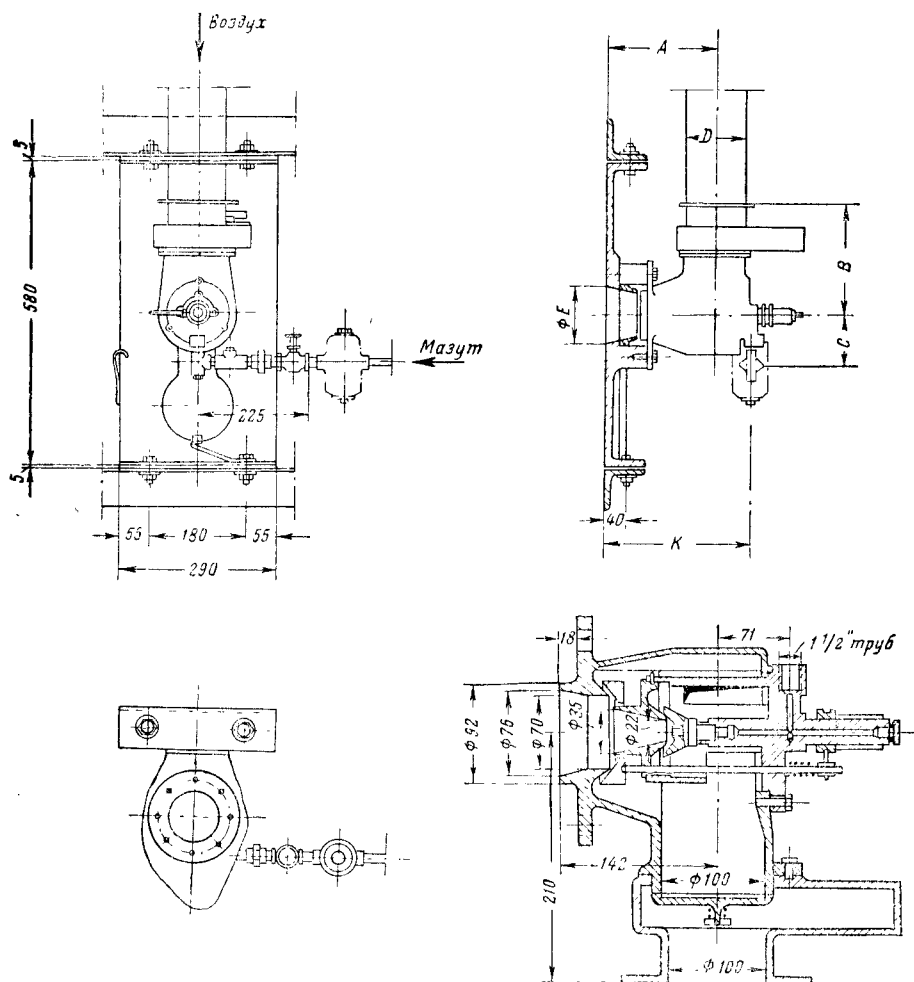
Тепловой баланс печи состоит из двух равных частей: суммы приходных статей тепла и суммы расходных статей тепла.

Тепловые балансы относят либо к единице топлива (1 кг, 1 м³), либо к единице нагреваемого металла (т, кг), либо к единице времени (сек., час.).

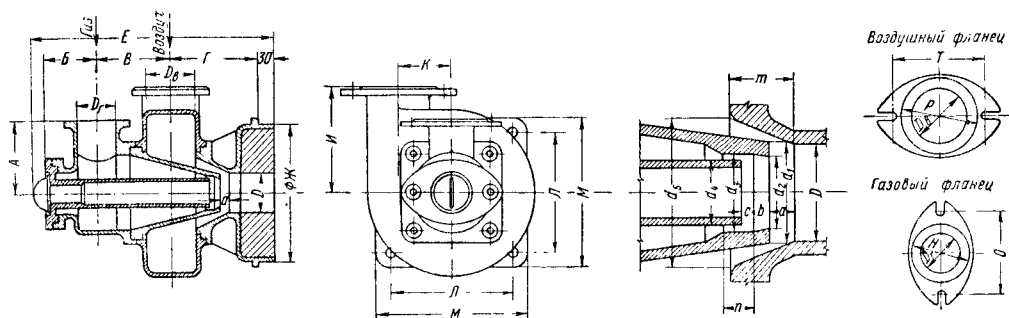
Приход тепла состоит из:

- 1) тепла горения топлива;
- 2) физического тепла, вносимого топливом;
- 3) физического тепла, вносимого воздухом или паром;
- 4) физического тепла, вносимого металлом;
- 5) тепла, выделяющегося при окислении (угаре) металла.

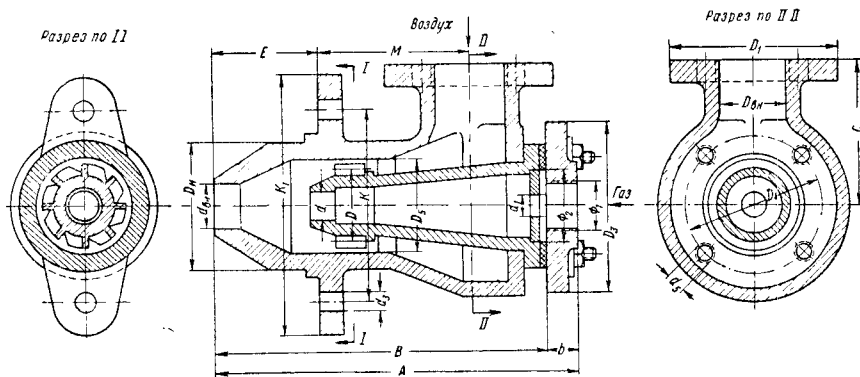




Фиг. 18. Форсунки низкого давления конструкции Союзтепlostроя



Фиг. 19. Турбулентные газовые горелки низкого давления конструкции Стальпроектa



Фиг. 20. Турбулентные газовые горелки низкого давления конструкции Союзтеплогостроя

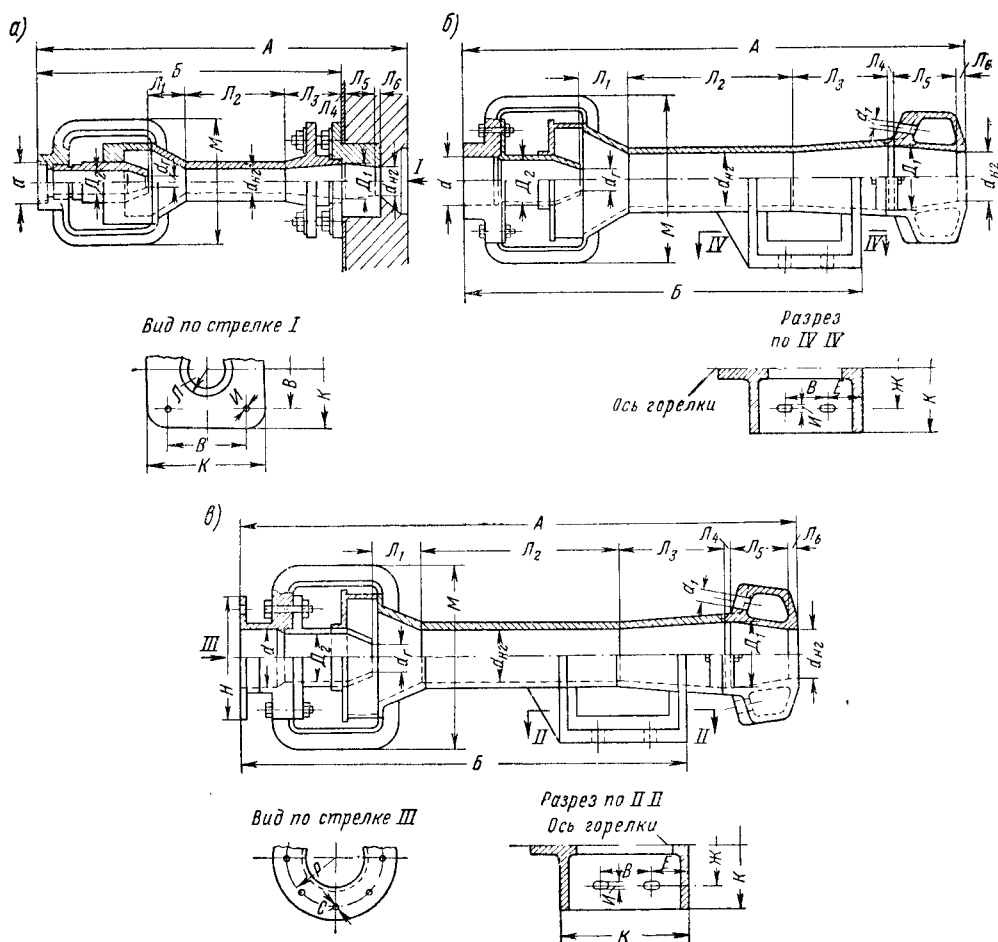


Таблица 14

Турбулентные горелки низкого давления конструкции Союзтепlostрой

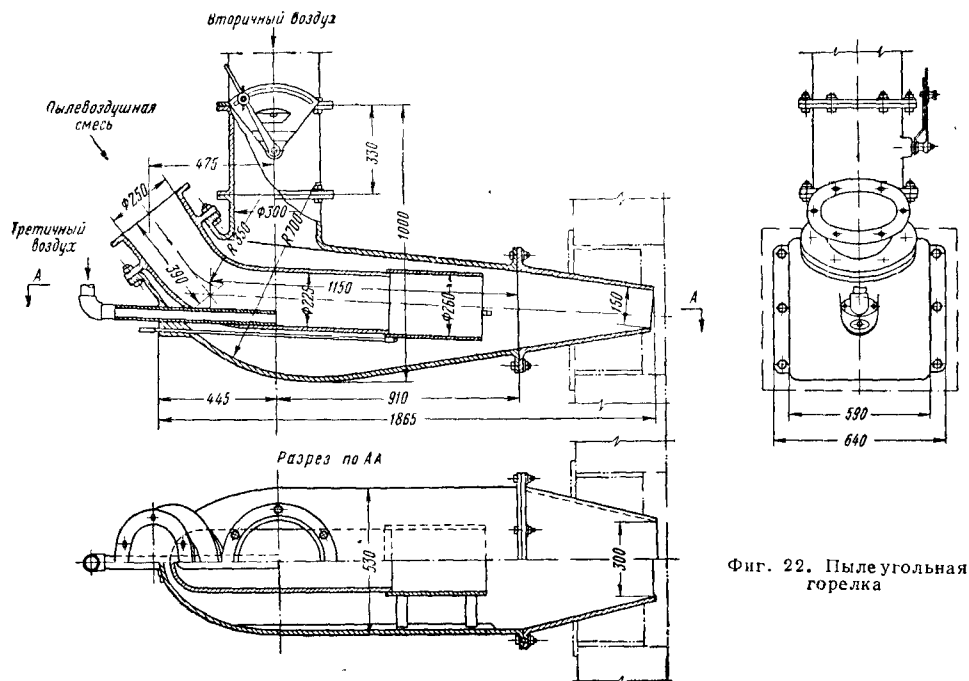
Обозначения размеров			Тип горелки							
			ГН-1	ГН-2	ГН-3	ГН-4	ГН-5	ГН-6	ГН-7	ГН-8
			Размеры в мм							
			228	265	334	394	429	—	—	—
A			202	234	304	364	399	459	527	587
B			90	100	130	150	175	200	225	240
C			58	62	96	121	120	165	170	155
E			100	120	142	170	195	208	255	315
M			110	130	180	210	240	265	310	350
K			145	180	240	270	310	335	380	420
K ₁			65	80	115	135	160	190	220	250
D _н			21	30	44	62	78	96	115	130
D _{вн}			130	140	160	190	210	—	—	—
D ₂			100	110	130	150	170	170	200	225
D ₁			M12	M12	M12	M16	M16	M16	M16	M16
d ₅										
d	При теплотворности газа ккал/нм ³	4 000	9	12	15	21	28	33	40	46
		2 000	12	17	22	30	40	50	61	70
		1 300	—	—	26	36	48	58	72	83
			45	55	75	100	125	145	170	200
D ₅			15	15	19	19	23	23	23	23
d ₅										
D	При теплотворности газа ккал/нм ³	4 000	42	45	58	75	80	100	110	135
		2 000	42	48	62	80	98	110	123	147
		1 300	—	—	64	84	105	115	139	158
			40	50	70	80	100	100	125	150
D _{вн}			100	110	140	150	170	170	200	225
D ₂			130	140	160	190	210	210	240	265
D ₁			15	15	15	19	19	19	19	19
a ₁			26	26	30	30	30	—	—	—
b										
Φ ₁	При теплотворности газа ккал/нм ³	4 000	3/4"	1"	1 1/4"	2"	2"	2 1/4"	3"	4"
		2 000	1"	1 1/4"	2"	2 1/4"	3"	3"	4"	5"
		1 300	—	—	2 1/4"	3"	4"	4"	5"	6"
			50	60	70	90	110	120	150	170
Φ ₂										

Таблица 15

Инжекционные газовые горелки для газа 900—2 200 ккал/нм³ конструкции Стальпроект

Фигура	Диаметр горелки в мм	<i>D₁</i>	<i>D₂</i>	<i>L₁</i>	<i>L₂</i>	<i>L₃</i>	<i>L₄</i>	<i>L₅</i>	<i>L₆</i>	Диаметр подвода газа в мм	<i>A</i>	<i>B</i>	Труба в резке в дюймах	<i>B</i>	<i>E</i>	<i>Ж</i>	<i>И</i>	<i>K</i>	<i>L</i>	<i>M</i>	<i>H</i>	<i>P</i>	<i>C</i>	Вес в кг	Производительность в ккал/час
21,а	15	19	15	28	60	31	3	16	3	19	242	222	—	75	—	—	14	110	30	92	—	—	—	4	17
21,а	21	26	20	36	84	46	4	22	4	25,4	326	296	1/2	100	—	—	18	140	70	114	—	—	—	8	34
21,а	24	30	20	36	96	52	5	25	4	25,4	318	314	1/2	100	—	—	18	140	70	114	—	—	—	8	45
21,а	28	36	34	51	112	58	6	28	5	31,7	404	365	1/2	100	—	—	18	140	80	150	—	—	—	11,3	61
21,а	32	40	34	48	128	66	7	32	6	38,1	433	388	1/2	100	—	—	18	140	80	150	—	—	—	13	80
21,а	37	46	34	55	148	74	7	37	6	38,1	473	423	1/2	110	—	—	18	150	90	150	—	—	—	14	110
21,а	42	52	50	57	168	86	10	42	8	50,8	495	435	1/2	125	—	—	18	165	100	200	—	—	—	16	140
21,а	48	60	50	56	192	98	12	48	10	50,8	540	470	1/2	145	—	—	18	185	115	200	—	—	—	19	180
21,а	56	70	60	53	224	115	12	56	12	50,8	595	515	1/2	145	—	—	18	185	130	200	—	—	—	23	250
21,б	65	81	65	62	260	133	12	64	14	65,5	685	555	3/4	174	43	105	16	160	—	220	—	—	—	22	330
21,б	75	94	75	72	300	156	14	75	16	76,2	784	634	3/4	174	43	105	18	160	—	240	—	—	—	29	440
21,в	86	108	96	83	344	180	15	86	18	100	1010	840	1/2	184	48	120	25	180	—	320	220	180	18	57	580
21,в	100	125	96	95	400	205	20	100	20	100	1145	915	3/4	190	55	130	25	200	—	320	220	180	18	63	790
21,в	116	145	116	104	464	238	25	116	20	125	1240	1024	3/4	110	65	160	25	240	—	365	250	210	18	91	1 100
21,в	134	167	140	120	536	270	30	134	25	150	1500	1210	1	110	65	160	25	240	—	440	285	240	22	130	1 400
21,в	159	192	140	140	616	316	34	152	25	150	1668	1378	1	150	75	200	30	300	—	440	285	240	22	157	1 900
21,в	178	222	190	162	712	360	45	178	30	200	1980	1580	1	150	75	200	30	300	—	560	340	295	2	176	2 500
21,в	205	256	190	185	820	418	50	205	30	200	2200	1740	1	170	80	225	30	330	—	560	340	295	22	315	3 100

1 При напряжении горелки 10 тыс. ккал/см².



Фиг. 22. Пылеугольная горелка

Расход тепла состоит из:

- 1) тепла нагрева металла (полезного тепла),
- 2) физического тепла отходящих газов,
- 3) химической теплоты горения,
- 4) потери тепла во внешнюю среду через кладку и окна,
- 5) потери тепла с охлаждающей водой.

Коэффициент полезного действия печи (в %)

$$\eta = \frac{(C_k t_k - C_n t_n)}{A (H + C_m t_m + m C_v t_v)} 100,$$

где C_k — средняя теплоёмкость металла при температуре конца нагрева;

t_k — температура металла в конце нагрева;

C_n — средняя теплоёмкость металла при температуре начала нагрева;

t_n — температура металла в печи в начале нагрева;

A — расход топлива на 1 кг посаженного в печь металла;

H — теплотворная способность топлива;

C_m — средняя теплоёмкость топлива при температуре топлива, вносимого в печь;

t_m — температура вносимого в печь топлива;

m — расход воздуха на 1 кг или 1 м³ топлива;

C_v — средняя теплоёмкость, воздуха при температуре воздуха вводимого в печь;

t_v — температура вводимого в печь воздуха.

Контроль температуры нагрева

Выше говорилось о влиянии температуры нагрева на качество поковки. Поэтому чрезвычайно важным является правильное назначение её и поддержание необходимого

теплового режима печи в процессе нагрева (и подогрева) заготовок, соблюдение соответствующего температурного интервалаковки. Для контроля температур нагрева иковки необходимо пользоваться пирометрическими установками (с автоматическим управлением) и оптическими приборами для измерения температур (см. ТСЖ, т. 2, стр. 719—735). Лишь в крайнем случае при отсутствии пирометров можно весьма ориентировочно определить температуру по цвету каления металла (табл. 16).

Таблица 16
Цвета каления металла

Цвет	Температура в °С
Бурый (начало свечения)	500
Красноватый (тёмнобурый)	550
Тёмнокрасный	650
Вишнёво-красный	700
Светлокрасный	800
Густооранжевый (жёлто-красный)	900
Оранжево-жёлтый	1000
Соломенно-жёлтый	1160
Белый	1200
Белый с жёлтым оттенком	1300
Молочно-белые пятна и яркие полосы	Сварочный жар
Яркобелый	1400

Расчёт размеров печи [22]

Число заготовок, одновременно находящихся в печи (фиг. 23):

$$z = \frac{nt}{60}.$$

Площадь пода F_a в м² определяют по следующей общей формуле:

$$F_a = \frac{n_r}{f}.$$

Таблица 17

Средняя удельная производительность кузнечных печей для свободнойковки на различных видах топлива [22]

Наименование печи	Производительность 1 м ² площади пода печи				
	Мазут 10 000	Газ 1 800	Уголь 6 000	Генераторный газ	
				1 500	1 200
	ккал/кг	ккал/кг	ккал/кг	ккал/кг	ккал/кг
в кг/м ² час					
Камерные печи с закрывающимися окнами	450—600	450—550	300—450	300—450	200—250
Печи щелевого типа	450—550	350—500	300—400	250—400	200—250
» полуметодического типа	350—450	300—400	250—350	250—350	200—250
Методические печи	300—400	300—350	250—300	200—300	150—200

Примечания. 1. Приведённые в таблице данные относятся к случаю нагрева поковок средней сложности при индивидуальном и серийном производстве.
2. Температура рабочего пространства печи 1300° С.
3. Средняя производительность печей для штамповки при тех же условиях нагрева составляет: методических 250—500 и камерной 350—500 кг/м² час.

где n_r — вес нагреваемого металла в кг/час;
 f — вес в кг нагретого металла с 1 м² пода печи в час (удельная производительность печи или напряжённость пода).

Размер пода небольшой кузнечной камерной печи для свободнойковки следует определять по этой формуле и на основе опытных данных (см. табл. 8, 9, 10 и 17).

Ширина активного пода щелевой печи для нагрева мерных заготовок под штамповку

$$Ш_a = \frac{z(d+k)}{c} - k = \frac{nt(d+k)}{60c} - k \text{ (в мм);}$$

$$\Gamma_a = ct(c-1)m \text{ (в мм);}$$

$$F_a = Ш_a \Gamma_a : 10^6 \text{ (в м}^2\text{);}$$

$$f_a = \frac{nG}{F_a} \text{ (в кг/м}^2\text{час);}$$

$$L_a = \frac{Gn \cdot 10^6}{lf_a} = \frac{rnt}{60} = (150 \div 200) \text{ с,}$$

где d — диаметр или сторона квадрата поперечного сечения заготовки в мм;

k — расстояние между заготовками в мм;

c — число рядов заготовок;

l — длина заготовки в мм;

n — число заготовок, нагреваемых в час;

t — продолжительность нагрева одной заготовки в мин.;

Γ_a — глубина активного пода печи в мм;

m — расстояние между торцами смежных рядов заготовок в мм;

F_a — площадь активного пода печи в м²;

f_a — удельная производительность печи в кг/м² час, отнесённая к активной площади пода;

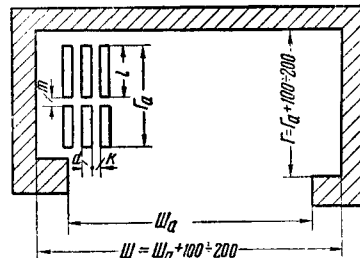
G — вес заготовки в кг;

L_a — длина пода методической печи с толкателем (при однорядном расположении заготовок поперёк пода) в мм;

s — размер сечения заготовки в направлении, перпендикулярном направлению её продвижения, в мм (при квадратном сечении $r=s$);

r — размер сечения заготовки в направлении продвижения её в печи в мм.

Конструктивные размеры пода по ширине и длине берут больше размеров активного пода на 100—200 мм в зависимости от размеров заготовок.



Фиг. 23. К расчёту размеров пода печи

Расход воздуха

Данные для выбора вентиляторов приведены в табл. 18—20.

Формулы для определения объёма дымовых газов и расхода воздуха приведены в табл. 21.

Таблица 18

Вентиляторы типа «Сирокко»

№	Максимальные габариты в мм	Полный напор в мм вод.ст.	Расходуемая мощность в кВт	Производительность в м ³ /час
5	605×541×675	175—350	0,505—1,25	800—2 000
6	726×560×740	300—400	1,915—2,92	2 000—2 500
7	848×712×920	300—450	1,915—3,40	1 500—2 000
8	958×720×1047	250—500	3,29—4,86	2 000—3 000
9	1093×741×1186	250—600	2,833—12,58	2 500—7 500
10	2212×1040×1316	400—700	6,8—22,8	3 500—9 000
11	328×1600×1446	550—700	10,2—25,5	4 000—10 000
12	1451×1670×1571	700	20,1—46,3	8 000—12 000

Таблица 19
Вентиляторы системы инж. Косточкина

№	Мощность в л. с.	Полный напор в мм. вод. ст.	Производи- тельность в м³/мин
1	0,50—1,51	100—300	7,55—10,50
2	0,71—3,80	100—300	9,75—17,00
3	1,00—9,65	100—450	13,50—28,90
4	1,29—14,80	100—500	17,50—40,00
5	1,55—17,50	100—500	21,00—47,20
6	1,81—20,40	100—500	24,80—55,00
7	2,89—36,90	100—500	39,00—86,00
8	4,05—44,80	100—500	54,30—121,00
9	5,07—56,10	100—500	61,50—152,00
10	6,21—90,00	100—500	84,00—190,00

Таблица 20

Размеры центробежных вентиляторов высокого давления системы инж. Косточкина

№	Длина в мм	Ширина в мм	Высота в мм	Вес в кг	№	Длина в мм	Ширина в мм	Высота в мм	Вес в кг
1	350	360	409	28	5	634	461	746	145
2	422	361	492	48	6	699	525	817	190
3	497	367	570	70	7	845	594	977	250
4	567	418	661	100	8	996	708	1136	400

Таблица 21

Формулы для определения объема дымовых газов и теоретического расхода воздуха

Род топлива	Теоретиче- ский объем V дымовых газов в м³/кг или м³/м³	Теоретиче- ский расход воздуха L в м³/кг или м³/м³
Твёрдое	$0,89 \frac{Q_p}{1000} + 1,66$	$1,11 \frac{Q_p}{1000} + 0,5$
Жидкое	$1,11 \frac{Q_p}{1000}$	$0,85 \frac{Q_p}{1000} + 2,0$
Газ бедный (Q_p до 3 000 ккал/м³) . . .	$0,725 \frac{Q_p}{1000} + 1,0$	$0,875 \frac{Q_p}{1000}$
Газ богатый (Q_p до 4 000 ккал/м³ и выше)	$1,14 \frac{Q_p}{1000} + 0,25$	$1,09 \frac{Q_p}{1000} + 0,25$

Действительный расход воздуха $L_0 = \alpha L$,
где α — коэффициент избытка воздуха, прини-
маемый:

Для топлива твёрдого	α 1,3 ÷ 1,6
» » пылевидного	1,1 ÷ 1,2
» » жидкого	1,1 ÷ 1,2
» » газообразного	1,05 ÷ 1,1

Действительный объем дымовых газов
определяют при условиях полного горения
по формулам:
при 0° и 760 мм рт. ст.

$$V_0 = V + (\alpha - 1) L \text{ м}^3;$$

при температуре t°

$$V_{t,0} = V_0 (1 + \beta t) = V_0 \left(1 + \frac{t}{273}\right) \text{ м}^3.$$

Значения L_0 и V_0 можно брать по табл. 22.

Величину $\left(1 + \frac{t}{273}\right)$ можно брать по табл. 23.

Электронагрев

Преимущества электронагрева:

- 1) значительное сокращение времени на-
грева (в 15—20 раз по сравнению с пламен-
ными печами);
 - 2) уменьшение потерь металла с окали-
ной;
 - 3) возможность автоматизации подачи и вы-
дачи заготовок;
 - 4) возможность повышения температуры
началаковки;
 - 5) улучшение условий труда, уменьшение
пожарной опасности;
 - 6) экономия производственных площа-
дей;
 - 7) постоянная готовность к пуску.
- Данные о способах электронагрева при-
ведены в табл. 24.

РАСХОД ТОПЛИВА

1. Для горнов употребляют уголь марки
ПЖ (спекающийся, горящий сравнительно
коротким пламенем), иногда кокс.

Для печей употребляют угли разных ма-
рок и антрациты (марки АМ, АРШ).

Содержание серы в угле должно быть
минимальным, не более: в коксе — 1,2%,
в углях марки Т — 2,3%, ПЖ — 2,0%.
в антрацитах — 2,7%.

Недостатки твёрдого топлива для печей:
сложность доставки к отдельным печам;
необходимость специальной площади около
печи для хранения запаса угля на смену;
увеличенный габарит печи в связи с устрой-
ством топки; загрязнение цеха топливом,
пылью от него и золой.

2. Пылевидное топливо может с успехом
применяться в кузнечных печах. Оно даёт
20—30% экономии.

3. Мазут является хорошим топливом для
печей.

Недостаток его — необходимость подогре-
ва, иногда даже в летнее время.

4. По экономическим соображениям по-
требление мазута как топлива в кузнечных
печах в настоящее время уменьшается. Его
заменяет газ, получаемый от индивидуаль-
ных газогенераторов или от общезаводской
установки.

Величины удельного расхода топлива при-
ведены в табл. 8, 9 и 17.

В среднем для методических печей можно
принимать расход топлива 7÷9% от веса
нагреваемого металла, а для камерных пе-
чей—10÷17% от веса нагреваемого ме-
талла.

В горнах расход каменного угля 60÷80%,
расход древесного угля 50÷70% от веса
металла.

На ряде предприятий МПС (заводах, депо)
расход топлива в зависимости от объема ра-
боты составляет 315÷515 кг на 1 т годной
поковки и 4,9—5,0 кг на 1 час работы куз-
нечного горна.

На основе материалов обследований ряда
печных установок паровозо- и вагоноремонт-
ных заводов и депо Л. К. Кистьянц (ЦНИИ)
разработал метод нормирования расхода то-
плива [10].

Действительный расход воздуха и объём газов

Рабочая теплотворная способность топлива в ккал/кг или для газового топлива в ккал/м³	Наименование	Коэффициент избытка воздуха																																							
		Твёрдое топливо								Газообразное топливо								Жидкое топливо																							
		1,0				1,2				1,4				1,6				1,8				1,0				1,2				1,4				1,6				1,8			
		1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8										
1 000	Количество воздуха	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—									
	Объём газов	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—									
	Теплосодержание газов	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—									
2 000	Количество воздуха	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—									
	Объём газов	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—									
	Теплосодержание газов	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—									
3 000	Количество воздуха	3,5	4,2	4,9	5,6	6,3	7,0	7,7	8,3	8,9	9,4	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0	14,5	15,0	15,5	16,0	16,5	17,0	17,5	18,0	18,5	19,0	19,5	20,0									
	Объём газов	4,2	4,9	5,6	6,3	7,0	7,7	8,3	8,9	9,4	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0	14,5	15,0	15,5	16,0	16,5	17,0	17,5	18,0	18,5	19,0	19,5	20,0	20,5									
	Теплосодержание газов	712	613	536	467	422	383	344	305	266	227	188	149	110	71	32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—									
4 000	Количество воздуха	4,5	5,4	6,3	7,2	8,1	9,0	9,9	10,6	11,3	12,0	12,7	13,4	14,1	14,8	15,5	16,2	16,9	17,6	18,3	19,0	19,7	20,4	21,1	21,8	22,5	23,2	23,9	24,6	25,3	26,0	26,7									
	Объём газов	5,2	6,1	7,0	7,9	8,8	9,7	10,6	11,5	12,4	13,3	14,2	15,1	16,0	16,9	17,8	18,7	19,6	20,5	21,4	22,3	23,2	24,1	25,0	25,9	26,8	27,7	28,6	29,5	30,4	31,3	32,2									
	Теплосодержание газов	770	656	572	506	450	394	338	282	226	170	114	58	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—									
5 000	Количество воздуха	5,5	6,6	7,7	8,8	9,9	10,6	11,3	12,0	12,7	13,4	14,1	14,8	15,5	16,2	16,9	17,6	18,3	19,0	19,7	20,4	21,1	21,8	22,5	23,2	23,9	24,6	25,3	26,0	26,7	27,4	28,1									
	Объём газов	6,1	7,2	8,3	9,4	10,6	11,7	12,8	13,9	15,0	16,1	17,2	18,3	19,4	20,5	21,6	22,7	23,8	24,9	26,0	27,1	28,2	29,3	30,4	31,5	32,6	33,7	34,8	35,9	37,0	38,1	39,2									
	Теплосодержание газов	820	695	603	529	471	415	359	303	247	191	135	79	23	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—									
6 000	Количество воздуха	6,5	7,8	9,1	10,4	11,7	12,3	13,0	13,7	14,4	15,1	15,8	16,5	17,2	17,9	18,6	19,3	20,0	20,7	21,4	22,1	22,8	23,5	24,2	24,9	25,6	26,3	27,0	27,7	28,4	29,1	29,8									
	Объём газов	6,95	8,3	9,6	11,0	12,3	13,6	14,9	16,2	17,5	18,8	20,1	21,4	22,7	24,0	25,3	26,6	27,9	29,2	30,5	31,8	33,1	34,4	35,7	37,0	38,3	39,6	40,9	42,2	43,5	44,8	46,1									
	Теплосодержание газов	864	723	623	545	487	430	373	316	259	202	145	88	31	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—									
7 000	Количество воздуха	7,5	9,0	10,5	12,0	13,5	14,0	14,5	15,0	15,5	16,0	16,5	17,0	17,5	18,0	18,5	19,0	19,5	20,0	20,5	21,0	21,5	22,0	22,5	23,0	23,5	24,0	24,5	25,0	25,5	26,0	26,5									
	Объём газов	7,85	9,4	10,85	12,35	13,85	14,35	14,85	15,35	15,85	16,35	16,85	17,35	17,85	18,35	18,85	19,35	19,85	20,35	20,85	21,35	21,85	22,35	22,85	23,35	23,85	24,35	24,85	25,35	25,85	26,35	26,85									
	Теплосодержание газов	892	745	645	569	500	443	386	329	272	215	158	101	44	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—									
8 000	Количество воздуха	8,5	10,2	11,9	13,6	15,3	15,7	16,1	16,5	17,0	17,5	18,0	18,5	19,0	19,5	20,0	20,5	21,0	21,5	22,0	22,5	23,0	23,5	24,0	24,5	25,0	25,5	26,0	26,5	27,0	27,5	28,0									
	Объём газов	8,75	10,5	12,2	14,0	15,7	16,1	16,5	17,0	17,5	18,0	18,5	19,0	19,5	20,0	20,5	21,0	21,5	22,0	22,5	23,0	23,5	24,0	24,5	25,0	25,5	26,0	26,5	27,0	27,5	28,0	28,5									
	Теплосодержание газов	915	761	655	571	500	443	386	329	272	215	158	101	44	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—									
9 500	Количество воздуха	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—									
	Объём газов	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—									
	Теплосодержание газов	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—									
10 000	Количество воздуха	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—									
	Объём газов	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—									
	Теплосодержание газов	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—									
10 500	Количество воздуха	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—									
	Объём газов	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—									
	Теплосодержание газов	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—									
11 000	Количество воздуха	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—									
	Объём газов	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—									
	Теплосодержание газов	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—									

Примечание. Количество воздуха при 0° и 760 мм рт. ст., необходимое для сгорания 1 м³ газообразного (1 кг жидкого или твёрдого) топлива, в м³. Объём дымовых газов при 0° и 760 мм рт. ст., получаемых от сгорания 1 м³ газообразного (1 кг жидкого или твёрдого) топлива, в м³. Теплосодержание в ккал/м³ °С.

Примечание. Количество воздуха при 0° и 760 мм рт. ст., необходимое для сгорания 1 м³ газообразного (1 кг жидкого или твёрдого) топлива, в м³. Объём дымовых газов при 0° и 760 мм рт. ст., получаемых от сгорания 1 м³ газообразного (1 кг жидкого или твёрдого) топлива, в м³. Теплосодержание в ккал/м³ °С.

Таблица 23
Значение величины $\left(1 + \frac{t}{273}\right)$

t°	$1 + \frac{t}{273}$	t°	$1 + \frac{t}{273}$	t°	$1 + \frac{t}{273}$
25	1,09	425	2,56	1100	5,03
50	1,18	450	2,65	1150	5,21
75	1,27	475	2,74	1200	5,40
100	1,37	500	2,83	1250	5,58
125	1,46	550	3,01	1300	5,76
150	1,55	600	3,20	1350	5,95
175	1,64	650	3,38	1400	6,13
200	1,73	700	3,56	1450	6,31
225	1,82	750	3,75	1500	6,49
250	1,92	800	3,93	1550	6,68
275	2,01	850	4,11	1600	6,86
300	2,10	900	4,30	1650	7,04
325	2,19	950	4,43	1700	7,23
350	2,28	1000	4,66	1750	7,41
375	2,37	1050	4,85	1800	7,59
400	2,47				

Таблица 24

Способы электронагрева стальных заготовок в зависимости от размеров их поперечного сечения

Диаметр заготовки в мм	Способ электронагрева
10—40	В электролите постоянным током 200—300 а
30—70	Контактный нагрев токами промышленной частоты (50 гц)
60—200	Индукционный нагрев токами промышленной частоты
20—200	Индукционный нагрев токами повышенной частоты (500÷10 000 гц)
До 20	Индукционный нагрев токами высокой частоты (100 000÷1 000 000 гц)

Формулы, положенные в основу этого метода, приведены в табл. 25.

В этих формулах:

B' — удельный расход топлива в кг/т для печей с площадью пода менее 3 м²;

B'' — удельный расход топлива в кг/т для печей с площадью пода более 3 м²;

B_H — удельный расход натурального жидкого топлива в кг/т;

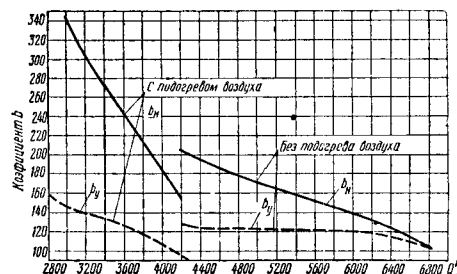
B_y — удельный расход условного топлива в кг/т;

ΣF — сумма площадей теплоотдающих поверхностей нормируемого цеха;

Σf — сумма площадей подов печей нормируемого цеха.

В щелевых печах (горнах), у которых щели расположены непосредственно над колосниковой решёткой, вместо площади пода подставляют площадь колосниковой решётки, а высоту h при подсчёте F измеряют от уровня колосниковой решётки до свода.

Кривые для определения коэффициента b (b_H — в натуральном топливе, b_y — в условном топливе) приведены на фиг. 24.



Фиг. 24. Кривые для определения коэффициента b при нормировании расхода топлива в кузнечных печах

При расчёте F и f следует руководствоваться следующими формулами:

если камера сгорания обособлена (фиг. 25), то

$$f = l_1 l_2 \text{ м}^2;$$

Таблица 25

Формулы нормирования расхода топлива [10]

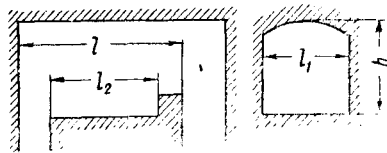
Продолжительность работы печи в час.	Твёрдое топливо	Жидкое топливо	Природный газ
8	$B' = b \left(1,5 + 0,865 \frac{\Sigma F}{\Sigma f} \right)$ $B'' = b \left(1,5 + 0,505 \frac{\Sigma F}{\Sigma f} \right)$	$B_H = 82,90 + 38,54 \frac{\Sigma F}{\Sigma f}$ $B_y = 110,55 + 51,59 \frac{\Sigma F}{\Sigma f}$	$B_H = 94,5 + 44,1 \frac{\Sigma F}{\Sigma f}$ $B_y = 108 + 59,4 \frac{\Sigma F}{\Sigma f}$
16	$B' = b \left(1,5 + 0,645 \frac{\Sigma F}{\Sigma f} \right)$ $B'' = b \left(1,5 + 0,38 \frac{\Sigma F}{\Sigma f} \right)$	$B_H = 82,90 + 29,76 \frac{\Sigma F}{\Sigma f}$ $B_y = 110,55 + 39,80 \frac{\Sigma F}{\Sigma f}$	$B_H = 94,5 + 34,02 \frac{\Sigma F}{\Sigma f}$ $B_y = 108 + 38,88 \frac{\Sigma F}{\Sigma f}$
22	$B' = b \left(1,5 + 0,445 \frac{\Sigma F}{\Sigma f} \right)$ $B'' = b \left(1,5 + 0,26 \frac{\Sigma F}{\Sigma f} \right)$	$B_H = 82,90 + 22,35 \frac{\Sigma F}{\Sigma f}$ $B_y = 110,55 + 29,92 \frac{\Sigma F}{\Sigma f}$	$B_H = 94,5 + 25,58 \frac{\Sigma F}{\Sigma f}$ $B_y = 108 + 29,23 \frac{\Sigma F}{\Sigma f}$

если сгорание топлива (жидкого и газообразного) осуществляется непосредственно в рабочей камере (фиг. 26), то

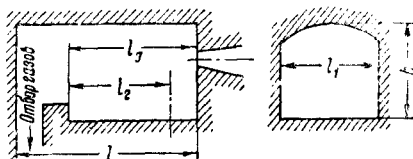
$$f = 0,8 l_3 l_1 \text{ м}^2;$$

при площади пода не выше 3 м^2

$$F = l l_1 + 2h (l_1 + l) \text{ м}^2.$$



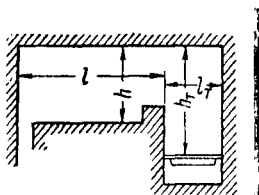
Фиг. 25. Схема печи, работающей на твердом топливе (с площадью пода ниже 3 м^2)



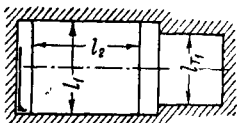
Фиг. 26. Схема печи, работающей на жидком топливе

Для кузнечных и термических печей с площадью пода более 3 м^2 (фиг. 27)

$$F_1 = F + F_T = l l_1 + 2h (l_1 + l) + l_T l_T + h_T + 2l_T \text{ м}^2$$



Фиг. 27. Схема печи, работающей на твердом топливе (с площадью пода более 3 м^2)



Для облегчения подсчетов ЦНИИ рекомендует таблицу удельных расходов топлива для печей распространенных габаритов (см. табл. 26) в железнодорожных депо и заводах.

При подсчете норм принято:

1. Теплотворная способность топлива $3000 \div 4400 \text{ ккал/кг}$; при переходе на работу с углями теплотворной способностью ниже 4400 ккал/кг удельные нормы расхода топлива снижаются.

2. Площадь пода ниже 3 м^2 .

3. Эксплуатация печей происходит с напряженностью пода $150 \text{ кг/м}^2 \text{ час}$ готовой продукции.

4. Нормы составлены в кг условного топлива на 1 т годных поковок.

ПОДБОР КУЗНЕЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В депо большей частью применяют пневматические двухцилиндровые молоты.

Для депо, обслуживающих мощные паровозы типов ФД и ИС, можно рекомендовать пневматические молоты с весом падающих частей $350\text{--}400 \text{ кг}$, для других локомотивных и вагонных депо — с весом падающих частей 250 кг . Коэффициент полезного действия пневматического молота $10\div 12\%$, паро-воздушного молота 2% .

Производительность молота типов КК-350 и М-415 — $155\div 175 \text{ кг/час}$, молота типов КК-250 и М-412 — $115\div 130 \text{ кг/час}$.

На паровозоремонтных и вагоноремонтных заводах применяется кузнечное оборудование разных видов: молоты паро-воздушные, пневматические и падающие, горизонтально-ковочные машины, гидравлические, фрикционные и эксцентриковые прессы и пр.

Подбор ковочного оборудования

Расчет усилия молота для осадки и число ударов [8]. 1. Потребная энергия удара паро-воздушного молота

$$\mathcal{E} = \frac{A_K}{\eta}, \quad (1)$$

где A_K — работа деформации за последний удар;

η — коэффициент, принимаемый равным $0,8\text{--}0,9$.

Работа деформации за последний удар

$$A_K = \omega m \sigma_{нч} \epsilon_K V \text{ (в кгм)}, \quad (2)$$

где ω — скоростной коэффициент, принимаемый по табл. 27;

m — коэффициент, зависящий от трений и соотношения размеров заготовки, принимаемый по формуле (3);

$\sigma_{нч}$ — предел прочности стали в кг/мм^2 (см. табл. 28);

ϵ_K — степень деформации в кг/мм^2 . Для стали можно принимать $\epsilon_K = 0,025\div 0,060$ (в кг/мм^2);

V — объем в см^3 .

Коэффициент m находят по формуле

$$m = 1 + \frac{\mu d}{3h}, \quad (3)$$

где μ — коэффициент, который берут по табл. 29;

d — конечное среднее значение диаметра заготовки;

h — конечное значение высоты осадки заготовки.

Средний диаметр осаженой заготовки

$$d = d_0 \sqrt{\frac{h_0}{h}}, \quad (3a)$$

где d_0 — начальный диаметр заготовки в мм;

h_0 — начальная высота заготовки в мм.

2. Число ударов паро-воздушного молота, потребное для осадки:

$$n = \frac{A}{\tau_p \mathcal{E}}, \quad (4)$$

где A — работа деформации за весь процесс, равная

$$A = \omega m_1 \sigma_{пч} V, \quad (5)$$

где m_1 — коэффициент, зависящий от размеров заготовки, который находят по формуле

$$m_1 = \ln \frac{h_0}{h} + \frac{2}{9} \cdot \frac{d_0}{h_0} \left[\sqrt{\left(\frac{h_0}{h} \right)^3} - 1 \right], \quad (6)$$

где h_0 и d_0 — начальные высота и диаметр заготовки в мм.

Расчёт усилия прессы для осадки. Потребное усилие гидравлического и паро-гидравлического прессы для осадки

$$P = m \sigma_{пч} F, \quad (7)$$

где m — по формуле (3);

$\sigma_{пч}$ — предел прочности материала при температуре осадки, принимают по табл. 28;

F — площадь поперечного сечения заготовки в мм².

Ориентировочные данные для выбора гидравлических прессов, паро-воздушных и пневматических молотов приведены в табл. 30—32.

Таблица 26

Удельные нормы расхода условного топлива в кг/т

$\frac{\Sigma F}{\Sigma f}$	Число смен работы в сутки	Твёрдое топливо Q_H^P ккал/кг														Жидкое топ- ливо $Q_H^P = 9370$	Природный газ $Q_H^P = 8000$
		6 800	6 600	6 400	6 200	6 000	5 600	от 5 200 до 4 400	4 200	4 000	3 800	3 600	3 400	3 200	3 000		
3,6 3,6 3,6	1 2 3	475 393 319	498 413 335	526 435 353	544 451 366	553 453 372	558 466 378	563 470 381	432 357 290	489 405 329	535 443 360	576 478 387	609 504 409	641 531 431	682 565 459	296 254 218	239 248 213
3,8 3,8 3,8	1 2 3	493 407 328	517 427 344	546 450 364	565 466 376	574 474 383	584 482 389	589 486 392	443 370 298	507 418 338	555 453 370	593 493 398	631 521 421	665 549 443	708 585 472	306 262 224	249 256 219
4,0 4,0 4,0	1 2 3	510 420 337	535 440 354	565 465 373	585 481 387	595 489 393	605 498 400	610 502 403	464 381 307	525 432 347	575 473 380	631 510 410	665 539 433	700 567 455	734 603 485	317 270 230	310 263 225
4,2 4,2 4,2	1 2 3	529 433 347	555 454 363	586 480 384	606 496 397	616 505 414	627 513 411	632 517 414	430 394 315	544 446 357	595 483 390	641 526 421	677 555 445	713 585 463	759 622 493	327 278 236	320 271 231
4,4 4,4 4,4	1 2 3	546 446 356	573 463 373	605 494 394	626 512 403	636 520 415	647 529 422	652 533 425	496 406 323	562 460 366	615 503 401	663 542 432	700 572 456	737 603 480	785 642 511	337 286 242	330 279 237
4,6 4,6 4,6	1 2 3	564 460 365	592 482 383	624 509 404	646 527 418	657 536 425	668 545 432	674 549 436	513 418 332	580 473 377	635 518 412	685 558 444	723 589 469	761 621 494	811 661 525	348 294 248	340 287 242
4,8 4,8 4,8	1 2 3	582 473 374	610 486 392	644 514 414	667 532 429	678 541 436	689 550 443	695 555 417	529 430 340	599 487 385	655 533 422	706 574 454	746 603 480	785 639 505	836 680 538	358 301 254	350 295 248
5,0 5,0 5,0	1 2 3	600 496 383	629 520 402	664 548 424	687 563 439	700 578 447	710 587 454	716 592 458	545 450 348	617 510 395	675 558 432	728 602 465	767 635 491	809 669 517	862 712 551	363 310 260	360 302 254
5,2 5,2 5,2	1 2 3	617 509 393	648 534 412	683 563 434	707 583 450	720 593 457	732 603 465	738 603 469	561 462 357	635 524 405	695 573 443	749 618 477	792 652 504	834 687 531	888 731 565	379 317 266	370 310 260
5,4 5,4 5,4	1 2 3	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	330 325 272	380 318 265

Примечание. Если печь работает с подогретым воздухом (за счёт использования тепла отходящих газов), то данные таблицы следует уменьшить примерно на 15%; более точно см. [10].

Таблица 27
Скоростной коэффициент ω (по Губкину С. И.)

Скорость хода машины в см/сек			Ударное воздействие сил
10—25	25—75	100 и более	
Значение коэффициента ω			
1,2—1,6	1,6—2,0	2,5	3—4

Таблица 28
Предел прочности стали (по Панкрандту)

в холодном состоянии	Предел прочности в кг/мм ²							
	при температуре °C							
	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300
40	12	8,5	6,5	4,5	3	2,5	2,0	1,5
60	25	15	11	7,5	5,5	3,5	2,5	2,0
80	37,6	25	16,5	11	7,5	5,0	3,5	2,5

Таблица 29
Коэффициент внешнего трения для железоуглеродистых сплавов (по Губкину С. И.)

Характер деформации	Скорость деформации в м/сек	
	≤ 1	> 1*
С нагревом при температурах:		
(0,8÷0,95) $T_{пл}$ **	0,40	0,35
(0,5÷0,8) $T_{пл}$	0,45	0,40
(0,3÷0,5) $T_{пл}$	0,35	0,30
Без нагрева со смазкой	0,12÷0,06***	

* Также при ударном воздействии сил.

** $T_{пл}$ — абсолютная температура плавления.

*** В зависимости от качества смазки и состояния поверхности деформирующего инструмента.

Технические характеристики гидравлических четырёхколонных прессов приведены в табл. 33, ориентировочные данные об их производительности — в табл. 34 и 35.

Технические характеристики ковочных молотов приведены в табл. 36—38, ориентировочные данные об их производительности — в табл. 39, средний расход пара — в табл. 40.

Подбор гидравлического пресса для штамповки

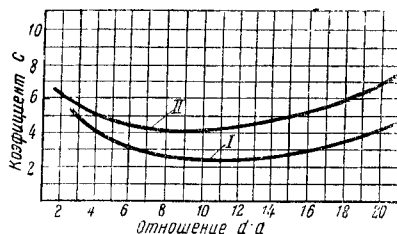
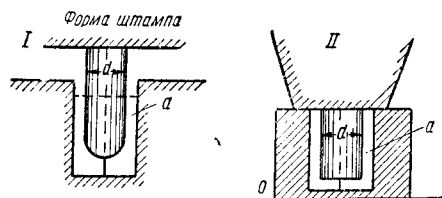
Потребное усилие для штамповки (прошивки) пустотелого изделия (осадка, раздача материала пуансоном в стороны с частичным подъёмом материала вверх) подсчитывается по формуле

$$P = \frac{\pi d^2}{4} C \sigma_{пч} = F C \sigma_{пч} \text{ (в кг)},$$

где d — наибольший диаметр прошивного пуансона в мм;

C — коэффициент, подбираемый по кривой фиг. 27а и устанавливаемый в зависимости от отношения $d : a$ (a — толщина стенки прошиваемого изделия);

$\sigma_{пч}$ — предел прочности в кг/мм² при данной температуре.



Фиг. 27а. Значение коэффициента C

Потребное усилие для протяжки можно определить по формуле

$$P = (F_2 - f_2) \ln \frac{F_1 - f_1}{F_2 - f_2} \sigma_{пч} [1 + \mu (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{tg} \alpha)] \text{ (в кг)},$$

Таблица 30

Вес падающих частей ковочного молота в зависимости от веса поковок [4]

Вес падающих частей молота в т	Вес поковки в кг			Максимальное сечение заготовки (сторона квадрата) в мм	Вес падающих частей молота в т	Вес поковки в кг			Максимальное сечение заготовки (сторона квадрата) в мм
	фасонная поковка		максимальный для гладких валов			фасонная поковка		максимальный для гладких валов	
	средний	максимальный				средний	максимальный		
0,1	0,5	2	10	50	0,75	12	40	140	135
0,15	1,5	4	15	60	1,0	20	70	250	160
0,2	2	6	25	70	2,0	60	180	500	225
0,3	3	10	45	85	3,0	100	320	750	275
0,4	6	18	60	100	5,0	200	700	1500	350
0,5	8	25	100	115	—	—	—	—	—

где F_1 — площадь поперечного сечения про-
шитого изделия в $мм^2$;

F_2 — площадь поперечного сечения про-
тянутого изделия в $мм^2$;

f_1 — площадь поперечного сечения про-
шивного пуансона или внутреннего
диаметра прошитого изделия в $мм^2$;

f_2 — площадь поперечного сечения про-
тяжного пуансона или внутреннего
диаметра протянутого изделия в $мм^2$;

$\sigma_{пл}$ — предел прочности при данной тем-
пературе, принимаемый с учётом ко-
эффициента скорости от 1,1 до 1,5;

μ — коэффициент внешнего трения, равный
0,2 — 0,4;

α — угол захода протяжного кольца, рав-
ный 15—25°.

Ориентировочно можно принимать давление
пресса (тоннаж) для протяжки равным поло-
вине давления (тоннажа), необходимого для
прошивки данной заготовки.

Подбор гибочной машины

Необходимое давление для гибки:

$$P = 4\sigma_{пл}F,$$

где F — площадь проекции изделия на плос-
кость, перпендикулярную направле-
нию движения пуансона, в $мм^2$.

Подбор тоннажа штамповочного молота

Для подбора штамповочного молота при
горячей штамповке можно пользоваться
формулами Оргаметалла, приведёнными в
табл. 41.

Технические характеристики паро-воздуш-
ных штамповочных молотов и их средняя
производительность приведены в табл. 42.

Подбор тоннажа обрезающего пресса

Необходимое для обрезки заусеницы дав-
ление обрезающего пресса

$$P = S_n \sigma_{пл} \quad (\text{в кг}),$$

где S_n — периметр поковки по линии разъёма
в $см$;

s — толщина заусеницы в мостке в $см$;

$\sigma_{пл}$ — предел прочности при температуре
обрезки в $кг/см^2$.

Технические характеристики механических
прессов и их средняя производительность
приведены в табл. 43 — 45, ножниц — в
табл. 46, кузнечно-прессовых автоматов — в
табл. 47—50.

Таблица 31

Тоннаж ковочного пресса в зависимости от веса
слитка

Давление пресса в т	Наибольший вес слитка в кг	
	для осадки	для вытяжки
500	3 000	2 400
800	5 500	8 000
1 000	8 000	13 000
1 200	11 000	18 000
1 500	17 000	24 000
2 000	23 000	36 000

Таблица 32

Вес падающих частей пневматического молота
в зависимости от размера заготовки

Вес падающих частей молота в кг	Сторона квадра- та или диаметр исходной заго- товки в мм		Вес падающих частей молота в кг	Сторона квадра- та или диаметр исходной заго- товки в мм	
	наимень- ший	наиболь- ший		наимень- ший	наиболь- ший
50	10	55	300	65	140
75	20	80	400	75	160
100	30	90	500	80	180
150	40	110	600	100	300
200	50	120			

Таблица 33

Гидравлические ковочные четырёхколонные
прессы

Номинальное усилие в т	Наибольший ход в мм	Наибольшее расстояние меж- ду столом и подвижной по- перечной	Расстоя- ние между осями колонн	Вес в т	Наибольший вес отковываемых слитков в т
			в мм		
500	700	1 550	1 400×1 100	50	2,0
600	800	1 700	1 500×1 100	65	3,0
800	900	1 850	1 800×1 200	90	3,5
1 000	1 000	2 100	2 000×1 250	110	8,0
1 200	1 200	2 400	2 050×1 400	130	11,0
1 500	1 400	2 800	2 500×1 600	170	17,0
2 000	1 600	3 200	2 750×1 750	250	28,0
2 500	1 800	3 500	3 000×1 800	320	—
3 000	2 000	3 800	3 500×2 000	400	50,0
4 000	2 200	4 100	4 000×2 200	600	—
5 000	2 400	4 500	4 500×2 400	850	—

Таблица 34

Средняя производительность паро-гидравлических прессов в т/час

Характер поковки	Наибольшее давление пресса в т						
	600	800	1 000	1 200	1 500	2 000	3 000
Средней сложности	0,590	0,738	0,877	1,027	1,185	1,392	1,640
С учётом протяжки	0,782	0,950	1,122	1,302	1,498	1,764	2,192

Таблица 35

Ориентировочные данные о производительности гидравлических ковочных прессов в зависимости от сложности конфигурации поковки (при ковке без манипулятора) [22]

Группа сложности	Часовая производительность в кг при давлении пресса в т						
	600	800	1 000	1 200	1 500	2 000	3 000
I	270	320	370	430	480	570	680
II	510	600	700	790	890	1 000	1 150
III	650	850	1 040	1 250	1 450	1 750	2 100
IV	930	1 150	1 400	1 640	1 920	2 250	2 630
V	1 550	1 830	2 100	2 400	2 750	3 250	4 400

Таблица 36

Стандартные размеры ковочных паро-воздушных молотов двойного действия арочного типа (по ГОСТ 4730-49)

Элементы характеристики	Единица измерения	Вес падающих частей (поршня, штока и бабы) в кг					
		1 000	1 500	2 000	3 000	4 000	5 000
Эффективная кинетическая энергия падающих частей при полном единичном ударе (не менее)	кдж	3 000	5 250	7 000	10 000	14 000	17 000
Наибольший ход бабы	мм	1 000	1 150	1 260	1 450	1 600	1 700
Расстояние между стойками в свету	»	1 800	2 100	2 300	2 700	3 000	3 200
Расстояние между направляющими в свету	»	430	500	550	630	690	750
Расстояние от зеркала нижнего бойка до направляющих	»	500	570	630	720	800	850
Расстояние от зеркала нижнего бойка до уровня пола	»	750	750	750	740	730	730
Ширина бойка	»	410	470	520	590	650	710
Длина бойка	»	230	260	290	330	370	400
Вес шабота	т	15	22,5	30	45	60	75

Таблица 37

Молоты паро-воздушные ковочные двойного действия [15]

Элементы характеристики	Единица измерения	М о д е л ь		
		M132	M133	M134
Вес падающих частей	кг	1 300	2 000	3 630
Наибольший ход бабы	мм	900	1 200	1 350
Диаметр цилиндра	»	330	430	550
» штока	»	110	140	180
Расстояние от зеркала нижнего бойка до направляющих	»	450	600	760
Расстояние между стойками в свету	»	1 700	2 500	2 700
» направляющими в свету	»	431	500	630
Размер зеркала бойка (верхнего и нижнего)	»	200×360	300×425	300×600
Давление пара:				
впуска	ат	7÷9	7÷9	7÷9
выхлопа	»	1÷1,5	1÷1,5	1÷1,5
Габарит молота:				
ширина	мм	1 500	1 700	5 100
длина	»	3 760	4 600	2 630
наибольшая высота над уровнем пола	»	4 550	5 660	6 380
Вес молота без шабота	кг	15 400	29 560	31 000
» шабота	»	11 800	30 400	47 000

Таблица 38

Молоты пневматические приводные [15]

Элементы характеристики	Единица измерения	Модель				
		M411	M412	M414	M415	M750
Вес бабы (без бойка)	кг	75	150	300	400	750
Ход бабы	мм	350	410	670	700	835
Число ударов в минуту	—	200	180	130	125	100
Расстояние от зеркала нижнего бойка до нижней кромки направляющей бабы	мм	250	370	485	530	670
Расстояние от оси бабы до станины	»	300	350	—	520	750
Размер зеркала бойка (верхнего и нижнего)	»	65×145	85×200	—	100×265	130×345
Электродвигатель трёхфазного тока:						
тип	—	АД 51/4	МА202 1/4	—	МА204 2/6	МА911/4
мощность	квт	7,8	13	25,5	32	55
число оборотов	об/мин.	1 500	1 500	—	1 000	1 500
Габарит молота:						
длина	мм	1 980	2 230	—	2 965	1 450
ширина	»	880	1 000	—	1 500	4 405
наибольшая высота над уровнем пола	»	1 790	2 135	—	2 770	3 210
Вес молота без шабота	кг	2 650	4 000	—	9 000	18 540
» шабота	»	1 280	2 286	7 550	5 715	10 960
Управление молотом	—	Ручкой или ножной педалью			От руки	

Таблица 39

Ориентировочные данные о производительности молотов свободнойковки в зависимости от сложности конфигурации поковок [22]

Группа сложности поковок	Часовая производительность в кг при весе падающих частей молотов в т										
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,75	1	2	3	5
I	3,5	4,5	6	9	13	17	26	37	83	115	155
II	6	7,5	9	15	25	38	65	97	160	210	250
III	7	9	12	19	30	45	80	115	220	295	380
IV	9	11	14	26	40	60	105	145	235	310	410
V	12	15	18	32	52	75	133	165	265	350	500
VI	14	19	25	42	63	98	155	200	320	430	580
VII	20	25	32	50	75	105	170	225	370	500	650
VIII	28	32	40	60	90	120	210	300	555	715	920
IX	85	95	115	155	200	250	370	465	915	1 200	1 500



Таблица 40

Средний расход пара молотами

Вес падающих частей молота в т	Средний расход пара			Вес падающих частей молота в т	Средний расход пара		
	на работу штамповочного молота в кг/час	на обдувку штампов в % от расхода на работу молота	на работу молота свободнойковки в кг/час		на работу штамповочного молота в кг/час	на обдувку штампов в % от расхода на работу молота	на работу молота свободнойковки в кг/час
0,25	—	14	215	4,0	2 000	8	1 850
0,5	400	14	380	7,0	2 250	5	2 100
0,75	630	14	550	6,0	2 500	5	—
1,0	800	14	660	7,0	2 700	5	—
1,5	920	14	870	8,0	2 900	5	—
2,0	1 080	8	1 000	9,0	3 100	5	—
2,5	1 480	8	1 330				
3,0	1 700	8	1 600				

Таблица 41

Выбор кузнечного оборудования при горячей штамповке

Способ штамповки	Ф о р м у л ы	Примечание
Штамповочные молоты простого действия		
Штамповка осадкой в торец	$G = 0,018 \frac{F_n^2 Q h_{\text{наиб}}}{q^2} + 225 \text{ кг}$	Коэффициенты (0,018; 0,0075; 0,012; 0,05) в кг/см³; F _n — площадь проекции поковки на плоскость разреза в см²; Q — вес заготовки в кг; q — вес поковки в кг (без заусеницы); h _{наиб} — наибольшая высота (толщина) поковки в направлении удара в см; h _{наим} — наименьшая высота поковки в см
Штамповка фигурных изделий	$G = 0,0075 \frac{F_n^2 Q h_{\text{наиб}}}{q^2} \left(6h_{\text{наим}} + 2,5 \sqrt{h_{\text{наиб}}} \right) + 300 \text{ кг}$	
Штамповочные молоты двойного действия		
Штамповка осадкой в торец	$G = 0,012 \frac{F_n^2 Q h_{\text{наиб}}}{q^2} + 150 \text{ кг}$	
Штамповка фигурных изделий	$G = 0,05 \frac{F_n^2 Q}{q^2} \left(6h_{\text{наим}} + 2,5 \sqrt{h_{\text{наиб}}} \right) + 300 \text{ кг}$	

Таблица 42

Паро-воздушные штамповочные молоты

Элементы характеристики	Единица измерения	Вес падающих частей молота в кг						
		1 000	2 000	3 000	4 000	4 000	9 000	12 000
Длина хода	мм	1 150	1 150	1 200	1 250	1 250	1 250	1 360
Расстояние между направляющими	»	485	630	690	700	880	1 100	1 165
Длина бабы	»	450	700	800	900	1 000	1 200	1 400
Наименьшая высота штампов	»	260	300	350	440	500	440	—
Площадь, занимаемая молотом	мм ²	2 500×1 250	3 100×1 500	3 340×1 800	3 650×2 000	4 200×2 880	3 500×2 300	—
Наибольшая высота над уровнем пола	»	5 130	5 500	6 090	6 425	6 710	6 750	—
Число ударов в минуту	—	90	80	80	70	65	55	—
Вес молота	т	10,0	18,5	27,5	31,0	47,0	66,0	75,5
» бабы	»	22,3	44,5	65,0	78,0	175,0	200,0	265,5
Средняя производительность в производстве:	т/час							
массовом	»	0,5	1,1	1,7	2,2	2,2	4,1	7
крупносерийном	»	0,4	0,8	1,2	1,6	1,6	2,9	5,0
среднесерийном	»	0,3	0,6	0,8	1,1	1,1	2,1	3,5

Таблица 43

Средняя производительность кривошипных и эксцентриковых прессов в т/час

Характер производства	Число ходов в мин./наибольшее давление в т						
	150/35	70/115	40/210	25/300	14/500	10/1000	6/1500
Массовое	0,8	0,9	1,8	2,5	3,0	3,3	4,0
Крупносерийное	0,6	0,6	1,3	1,7	2,1	2,3	2,5
Среднесерийное	0,4	0,5	0,9	1,2	1,5	1,6	2,0

Таблица 44

Средняя производительность обрзных прессов в т/час

Характер производства	Число ходов в мин./наибольшее давление в т						
	80/120	60/300	45/400	35/500	28/600	24/700	20/800
Массовое	0,8	1,7	3,0	4,3	4,8	5,5	5,8
Крупносерийное	0,6	1,2	2,1	3,0	3,4	3,9	4,1
Среднесерийное	0,4	0,8	1,5	2,1	2,4	2,8	2,9

Таблица 45

Прессы механические [15]

Элементы характеристики	Единица измерения	М о д е л ь																
		однокривошипный открытый наклонный				кривошипный одноосточный с регулируемым ходом ползуна							кривошипный двусторонний закрытого типа		винтовой фрикционный			
		KH10	K231	K232	K232A	K30	ЭР35	ЭР50	K115	K116	K117	K262	K273	Φ122	ΦA133	ΦA125	Φ127	
Давление пресса в конце хода	н	10	10	15	15	30	35	50	50	70	100	150	200	60	100	180	300	
Ход ползуна	мм	50	45	55	55	10±80	10÷70	10÷70	10÷90	10÷100	10÷100	130	170	250	300	350	400	
Число ходов ползуна в минуту	—	120	140	130	120	140	100	95	120	85	75	30	28	27	27	20	15	
Регулирование длины шаптуна	мм	40	40	45	55	65	65	75	75	75	85	100	120	—	—	—	—	
Расстояние между столом и ползуном в его нижнем положении при наименьшей длине шаптуна	»	110	200	220	180	270	255	265	270	275	320	500	540	—	—	—	—	
Расстояние наибольшее между столом и ползуном в его верхнем положении	»	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	425	500	600	700	
Расстояние от оси ползуна до станины	»	130	130	160	150	210	180	215	235	265	315	560	620	—	—	—	—	
Расстояние между направляющими в свету	»	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	325	380	460	560	
Габарит пресса:																		
Длина	»	855	880	955	930	1 350	1 270	1 335	1 410	1 705	1 835	2 355	1 650	1 230	1 250	1 640	1 550	
ширина	»	665	630	820	750	1 175	1 020	1 128	1 260	1 340	1 430	2 575	1 900	1 600	1 710	1 985	2 550	
Наибольшая высота над уровнем пола	»	1 635	1 650	2 190	2 090	2 300	2 268	2 310	2 435	2 540	2 748	4 400	5 050	3 030	3 120	3 685	4 295	
Вес пресса (без электро-двигателя)	кг	460	475	740	630	2 050	2 135	3 460	3 350	4 625	5 070	12 250	21 500	3 430	3 750	6 000	14 000	

Примечания. 1. Пресс K231 имеет подачу валковую, причём наибольшая ширина ленты 150 мм, наибольшая длина её — 3 мм, наибольшая скорость подачи — 0,4 м/сек, наибольший шаг подачи — 200 мм.
 2. Пресс K232 имеет револьверную подачу, причём диаметр диска по окружности расположения гнёзд — 280 мм, количество гнёзд по окружности — 8 мм, диаметр гнёзд — 90 мм.

Таблица 46

Ножицы [15]

Элементы характеристики	М о д е л ь									высшие НГ33
	ручные Н940	Н911	НА911	Н913	НА913	арматур- ные Н212	сортовые Н135	аллига- торные Н313	листовые гильотинные Н462	
Размеры разрезаемого профиля в мм:										
круг (диаметр)	—	16	16	25	25	32	60	60	6 × 1 500 × 500	—
квадрат	—	14 × 14	14 × 14	22 × 22	22 × 22	28 × 28	52 × 52	50 × 50	—	—
полоса	—	5 × 50	5 × 50	8 × 100	8 × 100	18 × 60	120 × 120 × 12	25 × 150	—	—
Ход ножа в мм	—	14 и 26	14 и 26	20	20	120*	42	**	70***	7
Число ходов ножа в минуту	—	—	—	—	—	42	30	40	45	1 200 и 850
Габарит ножиц:										
в плате (при поднятой рукоятке)	1 500 × 2 300	200 × 480	200 × 470	390 × 570	365 × 610	615 × 1 415	1 770 × 985	3 500 × 1 820	2 170 × 2 075	1 874 × 630
» (при опущенной рукоятке)	—	200 × 1 660	200 × 1 630	390 × 1 395	365 × 1 490	—	—	—	—	—
наибольшая высота над уровнем пола при поднятой рукоятке	1 240	1 645	1 656	1 590	1 690	1 280	2 095	1 580	2 130	1 995
Вес ножиц в кг	480	112	90	370	240	1 000	3 510	10 000	3 970	990
Предел прочности стальной заготовки в кг./мм ²	45	45	45	45	45	45	50	52	50	45

* Электродвигатель трёхфазного тока АД 22/4, мощность 1,5 кет, 1 500 об/мин.

** Электродвигатель трёхфазного тока МА 202-2/6, мощность 11,8 кет, 1 000 об/мин.

*** Р42-4, 5,8 кет, 1 450 об/мин.

Таблица 47

Автоматы кузнечно-прессовые [15]

Элементы характеристики	Единица измерения	М о д е л ь											Результативность А911	
		холодно-высадочный						образная для А911	гвоздильный		универсально-гвоздильный			
		A110	A111	A120	A121	A123	A124		A713	A715	A910	A912		A913
Наибольшие размеры стержня изделия:	мм	3	6	3	6	12	16	6÷10	48÷3	3,5÷6	0,3	2	3	20÷100
диаметр	»	25	50	25	50	100	130	16÷120	15÷70	40÷200	5×50	18×150	25	40
высота изделия)	»	10	17	10	16	50	65	—	—	—	—	—	—	—
Длина заготовки (отрезаемой автоматом):	»	29	57	31	72	140	175	—	—	—	—	—	—	—
наименьшая	»	—	—	—	—	—	—	—	—	—	350	200	200	—
Наибольший диаметр изготовляемого кольца	»	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Колличество изготовляемых изделий в мин.	шт.	325	225	225	110	70	60	95	420	200	—	—	150	54
Габарит автомата:	мм	880	1 230	890	1 270	2 320	2 740	1 210	1 210	2 915	950	1 250	1 380	970
ширина	»	1 625	2 060	1 580	2 075	5 255	5 810	2 560	1 725	1 840	716	1 630	1 830	1 100
длина	»	1 175	1 305	1 230	1 250	12 000	1 870	1 725	1 325	1 390	1 227	1 140	1 180	1 015
наибольшая высота над уровнем пола	»	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Вес автомата (без электродвигателя)	кг	970	2 190	1 125	3 230	11 600	8 330	3 500	1 000	3 700	210	575	870	320

Таблица 48

Рессорный молот (модель М611) [15]

Элементы характеристики	Единица измерения	Показатели
Вес бабы	кг	30
Ход (наибольший) бабы	мм	150
Регулировка хода бабы	»	0—150
Число ударов в минуту	—	300
Расстояние от зеркала нижнего бойка до нижней кромки направляющей	мм	170
Расстояние от оси бабы до станины	»	235
Размер зеркала бойка:		
верхнего	»	120×35
нижнего	»	120×35
Электродвигатель трёхфазного тока:		
тип	—	АД 22/4
мощность	квт	1,5
число оборотов в минуту	—	1 500
Габарит молота:		
ширина	мм	830
длина	»	1 570
наибольшая высота над уровнем пола	»	1 385
Вес молота без шабота	кг	830
Вес шабота	»	470

Примечание. Управление молотом производится педалью через натяжной ролик.

Таблица 49

Автомат А453 для изготовления пружинных шайб [15]

Элементы характеристики	Единица измерения	Показатели
Расчётное сечение шайбы:		
наименьшее	мм	6×6
наибольшее	»	12×12
Количество изделий в минуту:		
для шайбы 6×6 мм	шт.	400
» 12×12 мм	»	200
Число оборотов оправки в минуту:		
для шайбы 6×6 мм	об/мин.	400
» 12×12 мм	»	200
Число оборотов главного вала в минуту	»	133
Количество ножей в резцовой головке:		
для шайбы 6×6 мм	шт.	12
» 12×12 мм	»	6
Расстояние между верхним и нижним диском	мм	450
Электродвигатель трёхфазного тока: тип	—	МА 203 1/6
мощность	квт	15,2
число оборотов в минуту	об/мин.	1 000
Габарит автомата:		
ширина	мм	2 055
длина	»	3 025
наибольшая высота над уровнем пола	»	1 775
Вес автомата (без электродвигателя)	кг	8 000

Таблица 50

Характеристика автомата для изготовления железнодорожных костылей [15]

Элементы характеристики	Единица измерения	Показатели
Число оборотов коленчатого вала	об/мин.	85
Количество изготавливаемых изделий в минуту	шт.	85
Электродвигатель трёхфазного тока:		
тип	—	МА 20Г 1/6
мощность	квт	40
число оборотов в минуту	об/мин.	1 000
Габарит автомата:		
длина	мм	4 500
ширина	»	4 000
наибольшая высота над уровнем пола	»	2 590
Вес автомата	кг	25 400

Определение усилий при штамповке на фрикционных винтовых прессах

Необходимое усилие для штамповки

$$P = 10 \sigma_{пч} F,$$

где $\sigma_{пч}$ — предел прочности данного материала при данной температуре в кг/мм²;
 F — площадь проекции поверхности поковки в мм².

Число ходов: для штамповки болто-заклёпочных изделий, как правило, один-два, для штамповки фасонных изделий — не менее двух-трёх.

Усилие штамповки на механических прессах можно брать по формулам Оргаметалла, но в тоннах.

Подбор горизонтально-ковочной машины

Необходимое усилие для высадки

$$P = \kappa \sigma_{пч} F,$$

где F — площадь проекции поковки на плоскость, перпендикулярную направлению движения пуансона;

κ — коэффициент, зависящий от характера операции и отношения наиболее тонкого элемента поковки S к диаметру прутка d (табл. 51).

Можно определить размер горизонтально-ковочной машины в дюймах (исходя из профиля заготовки) по формуле инж. Шарпинна:

$$d'' \approx \frac{1}{281} \sqrt{F \sigma_{пч}}, \text{ или } d'' = \frac{D}{317} \sqrt{\sigma_{пч}},$$

где F — площадь проекции поковки в мм²;
 D — диаметр проекции поковки круглой формы в мм;

$\sigma_{пч}$ — предел прочности материала поковки в холодном состоянии в кг/мм².

Результат вычисления d'' округляется до целого в большую сторону и проверяется по размерам матриц. Если в них нельзя разместить необходимое количество ручьёв, берут машину следующего большего размера.

Технические характеристики горизонтально-ковочных машин и их средняя производительность приведены в табл. 51а.

Таблица 51

Необходимые усилия для штамповки на горизонтально-ковочных машинах (по В. И. Залесскому)

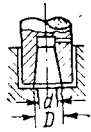
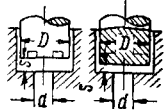
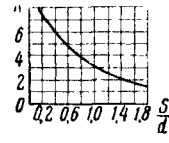
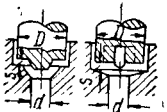
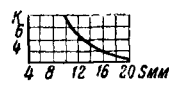
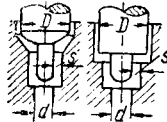

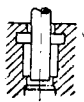
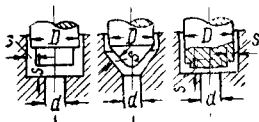
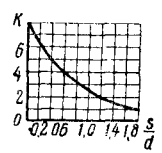
Тип операций	Наименование операций	Формулы для определения усилий	Кривые для выбора коэффициента K_1
I	Высадка в конусной полости, расположенной в пуансоне 	$P = \pi D^2 \sigma_{нч} K_1$ кг; D — диаметр основания в мм; $\sigma_{нч}$ — предел прочности в кг/мм ² при температуре штамповки t°	—
II	Высадка фланца плоским пуансоном 	$P = \frac{\pi D^2}{4} K \sigma_{нч} = F K \sigma_{нч}$ кг; D — диаметр высаженного фланца в мм; K — коэффициент, зависящий от $\frac{S}{d}$ (S — толщина фланца; d — диаметр прутка); $\sigma_{нч}$ — предел прочности в кг/мм ² при t°	
III	Высадка с одновременным вдавливанием штемпеля, имеющего диаметр, примерно равный диаметру прутка 	$P = \frac{\pi D^2}{4} K \sigma_{нч} = F K \sigma_{нч}$ кг; D — диаметр высадки в мм; K — коэффициент, зависящий от толщины S фланца; $\sigma_{нч}$ — предел прочности в кг/мм ² при t°	
IV	Прошивка, сопровождающаяся раздвиганием материала пуансоном в стороны. Фланец подготовлен в предыдущем ручье 	$P = \frac{\pi D^2}{4} K \sigma_{нч} = F K \sigma_{нч}$ кг; D — диаметр высадки в мм; K — коэффициент, зависящий от наименьшей толщины S стенки; $\sigma_{нч}$ — предел прочности в кг/мм ² при t°	
V	Сквозная прошивка, сопровождающаяся срезом 	$P = 1,4 \Pi b \sigma_{нч}$ кг; Π — периметр срезаемого контура в мм; b — высота срезаемой части в мм; $\sigma_{нч}$ — предел прочности в кг/мм ² при t°	—
VI	Высадка тонкостенных стаканов или чашек 	$P = \frac{\pi D^2}{4} K \sigma_{нч} = F K \sigma_{нч}$ кг; D — диаметр высадки в мм; K — коэффициент, зависящий от $\frac{S}{d}$ (S — наименьшая толщина стенки; d — диаметр прутка); $\sigma_{нч}$ — предел прочности в кг/мм ² при t°	

Таблица 51а

Горизонтально-ковочные машины [15]

Элементы характеристики	Предельное конечное усилие высадки в т							
	50	125	200	400	650	850	1 100	1 500
Наибольший диаметр высаживающего прутка в мм	25	38	50	75	100	125	150	175
Полный высаживающий ход в мм	100	120	145	190	230	240	270	295
Открытие матриц в мм при неподвижной правой щеке (нормальные машины)	53	68	90	120	156	175	210	250
То же при отодвигаемой правой щеке (специальные машины)	—	—	—	200	250	280	320	360
Размер матриц в мм:								
длина	180	260	325	455	546	630	655	750
высота	180	285	325	435	610	700	796	920
ширина	115	145	156	180	194	205	280	280
Число ходов в минуту	95	75	60	45	35	30	27	25
Ориентировочная часовая производительность в т в производстве:								
массовом	0,4	0,6	1,2	2,2	3,5	4,4	5,8	6,5
крупносерийном	0,3	0,4	0,8	1,6	2,5	3,1	4,1	4,6
среднесерийном	0,2	0,3	0,6	1,1	1,8	2,2	2,9	3,3

Автомат для изготовления железнодорожных костылей (табл. 50)

Костыли размером $16 \times 16 \times 165$ мм изготовляют из нагретого прутка. Все операции: подача материала, заострение конца костыля, отрезка, переноска к матрице, высадка головки и выталкивание готового изделия, полностью автоматизированы.

Материал заготовки — сталь марки Ст. 1—3 с пределом прочности до 47 кг/мм^2 .

Манипуляторы

Для механизации всех перемещенийковки при ковке на гидравлических прессах применяют краны и манипуляторы.

Грузоподъемность манипуляторов подбирают в зависимости от силы обслуживаемого пресса:

Сила пресса в т	Грузоподъемность манипулятора в т
600	2÷3
800	3÷5
1 000÷1 200	5÷10
1 500	10÷15
2 000	15÷20
2 000÷3 000	30÷50
3 000÷6 000	75÷100

ТЕХНОЛОГИЯ СВОБОДНОЙ КОВКИ

Свободной ковкой в кузницах депо, паровозоремонтных и вагоноремонтных заводов изготовляют очень много деталей подвижного состава, как-то: подлюечные балки, подвески, проушины, валики, шайбы, буксовые челюсти, серьги, винты, скобы, клинья втулки, дышла, кулисы, маятники кулисы, скалки, хомуты, тяги, струнки и т. п.

Свободная ковка даёт возможность получить поковки как мелкие (весом от нескольких десятков граммов), так и крупные (весом до 150 т и больше). Свободная ковка экономически выгодна в единичном и мелкосерийном производстве; для средних серий следует делать сравнительный анализ себестоимости со штамповкой.

Основные качественные требования при разработке технологического процесса — придание необходимой волокнистости и мелкозернистости, соблюдение правильного направления волокон (см. стр. 144), обеспечение наибольших механических качеств, наименьшего количества отходов, наименьшей трудоёмкости как в процессековки, так и в процессе механической обработки данных поковок.

Исходя из этих требований для свободнойковки назначают детали с простыми, симметричными, прямыми и гладкими формами, с плоскостными и цилиндрическими поверхностями. Следует избегать при свободнойковке конических и клиновых форм (особенно с малыми наклонами) (фиг. 28, а), двусторонних выступов, ребристых сечений, пересечения цилиндрических поверхностей между собой и с призматическими поверхностями (фиг. 28, б).

Нельзя назначать для свободнойковки рёбра жёсткости (фиг. 24, в), бобышки и выступы на основном теле поковки, детали со значительной разницей в размерах поперечных сечений, детали с выступами внутри развилки (фиг. 28, г и д) [19].

О резке заготовок см. стр. 211.

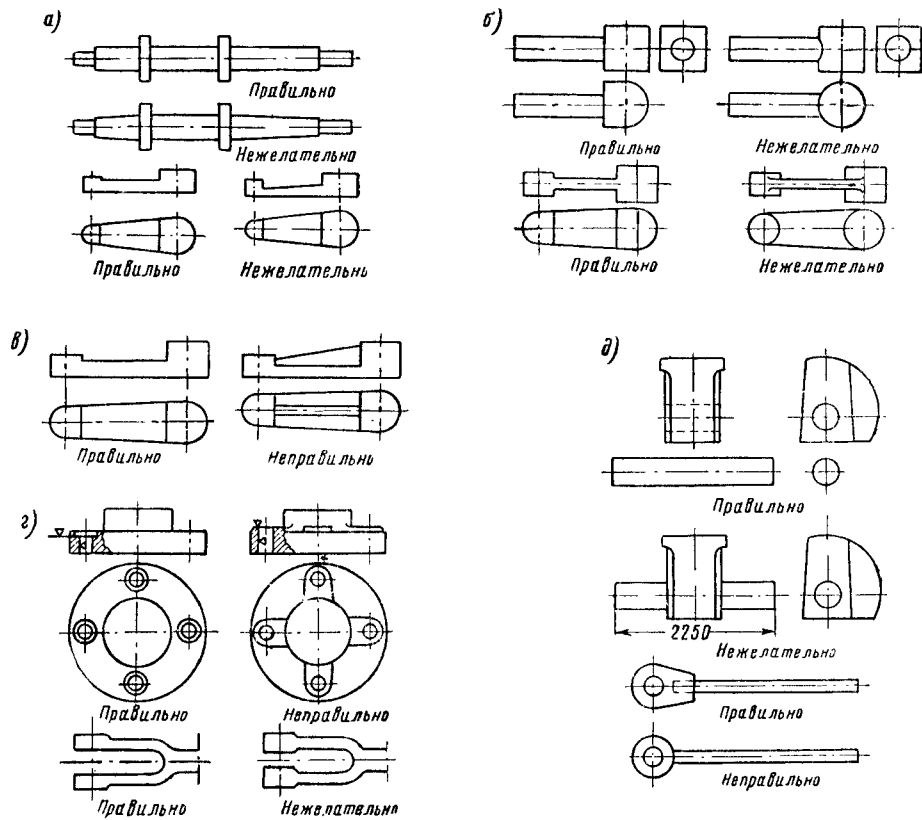
Основные операции свободнойковки

Осадка. Основное назначение осадки: уменьшение высоты исходной заготовки при одновременном увеличении площади её поперечного сечения (фиг. 29). Если осаживают не всю заготовку, а лишь какую-либо её часть или конец, то операцию часто называют высадкой.

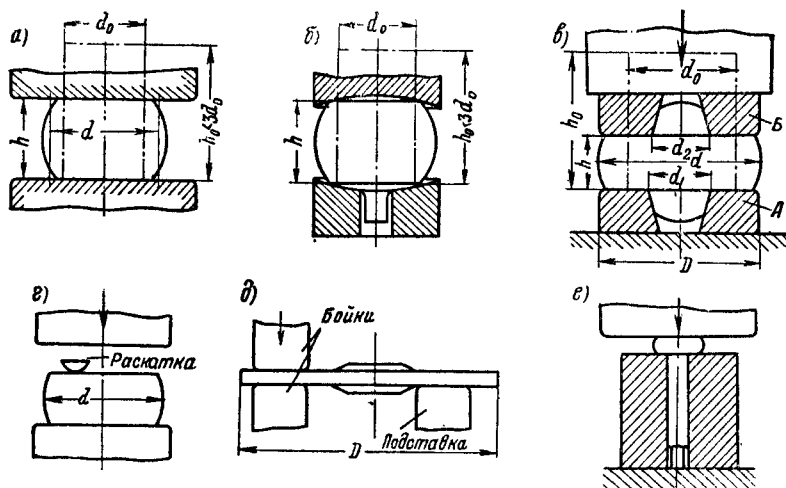
Вытяжка. Назначение операции: увеличение длины заготовки за счёт уменьшения площади её поперечных сечений (фиг. 30).

Интенсивность вытяжки увеличивается:

- 1) при работе узким инструментом, т. е. при уменьшении ширины бойка;
- 2) при уменьшении величины подачи;
- 3) при улучшении качества поверхности бойков;



Фиг. 28. Схемыковки



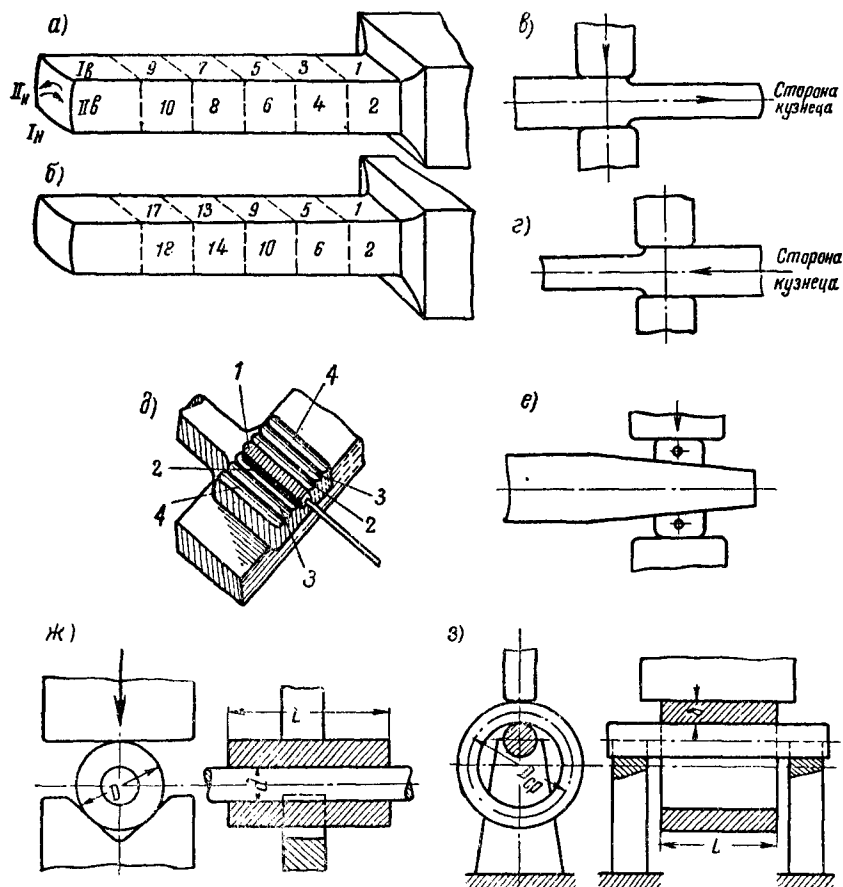
Фиг. 29. Схема осадки заготовки: а — без хвостовика; б — с хвостовиком; в — под плитами с отверстиями; г — разгонкой при помощи раскатки; д — при помощи бойки; е — в подкладном штампе

4) в вырезных, закруглённых бойках или сбжимках.

Когда при воздействии всей поверхностью бойка сила удара молота или на-

ширины заготовки за счёт уменьшения её высоты.

Необходимую длину исходной заготовки L_0 для получения поковки заданной длины



Фиг. 30. Вытяжка свободной ковкой: а—схема двусторонней кантовки; б—схема четырёх-сторонней кантовки; в—подача при вытяжке «от себя»; г—подача при вытяжке «на себя»; д—схема разгонки; е—схема вытяжки на конус; ж—схема вытяжки с оправкой; з—схема раздачи на оправке

жатия пресса недостаточна для деформации, для ускорения процесса вытяжки кладут узкую стальную полосу на поковку и эта полоса передаёт силу удара молота на небольшой участок.

При вытяжке заготовки кантуют (фиг. 30, а, б). Крупные заготовки вытягивают по направлению к кузнецу «от себя», а мелкие заготовки «на себя» (фиг. 30, в, г).

Разгонкой называют протяжку (с середины с помощью раскатки), при которой заготовка увеличивается в ширину больше, чем в длину (фиг. 30, д).

Вытяжка на конус придаёт заготовке конусность (фиг. 30, е).

Вытяжка (раздача) с оправкой имеет целью увеличение длины пустотелой поковки за счёт уменьшения толщины её стенок (фиг. 30, ж, з). Оправка в рабочей части должна иметь конусность $1/150—1/100$ со стороны большего диаметра.

Расплющиванием называют операцию, при которой происходит увеличение

L_k при раздаче можно ориентировочно определить по графику Морозевича и Дорохова (фиг. 31).



Фиг. 31. График для определения длины заготовки под раздачу для поволоков диаметром: I—до 1 500, II—до 2 000, III—до 3 000 мм

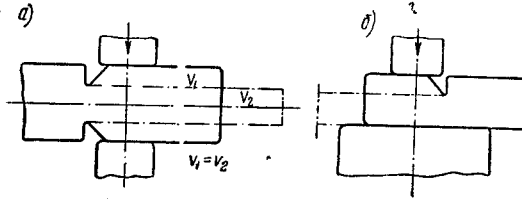
Оттяжку хвоста (отковку конца заготовки) производят для надевания патрона или клещей. Хвост обычно оттягивается со стороны прибыльной части (слитка). Длина хвоста приблизительно в 2 раза больше его диаметра или стороны квадрата.

Обкатка придаёт многогранной заготовке цилиндрическую форму.

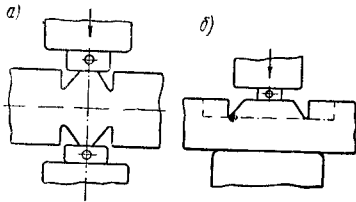
Заковка конца имеет целью полную или частичную заковку отверстия в пустотелой заготовке.

Наметку применяют для образования на заготовке углублений, которые определяют размеры отдельных участков для последующих операций (пережим, образование уступов и выемок).

Образование уступов и выемок. Уступы (фиг. 32) и выемки (фиг. 33) производят после предварительной наметки и пережима.

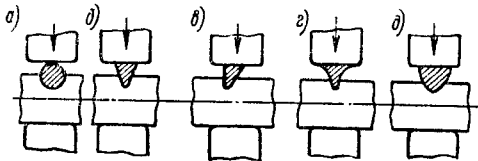


Фиг. 32. Схема получения: а — двустороннего уступа бойками; б — одностороннего уступа установкой бойков накрест



Фиг. 33. Схема получения выемки: а — плоской раскаткой; б — односторонней раскаткой

Пережим (перебивка) имеет целью увеличение углубления, образованного наметкой, для получения на заготовке участка заданной толщины (фиг. 34).

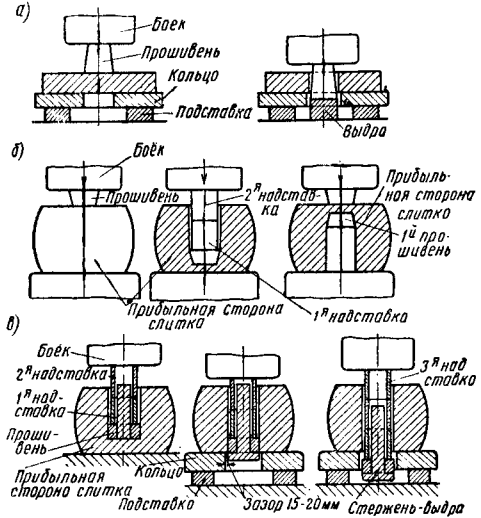


Фиг. 34. Схема пережима: а — круглой раскаткой; б — двусторонней треугольной пережимкой; в — односторонней треугольной пережимкой; г и д — фасонными пережимками

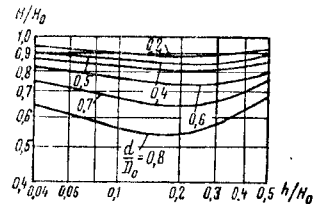
Проглаживание и отделку применяют для устранения неровностей поверхности поковки послековки.

Прошивка. Прошивку применяют для образования отверстий и глубоких выемок в заготовке (фиг. 35).

Уменьшение высоты заготовки H_0 до H зависит от её исходного диаметра D , диаметра отверстия d и толщины перемычки h . Отношение $H:H_0$ может быть ориентировочно определено по диаграмме на фиг. 36.



Фиг. 35. Схемы прошивки: а — с подкладным кольцом; б — сплошным прошивнем без подкладного кольца; в — пустотелым прошивнем



Фиг. 36. Диаграмма для определения отношения H/H_0

После прошивки

$$D_{\text{наиб}} = 1,13 \sqrt[1,5]{\frac{V + f(H-h)}{H}} - 0,5 F_0,$$

где V — объём заготовки в мм^3 ;
 f — площадь поперечного сечения прошивня в мм^2 ;
 F_0 — площадь поперечного сечения заготовки в мм^2 ;
 H, h и d — в мм .

Потребное усилие для открытой прошивки

$$P = m \tau_{\text{пч}} f,$$

где m — коэффициент, определяемый по формуле

$$m = \left(1 + \frac{\mu d}{3h}\right) \left(1 + 1,15 \ln \frac{D}{d}\right).$$

Рубка. Рубка — операция, имеющая целью отделение (полное) одной части заготовки от другой (фиг. 37).

Разновидностями рубки являются:

Разрубка или прорубка — неполное отделение одной части заготовки от другой.

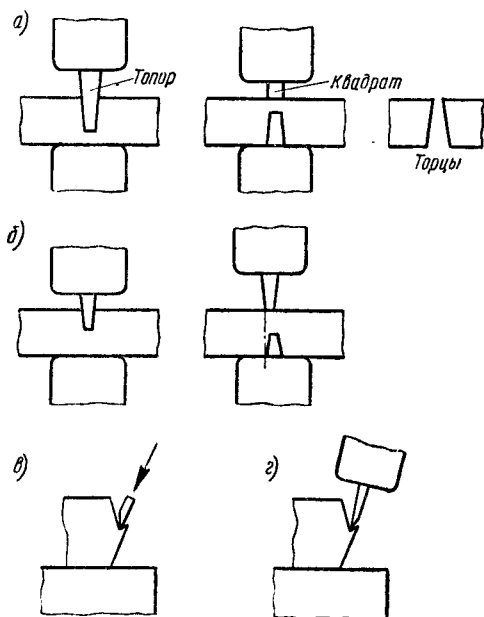
Обрубка — отделение части заготовки по наружному контуру.

Вырубка — отделение части заготовки по внутреннему контуру.

Отсечка — отсечка заусениц.

Резку заготовок см. стр. 211.

Гибка. Гибка — операция, при которой заготовке придаётся изогнутая форма по заданному контуру (фиг. 38 и 39).



Фиг. 37. Схемы рубки и отсечки: а—рубка с одной стороны; б—рубка с двух сторон без перемычки; в—отсечка заусеницы зубилом; г—отсечка заусеницы топором

Для того чтобы получить в месте изгиба точно заданное сечение и избежать утяжки (неполноты формы), заготовке в этом месте предварительно придают увеличенные поперечные размеры (путём высадки).

Закручивание. Закручивание — поворачивание одной части заготовки по отношению к другой под определённым углом вокруг общей оси (фиг. 40). Утяжку можно также уничтожить последующей осадкой в месте изгиба.

Потребное усилие при закручивании

$$P = \frac{M}{R},$$

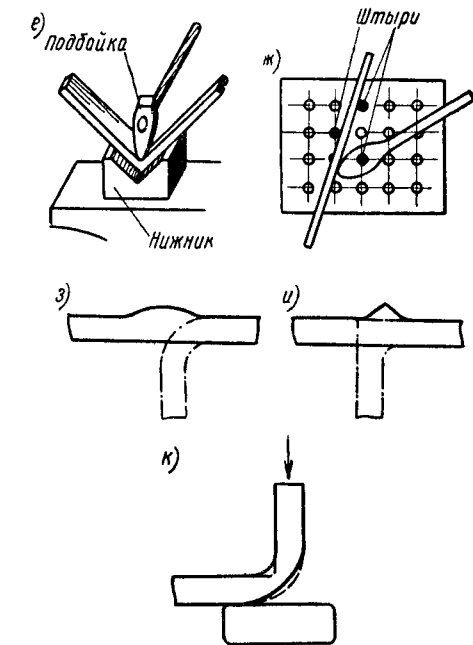
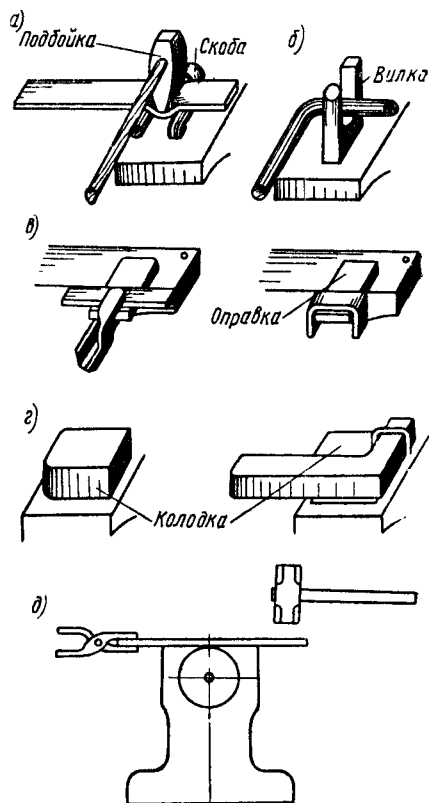
где M — крутящий момент в кгсм ; для круглого сечения $M = 0,79r^3\sigma_{нч}$, для прямоугольного $M = 0,8\sigma_{нч}ab\sqrt{a^2 + b^2}$ (a и b — стороны прямоугольной заготовки в см ; r — радиус круглого сечения в см);

R — плечо приложения силы в см .

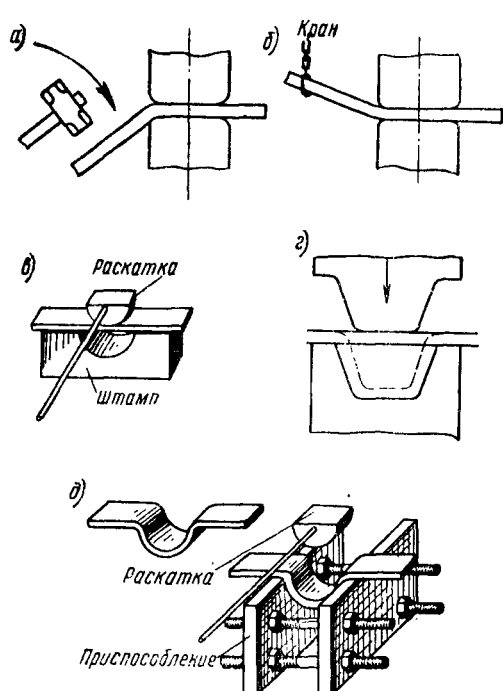
Передача. Передача — ковочная операция, при которой производят смещение одной части заготовки по отношению к другой с сохранением параллельности осей (фиг. 41).

Кузнечная сварка. Кузнечным способом сваривают мелкие поковки из стали с содержанием углерода 0,15—0,30%.

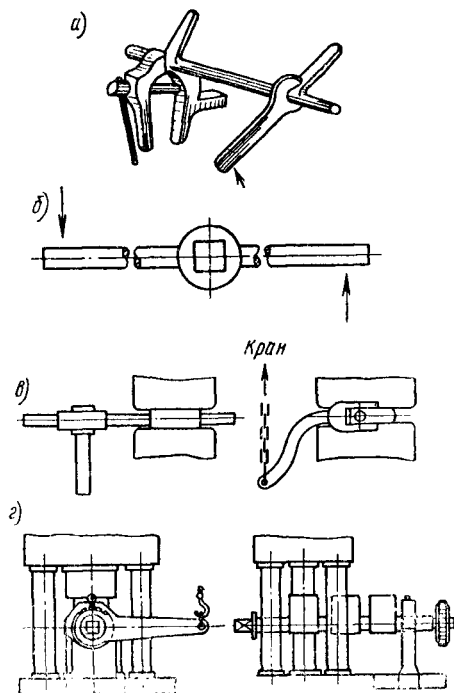
Основные приёмы кузнечной сварки (фиг. 42) — внахлёстку, вразруб, встык и врасцеп для тонкой стали.



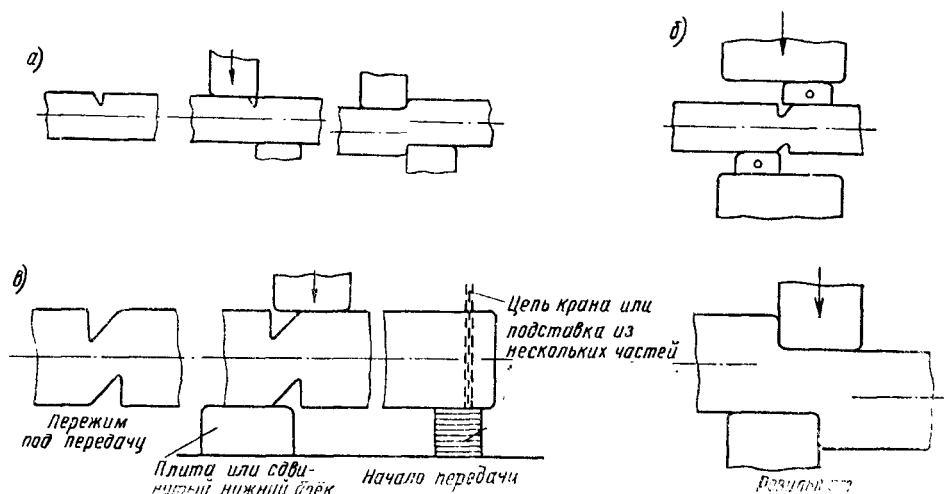
Фиг. 38. Схемы ручной гибки: а—при помощи скобы; б—при помощи вилки; в—на оправке прямоугольной; г—вокруг колодки; д—кувалдой на роге; е—в нижнике; ж—на плите рычагом; з—предупреждение утяжки при изгибе по радиусу; и—предупреждение утяжки при изгибе под прямым углом; к—уничтожение утяжки высадкой



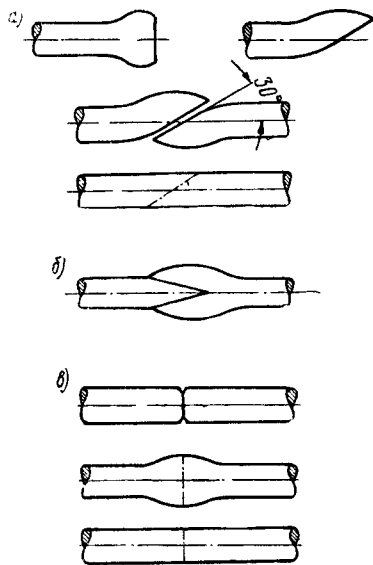
Фиг. 39. Схемы гибки под молотом: а—кувалдой; б—краном; в—раскаткой в подкладном штампе; г—в штампе; д—в приспособлении



Фиг. 40. Схемы закручивания: а—вручную вилкой; б—вручную воротком с квадратом; в—изогнутой вилкой; г—с люнетом



Фиг. 41. Схемы передачи: а—в одной плоскости; б—небольшой заготовки; в—крупной заготовки (Отдельные части подставки во времяковки постепенно вынимаются)



Фиг. 42. Схемы кузнечной сварки: а — внахлестку; б — вразруб; в — встык

Правка. Правку поковки производят послековки для устранения искривлений поковки или отдельных её участков.

Ковка в подкладных штампах

Очень часто при свободной ковке целесообразно применять подкладные штампы, которые ограничивают течение металла и дают ему нужное направление. С этой точки зрения для улучшения технологического процесса целесообразно применение подкладных штампов в индивидуальном производстве. Вместе с тем ковка в подкладных штампах имеет ряд технико-экономических преимуществ, присущих вообще горячей штамповке (см. стр. 200). Поэтому этот метод ковки является выгодным в мелкосерийном производстве, и его следует рекомендовать для депо. В серийном производстве ковка в подкладных штампах допустима лишь в том случае, если в кузнице отсутствует специальное штамповочное оборудование. Подкладные штампы должны применяться только при условии их экономичности.

В подкладных штампах можно производить: 1) осадку; 2) высадку в обечайке; 3) прожим и обжим; 4) протяжку в каталке для образования круглого сечения, протяжку втулки на оправке; 5) выравнивание круглых поволоков; 6) формовку головок; 7) гибку; 8) прошивку отверстий; 9) отделку.

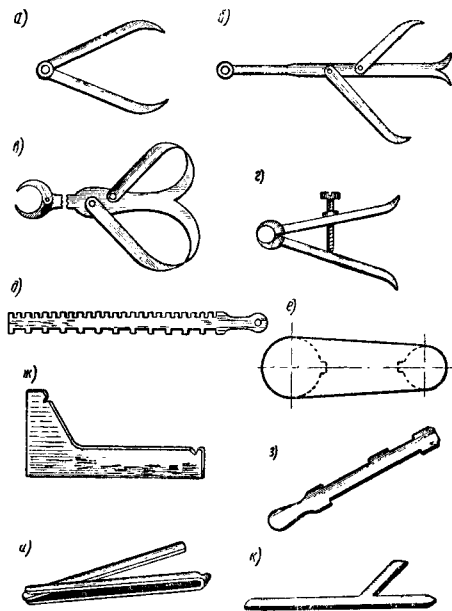
Примеры ковки в подкладных штампах приведены на стр. 201.

Инструменты для свободной ковки

Данные о кузнечных инструментах приведены в табл. 52—54; мерительный инструмент показан на фиг. 43.

Определение веса и размеров заготовки

Вес поковки. Для определения веса поковки последнюю разбивают на части с эле-



Фиг. 43. Мерительный инструмент: а — кронциркуль одинарный; б — кронциркуль двойной; в — кронциркуль тройной; г — нутромер; д — калибр; е, ж, з — шаблоны; и — угольник; к — малка

Таблица 52

Размеры кубиков для ковочных бойков в мм

Вес падающих частей молота в т	Верхний боёк			Нижний боёк		
	длина	ширина	высота	длина	ширина	высота
0,1	200	85	170	220	85	170
0,15	220	90	180	240	90	180
0,25	250	95	200	270	95	200
0,35	300	110	250	320	110	250
0,5	310	110	250	360	110	250
0,75	340	265	300	440	265	300
1	390	290	375	465	290	375
2	505	365	450	645	365	450
3	555	415	550	850	415	550
4	695	415	600	925	415	600
5	720	415	650	925	415	650
7	770	465	680	1 025	465	680
8	825	465	750	1 025	465	750
10	900	520	870	1 075	520	870

ментарными геометрическими формами и подсчитывают их объём V с индексами по соответствующим формулам.

Размеры черновых поволоков выше номинальных чертежных размеров готовой детали на величину припусков, напусков и пробных брусков. Последние две величины учитывают в случае надобности.

Для чистовых поволоков в чертежах ставится только размер допуска (положительный и отрицательный).

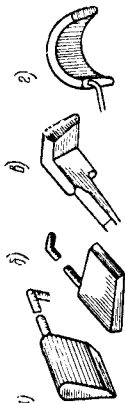
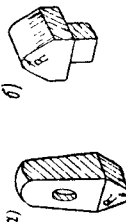
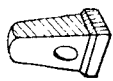
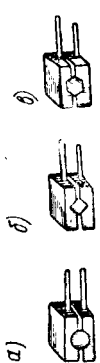
Вес поковки

$$G_{\text{пок}} = \gamma (V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_{n-1} + V_n),$$

где γ — удельный вес металла, принимаемый для конструкционной, углеродистой и малолегированной стали равным $7,85 \text{ г/см}^3$; для легированных сталей он повышается до $7,88$.

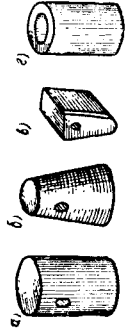




Таблица 53

Инструменты для машиннойковки

Эскиз	Наименование	Ориентировочные размеры в мм						Назначение	Примечание
		L	l	h	a	b	D		
	Топор: а — двусторонний, б — односторонний, в — угловой, г — фасонный	750—900	500—3000	30—150	5—15	10—50	—	Рубка заготовок, рубка поковок, обсечек и т. п.	Ручки вставные и таянутые
	Подбойка: а — верхняя, б — нижняя	—	—	150—200 100—150	40—60 40—60	—	—	Ускорение вытяжки	Радиусы выпуклости 10—25 мм
	Гладилка	—	—	100—200	50—100	30—40	—	Сглаживание неровностей поверхностей поковок при отделке	Отверстие под ручокотку 30×20 мм
	Обжимки: а — круглые, б — квадратные, в — фасонные	— 100—150	— — —	100—200 100—200 40—150	3,5—5 — —	50—100 75 100	— — 10—50	Подкатка и отделка поковок различных сечений	Ручки вставные и таянутые, пружинные

1 Обозначения в таблице: L — длина инструмента; l — длина ручки; h — высота инструмента; а и b — соответственно ширина внизу и сверху инструмента; D — диаметр инструмента.

Продолжение табл. 53

Эскиз	Наименование	Оrientировочные размеры ¹ в мм						Назначение	Примечание
		L	l	h	a	b	D		
	Прошивки: <i>a</i> — сплошной цилиндрический, <i>b</i> — сплошной конический, <i>c</i> — клиновидный, <i>г</i> — пустотелый	50—200	—	50—200	—	—	—	Прошивка отверстий —	Пустотелый прошивень применяют для отверстий более 400 мм
		200—500	—	300—500	—	—	—		
	Оправка калибровочная: <i>a</i> — бочкообразная, <i>b</i> — коническая	—	—	50—200	—	—	50/40—130/115	Отделка отверстий	—
	Надставка: <i>a</i> — сплошная, <i>b</i> — пустотелая	Наружный диаметр меньше на 10 мм соответственно прошивке						Надставка на прошивень при прошивке глубоких отверстий	—
	Квадрат	200—500	500—1500	—	—	—	—	—	—
	Разгонка	200—500	500—1500	30—100	—	—	—	—	—

Продолжение табл. 53



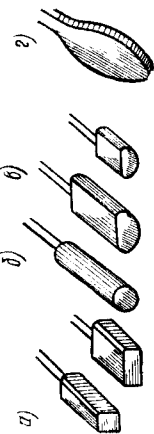
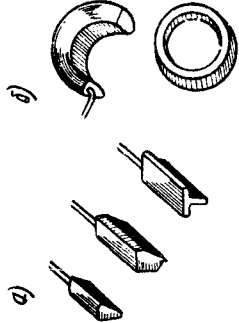
Эскиз	Наименование	Ориентировочные размеры ¹ в мм						Назначение	Примечание
		L	l	h	a	b	D		
	Угольник	150—600	500—1 500	30—150	—	30—150	—	—	—
 а) б) г)	Оправка разгоночная: а — цилиндрическая, б — коническая, г — комбинированная	—	—	—	—	—	—	Ковка пустотелых поковок и отделка отверстий	Для вытяжки конических, для раздачи цилиндрические
 а) б) г)	Раскатка: а — плоская, б — круглая, в — овальная, г — фасонная	125—600	500—800	—	—	—	—	Разметка поковок, ускорение вытяжки, расплющивание, образование углублений	Ручки вставные и тннутые, односторонние и двусторонние
 а) б) г)	Пережимка: а — прямая, б — фасонная	400—600	1 000—1 500	—	—	—	50—100	Образование углублений (пережимов) на поковках	Ручки вставные и тннутые

Таблица 54

Инструмент для перемещения, вращения, захвата и удержания заготовок и поковок

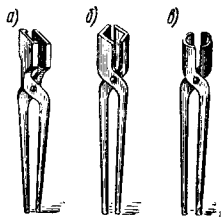
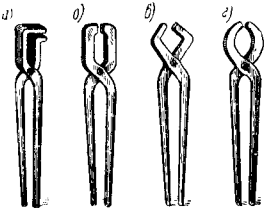
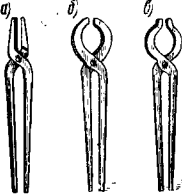
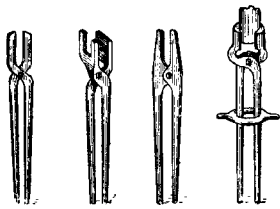
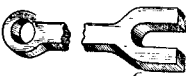
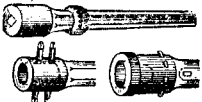
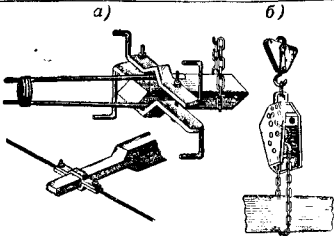
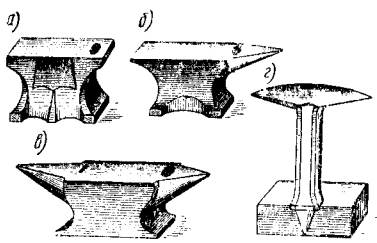

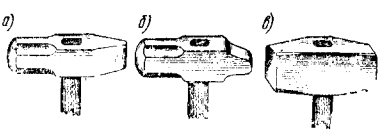
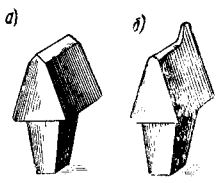
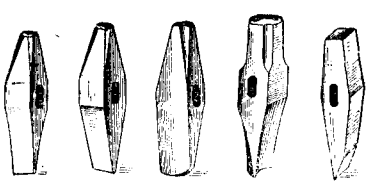
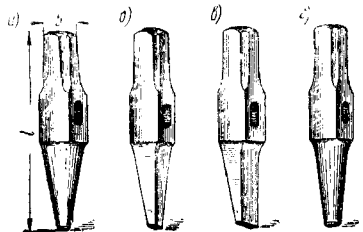
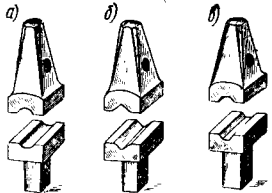
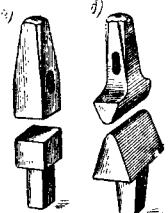
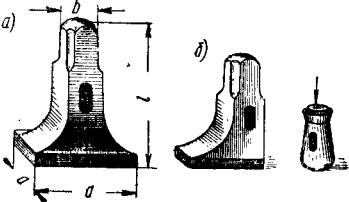
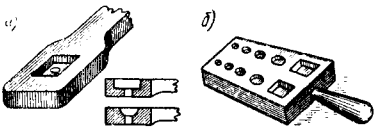

Наименование	Эскиз	Назначение	Примечание
Клещи продольные с губками: а — прямоугольными, б — квадратными, в — круглыми		Для захвата, удержания и перемещения заготовок и поковок	Размеры клещей зависят от размеров и формы заготовки или концевой части поковок
Клещи поперечные с губками: а — плоскими, б — прямоугольными, в — квадратными, г — круглыми			
Клещи продольно-поперечные с губками: а — плоскими, б — острыми, в — плоско-круглыми			
Клещи специальные			
Вилка		Для закручивания колен поковок	Длина вилок зависит от величины сечения закручиваемой заготовки и угла закручивания
Патрон		Для захвата поковки путём надевания на её хвостовик, захвата, удержания и перемещения	Применяется главным образом для слитков до 5—15 т
Кантователь: а — ручной, б — механический		Для вращения поковок вокруг горизонтальной оси	Подъёмная сила ручного кантователя до 10 т, механического — до 200 т

Таблица 55

Инструмент для ручнойковки

Эскиз	Наименование	Размеры в мм и вес в кг	Назначение
	Наковальни: а—безрогая, б—однородная, г—шперак	Высота до 800, ширина до 120, длина до 400, вес 10÷400	Опора при ручнойковке
	Ручник: а—с шарообразным задком, б—с поперечным задком, г—с продольным задком	Длина рукоятки 350÷600 (из березы, ясеня, клёна, рябины), вес 0,5÷2,0	Нанесение ударов при ковке и указание молотобойцу о месте удара кувалдой
	Кувалда: а—с поперечным задком, б—с продольным задком, г—с двумя плоскими бойками	Длина рукоятки 750÷900 (из берёзы, ясеня, клёна, рябины), а=50÷80, l=1 000÷1 250, вес 2÷10	Нанесение ударов при ковке
	Подсечка: а—прямая, б—фасонная	Длина лезвия 40÷50	Ускорение рубки, вырубки и перебивки полос и поковок
	Зубило: а—прямое для горячей рубки, б—прямое для холодной рубки, в—полукруглое, г—фасонное, д—одностороннее	Длина лезвия 35÷50; длина зубила 150÷200; ширина бойка 30÷40; отверстие под рукоятку 30×20	Рубка, вырубка и отсечка заготовок, полос и поковок
	Пробойник: а—круглый, б—квадратный, в—плоский, г—фигурный	Длина l=180÷200, ширина бойка b=30÷40, отверстие под рукоятку 30×20, ширина ударной части 30	Пробивка отверстий

Продолжение табл. 55

Эскиз	Наименование	Размеры в мм и вес в кг	Назначение
	<p>Обжимка: а—круглая, б—квадратная, в—фасонная</p>	<p>Размеры выемок соответственно сечениям подкатки от 5 до 60</p>	<p>Подкатка и отделка поковок</p>
	<p>Подбойка: а—плоская, б—полу-круглая</p>	<p>Радиусы выпуклости 10÷25</p>	<p>Ускорение вытяжки</p>
	<p>Гладилка: а—простая, б—специальная</p>	<p>а=50÷100, l=120÷160, b=30÷40, 1 отверстие под рукоятку 30×20</p>	<p>Сглаживание неровностей при отделке поковок</p>
	<p>Гвоздильня: а—простая, б—много-рядная</p>	<p>—</p>	<p>Высадка головок гвоздей</p>
	<p>Форма</p>	<p>Вес до 50</p>	<p>Получение отверстий в поковках и вытяжка сечений</p>

При подсчёте веса поковки учитываются припуски.

Если допуски односторонние плюсовые, то учитывают и $\frac{1}{2} \div \frac{2}{3}$ допуска.

Припуском в поковке называется предусмотренное увеличение размеров поковки против указанных на чертеже готовой детали, обеспечивающее после механической обработки поковки (строгание, фрезерование, точение и т. п.) получение детали требуемых размеров и надлежащей чистоты поверхности.

Номинальными размерами поковки являются размеры чистой готовой детали плюс размеры припусков на механическую обработку.

Допуском на кузнечную обработку называется обусловленное чертежом допускаемое отклонение размеров готовой по-

ковки от номинальных размеров её, поставленных на чертеже.

Напуском называется излишек металла в поковке по сравнению с готовой деталью, который добавляется для упрощения конфигурации поковки по технологическим соображениям, когда невозможно ковкой обеспечить переход, углубление, отверстие и т. п.

В табл. 56—61 приведены величины припусков и допусков (по материалам ЦТ-43 и др.).

Определение веса заготовки. Важнейшая задача кузнецов при назначении веса и размеров заготовки — добиваться экономии металла путём максимального уменьшения припусков, допусков, прочих отходов, а также разработки наилучшего технологического процесса и температурных режимов нагрева иковки.

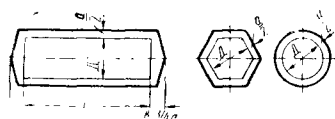


Таблица 56

Припуски и допуски на поковку гладких круглых и шестигранных деталей

Длина детали в мм	Диаметр D в мм										
	до 32	33—40	41—50	51—65	66—80	81—100	101—125	126—160	161—200	201—250	251—300
	Величина припуска а с допусками в мм										
До 250	4 +1	4 +2	4 +2	6 +2	6 +2	8 +2	8 +2	10 ±3	10 ±3	10 ±3	10 ±3
251— 400	4 +1 — 0	4 +2 — 0	4 +2 — 0	6 +2 — 0	6 +2 — 0	8 +2 — 0	8 ±2	10 ±3	10 ±3	10 ±3	12 ±3
401— 700	6 ±2	6 ±2	6 ±2	8 ±2	8 ±2	8 ±2	10 ±3	10 ±3	12 ±3	12 ±3	12 ±3
701—1 000	6 ±2	6 ±2	6 ±2	8 ±2	8 ±2	8 ±2	10 ±3	10 ±3	12 ±3	12 ±3	14 ±4
1 001—1 600	—	8 ±2	8 ±2	8 ±2	8 ±2	10 ±3	10 ±3	12 ±3	12 ±3	14 ±4	14 ±4
1 601—2 500	—	—	—	—	8 ±2	10 ±3	12 ±3	12 ±3	14 ±4	14 ±4	14 ±4
2 501—3 200	—	—	—	—	—	10 ±3	12 ±3	12 ±3	14 ±4	14 ±4	14 ±4

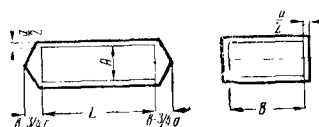


Таблица 57

Припуски и допуски на поковку гладких прямоугольных и квадратных деталей

Длина детали в мм	Размеры сторон A и B в мм								
	до 32	33—50	51—65	66—80	81—100	101—125	126—160	161—250	251—300
	Величина припуска а с допусками в мм								
До 250	4 +1	4 +2	6 +2	6 +2	6 +2	8 ±2	8 ±2	10 ±3	10 ±3
251— 400	4 +1	4 +2	6 +2	6 +2	6 +2	8 ±2	10 ±3	10 ±3	12 ±3
401— 700	4 +1	6 +2	8 +2	8 +2	8 +2	10 ±3	10 ±3	12 ±3	12 ±3
701—1 000	6 +2	6 +2	8 ±2	8 ±2	8 ±2	10 ±3	10 ±3	12 ±3	14 ±4
1 001—1 600	—	8 +2	8 ±2	8 ±2	10 ±3	10 ±3	12 ±3	12 ±3	14 ±4
1 601—2 500	—	—	—	10 ±3	10 ±3	12 ±3	12 ±3	14 ±4	14 ±4
2 501—3 200	—	—	—	—	10 ±3	12 ±3	12 ±3	14 ±4	16 ±4

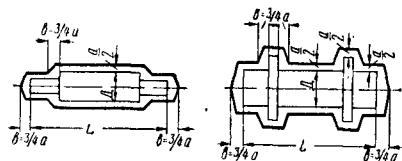


Таблица 58

Припуски и допуски на поковку круглых
деталей с уступами

Длина детали в мм	Диаметр D в мм							
	33—40	41—50	51—65	66—80	81—100	101—125	126—160	161—300
	Величина припуска a с допусками в мм							
До 250	6^{+2}	6^{+2}	8 ± 2	8 ± 2	10 ± 3	10 ± 3	12 ± 3	12 ± 3
251—400	6^{+2}	6^{+2}	8^{+2}	8 ± 2	10 ± 3	10 ± 3	12 ± 3	12 ± 3
401—700	8 ± 2	8 ± 2	10 ± 3	10 ± 3	10 ± 3	12 ± 3	12 ± 3	14 ± 4
701—1 000	8 ± 2	8 ± 2	10 ± 3	10 ± 3	10 ± 3	12 ± 3	12 ± 3	14 ± 4
1 001—1 600	8 ± 2	10 ± 3	10 ± 3	10 ± 3	12 ± 3	12 ± 3	14 ± 4	14 ± 4
1 601—2 500	—	10 ± 3	10 ± 3	10 ± 3	12 ± 3	14 ± 4	14 ± 4	16 ± 4
2 501—3 200	—	—	—	12 ± 3	14 ± 4	14 ± 4	14 ± 4	16 ± 4

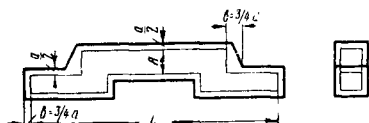


Таблица 59

Припуски и допуски на поковку прямоугольных
деталей с уступами

Длина детали в мм	А в мм								
	33—40	41—50	51—65	66—80	81—100	101—125	126—160	161—300	301—400
	Величина припуска a с допусками в мм								
До 250	6^{+2}	6^{+2}	8^{+2}	8 ± 2	10 ± 3	10 ± 3	12 ± 3	12 ± 3	14 ± 4
251—400	6^{+2}	6^{+2}	8^{+2}	8 ± 2	10 ± 3	10 ± 3	12 ± 3	12 ± 3	14 ± 4
401—700	8 ± 2	8 ± 2	10 ± 3	10 ± 3	10 ± 3	12 ± 3	12 ± 3	14 ± 4	14 ± 4
701—1 000	8 ± 2	8 ± 2	10 ± 3	10 ± 3	10 ± 3	12 ± 3	12 ± 3	14 ± 4	16 ± 4
1 001—1 600	8 ± 2	10 ± 3	10 ± 3	10 ± 3	12 ± 3	14 ± 4	14 ± 4	16 ± 4	16 ± 4
1 601—2 500	—	10 ± 3	10 ± 3	10 ± 3	12 ± 3	14 ± 4	14 ± 4	16 ± 4	16 ± 4
2 501—3 200	—	—	—	12 ± 3	12 ± 3	14 ± 4	14 ± 4	16 ± 4	18 ± 4
3 201—4 000	—	—	—	—	14 ± 4	16 ± 4	16 ± 4	18 ± 4	20 ± 5

Таблица 60

Припуски при свободной ковке фланца

Припуск	Диаметр фланца в мм					
	150—200	201—250	251—320	321—400	401—500	501—650
a —по диаметру	23 ± 7 29 ± 10	26 ± 8 32 ± 11	29 ± 9 35 ± 12	32 ± 11 39 ± 13	35 ± 12 43 ± 14	39 ± 13 47 ± 14
b —по толщине	33 ± 11	38 ± 13	43 ± 14	46 ± 16	52 ± 17	59 ± 18

Примечания. 1. Верхние цифры—для однофланцевых валов, нижние—для многофланцевых и коленчатых.

2. Толщина фланца не более 0,25 его диаметра, который в свою очередь не менее 1,75 диаметра прилегающей цилиндрической части. Угол скоса не более 10° .

Таблица 61

Припуски для свободнойковки шайб, колец, обечаек раскатанных

Припуск	Диаметр кольца в мм					
	150—200	201—250	251—320	321—400	401—500	501—650
a —по диаметру	23 ± 8	26 ± 9	30 ± 10	34 ± 11	38 ± 12	42 ± 14
b —по толщине	18 ± 5	20 ± 6	23 ± 7	26 ± 8	29 ± 9	32 ± 10

Примечание. Припуски действительны для всех шайб, колец, обечаек, изготовляемых путем прошивки, с дальнейшей раскаткой при соотношении размеров: $D > 250$ мм; $D \geq 0,5$ мм; $H < D$.

Таблица 62

Количество отходов на угар и обсеку в % от веса поковки

Тип поковки	Переходы ковки	Количество отходов
Фланцы глухие: круглые, овальные, квадратные; пластины, кубики, бруски	Осадка и обкатка или проглаживание	1,5—2,5
Фланцы с отверстием, хомуты, подвески, гайки и т. п.	Осадка, ковка в размер, прошивка, правка	2% + объём высечки 8—10
Шестерни глухие	Осадка, обкатка, обсека, расширение поля, обкатка, оправка кольцом, правка	2,5% + объём высечки 3—5
Раскатные кольца, втулки, обечайки	Осадка, прошивка, раскатка	
Сварные кольца, обечайки, муфты, втулки	Гибка, сварка, правка	
Валы, валики, бруски квадратные, шестигранные и прямоугольные, кубики в размер	Протяжка, обрубка, правка	5—7
Валы и валики с уступами или фланцами, болты с круглой или квадратной головкой, башмаки, траверсы, шпонки	Протяжка, обсека, обрубка, правка	7—10
Валы и валики с двусторонними уступами или с буртиками, шпиндели, скобы, направляющие, прямоугольные бруски с уступами, тяги	Протяжка, обсека, двусторонняя обрубка, правка	10—12
Гачевые ключи, шатуны	Протяжка, насечка, формовка и отделка головок, правка	15—18
Рычаги прямые, сложные шатуны, кривошип	Протяжка, обрубка головки фасонным топором, штамповка головки в подкладном штампе	18—25
Коленчатые валы, рычаги кривые и двуплечие	Протяжка, обжимка, гибка, обрубка, правка	25—30

Вес катаной заготовки (с учётом отходов на угар $G_{уг}$ и обсеку $G_{обс}$)

$$G_{заг} = G_{пок} + G_{уг} + G_{обс}.$$

Отходы на угар считают на первый нагрев 2—3% и на каждый подогрев 1—1,5%.

Суммарный процент отхода на угар и обсеку (к весу поковки) при ковке на молотках см. в табл. 62.

Если заготовкой служит слиток, то прибавляют вес отхода с прибыльной части $G_{пр}$ и с донной части $G_{дон}$ слитка (табл. 63).

Таблица 63

Отходы на прибыльную и донную части слитка в %

Вид стали	Прибыльная часть		Донная часть
	с утепляющей надставкой	без утепляющей надставки	
Углеродистая	20—25	35—40	5—7
Конструкционная легированная	25—35	—	—
Инструментальная легированная	—	50—60	7—10

Если предусматривается прошивка поковки, то прибавляют вес «выдры».

Вес «выдры» при прошивке с подкладным ольцом:

$$G_о \approx \gamma (0,55 \div 0,60) d^2 h;$$

при прошивке без подкладного кольца

$$G_о \approx \gamma (0,15 \div 0,20) d^2 h;$$

при прошивке слитков на прессе пустым прошивнем

$$G_о \approx \gamma (0,80 \div 0,86) d^2 h,$$

где d — диаметр прошивня;

h — высота прошиваемой заготовки;

$d_о$ — диаметр отверстия прошивня.

Определение размеров заготовки. 1. Слиток подбирается по сортаменту на основании вычисленного веса заготовки (табл. 64).

2. Размеры катаной заготовки для изготовления поковки осадкой подбирают следующим образом.

По вычисленному весу определяют объём V , диаметр d круглой и сторону a квадратной заготовки:

$$V_{заг} = \frac{G_{заг}}{\gamma}; \quad d_{заг} = (0,8 \div 1,0) \sqrt[3]{V_{заг}};$$

$$a_{заг} = (0,75 \div 0,90) \sqrt[3]{V_{заг}}.$$

Если $h_{заг}$ — высота заготовки, то должно быть

$$1,25 d_{заг} < h_{заг} < 2,5 d_{заг}.$$

Длина заготовки

$$l_{заг} = \frac{G_{заг}}{G_1} = \frac{V_{заг}}{F},$$

где G_1 — вес 1 пог. м проката;

F — площадь поперечного сечения заготовки.

В табл. 65—67 приведены размеры заготовок для некоторых вагонных и паровозных деталей. В каждом конкретном случае следует вносить поправки на основе опыта передовых рабочих и технологов в их борьбе за экономию металла.

Отходы при резке и на немерность. Потери при резке: на ножницах — не свыше 0,5%, автогеном, бензорезкой — не свыше 1%, на холодных пилах — не свыше 2%; отходы на немерность материала — не свыше 1,0%.

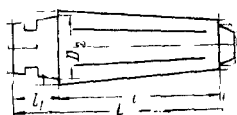


Таблица 64

Сортамент стальных слитков

Форма	Вес в кг		Площадь среднего сече- ния в см ²	D ₂	L	Форма	Вес в кг		Площадь среднего сече- ния в см ²	D ₂	L
	общий	годной части					общий	годной части			
Круглая	538	427	661	270	250	8-гранная	3 000	2 295	2 827	600	510
8-гранная	700	553	850	312	270	6-гранная	3 000	2 325	—	580	1 800
Круглая	860	650	1 116	350	330	8-гранная	3 500	2 734	3 058	628	440
8-гранная	900	710	1 007	340	290	8-гранная	4 000	3 149	—	610	1 926
Круглая	1 000	730	1 288	370	250	8-гранная	4 400	3 400	3 717	725	600
8-гранная	1 150	897	1 333	403	330	12-гранная	5 000	3 740	—	670	2 096
6-гранная	1 200	925	—	409	1 410	8-гранная	6 000	4 820	4 231	720	580
12-гранная	1 400	1 090	1 640	440	380	8-гранная	6 000	4 557	—	723	2 266
11-гранная	1 700	1 330	1 895	470	380	8-гранная	8 000	6 138	5 608	870	700
6-гранная	2 000	1 435	—	500	1 610	8-гранная	9 000	6 961	—	825	2 527
12-гранная	2 100	1 810	2 197	530	446	8-гранная	10 000	7 637	6 866	970	850
12-гранная	2 500	1 987	2 471	540	410						

Таблица 65

Выбор размеров кузнечных заготовок для некоторых вагонных деталей

Наименование детали	Сечение заготовок в мм															
	90 × 90	100 × 100	130 × 130	Диаметры заготовки												
				52	65	120	130	140	145	150	155	160	165	170	180	
				Длина заготовки в мм												
Унифицированная подлю- лочная балка безбалансир- ной тележки	—	565	—	—	—	—	—	615	530	490	460	430	410	380	360	320
То же тележки Пульмана	750	670	—	—	—	—	—	570	490	460	430	400	375	350	330	300
Унифицированная нижняя подвеска безбалансирной тележки	—	176	—	—	—	160	135	115	110	100	95	90	85	—	—	—
То же тележки Пульмана	—	165	—	—	—	145	125	110	100	95	90	85	80	—	—	—
Унифицированная сред- няя подвеска люльки	—	210	540	—	—	185	160	135	125	120	110	105	100	95	—	—
Унифицированная верх- няя проушина люльки теле- жки ЦВТК	—	175	—	—	—	155	130	115	105	100	95	90	85	—	—	—
То же тележки Пульмана	—	130	—	—	—	115	100	85	80	75	70	65	—	—	—	—
Верхняя проушина люльки безбалансирной тележки	—	125	—	—	—	110	95	80	75	70	65	—	—	—	—	—
Унифицированный верх- ний валик люлочного под- вешивания	—	—	—	—	110	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Унифицированный ниж- ний валик люлочного под- вешивания	—	—	—	—	130	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Унифицированная гайка подлюлочной балки	—	—	—	115	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Нажимная шайба буфер- ной пружины	—	—	—	130	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Опорный наконечник те- лежки Пульмана	—	175	—	—	—	155	135	115	105	100	95	90	85	—	—	—
Буксовая челюсть безба- лансирной тележки	—	145	—	—	—	130	110	95	90	85	80	75	70	—	—	—
Натяжной рессорный болт 14-м вагона	—	215	—	—	—	190	165	140	130	125	115	110	100	95	—	—
Внутренняя подвеска башмака 14-м вагона	—	160	—	—	—	145	125	105	100	95	85	80	75	—	—	—
Наружная подвеска баш- мака 14-м вагона	—	150	—	—	—	135	115	100	95	90	85	—	—	—	—	—

Таблица 66

Выбор длины кузнечных заготовок для некоторых валовых деталей в зависимости от профиля материала
(по данным Бакинского ВРЗ)

(по данным Бакинского ВРЗ)																				
Наименование детали	Марка стали	Вес поковки в кг	Вес заготовки в кг	Объем заготовки в см ³	Диаметр заготовки											Сторона квадрата заготовки				
					Длина заготовки в мм на 1 деталь															
					60	75	90	100	120	126	130	136	145	150	164	178	182	75×75	100×100	125×125
Хвостовик однодырный	Ст. 3	7,82	8,0	1 010	—	240	168	132	92	84	80	72	64	60	52	44	40	188	104	68
Хвостовик двудырный	То же	20,84	21	2 750	—	630	441	346,5	241,5	220	210	189	168	157,5	136	115,5	105	493,5	273	178,5
Муфта соединительная длинная	Ст. 5	12,0	14,8	1 924	—	—	310,8	244,2	170,2	155,4	148	133,2	118,4	111	96,2	81,4	74	347,8	192,4	125,8
Муфта соединительная короткая	То же	6,8	8,4	1 092	—	—	176,4	138,6	96,6	88,2	84	75,6	67,2	63	54,6	46,2	42	197,4	109,2	71,4
Болт аппаратный НГВ	Ст. 2-3	299	6,5	845	299	195	136,1	107,2	74,7	68,2	65	58,5	52	48,7	42,2	35,7	32,5	152,7	84,5	55,2
Гайка буферная стержня	Ст. 5	0,9	1,0	170	46	30	21	16,5	11,5	10,5	10	9,0	8,0	7,5	6,5	5,5	5,0	23,5	13	8,5
Гайка упорная стержня НГВ	Ст. 3	7,4	10,6	1 378	487,6	318	222,6	174,9	121,9	111,3	106	95,4	84,8	79,5	68,9	58,3	53	249,1	137,8	90,1
Направляющая тягового крюка НГВ	Ст. 5	2,6	4,1	533	188,6	123	86,1	67,6	47,1	43	41	36,9	32,8	30,7	26,6	22,5	20,5	96,3	53,3	34,8
Кривой валик стяжки объединенного типа	То же	5,6	5,9	767	271,4	177	123,9	97,4	67,8	61,9	59	53,1	47,2	44,2	39,3	32,4	29,5	138,6	76,7	50,1
Сержа стяжки объединенного типа	»	5,5	6,2	846	245,2	186	150,2	102,3	71,3	65,1	62	55,8	49,6	46,5	40,3	34,1	31	143,7	80,6	52,7
Винт стяжки объединенного типа	»	8,5	8,6	1 118	395,6	258	180,6	141,9	93,9	90,3	86	77,4	68,8	64,5	53,9	47,3	43	202,1	111,8	73,1
Гайка большой стяжки объединенного типа	»	7	7,3	949	335,8	219	153,3	120,4	83,9	76,6	73	65,7	58,4	54,7	47,4	40,1	36,5	171,2	94,9	62
Скоба стяжки объединенного типа	»	7,5	7,6	988	349,6	228	159,6	125,4	87,7	79,8	76	63,4	60,8	57	49,4	41,8	38	173,6	98,8	64,6
Гайка малая стяжки объединенного типа	»	4,0	4,5	585	207	135	94,5	74,2	51,7	47,2	45	40,5	36	33,7	29,5	24,7	22,5	103,7	58,5	38,2
Чека соединительная муфты НГВ	»	0,9	1,0	130	46	30	21	16,5	11,5	10,5	10	9,0	8,0	7,5	6,5	5,5	5,0	23,5	13	8,5
Нажимная шайба буферной пружины 30 т вагона	Ст. 0	2,77	3,0	390	135	90	63	43,5	34,5	31,5	30	27	24	22,5	19,5	16,5	15	70,5	39	25,5
Нажимная шайба буферной пружины 20 т вагона	То же	2,5	3,0	390	133	90	63	49,5	34,5	31,5	30	27	24	22,5	19,5	16,5	15	70,5	39	25,5
Пружина к подвеске качающ.	Ст. 5	7,36	7,5	975	345	225	157,5	123,7	86,2	78,7	75	67,5	60	56,2	48,7	41,2	37,5	176,2	97,5	63,7
Сержа рессорного подвешивания 20-25 т вагона	То же	1,3	1,5	195	69	45	31,5	24,5	17,2	15,7	15	13,5	12	11,2	9,7	8,2	7,5	35,2	19,5	12,7
Державка рессорная НГВ	»	2,21	2,3	299	105,8	69	48,3	37,9	26,4	24,1	23	20,7	18,4	17,2	14,9	12,6	11,5	54	29,9	19,5
Буковый клин 16,5-18 т вагона	Ст. 0	4,0	4,2	546	193,2	126	157,5	123,7	86,2	78,7	75	67,5	60	56,2	48,7	41,2	37,5	176,2	97,5	63,7
Буковый клин 20 т вагона	То же	5,0	5,3	689	243,8	159	111,3	87,4	60,9	55,6	53	47,7	42,4	39,7	34,4	29,1	26,5	124,5	64,9	45
Буковый клин 25 т вагона	Ст. 3	4,0	4,1	533	188,6	123	86,1	67,6	47,1	43,3	41	36,9	32,8	30,4	26,6	22,5	20,5	96,3	53,3	34,8
Болт для буксы поясной тележки	То же	3,28	3,4	442	156,4	102	71,4	56,1	38,9	35,7	34	30,6	27,2	25,5	22,1	18,7	17,0	79,9	44,2	28,9
Болт для колонки поясной тележки	»	9,4	9,5	1 235	437	295	199,5	156,7	109,2	99,7	95	85,5	76	71,2	61,7	52,2	47,6	223,2	123,5	80,7
Шкворень поясной тележки	Ст. 4	8,5	8,7	1 131	400,2	261	182,7	143,5	100,2	91,3	87	78,7	70,6	65,2	56,5	47,8	43,5	204,4	113,1	73,9
Подушка поясной тележки	Ст. 1	58,0	60,0	7 800	276	1 800	1 280	990	690	630	600	—	—	—	390	330	300	—	—	510
Затяжка вертикального рычага 20 т вагона	Ст. 3	11,0	11,3	1 469	519,8	339	237,3	186,4	129,9	118,6	113	101,7	90,4	84,7	73,4	62,1	56,5	265,5	146,9	96
Затяжка вертикального рычага четырехосной цистерны	То же	22,0	23,0	2 990	1 053	690	453	379,5	264	241,5	230	207	184	172,5	149,5	126	115	540,5	299	195
Затяжка вертикального рычага 25-т цистерны	Ст. 4	11,0	11,2	1 456	515,2	336	235,2	184,8	128,9	117,6	112	100,8	89,6	84	72,8	61,6	56	263,2	145,6	95,2
Кронштейн концевой тяги 50-т цистерны	Ст. 3	5,9	6,5	845	290	195	136,5	107,2	74,7	68,2	65	53,6	52	43,7	42,2	35,7	32,5	151,7	84,5	55,2
Кронштейн скобы мертвой точки кривошипного тормоза	Ст. 3-4-5	2,5	3,0	790	138	90	63	49,5	34,5	31,5	30	2,7	24	22,5	19,5	16,5	15	70,5	39	25,5

1 В случае штамповки размеры заготовок следует проверять расчётом по формулам, приведённым на стр. 220-224.

Продолжение табл. 66

Наименование детали	Марка стали	Вес поковки в кг	Вес заготовок в кг	Объем заготовки в см³	Диаметр заготовки												Сторона квадрата заготовки			
					60	75	90	100	120	126	130	136	145	150	164	178	182	75×75	100×100	125×125
					Длина заготовки в мм на 1 деталь															
Защелка горизонтального рычага четырехосной цистерны Тяга распорная поясной тележки Распорная тяга тормозная четырехосной цистерны Винт ручного тормоза 20-т вагона Винт ручного тормоза 16,5-т вагона Винт ручного тормоза 25-т цистерны Винт ручного тормоза четырехосной цистерны Державка винта ручного тормоза четырехосной цистерны Вал ручного тормоза канадской цистерны Подвеска тележки Фетте	Ст. 3	27,2	27,6	3 588	1 260,6	823,1	579,6	455,4	317,4	289,6	276	248,4	220,8	207	170,4	151,8	138	64,8	358,8	234,6
	То же	17,5	18,0	2 340	828	540	376	297	207	189	180	162	144	135	117	99	90	423	234	153
	»	13,0	20,0	2 600	920	600	420	330	230	210	200	180	160	150	130	110	100	47	260	170
	»	11,8	12,3	1 559	565,8	369	258,3	202,9	141,4	129,1	123	110,7	98,4	92,2	79,9	67,6	61,5	28,9	159,9	104,5
	»	11,2	13,1	1 703	602,6	393	275,1	216,1	150,6	137,5	131	117,9	104,8	98,2	85,1	72	65,5	307,8	170,9	111,3
	»	11,2	11,7	1 521	538,2	351	245,7	203	134,5	123	117	105,3	93,6	87,7	76,0	64,3	58,5	275	152,1	99,4
	»	14,0	14,7	1 911	676,2	441	30,7	232,5	169	154,3	147	132,3	117,6	110,2	95,5	80,8	73,5	345	191,1	124,9
	Ст. 0	2,8	3,0	3,0	135	90	63	49,5	34,5	31,5	30	27	22,5	19,5	19,5	16,5	15	70,5	39	25,5
	Ст. 5	7,6	8,0	1 040	368	240	168	132	92	84	80	72	64	60	52	44	40	188	104	68
	То же	11,0	11,5	1 495	529	345	241,5	189,7	132,5	120,7	115	103,6	92	86,2	74,7	63,2	57,5	270,2	149,5	97,7
Клин фрикционного аппарата Клин усилителя Винт стяжки узкоколейного вагона Клин тягачевого хомута Скоба стяжки узкоколейного вагона Тормоз тяги канадских цистерн Тяга ручного тормоза канадской цистерны Тормозная тяга 50-т цистерны Тяга тормозная четырехосной цистерны Крюк сигнального фонаря Стержень к винту цистерны К Ручка крана водяного чана Винт штанги Утешинского Подвеска тормозного башмака поясной тележки Гайка под штангу сливного привода Утешинского Винт к запорному клапану Валик подвески поясной тележки Державка винта ручного тормоза НГВ	»	6,0	6,5	845	150,4	102	71,4	56,1	39,1	35,7	34	30,6	27,2	25,5	22,1	18,7	17,0	79,9	44,2	28,9
	»	3,5	4,0	1 200	184	120	84	66	46	42	40	36	32	30	26	22	20	91	52	34
	»	7,8	8,1	1 053	372,6	243	170,1	133,6	93,1	85	81	72,9	64,8	60,7	52,6	44,5	40,5	190,3	105,3	68,8
	»	1,9	2,0	260	92	60	42	330	23	21	20	18	16	15	13	11	10	47	26	17
	Ст. 3	12,0	13,0	1 690	593	330	273	214,5	149	136,5	130	117	104	97,5	84,5	71,5	65	305,5	169	110,5
	То же	14,5	15,0	1 950	630	450	315	247,5	172,5	157	150	135	120	112,5	97,5	82,5	75	352	195	127,5
	»	12,3	13,0	1 690	598	390	278	214,5	149	136	130	117	104	97,5	84,5	71,5	65	305,5	169	110,5
	»	12,3	13,2	1 716	607,2	396	277,2	217,8	151,8	138,6	132	118,8	105,6	99	85,5	71,5	66	310,2	171,6	112,2
	»	29,0	30,3	3 939	1 393,8	909	636,3	499,5	348,4	318,1	303	272,7	242,4	227,2	196,8	166,6	151,5	712,0	393,9	257,5
	»	1,6	1,7	221	78,2	51	35,7	23	19,5	17,8	17	15,3	13,6	12,7	11,0	9,8	8,5	4,0	22,1	14,4
Стержень к винту цистерны К Ручка крана водяного чана Винт штанги Утешинского Подвеска тормозного башмака поясной тележки Гайка под штангу сливного привода Утешинского Винт к запорному клапану Валик подвески поясной тележки Державка винта ручного тормоза НГВ	»	10,0	10,8	1 401	495,8	324	226,8	173,2	124,2	113,4	108	97,2	86,4	81	70,2	59,4	54	254	140,4	91,4
	»	2,2	2,9	377	133,4	87	60,9	47,8	33,3	30,4	29	26,1	23,2	21,7	18,8	15,5	14,5	63,1	37,7	21,7
	Ст. 2	6,3	7,0	910	322	210	147	115,5	80,5	73,5	70	63	56	52,5	45	38,5	35	164	91	59,5
	Ст. 3	4,0	4,2	546	193,2	126	83,2	69,3	48,3	44,1	42	37,8	33,6	31,5	27,3	23,1	21	98,7	54,6	35,7
	Ст. 2	0,8	0,8	104	35,8	24	16,8	13,2	9,2	8,4	8	7,2	6,4	6	5,2	4,4	4,0	18,8	10,4	6,8
	Ст. 3	1,9	2,0	260	92	60	42	33	23	21	20	18	16	15	13	11	10	47	26	17
	Ст. 3-5	4,2	4,5	585	207	135	94,5	74,2	51,7	47,2	45	40,5	36	33,7	29,2	24,7	22,5	103,7	58,5	38,2
	Ст. 3	2,8	3,1	403	142,6	93	65,1	51,1	35,6	32,5	31	27,9	24,8	23,2	20,1	17	15,5	72,8	40,3	26,3
	То же	3,9	4,7	611	216,2	141	98,7	77,5	54	49,3	47	42,3	37,6	35,2	30,5	25,8	23,5	110,4	61,1	39,9
	»	5,5	6,4	832	294,4	192	134,7	105,6	73,6	67,2	64	57,6	51,2	48,2	41,6	35,2	32	150,4	83,2	54,4
Коромысло люка 50-т цистерны Коромысло люка 25-т цистерны Коромысло люка цистерны То же	»	6,5	7,5	975	345	212,5	157,5	123,7	86,2	78,7	75	67,5	60	56,2	48,7	41,2	37,5	175,5	97,5	63,7
	»	4,35	5,5	715	153	165	115,5	90,7	63,2	57,7	55	49,5	44	41,2	35,7	30,2	27,5	129,2	71,5	46,7
	»	3,1	4,3	559	199	139	90,3	70,9	49,4	45,1	43	38,7	34,4	32,2	27,9	23,6	21,5	101	55,8	36,5
	»	9,6	10,0	1 300	460	300	210	165	115	105	100	90	80	75	65	55	50	235	130	85

Таблица 67

Ориентировочные размеры и веса кузнечных заготовок для некоторых деталей паровозов

Наименование деталей	Серия паровоза	Марка стали	Размер заготовки в мм			Вес в кг			Альбом
			ширина	толщина	длина	чистый	поковки	заготовки	
Валик переднего и заднего сцепных дышел	Щ	Ст. 2	100	100	87	—	6,6	6,8	ПКБ ЦТР МПС-52
Валик среднего и заднего сцепных дышел	ЭР	То же	100	100	100	5,1	7,55	7,75	
Валик 3-го сцепного дышла	ЭВ/и, СО (I вып.)	»	—	—	—	—	—	—	
» 1-го и 4-го сцепных дышел	СО (II вып.)	»	100	100	98	—	7,0	7,8	
Валик дышловой сцепных дышел	ЭВ/и, СО (I вып.)	»	100	100	70	4,2	5,31	5,48	
Валик переднего и заднего сцепных дышел	ЭР	»	100	100	64	3,2	4,83	5,0	
Валик 3-го сцепного дышла	ФД	»	120	120	127	—	13,9	14,3	
» 3-го » »	СО (II вып.)	»	100	100	104	—	7,9	8,1	
» 1-го и 4-го сцепных дышел	ФД	»	100	100	106	—	8,1	8,3	
Валик переднего сцепного дышла	СУ	»	100	100	86	4,41	6,54	6,7	
Винт переводной	Щ	Ст. 5	100	100	400	—	29,7	31,2	ЦТ МПС-43
» »	ОВ	То же	100	100	360	—	26,8	28,1	
» »	СУ	»	75	75	742	18,4	31,0	32,6	
» »	ЭМ, ЭР	»	75	75	662	18,0	27,6	29,0	
» »	Э	»	75	75	662	16,4	27,6	29,0	
» »	СО	»	75	75	669	16,745	27,9	29,4	
Винт стяжной двойной	ЭМ	»	125	125	312	21,72	35,3	37,5	
Гайка винта стяжки между паровозом и тендером	ЭМ	»	120	120	191	10,3	20,1	21,2	
Втулка запрессованная дышла ведущего	ФД	»	200	200	320	—	55	100	
Втулка сцепного второго дышла	С	Ст. 2	200	200	137	—	40	43	
Втулка сцепных 1, 2, 3, 4-го дышел	С	То же	200	200	60	—	17	19	ЦТ МПС-43
Втулка конического 3-го сцепного дышла	С	»	75	75	245	—	8	10,8	
Втулка коническая 1-го и 4-го сцепных дышел	С	»	75	75	170	—	5	7,5	
Втулка коническая разрезная	С	»	75	75	45	—	1,5	2	
Втулка коническая переднего и заднего сцепных дышел	ЭМ, ЭУ, ЭГ	Ст. 5	75	75	125	—	3,8	5,5	
Втулка коническая 3-го сцепного дышла	ЭМ, ЭУ, ЭГ	То же	75	75	145	—	5	6,3	
Втулка коническая дышловая	С	»	175	175	25	—	5,5	6	
Диск золотниковый	ЭМ	»	150	150	278	16,0	42,7	48,0	
» »	СУ	»	150	150	231	9,2	36,5	40,0	
Дышло ведущее	ФД	Ст. 5 пов.	150	250	—	—	825	949	
» сцепное первое и четвертое	ФД	То же	200	200	725	—	170	225	ЦТ МПС-43
Дышло второе	ФД	»	250	250	1 205	—	508	5-5	
» третье	ФД	»	250	250	582	—	243	282	
» переднее	ЭВ/и, кроме ЭМ	»	200	200	450	—	118	136	
» среднее (заднее)	ЭМ	»	200	200	496	—	123	154	
» четвертое	ЭМ	»	200	200	450	—	118	136	
» заднее	С	»	250	250	714	—	302	346	
» переднее	СУ	»	250	250	462	—	196	224	
» поршневое	С, СУ	»	250	250	808	—	340	392	
» »	СУ	»	250	250	685	—	283	330	
Камень кулисы	ФД	Ст. 2	100	100	160	—	11,5	12,5	ПКБ ЦТР МПС-52
» »	ЭМ, ЭГ, ЭУ	То же	75	75	113	—	4,5	5	
» »	С	»	75	75	122	—	4	5,4	
» »	СУ	»	75	75	135	—	5,5	6	
Клин золотникового ползуна	ЭР	Ст. 5	Из отходов			1,0	1,65	1,75	
Клин задней головки среднего сцепного дышла	Щ	То же	75	75	177	—	7,4	7,8	
То же	СУ	»	75	75	121	2,45	5,1	5,3	
Клин поршневого дышла	СУ	»	75	75	265	6,15	11,1	11,56	
Клин переднего сцепного дышла	СУ	»	75	75	138	3,2	5,8	6,03	

Продолжение табл. 67

Наименование деталей	Серия паровоза	Марка стали	Размер заготовки в мм			Вес в кг			Альбом
			ширина	толщина	длина	чистый	поковки	заготовки	
Клин переднего и заднего сцепных дышл и передней головки сцепного дышла	Щ	Ст. 5	75	75	116	—	4,75	5,1	ПКБ ЦТР МПС-52
Клин передней головки заднего сцепного дышла	СУ	То же	75	75	210	4,92	8,78	9,2	
Клин поршневого дышла	ЭМ, ЭР	»	75	75	326	8,26	13,5	14,3	
» переднего сцепного дышла	ЭМ	»	75	75	198	4,0	8,3	8,7	
Клин среднего и переднего сцепного дышла	ЭР	»	75	75	184	4,5	7,67	8,10	
Клин ведущего дышла	Щ	»	75	75	280	—	12,3	12,9	
Клин буксовый ведущей оси	СУ, ЭМ, ЭУ, ЭР, Э	»	75	75	283	2	33,8	35,5	
» » сцепных осей	ЭМ, ЭУ, ЭР, Э, СО	»	75	75	<283	—	26,2	27,5	
» » ведущей оси	СО	»	75	75	<283	20,7	30,7	32,2	
» осевых букс	ОВ	»	75	75	<283	—	20,9	21,9	
» » »	Щ	»	75	75	<283	—	33,8	35,5	ЦТ МПС-43
» передней сцепной оси	СУ	»	75	75	736	20,8	30,4	31,9	
Кулиса	Щ	Ст. 2	150	150	570	—	75,0	99,9	
»	ОВ	То же	150	150	418	—	57,6	73,3	
»	ЭМ	»	125	125	558	30,3	54,6	67,0	
»	СУ	»	150	150	520	34,8	78,5	90,0	
Маятник	СУ	Ст. 5	75	75	612	11,2	23,82	26,4	
»	Щ	То же	125	125	547	—	48	66,5	
Параллель	ЭМ	»	200	200	935	195,8	263,9	290	
»	СУ	»	125	125	1 165	96,2	135,0	140,0	
»	Щ	»	150	150	1 050	—	168,7	185,0	ПКБ ЦТР МПС-52
Накладка подвесной рессоры	ЭМ, ЭГ	Ст. 2	Ø50	—	77	—	1,08	1,18	
Нож рессорных подвесок	ЭМ, ЭГ, ЭУ	То же	50	50	97	—	1,8	1,9	
Палец передней сцепной оси	СУ	Ст. 5 пов.	125	125	245	—	26	29	
» 2-й, 4-й, 5-й сцепных осей (поковка на 4 штуки)	ФД	То же	125	125	1 363	—	150	164	
Палец 1-й сцепной оси (поковка на 5 шт.)	ФД	»	125	125	1 413	—	160	170	
Палец отжимного контр-кривошипа для ведущей оси	ЭВ/и, кроме ЭМ	»	250	250	262	—	115	127	
Палец 1-й, 2-й, 4-й, 5-й сцепных осей ведущего колеса		»	250	250	334	—	144	162	
Палец отжимного контр-кривошипа для ведущей оси		»	250	250	325	—	145	157	
Палец 1-й, 2-й, 4-й, 5-й сцепных осей	ЭМ	»	250	250	363	—	168	176	ЦТ МПС-43
Палец ведущего колеса	С	»	200	200	390	—	110	121	
» задней сцепной оси	СУ	»	125	125	265	—	29	32	
Подвеска кулисной тяги	Щ	»	100	100	410	—	23,2	32,0	
» рессорная 1-й оси	СУ	»	100	100	416	16,4	29,9	32,0	
» рессорная ведущей и 3-й сцепной осей	СУ	»	100	100	272	9,3	19,3	21,1	
Подвеска рессорная длинная	ЭМ	Ст. 4	60	60	570	11,07	15,2	16,0	
Подвеска рессорная короткая	ЭМ	То же	60	60	423	6,59	11,3	11,9	
Поршень продувального клапана цилиндра	ФД	»	—	Ø50	78	—	1,0	1,2	
Пробка к чашечке связи «Мета»	ФД	Ст. 3	—	35÷40	40	—	0,2	0,408	ЦТ МПС-43
Прокладка задняя среднего сцепного дышла	ЭГ	Ст. 5	75	75	134	—	5,6	5,9	
Серьга к балансиру	ФД	Ст. 4	75	75	204	—	8,5	9,0	
» к раме	ФД	То же	75	75	181	—	7,5	8,0	
» рессорная ведущей оси	ЭМ, ЭГ, ЭУ	»	100	100	212	—	15	16,5	
Скалка поршневая		Щ	125	125	1 420	—	158,4	175,0	
»		То же	130	130	1 400	111	167,8	182,5	
»	СУ	»	125	125	1 350	107,3	111,5	165,0	
Скоба стяжки между паровозом и тендером	ЭМ	»	100	100	358	23,36	25,1	27,5	ПКБ ЦТР МПС-52
То же	ЭМ	»	100	100	347	20,9	22,7	26,7	
Стержни буфера правый и левый	ЭМ	Ст. 0	125	125	283	—	—	—	

Продолжение табл. 67

Наименование деталей	Серия паровоза	Марка стали	Размер заготовки в мм			Вес в кг			Альбом
			ширина	толщина	длина	чистый	поковки	заготовки	
Струнка буксовая передней тележки	ФД	Ст. 3	150	150	115	—	18	20	ЦТ МПС-43
Струнка подбуксовая сцепных осей	ФД	Ст. 5	150	150	721	—	119	125	
Струнка подбуксовая ведущей оси	ФД	То же	150	150	779	—	129	135	
Струнка осевой буксы (тендерная)	ФД	Ст. 3	150	150	172	—	45	30	
Струнка бегунковой и задней поддерживающих осей	С	Ст. 2	100	100	260	—	17	20,3	
Струнка ведущей и задней сцепных осей	С	То же	125	125	224	—	24	27	
Струнка передней сцепной оси	С	»	125	125	246	—	26	30	
Струнка подбуксовая задней поддерживающей оси	СУ	»	125	125	257	—	27	31	
Струнка подбуксовая передней сцепной оси	СУ	»	125	125	424	—	45	51	
Тяга к маятнику	СУ	Ст. 5	75	75	116	2,05	4,65	5,0	
» к маятнику	Щ	То же	100	100	277	—	19,8	21,7	ПКБ ЦТР МПС-52
» эксцентриковая	Щ	125	125	720	—	76,93	88,5		
» золотниковая	ОВ	»	100	100	600	—	41,0	47,0	
Хомут подвесной рессоры	ЭМ	Ст. 3	125	125	327	15,2	19,0	39,8	
» » »	Щ	То же	125	125	317	—	19,2	38,5	
» передней и задней тележек	СУ	»	125	125	292	11,38	19,0	35,0	
Хомут подвесной рессоры ведущей и задней сцепных осей	СУ	»	125	125	293	16,5	21,07	35,2	
Хомут передней стяжной рессоры	ЭМ	»	125	125	400	21,34	28,9	48,0	
Хомут задней упряжной рессоры	ЭМ	»	125	125	383	13,7	21,0	34,0	
Хомут подвесной рессоры сцепной оси	СУ	»	125	125	112	12,0	12,0	27,5	
Шток золотниковый	ЭМ	Ст. 5	100	100	590	30,0	45,5	53,0	ЦТ МПС-43
То же	СУ	То же	100	100	740	34,4	51,4	57,0	
Щека кулисы левая	СУ	»	100	100	139	7,25	9,9	10,9	
» » правая	СУ	»	100	100	120	7,25	8,6	9,4	
» » »	ЭМ	»	125	125	271	15,2	23,5	32,5	
» » »	ОВ	»	100	100	376	—	26,6	29,3	
» » »	Щ	»	100	100	423	—	30,04	33,0	
Чека скобы к балансиру	ЭМ, ЭГ, ЭУ	Ст. 2	Ø50		270	—	4,0	4,2	
Шайба подвесной рессоры тендера (нижняя)	ЭМ	Ст. 3	Ø52	57	—	0,90	0,95		
Шайба рессорной подвески » рессоры	ЭМ, ЭГ, ЭУ	То же	Ø52	60	—	0,9	1,0		
Шкворень запасной	ЭМ	Ст. 5	Ø52	87	—	1,3	1,45		ЦТ МПС-43
» главной серьги	СУ	То же	75	75	336	—	13,5	14,5	
» »	СУ	»	100	100	423	—	28,5	33,0	

Примечание. Марки стали—по ГОСТ 380-50. Для валиков вместо марки Ст. 2 можно применять марки Ст. 10 и Ст. 45.

Примеры свободнойковки деталей подвижного состава

Ковка в подкладных штампах цепи расцепного привода автосцепки. Материал—Ст. 2 или Ст. 3; вес заготовки 0,06 кг; при ковке отходы на угар весьма незначительны, поэтому вес поковки практически также считают 0,06 кг.

Размер заготовки: диаметр 8 мм, длина 145 мм.

Переходы: 1—резка прутка на ножницах; 2—нагрев в печи до температуры началаковки 1000°C; 3—укладка заготовки

на молот (или наковальню) и загибка средней части заготовки (фиг. 44, в); 4—подгибка концов (фиг. 44, г); 5—доводка концов; 6—заводка звеньев и правка (фиг. 44, е).

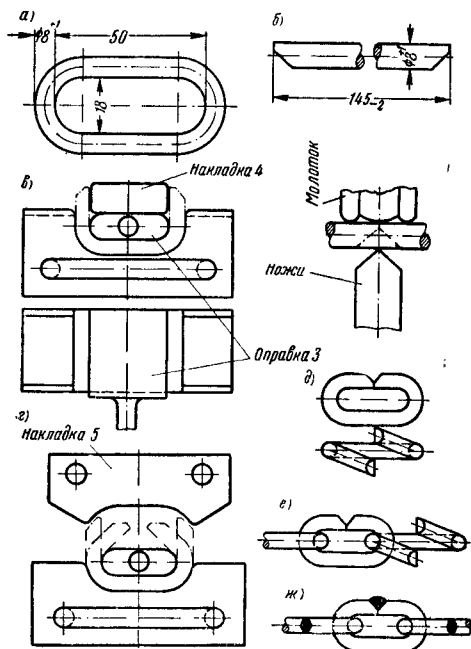
Штамп показан на фиг. 45.

Ковка может производиться вручную на наковальне или на молоте с весом падающих частей 150 кг. Штамповка звеньев может производиться в холодном или горячем состоянии.

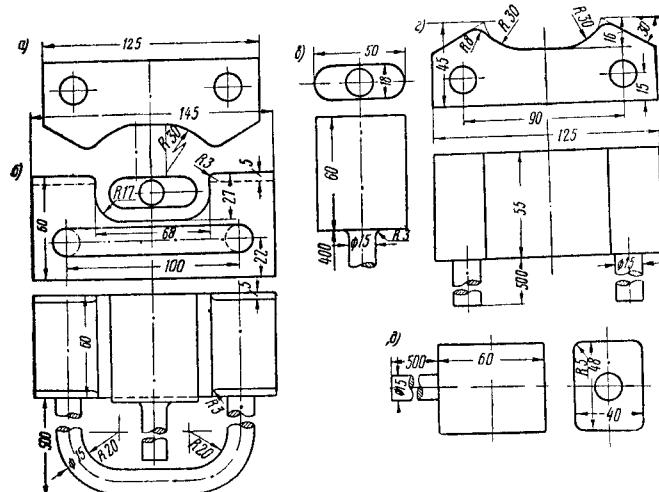
После заводки звенья цепи заваривают (сварка газовая или дуговая) (фиг. 44, ж).

В цепи четыре разводных звена и три неразводных; последние заваривают до заводки.

Работа выполняется: 1-я операция пресовщиком; 2-я нагревальщиком; 3—7-я кузнецом 5-го разряда и подручным 3-го разряда; 8-я сварщиком.



Фиг. 44. Ковка звеньев цепи расцепного привода автосцепки: а — эскиз поковки; б — резка заготовки; в — гибка средней части заготовки; г — подгибка концов; д — сварка; е — заводка звеньев и правка; ж — заварка цепи



Фиг. 45. Штамп для ковки звеньев цепи расцепного привода автосцепки: а — нижний штамп; б — оправка; в — накладка; г — верхний штамп; д — рукоятка

Ковка хомута рессоры Галахова четырёх-осного пассажирского вагона (опыт паровиков завода имени Войтовича). Изготовление хомутов рессоры Галахова (фиг. 46) производится на паро-воздушном молоте с весом падающих частей 0,5 (0,75) т.

На Дарницком вагоноремонтном заводе хомуты изготавливают штамповкой (см. стр. 243).

Материал заготовки хомута — сталь марок 10 и 15 (ГОСТ 1050-52) или МСт. 2 и МСт. 3 (ГОСТ 380-50), профиль 10 × 90 мм, длина 320 мм.

Вес заготовки 2,25 кг, угара — 0,05 кг (2%), обсежки — 0,6 кг (2,9%); вес поковки 2,14 кг.

Заготовки нагреваются в печи, находящейся на расстоянии 6 м от молота. Загружает заготовки в печь и вынимает их из печи молотобоец вручную.

К началу работы к рабочему месту должны быть поданы мерная заготовка, исправный инструмент и приспособления: клещи, нижник, топор, скоба, оправка, молоток, шаблон, шаблон-калибр.

До начала работы необходимо смазать молот и укрепить болты.

За 30 мин. до начала работы бригада должна загрузить в печь 20 заготовок.

Хомуты изготавливаются партией в 4 шт., что даёт значительную экономию времени на вспомогательные операции.

На изготовление четырёх хомутов в 1952 г. бригада Короткова—Коньшина затрачивала 409,5 сек. (машинного времени 232 сек. и вспомогательного 177 сек.). Фактическая производительность составляла 245 хомутов за 8 час.

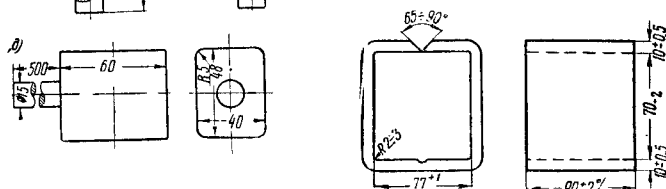
Технологический процесс, приведённый в табл. 68, состоит в следующем:

1—3. Молотобоец берёт клещами четыре заготовки, закладывает их в печь, а из печи вытаскивает четыре нагретые заготовки.

4—6. Кузнец берёт нижник и устанавливает его на боёк, затем берёт топор и шаблон.

Молотобоец кладёт заготовку на нижник, а кузнец накладывает шаблон.

7. Кузнец накладывает топор, машинист нажимает рукоятку и производит удар. Затем молотобоец перевёртывает заготовку, кузнец накладывает шаблон и топор, а машинист снова производит удар. Этот переход повторяется 4 раза.



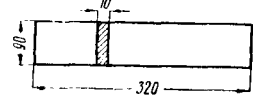
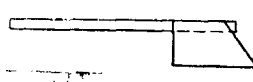

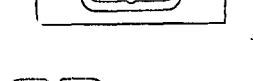

Фиг. 46. Хомут рессоры Галахова четырёхосного пассажирского вагона

8—9. Молотобоец снимает нижник, берёт скобу и устанавливает её на боёк.

10. Молотобоец укладывает заготовку на скобу, кузнец берёт накладку, устанавливает её на заготовку, а машинист нажимает на

Таблица 68

Ковка хомута

№ по пор.	Наименование переходов	Температурный режим в С°		Исполнитель	Эскиз поковки
		началоковки	конецковки		
1	Загрузить заготовку в печь	—	—	Молотобоец	
2	Нагрев	1200	—	»	
3	Вынуть заготовку из печи .	—	—	»	
4	Подать заготовку к молоту	—	—	—	
5	Установить нижник на бойки	—	—	Кузнец	
6	Положить заготовку на нижник, наложить шаблон .	—	—	Молотобоец	
7	Срубить фаски с двух концов (4 шт.)	1150	1100	Кузнец	
8	Снять нижник	—	—	То же	
9	Установить скобу	—	—	Молотобоец	
10	Прогнуть заготовку (4 шт.)	1050	950	»	
11	Снять скобу	—	—	Кузнец	
12	Подогнуть концы и выправить хомут на оправке (4 шт.)	950	800	Молотобоец	
13	Поправить молотком, проверить по шаблону и отбросить хомут в сторону (4 шт.)	—	—	Кузнец	
				»	
				»	

рукоятку и производит удар. Этот переход повторяется 4 раза.

11. Молотобоец снимает скобу.

12. Молотобоец кладёт прогнутую заготовку на боёк, кузнец накладывает оправку, а машинист нажимает на рукоятку и производит удар. Затем кузнец подгибает оба конца и, поворачивая оправку с хомутом, выправляет последний. Переход повторяется 4 раза.

13. Кузнец проверяет хомут шаблоном, доводит (молотком) до чертёжного размера и отбрасывает.

Ковка буферного стержня 50-т грузового вагона (опыт передовиков Канашского завода). Буферный стержень изготавливают две бригады. Одна бригада из трёх человек — заготовительная, другая из пяти человек — штамповочная.

К началу работы исходные заготовки должны быть нагреты до необходимой ковочной температуры. В дальнейшем нагрев происходит параллельно с работой бригад, что даёт возможность ликвидировать потери времени на ожидание нагрева заготовок. Загрузку и подачу заготовок для штамповки осуществляет молотобоец штамповочной бригады при помощи манипулятора и консольного крана.

Штамповочная бригада работает параллельно с заготовительной.

На Канашском заводе в 1952 г. на изготовление стержня штамповочная бригада тратила в среднем 2,16 мин., а заготовительная — 3,44 мин.

Для обеспечения бесперебойной работы по штамповке необходимо иметь запас заготовок или включить в работу дополнительную бригаду дляковки заготовок на другом молоте.

Схема организации рабочего места по изготовлению буферного стержня в кузнице Канашского завода представлена на фиг. 47.

Технологический процесс приведён в табл. 69.

Ковка буферного стержня двухосного вагона (опыт передовиков завода имени Войтовича). Ковка буферного стержня производится на паровом молоте с весом падающих частей 2 т, оттяжка хвоста — на 0,75-т паровом молоте. Материал — сталь марки Ст. 3—4—5, размер заготовки 265 × 140 мм. Вес заготовки 32 кг.

Угар при ковке заготовки стержня 0,96 кг, при ковке тарелки — 0,31 кг, при оттяжке хвостовика — 0,4 кг, отход на заусеницы 0,33 кг. Вес поковки 31,04 кг, вес чистой детали 27,1 кг.

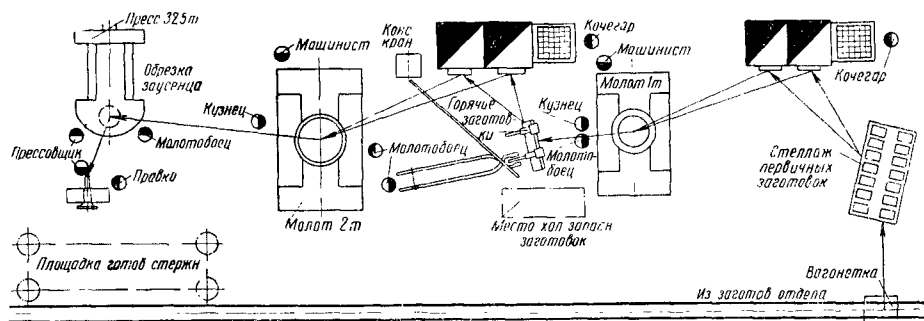
Эскиз поковки буферного стержня представлен на фиг. 48.

Затраты времени (оперативное, вспомогательное и прибавочное) в 1952 г. приведены в табл. 70.

Технологический процесс приведён в табл. 71.

Ковка тяги машины паровоза СУ. Эскиз поковки тяги показан на фиг. 49.

Материал — сталь марки Ст. 5. Размеры заготовки 75 × 75 × 420 мм. Вес заготовки 18,5 кг, вес поковки 17 кг.



Фиг. 47. Организация рабочего места при ковке буферных стержней (Канашикий завод)

Таблица 69

Технологический процесс по изготовлению буферных стержней 50-т грузового вагона

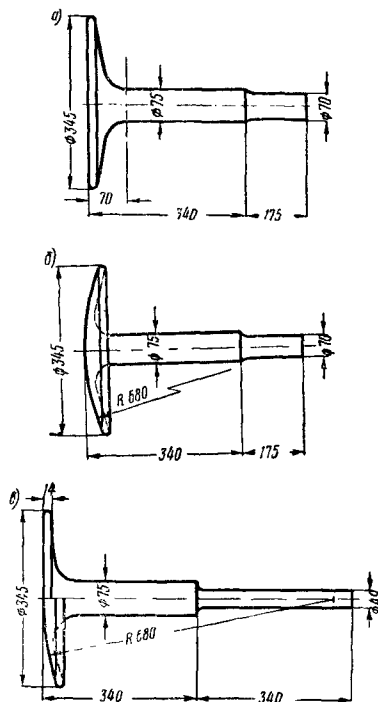
Варианта	Наименование операции	Оборудование
Заготовительная	Принять горячую заготовку на бойки и закрепить клещами	—
	Оттянуть хвостовик буферного стержня по чертежу, обрубить по длине и закатать конец	1-т молот со штампом
	Уложить горячую вторичную заготовку на специальный стеллаж	Вручную
Штамповочная	Принять поданную заготовку и наложить разгонку ¹	Консольный кран с манипулятором
	Отштамповать тарелку буферного стержня	2-т молот со штампом
	Вынуть отштампованный стержень из штампа и подать его к прессу	Вручную
	Уложить стержень в обрезной штамп, обрезать заусеницу и снять ее	Пресс 325-т
	Уложить стержень на стеллаж и выправить хвостовик	Вручную
	Откатить стержень на инспекторскую площадку	Вручную
	Приёмка и клеймение инспектором ОТК	—

¹ Загрузка горячих заготовок в печь и подача в штамп осуществляются молотоводом 2-й бригады одновременно с работой бригады и в графике не отражены.

Таблица 70

Затраты времени на изготовление буферного стержня

Операция	Производительность за 8 час. в шт.	Время в мин.		
		машинное	вспомогательное	всего
Заготовка стержня	82	3,76	1,25	5,01
Штамповка выпуклой тарелки	124	1,71	1,56	3,27
То же плоской тарелки	90	1,77	2,80	4,57
Оттяжка хвостовика	130	1,05	2,15	3,20
Всего . . .	—	8,29	7,76	16,05

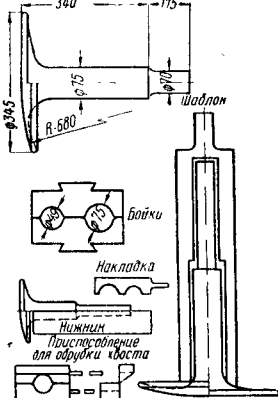


Фиг. 48. Эскиз поковки буферного стержня: а — с плоской тарелкой; б — с выпуклой тарелкой; в — оттяжка хвостовика

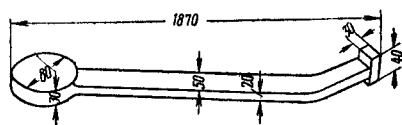
Таблица 71

Ковка буферного стержня двухосного вагона

№ по пор.	Наименование переходов	Температурный режим в °С		Штампы и приспособления	Эскизы переходов
		начало ковки	конец ковки		
Заготовка буферного стержня					
1	Загрузить заготовку в печь	—	—	Вручную	
2	Нагрев	1100	—	—	
3	Взять заготовку из печи	—	—	Клещи	
4	Подать заготовку на бойки	—	—	»	
5	Отмерить размер заготовки на тарелку h=145 мм . .	—	—	—	
6	Протянуть хвостовик Ø 75 × l	1050	1000	Бойки и подкатка	
7	Отмерить длину хвостовика Ø 75 мм, l=270 мм . . .	—	—	—	
8	Сделать заплечико и предварительно протянуть хвостовик размером d=70 мм	995	900	Накладки	
9	Огложить поковку в сторону	—	—	Бойки	
Штамповка выпуклой тарелки буферного стержня					
1	Загрузить заготовку в печь (головой)	—	—	Вручную	
2	Нагрев	1200	—	—	
3	Взять заготовку из печи и подать её к молоту № 6 .	—	—	Клещи	
4	Уложить заготовку в штамп	—	—	»	
5	Разогнать тарелку, поворачивая штамп кругом . .	1100	1000	Сферический боёк, матрица и разгонка	
6	Вынуть поковку из штампа	—	—	Ломики, клещи	
7	Отставить стержень в специальное место для термообработки и надеть колокол	—	—	Клещи, колокол	
Штамповка плоской тарелки буферного стержня					
1	Загрузить поковку на буферный стержень в печь (головой)	—	—	Вручную	
2	Нагрев	1200	—	—	
3	Взять заготовку из печи и подать её к молоту № 6 .	—	—	Клещи	
4	Уложить заготовку в штамп	—	—	»	
5	Разогнать тарелку, поворачивая штамп кругом . .	1100	1000	Плоский боёк, штамп, разгонка	
6	Наложить на тарелку буферного стержня два полукольца	—	—	Клещи	
7	Обрезать заусеницу	940	900	Штамп и полукольца	
8	Вынуть поковку из штампа	—	—	Ломики, клещи	
9	Отставить стержень в специальное место для термообработки, надеть колокол	—	—	Клещи, колокол	

№ по пор.	Наименование переходов	Температурный режим в °С		Штампы и приспособо- ления	Эскизы переходов
		начало ковки	конец ковки		
Оттяжка хвостовика буферного стержня					
1	Загрузить поковку хвостовиком в печь	—	—	Вручную	
2	Нагрев	1100	—	—	
3	Взять буферный стержень из печи	—	—	Вручную, клещи	
4	Подать к бойку	—	—	То же	
5	Уложить хвостовик буферного стержня в ручей бойка	—	—	»	
6	Оттянуть хвостовик от размера $d=70$ до $\varnothing 49 \times 340$ мм	1000	900	Ручьевые бойки	
7	Отрубить конец хвостовика в приспособлении	870	850	Приспособление для рубки	
8	Уложить буферный стержень в нижник	—	—	Клещи	
9	Выправить хвост (15 ударов)	850	800	Клещи, накладка, нижник	
10	Вынуть поковку из нижника	—	—	Клещи	
11	Проверить поковку	—	—	»	
12	Отставить буферный стержень в сторону и надеть колокол	—	—	»	

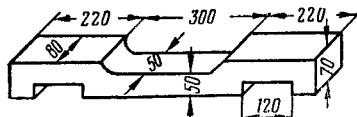
Молот — паро-воздушный, тоннаж — 1 т. Ковка производится с двух нагревов: 1-й нагрев для операций 1—8 (ковка одного конца), 2-й нагрев для операций 9—15 (ковка второго конца).



Фиг. 49. Эскиз поковки тяги паровоза серии СУ

Степень уковки равна 4. Головка тяги куётся в подкладном штампе. Технологический процесс приведён в табл. 72.

Ковка струнки тендер-конденсатора. Эскиз поковки показан на фиг. 50. Материал—сталь марки Ст. 5. Размеры заготовки $90 \times 90 \times$



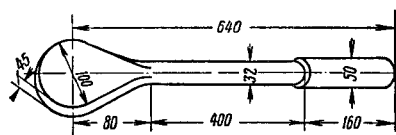
Фиг. 50. Эскиз поковки струнки тендер-конденсатора

$\times 420$ мм. Вес заготовки 27,4 кг, вес поковки 21,8 кг.

Молот — паро-воздушный, тоннаж — 0,75 т, степень уковки равна 2.

Технологический процесс приведён в табл. 73.

Ковка тяги тендер-конденсатора. Эскиз поковки показан на фиг. 51. Материал—сталь марки Ст. 4. Размеры поковки $100 \times 100 \times 120$ мм. Вес заготовки 9,4 кг, вес поковки



Фиг. 51. Эскиз поковки тяги тендер-конденсатора

8,7 кг. Степень уковки равна 2,5. Угар — 0,28 кг (3%), отсечки—0,42 кг (5%).

Ковка производится с одного нагрева.

Технологический процесс приведён в табл. 74.

Ремонт рессор двухосного грузового вагона (без термической обработки). Материал—рессорная сталь по ГОСТ 1050-52, профиль 76×13 мм, вес изделия 76,1 кг.

В табл. 75 указаны длина и вес отдельных листов.

Рессора показана на фиг. 52, а.

Технологический процесс заключается в следующем:

1) выварка и очистка рессор в выварочной ванне;

2) съёмка хомута на прессе с помощью молотка и зубила;

Таблица 72

Технологический процессковки тяги машины
паровоза СУ

Переход	Эскиз
Загрузить заготовку в печь Нагреть заготовку Вынуть нагретую заготовку из печи и подать её на боёк молота	—
Протянуть половину заготовки с квадрата 75 мм на прямоугольное сечение 60×40×300 мм	
Протянуть от головки на прямоугольное сечение 25×50 мм Скруглить радиус головки Обрубить головку	
Штамповать головку (толщиной 30 мм, диаметром 80 мм) Протянуть середину на прямоугольное сечение 20×60 мм	
Обрезать заусеницу Промерить шаблоном Загрузить заготовку в печь другим концом Нагреть заготовку Вынуть заготовку из печи Подать заготовку на боёк молота Протянуть заготовку по размеру Промерить по шаблону	
Обрубить излишек материала	—
Прогнуть конец на ребро по шаблону Подогнать по размеру Промерить по шаблону Уложить поковку на место	

Таблица 73

Технологический процессковки струнки тендер-
конденсатора

Переход	Эскиз
Загрузить заготовку в печь Нагреть заготовку Вынуть заготовку из печи Подать заготовку на боёк молота, наложить клещи и закрепить кольцом	
Протянуть на прямоугольное сечение 80×70×350 мм Засечь два заплечика одного конца Править с ребра после засечки	
Протянуть накладкой замок между заплечиками Обрубить конец по размеру	
Засечь два заплечика от середины Снять клещи, наложить их на второй конец	
Протянуть на прямоугольное сечение 80×70×250 мм	
Засечь два заплечика от конца Править с ребра после засечки Протянуть накладкой замок между заплечиками Обрубить конец по размеру	
Засечь два заплечика от середины Протянуть середину по размеру Подогнать по размеру Промерить шаблоном Снять клещи и уложить на место	

3) осмотр рессорных листов (на плите);
4) сборка рессоры. Операция состоит из смазки листов маслом с графитом и сборки листов на шпильку с расклейкой головки (производится на прессе);

5) насадка и обжимка хомута. Операция состоит из переходов: а) нагрева хомута в нагревательной печи до температуры 1050—1150°, б) надевания хомута (на плите), в) обжимки хомута на рессоре (на специальном прессе);

6) испытание рессоры (на прессе), приёмка и клеймение;

7) окраска рессоры.

Ремонт рессор двухосного грузового ваго-

на (со сплошной термической обработкой). Материал — сталь марки 55 по ГОСТ 1050-52, профиль 76×13 мм, вес изделия 68,3 кг.

Длина и вес отдельных листов указаны в табл. 76.

Рессора показана на фиг. 52, б.

Технологический процесс ремонта рессоры со сплошной термической обработкой состоит в следующем:

1) выварка и очистка рессор (в выварочной ванне);

2) съёмка хомута (на прессе);

3) осмотр листов;



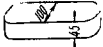
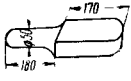
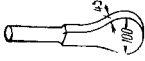
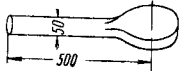

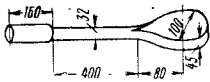
4) отжиг годных листов в печи, темпера-

тура отжига 800—850°C в зависимости от марки стали 750°C;

5) обрезка новых листов по длине (на пресс-ножницах). Операция состоит из пе-

Таблица 74

Технологический процессковки тяги тендер-конденсатора

Переход	Эскиз
Загрузить заготовку в печь Нагреть заготовку Выдать заготовку из печи Подать заготовку из печи на бойк молота	
Оправить торцы	
Протянуть на прямоугольное сечение 100 x 45 x 240 мм	
Наложить клещи Протянуть конец на круглое сечение диаметром 50 x 180 мм	
Наложить клещи на круглый конец Установить сподок Простамповать головку	
Снять сподок Оправить напоско Обрубить заусеницы на головке Править головку после обрубки Наложить клещи на головку Протянуть конец на круглое сечение диаметром 50 x 150 мм	
Прокатать конец в каталке Прожать галтель от головки Прожать галтель от конца	
Протянуть середину на диаметр 34 x 350 мм Прокатать в каталке Промерить шаблоном	
Обрубить конец по размеру Подогнать по размеру Снять клещи Уложить поковку на место	—

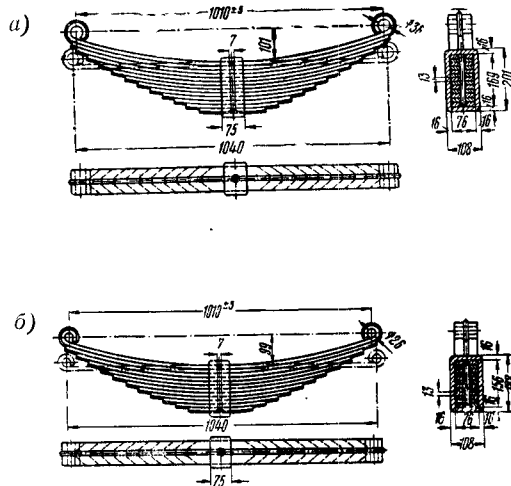
реходов: а) резки коренных листов, б) резки наборных листов;

б) нагрев концов рессор (порознь) коренного листа в щелевой печи до температуры

Таблица 75

Длина и вес листов 13-листовой вагонной рессоры

№ листа	Длина листа в мм	Вес листа в кг	№ листа	Длина листа в мм	Вес листа в кг
1	1 310 ± 3	10,09	8	640 ± 3	5,00
2	1 070 ± 3	8,30	9	560 ± 3	4,35
3	1 050 ± 3	8,10	10	480 ± 3	3,70
4	960 ± 3	7,45	11	400 ± 3	3,10
5	880 ± 3	6,85	12	320 ± 3	2,50
6	800 ± 3	6,20	13	240 ± 3	1,85
7	720 ± 3	5,60			



Фиг. 52. Рессоры грузовых вагонов: а—13-листовая двухосного вагона; б—12-листовая двухосного вагона

Таблица 76

Длина и вес листов 12-листовой вагонной рессоры

№ листа	Длина листа в мм	Вес листа в кг	№ листа	Длина листа в мм	Вес листа в кг
1	1 260 ± 3	9,71	7	690 ± 3	5,05
2	1 070 ± 3	8,30	8	600 ± 3	4,40
3	1 050 ± 3	7,65	9	510 ± 3	3,75
4	960 ± 3	7,00	10	420 ± 3	3,10
5	870 ± 3	6,35	11	330 ± 3	2,40
6	780 ± 3	5,70	12	240 ± 3	1,80

не выше 980°C и завивка концов (поршень) на специальном станке;

7) резка по трапеции новых (наборных) листов на эксцентриковом прессе;

8) сверловка и зенковка новых листов (на вертикальном сверлильном станке);

9) гибка листов. Операция состоит из переходов: а) нагрева листов в печи до температуры 950°C, б) рихтовки новых листов на ребро (на рихтовочном станке), в) гибки листов (на гибочном станке);

10) закалка листов (в ванне), температура закали 780—830°C;

11) отпуск листов (в нагревательной печи), температура отпуска 450—480°C;

12) ладка 1—3 листов с подбором наборных листов;

13) смазка всех листов маслом с графитом, затем сборка листов (на прессе или струбцинке) на шпильку с расклёпкой головки и наложением временного хомута;

14) испытания рессоры с временным хомутом (на специальном прессе);

15) насадка и обжимка постоянного хомута. Операция состоит из переходов: а) нагрева хомута в печи до температуры 1050—1150°C, б) скрепления временного хомута (на прессе или струбцинке) и наложения постоянного хомута, в) обжимки хомута на рессоре (на прессе);

16) испытание рессоры с постоянным хомутом;

17) окраска рессоры.

Контроль производят после операций 5-й, 6-й, 10-й и 16-й.

Ремонт рессор четырёхосного пассажирского вагона (с частичной термической обработкой). Материал — рессорная сталь 55С2 по ГОСТ 2052-43, профиль 76 × 10 мм, вес изделия 294,26 кг.

Размеры отдельных листов и их вес указаны в табл. 77.

Рессора показана на фиг. 53.

Таблица 77

Длина и вес листов рессоры пассажирского вагона

№ листа	Длина листа в мм	Вес листа в кг	№ листа	Длина листа в мм	Вес листа в кг
1	1067±3	6,30	4	636±3	3,39
2	900±3	5,45	5	464±3	2,37
3	808±3	4,42	6	292±3	1,34

Технологический процесс заключается в следующем:

1) выварка рессор в выварочной ванне и очистка скребками и металлическими щётками;

2) расклёпка наконечника на плите пневматическим зубилом и молотком;

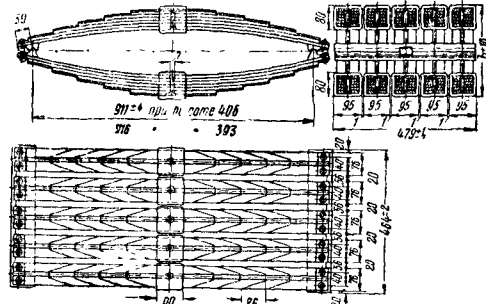
3) съёмка хомута (на прессе);

4) осмотр рессорных листов;

5) резка новых листов; операция состоит из переходов: а) резки коренного листа по длине (на пресс-ножницах) и б) резки наборных листов по длине (на пресс-ножницах);

6) прошивки концевых отверстий коренных листов. Операция состоит из переходов: а) нагрева концов листа (порознь) до температуры 900°C в шелевой печи, б) прошивки концевых отверстий в листе (на эксцентриковом прессе);

7) резка по трапеции новых наборных листов (на эксцентриковом прессе);



Фиг. 53. Рессора 6-листовая четырёхосного пассажирского вагона

8) сверловка и зенковка центральных отверстий в новых коренных и наборных листах (на сверлильном станке);

9) гибка листов. Операция состоит из переходов: а) нагрева листов в печи до 950°C, б) рихтовки новых листов на ребро (на рихтовальном станке), в) гибки листов (на гибочном станке);

10) закалка листов (в закалочной ванне), температура закали 850—880°C;

11) отпуск рессорных листов (в печи или соляной ванне), температура отпуска 400—510°C. Твёрдость термически обработанного листа должна быть $H_B = 363-432$;

12) ладка 1—3 листов с подкладкой всех листов (на плите или наковальне);

13) сборка рессорных листов на шпильки. Операция состоит из переходов: а) смазки всех листов (маслом с графитом), б) сборки листов на шпильку с расклёпкой головки;

14) насадка и обжимка хомута. Операция состоит из переходов: а) нагрева хомута в печи до температуры 1050—1150°C, б) насадки хомута, в) обжимки хомута (на прессе);

15) сборка рессоры в комплект. Операция состоит из переходов: а) нагрева заклёпок в электрогорне до температуры 1200°C, б) приклёпки наконечника к секциям рессор (на пневматическом прессе);

16) испытание рессор (на прессе);

17) окраска рессоры.

Контроль производится после операций 5-й, 6-й, 10-й и 15-й.

ГОРЯЧАЯ ШТАМПОВКА НА МОЛОТАХ

Общие сведения

Методом горячей штамповки в депо и на машиностроительных, паровозоремонтных и вагоноремонтных заводах изготавливают ряд деталей подвижного состава, как-то: двухзвенную цепь, ссрыгу, скобу, стяжки, головку сцепного крюка и т. п.

Горячая штамповка имеет перед свободной ковкой следующие преимущества (см. также стр. 230 — 232):

- 1) возможность штамповать детали сложной конфигурации;
- 2) более высокие показатели механических качеств;
- 3) значительное (иногда в несколько десятков раз) повышение производительности;
- 4) экономия металла благодаря уменьшению отходов (припусков, обсечек, заусениц в случае штамповки на ковочных машинах), а часто и полному отсутствию отходов (за исключением угара). если поковка идёт прямо на сборку или является готовой деталью;
- 5) значительное повышение коэффициента полезного действия кузнечного оборудования;
- 6) возможность применения рабочей силы средней квалификации;
- 7) большая рентабельность (особенно в крупносерийном и массовом производстве).

Технологические и технико-экономические преимущества делают штамповку прогрессивным методом обработки металлов давлением, который широко применяется не только на машиностроительных заводах с массовым производством, но и на ремонтных заводах МПС.

Штамповка (благодаря уменьшению расхода металла и уменьшению объема механической обработки) становится рентабельной и при небольшой серийности.

Этот способ кузнечной обработки является целесообразным при технико-экономической оправданности и в железнодорожных депо даже в случае отсутствия специализированного оборудования.

Наиболее простым и выгодным с точки зрения организации производства и труда в кузнице является способ штамповки в одном штампе — одноручьевом или многоручьевом, только на одном штамповочном молоте.

Существует также способ горячей штамповки на молотах фасонных заготовок, при котором на ковочных молотах заготовке придать форму, близкую к конфигурации заготовленной поковки, а затем штамповкой на штамповочных молотах в штампах с одним или двумя ручьями заготовке придать окончательную форму и размеры.

Весьма рентабельной является штамповка из проката фасонного профиля.

При разработке технологических процессов горячей штамповки на молотах и проектировании штампов следует соблюдать некоторые общие правила [6, 13]:

1. Геометрические формы поковок должны быть наиболее просты, предпочтительны формы вращения.

2. Для возможности выемки поковки из штампа её боковые поверхности должны иметь так называемые штамповочные уклоны (см. табл. 83). Уклоны задавать симметричные и равнобедренные во избежание возникновения неуравновешенных боковых усилий, а также перекосов.

3. Избегать резких перепадов в размерах поперечных сечений детали, все переходы от

одной плоскости (поверхности) к другой должны быть закруглены.

4. Избегать в деталях очень тонких сечений, примыкающих к заусеницам, высоких рёбер, бобышек, выступов.

5. Задавать длину отверстий в поковках не более трёх диаметров.

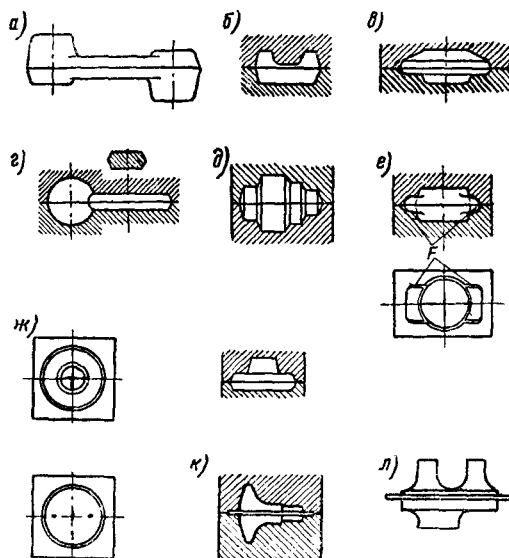
6. В целях экономии металла рекомендуется штамповка без клешвины; также предпочтительна штамповка из прутка нескольких поковок из одной заготовки в одном штампе, двух поковок с поворотом заготовки.

Разъём штампов располагать:

1) так, чтобы облегчить выемку поковки из штампа;

2) по плоскости, а не по фигурной поверхности (фиг. 54, а);

3) так, чтобы углубление в теле поковки шло по направлению удара (фиг. 54, б);



Фиг. 54. Схемы штамповки

4) по наибольшему диаметру или по плоскости симметрии, но не по ломаной линии

5) по вертикальным стенкам (с учётом штамповочных уклонов), а не по наклонным (фиг. 54, в);

6) в плоскости двух наибольших габаритных размеров детали [чтобы полости штампа имели наибольшие глубину и ширину; (фиг. 54, г, д, е)];

7) так, чтобы контур полости в верхнем и нижнем штампах по поверхности разъёма был одинаков (фиг. 54, ж);

8) чтобы заусеница находилась по телу поковки, а не по кромке;

9) так, чтобы облегчить обрезку заусениц (фиг. 54, з) и контроль сдвига осей верхней и нижней половинок штампа (фиг. 54, л).

При штамповке заготовки следует начинать при переносе из ручья в ручей согласно табл. 78.

Технологический процесс горячей штамповки состоит из следующих основных операций

Таблица 78

Кантовка заготовок в ручьях штампов

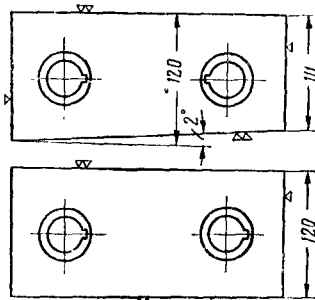
В ручье или при переносе из ручья	Поворот заготовки вокруг её оси
Из формовочного » гибочного » пережимного В пережимном » протяжном	На 90° » 90° Нет поворота На 90° после каждого удара На 90° после каждого удара; смещение заготовки после каждого удара вдоль оси протяжки
Из предварительного (если фигура имеет трудно за- полняемые выдавливанием формы, например тонкие высокие рёбра)	На 180°

1) резка заготовок; 2) нагрев заготовок; 3) штамповка; 4) обрезка заусениц; 5) правка поковки; 6) очистка от окалины; 7) контроль поковки.

Резка заготовок

Первой операцией в кузнице является резка прокатанных болванок и прутков, поступающих в заготовительное отделение длиной 3—5 м, на мерные заготовки определённой длины, с расчётом возможности изготовления из них одной или нескольких поковок (в зависимости от метода штамповки). Чаще всего мерные заготовки всех сечений нарезают на ножницах, реже — на дисковых пилах. Характеристики ножниц приведены в табл. 46.

Конструкция и материал ножей для резки заготовок зависят от профиля разрезаемого материала; примерные конструкции ножей показаны на фиг. 55. Ножи съёмные



Фиг. 55. Ножи

для разных сечений изготавливают из стали марки 7ХЗ со следующим химическим составом (в %): С — 0,6 ÷ 0,7; Si — 0,3; Mn — 0,2 ÷ 0,4; Cr — 3,2 ÷ 3,8; S — 0,03; P — 0,03.

Рубку материала (большого сечения) под молотом можно производить лишь при отсутствии соответствующего специального

оборудования. В этом же случае целесообразнее применить газовую резку материала.

Правка поковок

Правка под молотом производится одним, редко двумя, ударами молота или в окончательном штамповочном ручье, или в специальном правочном ручье, или в правочном штампе. Следует указать, что более целесообразно править на прессе, так как этим освобождается молот от загрузки дополнительной операцией.

Правка на прессе производится вслед за штамповкой, штамповщик от молота передаёт поковку (в горячем состоянии) прессовщику, который обрезает заусеницы и потом правит в специальном штампе.

Мелкие детали правят в холодном состоянии также после обрезки заусениц. При правке и обрезке поковок из легированной стали (хромистые, хромоникелевые) рекомендуется предварительно подогреть их до 200—300°C во избежание появления трещин и сильных напряжений в месте реза.

Виды ручьёв штампов и их расположение

Многоручьёвые штампы предназначены как для подготовки самой заготовки, так и для окончательной отделки её, т. е. для придания поковке нужной конфигурации.

В многоручьёвых штампах различают два вида ручьёв — заготовительные и штамповочные.

Основные правила расположения ручьёв следующие:

- а) первый заготовительный ручей должен быть справа от сопла обдувки;
- б) ручьи располагать в порядке технологического процесса;
- в) первый заготовительный ручей должен быть со стороны печи;
- г) в случае передачи поковки сразу на обрезной пресс окончательный ручей должен быть ближе к прессу;
- д) центр штамповочного ручья (если штамповка без предварительного ручья) должен совпадать с центром штампа;
- е) при наличии предварительного ручья центр штампа должен находиться между центрами штамповочных ручьёв, на одной трети расстояния от окончательного ручья.

Проектирование штампов [2, 3, 9]

Молотовые штампы изготавливают из легированной стали марок 5ХГМ, 5ХНМ 4ХС и др.; стойкость их приведена в табл. 80 и 91.

Выбор размеров штампа. При работе на паро-воздушных молотах высота штампов ограничивается ходом поршня, крайним верхним и крайним нижним положениями его. Наименьшая высота штампов паро-воздушных молотов приведена в табл. 79.

На ширину и длину штампа влияют формы и размеры штампуемого изделия, количество ручьёв, расстояние между направляющими молота, а также тоннаж молота.

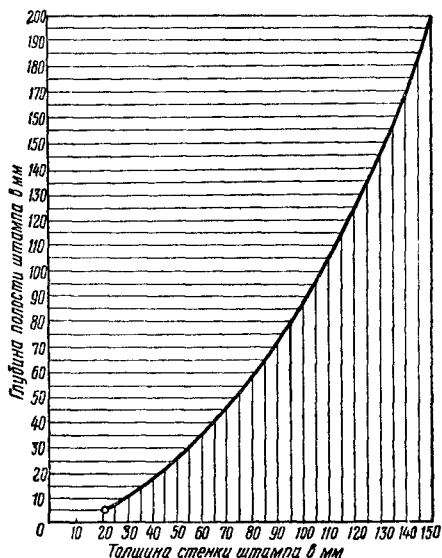
Ориентировочные размеры кубиков для изготовления штампов приведены в табл. 80.

Таблица 79
Наименьшая высота штампов для паро-воздушных молотов

Вес падающих частей молота в кг	Наименьшая высота H в мм	Вес падающих частей молота в кг	Наименьшая высота H в мм
750	260	2 000	350
1 000	260	3 750	400
1 250	320	5 000	400
1 500	320	6 000	450
1 750	350	7 000	450

Таблица 80
Размеры кубиков для молотовых штампов в мм

Вес падающих частей молота в т	Ширина		Длина		Высота		Вес в кг	
	максимальная	минимальная	максимальная	минимальная	максимальная	минимальная	максимальная	минимальная
0,5	275	225	350	225	250	210	190	84
0,75	350	225	500	225	300	250	410	100
1	400	250	800	250	350	270	880	135
2	550	300	900	300	400	325	1 550	230
3	600	350	1 000	350	450	375	2 120	360
4	650	375	1 100	375	475	400	2 660	440
5	650	425	1 100	425	500	425	2 800	610
7	800	475	1 100	475	550	475	3 800	850
9	1 000	525	1 200	525	630	525	5 650	1 150
13	1 200	600	1 500	600	600	575	9 150	1 660
15	1 300	650	1 800	650	750	625	13 750	2 075



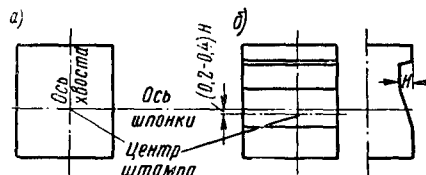
Фиг. 56. График для определения толщины стенок штампа

Указание в табл. 80 о тоннаже молота также является примерным.

Для прочности штампа большое значение имеет также толщина стенки штампа (расстояние от внешней грани штампа до внутренней грани).

Толщину стенки штампа можно принимать в зависимости от глубины полости крайнего ручья по графику фиг. 56.

Центр штампа. Центр штампа—точка пересечения оси хвоста с осью шпонки (фиг. 57,а);



Фиг. 57. Центр штампа

при наличии замка центр штампа смещают в сторону, противоположную замку, на 0,2—0,4 высоты последнего (фиг. 57,б).

Таблица 81

Ориентировочные размеры канавок заусениц

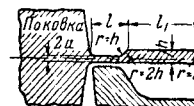
Тоннаж молота в кг	Размеры в мм				
	a	h	r	l	l_1
500	0,3	2	1,0	8	20
750	0,3	3	1,0	8	20
1 000	0,8	3	1,5	8	25
1 200	1,0	4	1,5	10	30
1 500	1,5	5	1,5	10	35
2 000	2	6	2,0	12	40
4 000	2	8	3,0	12	40

Заусеницы при штамповке. Значение заусеницы (табл. 81, фиг. 58):

а) для обеспечения полного заполнения металлом полости ручья объем заготовки должен быть несколько больше объема полости; в заусеницу собирается избыток металла;

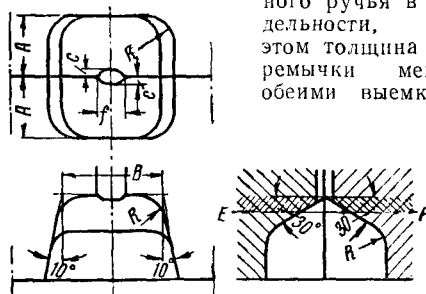
б) заусеница смягчает при работе молота удар верхнего штампа о нижний;

в) заусеница не допускает вытекания металла на всю плоскость разреза и тем самым обеспечивает заполнение металла плоскости ручья.



Фиг. 58. Канавки заусениц

Выемки под клещевину. Выемки под клещевину делают для каждого штамповочного ручья в отдельности, при этом толщина перемычки между обеими выемками



Фиг. 59. Клещевина

не должна превышать 20 мм, в противном случае делается одна общая выемка для обоих ручьев (табл. 82, фиг. 59).

Окончательный штамповочный ручей. Этот ручей представляет точный отпечаток штампуемой поковки, причём все размеры

Таблица 82

Размеры выемки под клещевину в мм

D^*	B	A	R	D^*	B	A	R
До 15	30	20	8	61—63	90	55	20
16—24	40	26	10	69—76	100	60	20
25—33	50	32	12	77—85	110	65	25
34—42	60	37	15	86—95	120	70	25
43—50	70	43	15	96—100	140	80	25
51—60	80	48	20				

* D —диаметр, сторона квадрата исходной заготовки (оттянутого под клещевину конца заготовки) или размер перемычки при штамповке по дну поковки с переворотом.

полости фигуры увеличиваются на величину усадки металла ($1 \div 1,2\%$ для длинных и тонких сечений и до $1,5\%$ для остальных). Следует стремиться, чтобы ось окончательного ручья совпадала с осью штока молота или была возможно ближе к ней.

Штамповочные уклоны приведены в табл. 83.

Таблица 83

Штамповочные уклоны

Форма выступа или выемки	Отношение высоты h выступа к его ширине b	Штамповочный уклон
Рёбра прямые или криволинейные	До 2 2—3 3—4,5 4,5—6	7° 10° 12° 15°
Конические выступы	До 1,75 1,75—2,75 2,75—4 4—5	7° 10° 12° 15°
Пирамидальные выступы	До 1,5 1,5—2,5 2,5—3,5 3,5—4,5	7° 10° 12° 15°
Конические выемки	До 0,25 0,25—0,5 0,5—0,75 0,75—1,0	7° 10° 12° 15°

Достигнутое на многих заводах большее уменьшение штамповочных уклонов находится в пределах от 2° для простых деталей до 7° для деталей средней сложности, а для деталей из лёгких сплавов $2—3^\circ$.

Обычно углы наклона полости верхнего штампа делают несколько больше, чем нижнего. Уклоны внутренних стенок должны быть несколько больше (на $1—2^\circ$) наружных.

Радиусы закруглений наружных углов штампов приведены в табл. 84. Радиусы

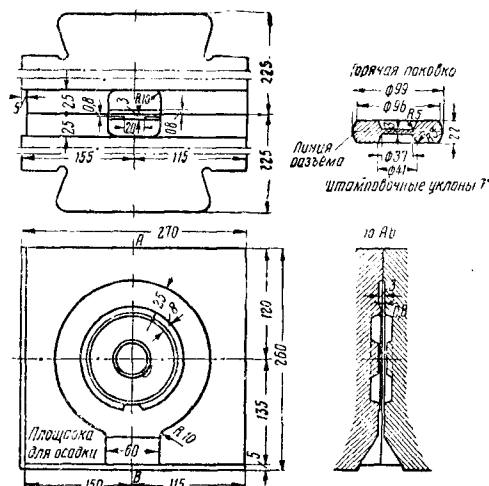
закруглений внутренних (входящих) углов должны быть больше (на $25—50\%$) радиусов закруглений наружных (исходящих) углов).

Пример выполнения штампа с одним штамповочным ручьём приведён на фиг. 60.

Таблица 84

Радиусы закруглений штампов в зависимости от глубины полости

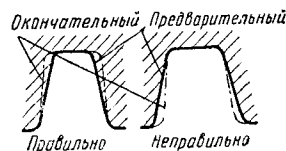
Глубина полости штампа в мм	Радиус закругления в мм	Глубина полости штампа в мм	Радиус закругления в мм
10—19	1,5	90—100	5,0
20—29	2,0	100—115	5,5
30—35	2,5	115—130	6,0
35—50	3,0	130—150	6,5
50—70	4,0	150—170	7,0
70—90	4,5	170—200	8,0



Фиг. 60. Штамп с одним штамповочным ручьём

Предварительный штамповочный ручей. Этот ручей отличается от окончательного более грубой фигурой:

а) штамповочные уклоны (фиг. 61) делают от линии разреза, они должны быть более плавными и увеличены на $2—3^\circ$ за счёт уменьшения внутренних размеров полости штампа;



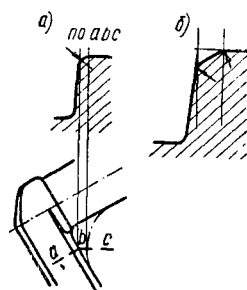
Фиг. 61. Штамповочные уклоны

б) в случае штамповки высоких рёбер даётся напуск A , равный по объёму B (фиг. 62), на который полость уменьшается по отношению к размерам в окончательном ручье;

в) в случае штамповки с гибкой делают завал кромок ручья по линии разреза радиусами (фиг. 63, а) или скосами (фиг. 63, б); г) обтекаемые металлом радиусы закруглений должны быть не менее 3 мм;



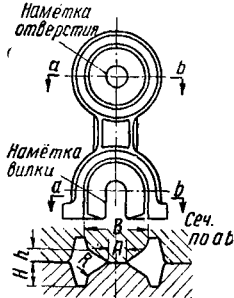
Фиг. 62. Напуск для высоких ребер



Фиг. 63. Завал кромок: а — радиусами; б — скосами

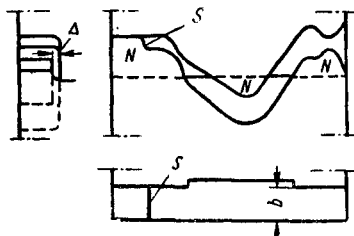
д) невысокие выступы, а также наметки не делают.

Рассекатель на развилке (фиг. 64) делается в том случае, когда главная ось штампа находится не под полостями окончательного ручья, а между ними (например, при штамповке скоб, вилки и подобного типа поковок).



Фиг. 64. Рассекатель

Гибочный ручей [3]. Высота гибочного ручья должна равняться диаметру или высоте исходной заготовки; изогнутая за-



Фиг. 66. Гибочный ручей

товка должна перекрывать окончательный ручей (фиг. 66).

Радиусы закруглений наибольшие. В случае необходимости делают специальный упор *S* для конца заготовки.

Зазор Δ между стенкой одной половины штампа и выступом гибочного ручья на другой половине штампа рекомендуется делать от 4 до 10 мм в зависимости от веса падающих частей молота.

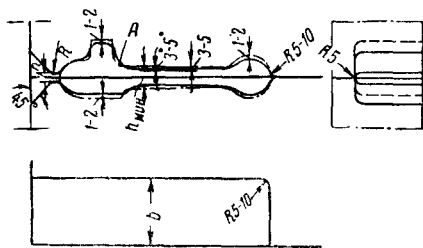
Подкатной ручей [3]. Подкатной ручей служит для распределения металла в заготовке соответственно сечениям поковки. Все переходы в подкатном ручье от одного сечения к другому надлежит закруглять и делать постепенными.

Ширина подкатного ручья зависит от ширины поковки; она должна быть такой, чтобы заготовка полностью вмещалась в полости ручья.

Чем больше сечение поковки, тем больше глубина соответствующего сечения подкатного ручья (табл. 85 и 86).

Подкатные ручьи бывают (фиг. 67):

Формовочный ручей [3]. Некоторые простые поковки штампуются в ручьях: заготовительном — формовочном (фиг. 65) и штамповочном. Это бывает возможным лишь тогда, когда поковку можно образовать без значительных перемещений металла вдоль её оси, когда происходит незначи-



Фиг. 65. Формовочный ручей

тельное изменение размеров площадей поперечных сечений.

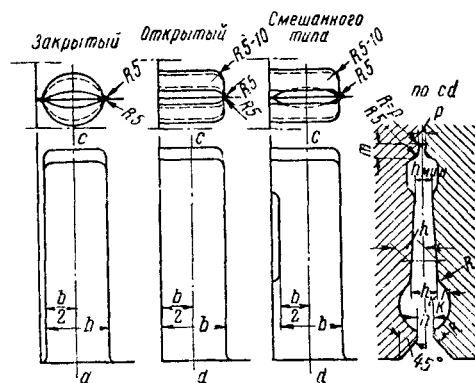
Ширину и глубину ручья принимать по табл. 85 и 86.

Размеры перехода в клещевине

$$h = 0,2D_{исх} + 6,$$

$$R = 0,1D_{исх} + 6,$$

где $D_{исх}$ — диаметр исходной заготовки в мм.



Фиг. 67. Подкатной ручей

1) открытые, которые служат для перемещения небольшого объема металла из области стержня в область головок;

2) закрытые постоянной ширины;

3) смешанного типа (в области стержня закрытый, в области головки открытый),

Таблица 85

Ширина штамповочных ручьев [3]

Ручей	Условия штамповки	Ширина ручья b в мм		Обозначения (размеры в мм)
Гибочный	Гибка круглого сечения	$\frac{F_{исх}}{h_{наим}} + (10 \div 15)$		$F_{исх}$ — площадь поперечного сечения исходной заготовки (или после протяжки); $F_1, 2, 3, \dots, n$ — площадь соответствующих поперечных сечений поковки, включая заусеницы; $h_{наим}$ — наименьшая глубина ручья; $D_{исх}$ — диаметр (или сторона квадрата) исходной заготовки; h_k — высота ручья в месте перехода стержня в головку; $F_{пр}$ — площадь поперечного сечения протянутой части заготовки
	Гибка квадратного сечения	$\frac{F_{исх}}{h_{наим}} + (20 \div 30)$		
Формовочный	—	$\frac{F_{исх}}{h_{наим}} + (10 \div 20)$		
Подкатной (фиг. 67)	Без предварительной протяжки	Открытый $\frac{F_{исх}}{h_{наим}} + 10$	Закрытый $\frac{F_{исх}}{h_{наим}} (1,25 - 0,001 \frac{F_{исх}}{h_{наим}})$	
	С предварительной протяжкой	$\frac{F_{исх}}{h_k} + 10$, но не менее $\frac{F_{пр}}{h_{наим}} + 10$	$\left(\frac{F_{исх}}{h_k} \right) \times (1,25 - 0,001 \times \frac{F_{исх}}{h_k})$	
Протяжной (фиг. 68)	Прямое расположение ручья $D_{исх} \leq 40$ мм $D_{исх} \leq 80$ мм	$1,5 D_{исх} + 20$ $1,25 D_{исх} + 20$		
	Расположение ручья под углом $D_{исх} \leq 40$ мм $D_{исх} \leq 80$ мм	$1,4 D_{исх} + 20$ $1,2 D_{исх} + 20$		

применяемые для получения бочкообразных головок с осями, перпендикулярными главной оси поковки.

В конце подкатного ручья во избежание заката делают канавки размерами по табл. 87.

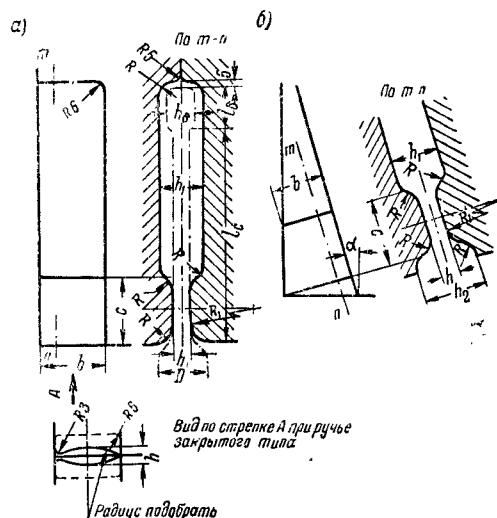
Протяжной ручей. Протяжной ручей служит для предварительной вытяжки заготовки; преимущественно его располагают с левой стороны штампа. Ручьи эти бывают открытого или закрытого типа с уклоном боковых граней в $20 \div 30^\circ$ и с плавными переходами.

Закрытый тип рекомендуется применять при длинной протяжке.

Глубину или ширину ручья можно рекомендовать по табл. 85 и 86, высота ручья $a = 0,45 h \geq 0,2H$ или $> 0,2D$.

Протяжные ручьи бывают:

- 1) прямые ($\alpha = 0^\circ$) — для предотвращения прогиба протянутой части и для протяжки по размеру до упора (фиг. 68, а);
- 2) под углом в $12 \div 30^\circ$ к основной грани штампа в зависимости от расположения других ручьев и длины протягиваемой части; оттянутый конец не должен упираться в станину молота (фиг. 68, б);



Фиг. 68. Протяжной ручей: а — с расположением под углом; б — с прямым расположением; h_1 и l_1 — толщина и длина бобышки на конце протянутого стержня; l_2 — длина протянутого стержня

Глубина штамповочных ручьев [3]

Ручей	Условия штамповки	Глубина в мм	Обозначения (размеры в мм)
Формовочный	По контуру поковки в плоскости разреза $h_{\min} \geq \sqrt{\frac{F_{\text{исх}}}{3}}$	Контур поковки должен перекрывать контур ручья на 1–2 мм на сторону, в местах пережима до 5 мм	$F_{\text{наим}}$ — площадь наименьшего поперечного сечения поковки с заусеницей на участке, соответствующем протянутому участку заготовки;
Пережимной	В местах пережима	$h_{1,2,\dots,n} = (0,73 \div 0,85) \sqrt{F_n}$	F_n — площадь соответствующего сечения поковки;
	В местах набора металла	$h_{1,2,\dots,n} = (1,2 \div 1,25) \sqrt{F_n}$	$F_{\text{исх}}$ — площадь поперечного сечения исходной заготовки;
Подкатной (фиг. 67)	$F_n < F_{\text{исх}}; D_{\text{исх}} > 60;$ $D_{\text{исх}} > 30$	$h_{1,2,\dots,n} = 0,8 \sqrt{F_{\text{исх}}}$ $h_{1,2,\dots,n} = 0,9 \sqrt{F_{\text{исх}}}$	V_c и l_c — соответственно объем и длина протянутого участка заготовки;
	$F_n > F_{\text{исх}}$	$h_{1,2,\dots,n} = 1,13 \sqrt{F_n}$	$D_{\text{исх}}$ — исходный диаметр заготовки;
	Для полости набора головки, находящейся у клещевины	$h = 1,2 \sqrt{F_n}$	$h_{1,2,\dots,n}$ — глубина различных участков полости штампа
Протяжной (фиг. 68)	Просвет $\left\{ \begin{array}{l} \text{без последующей подкатки} \\ \text{с последующей подкаткой} \end{array} \right.$	$h = (0,8 \div 0,9) \sqrt{F_{\text{наим}}}$	
		$h = (0,8 \div 0,9) \sqrt{\frac{V_c}{l_c}}$	
	При протяжке конца заготовки	$h_1 = 2h$	
	При оставлении на конце головки толщиной h_0	$h_1 = 1,2 h_0$, но не менее $2 h$	
	Спереди	$h_2 = D_{\text{исх}} + 12$	

* При $l_c > 500$ принимают коэффициент 0,8; при $l_c < 200$ принимают коэффициент 0,9.

3) закрытого типа (фиг. 68, вид по стрелке А), когда

$$\frac{l_c}{a_c} > 15,$$

где a_c — сторона квадрата протянутой заготовки.

Радиусы закругления (фиг. 68)

$$R = 0,25 C \text{ и } R_1 = 2,5 C,$$

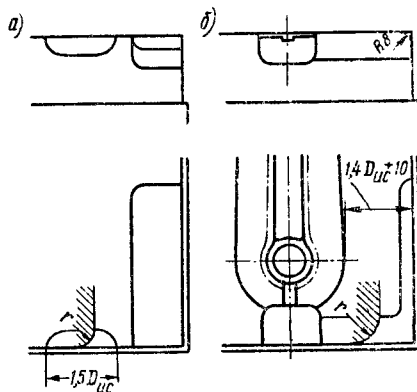
где $C = 1,5 D_{\text{исх}} + (5 \div 10)$.

Таблица 87

Канавки в подкатном ручье

D мм	P	m
30	8	15
30–70	12	20
Свыше 70	16	25

Площадка для оттяжки хвоста. Площадку конструируют по фиг. 69, радиусы закруглений — по табл. 88.



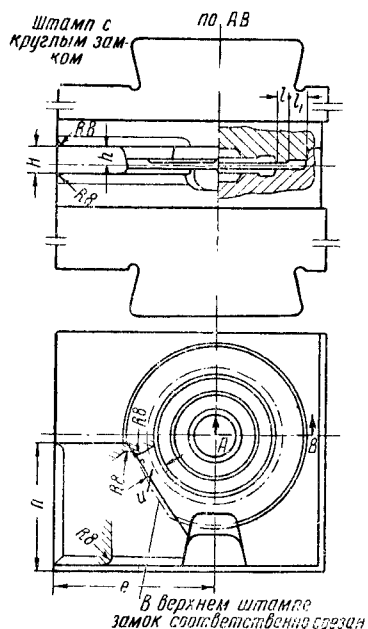
Фиг. 69. Площадка для оттяжки хвоста: а — между ручьями; б — на углу штампа при наличии направляющих

Таблица 88

Радиусы закруглений	
$D_{исх}$	r
До 30	10
30—60	15
60—100	20
Свыше 100	25

Площадка для подсадки [3]. 1. Срез замка в верхнем штампе до толщины $S_{наим}$.

2. e и n определяются графически с тем, чтобы была обеспечена укладка подсаженной заготовки диаметром d на расстоянии 15 мм от сторон угла штампа и вплотную к подрезанному замку верхнего штампа (фиг. 70).



Фиг. 70. Площадка для подсадки

Отрезной нож. Ширину отрезного ручья принимают равной 30—60 мм. При этом надо, чтобы рубка происходила на расстоянии не менее 15 мм от края ножа, а при выборе угла надо учитывать, что поковка не должна доходить до станины молота.

Отрезной ручей делают под различными углами $\alpha = 15 \div 20^\circ$ с учётом удобства отрубки и в зависимости от расположения остальных ручьёв.

На фиг. 71 обозначено:

- D — диаметр или сторона квадрата исходной заготовки;
- b и b_1 — размеры поковки для заусеницы;
- f — наибольший выступ поковки по высоте со стороны штампа;
- C — наибольший выступ поковки в плоскости разреза.

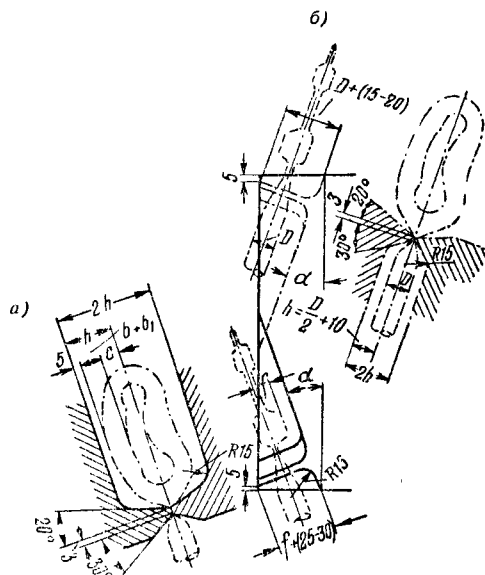
Перемычки под прошивку. Толщина перемычки (фиг. 72) [3]

$$S = 0,45 \sqrt{D - 0,25h} - 5 + 0,6 \sqrt{h}.$$

Если $d \rightarrow 1,25 R > 26$, то $s_{min} = 0,65 s$ и $s_{max} = 1,35 s$, причём $d_1 \approx 0,12 d + 3$.

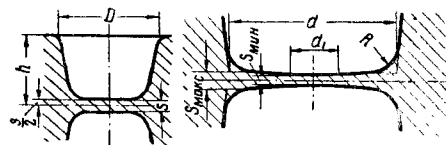
Перемычка для низких поковок ($\frac{h}{d} < 0,07$)

рекомендуется по форме, показанной на

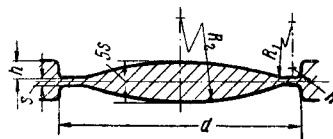


Фиг. 71. Отрезной нож: а — передний; б — задний

фиг. 73; толщина такой перемычки $S = 0,4 \sqrt{D}$; радиус $R_1 = 5h$, радиус R_2 подбирают графически.



Фиг. 72. Перемычка под прошивку



Фиг. 73. Перемычка под прошивку

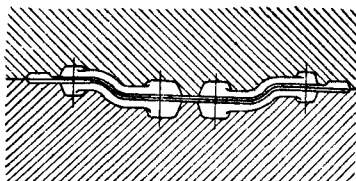
Уравновешивание сдвигающих усилий. Во избежание возникающих сдвигающих усилий при штамповке некоторых деталей, например имеющих изогнутую ось, применяют несколько способов.

1. Штамповка сразу двух поковок (фиг. 74).

2. Выбирают разъем таким образом, чтобы крайние точки поковки находились на одной горизонтальной плоскости по линии разреза

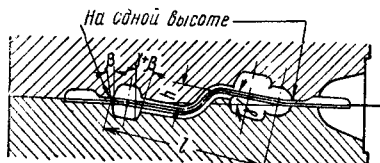
(фиг. 75). В этом случае угол наклона фигуры ручья определяют из уравнения $\operatorname{tg} \gamma = \frac{h}{l}$. Этот способ применяют лишь в случае, когда $\gamma < 7^\circ$.

3. Устраивают в штампе специальные направляющие:



Фиг. 74. Штамповка двух поковок в одном штампе

1) упорный зуб (фиг. 76). Высота h определяется конфигурацией поковки (но не ниже

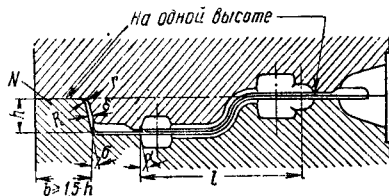


Фиг. 75. Уравновешивание сдвигающих усилий по линии разреза

15 мм); толщина зуба $b > 1,5h$; угол наклона α в зависимости от высоты:

h мм	α
До 20	7
От 20 до 50	5
» 50 » 100	3
100	1

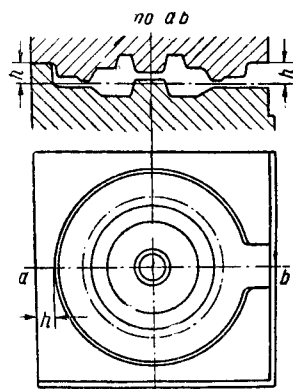
Зазор $\delta = 0,2 \div 0,4$ мм; радиусы закруглений: внутренние $r \approx 0,15$, наружные $R \approx r + 2$;



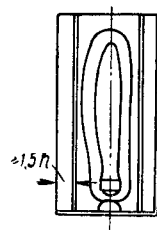
Фиг. 76. Упорный зуб

- 2) кольцевые направляющие (фиг. 77);
- 3) шпоночные долевые направляющие (фиг. 78);
- 4) шпоночные поперечные направляющие (фиг. 79);
- 5) шпоночные крестовые направляющие (фиг. 80);
- 6) шпоночные боковые направляющие (фиг. 81).

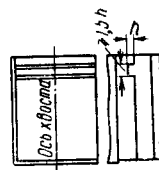
Хвосты штампов. Угол наклона граней хвоста $5 - 10^\circ$; высота хвоста 50 — 80 мм, но не менее $\frac{1}{6}$ высоты штампа; ширина хвоста для молотов с весом падающих частей до



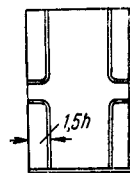
Фиг. 77. Кольцевые направляющие



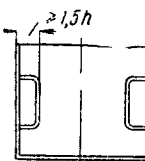
Фиг. 78. Шпоночные долевые направляющие



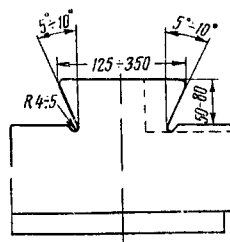
Фиг. 79. Шпоночные поперечные направляющие



Фиг. 80. Шпоночные крестовые направляющие



Фиг. 81. Шпоночные боковые направляющие

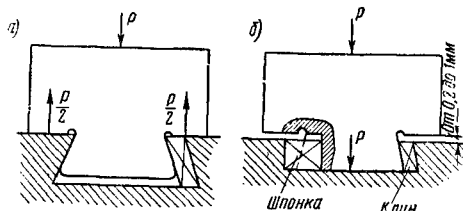


Фиг. 82. Хвост штампа

1,5 т 125 — 200 мм, до 3 т 200 — 300 мм, более тяжёлых 300 — 350 мм, во всяком случае не менее половины ширины штампа (фиг. 82).

Крепление молотовых штампов

Штампы крепятся при помощи ласточкина хвоста посадкой на хвост, а не на днище (фиг. 83). Ласточкин хвост верхнего штампа вставляется в гнездо бабы молота, а нижнего — в гнездо штамподержателя, в которых штампы закрепляются клином и шпонкой.



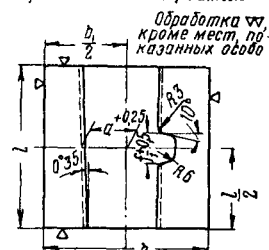
Фиг. 83. Крепление штампа при помощи ласточкина хвоста: а—упор на днище; б—упор на хвост

В табл. 89 приведены данные о размерах клиньев, в табл. 90 — о размерах шпонок. Шпонки изготавливают из стали марки Ст. 5, твердость $H_B = 285 \div 241$.

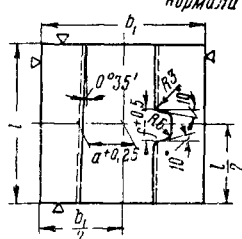
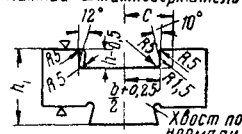
Переходные штамподержатели

Ход бабы молота обеспечивает штамповку лишь при известной высоте штампов. Поэтому перестройка штампов допустима лишь до установленной наименьшей высоты. Для удлинения срока службы штампа и после этого предела были предложены в 1933 г. переходные штамподержатели (фиг. 84).

Верхний штамподержатель



Нижний штамподержатель



Фиг. 84. Переходный штамподержатель.

Размеры клиньев крепления для молотовых штампов

Таблица 89

Тоннаж молота	Размеры в мм		
	h	K	l
0,5	45—45	32,7—33,8	430—800
0,75	50—50	38—39	530—750
1	50—50	38,2—39,3	580—800
1,5	50—50	39—39,8	730—900
2	50—50	39,5—40,3	830—1000
2	65—65	49,5—50,3	830—1000
3	65—65	50—50,8	930—1100
4	65—65	50,5—51,3	1070—1200
5	65—65	51—51,8	1130—1300
6	65—65	51—51,8	1130—1300
8	80—80	61,5—62,3	1230—1400
10	80—80	62—62,8	1330—1500
12	80—80	63—63,3	1530—1600
15	80—80	63,5—63,8	1630—1700

Примечания. 1. Материал Ст. 5, $H_B = 285-241$, концы закалить на $H_B = 388 \div 341$.

2. Острые кромки затупить радиусом 2 мм.

3. Длина l клина должна быть больше длины кубика не менее чем на 75 мм. Поэтому для штампов, имеющих длину больше длины бабы и подштамповой подушки на шаботе и которые требуют специального по длине клина, длину последнего брать на 75 мм больше длины штампа, а размер K определять расчётом.

4. Вторые числа относятся к нижнему клину.

4. Сечение заготовки

$$D_{заг} = 1,08 \sqrt[3]{\frac{V_{исх}}{m}}; \quad A_{заг} = \sqrt[3]{\frac{V_{исх}}{m}},$$

где $D_{заг}$ — диаметр заготовки;
 $A_{заг}$ — сторона квадрата заготовки;
 m — коэффициент, принимаемый от 1,5 до 2,5.

Т а б л и ц а 91

Ориентировочные нормы стойкости некоторых
 молотовых штампов (из стали марки 5ХНМ)
 для деталей подвижного состава

Наименование штампующей детали	Съём поковок в шт. со штампа		Число возобнов- лений
	до перво- го возоб- новления фигуры	до поло- ного износа	
Крюк (вагонный, паровозный)	6 500	15 000	3
Крюк тендерный	5 000	17 000	3
Серьга стяжки	6 000	24 000	4
Гайка стяжки	5 500	16 500	3
Валик стяжки	4 000	14 000	3
Малый узел стяжки (заводка) вагона	20 000	50 000	2
То же паровоза	10 000	25 000	2
Скоба стяжки паровоза	3 000	8 000	2
Гайка стяжки паровоза	3 000	8 000	2
То же вагона	4 500	17 000	3
Двузвённая цепь (1-я операция)	1 500	4 000	2
То же (2-я операция)	5 000	18 000	3
Кулачок двухзвённой цепи	2 500	7 000	2
Предохранительный зуб двухзвённой цепи	10 000	40 000	3
Клин хомута автоцепки	5 000	18 000	3
Маятник автоцепки	5 000	18 000	3
Вставка треуголя	4 000	10 000	2
Рычаг спускового крана	2 500	9 000	3
Чека тормозной колодки паровоза	6 000	20 000	3
Корпус подшипника буксы вагона	4 500	13 000	2
Хомут паровоза	2 000	5 500	2

5. Длина заготовки

$$L_{заг} = \frac{V_{исх}}{F_{исх}},$$

где $F_{исх}$ — поперечное сечение заготовки.

Количество отходов на заусеницы дано в табл. 93.

Припуск на поковки, штампуемые под молотом или на горизонтально-ковочных машинах, можно принимать исходя из веса поковки [6]:

припуск на обдирку на одну сторону поковки

$$P = \sqrt[3]{G \text{ мм}},$$

припуск под чистовую обточку

$$P_1 = 0,5 + \sqrt[3]{G \text{ мм}},$$

припуск под шлифование

$$P_2 = 0,75 + \sqrt[3]{G \text{ мм}},$$

где G — вес поковки в кг.

При высадке полых тонкостенных деталей вес поковки следует считать без учёта отхода на «выдру», т. е. как сплошной детали.

В табл. 94 приведены припуски поковок, разработанные исходя из соотношения сторон поковки [2,22]. В табл. 95 приведены допуски (разработанные В. И. Глушковым исходя из веса поковки), применяемые в транспортном машиностроении.

Ниже приводится методика определения площади сечения заготовки и количества распределяющих ручьёв молотовых штампов (по нормам Министерства транспортного машиностроения). В нормам приняты следующие обозначения:

V — расчётный объём металла, расходуемый в чистом ручье штампа, состоящий из объёма поковки, с учётом половины положительных допусков, объёма всех вырезаемых частей, объёма расчётной заусеницы и объёма на угар в размере 3% от суммы всех перечисленных объёмов;

V_0 — расчётный объём большей головки поковки;

Т а б л и ц а 92

Стойкость молотовых штампов из легированной стали

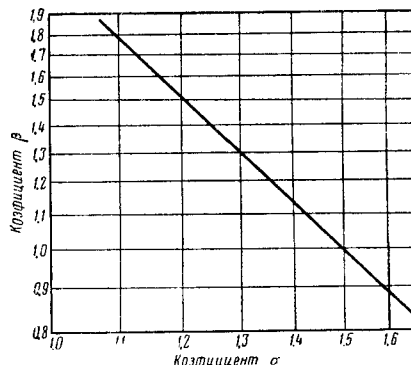
Тип изделия	Характерные признаки	Нормальная производительность до первого возобновления в шт.	Число возобновлений
Шатуны, рычаги, валы	Глубина залегания фигуры до 15 мм; вес изделия до 14 кг; форма изделия удлиненная	8 000	4
Вилочки, барашки, небольшие рычаги	Глубина залегания фигуры до 5 мм; изделия мелкие (габаритом до 20–100 мм), штамповка по 2 шт. и больше одновременно	12 000	5
Крышки подшипников, шатунов и т. п.	Глубина залегания фигуры до 35 мм; фигура ступенчатая; штамповка по 1 и 2 шт. одновременно	8 000 20 000	4 5
Стержневые изделия	Глубина залегания фигуры до 10 мм	5 000	4
Шестерни, штампуемые осадкой по торцу	Глубина залегания фигуры до 10–20 мм; фигура круглая диаметром до 200 мм	4 000	2
Поворотные кулаки, чашки дифференциала	Глубокое залегание фигуры изделия больших габаритов (до 250×250), вес до 25 кг	2 500	2
Оси, поперечины	Большие изделия весом 15–50 кг, длиной свыше 700 мм	3 000	3
Коленчатые валы	Сложный гибочный ручей, вес изделия свыше 40 кг		

- L — длина поковки в плоскости разреза и длина подкатного ручья для поковок с прямой осью;
- L_6 — длина наборной полости в подкатном ручье для наибольшей головки поковки;
- L_m — длина наборной полости для наименьшей головки поковки;
- l_a — длина полосы поставляемого проката;
- l — вся длина расчётной заготовки;
- l_k — длина участка исходной заготовки, учитываемая как клещевой отход; $l_k = 0,3 \div 1,3 d_\phi$;
- l_n — длина участка исходной заготовки, подвергаемого протяжке или подкатке;
- d_p — расчётный диаметр исходной заготовки;
- F_s — площадь поперечного сечения исходной заготовки;
- F_c — расчётная площадь поперечного сечения стержня, принимаемая на длине, равной высоте конца стержня или диаметра его. При отсутствии второй меньшей головки вместо L_m берётся $\sqrt{F_c}$;
- Q — полный расход металла на одну поковку в кг;
- a — сторона квадрата исходной заготовки, выбранная по стандарту проката;
- B — наибольшая ширина поковки в плоскости разреза штампа;
- n — целое число заготовок из полосы проката;
- H — полная глубина наборной полости подкатного ручья для наибольшей головки поковки;
- β — эмпирический коэффициент, получаемый из отношения размеров наборной полости подкатного ручья для большей головки;
- α — отношение глубины наборной полости H к расчётному диаметру заготовки d_p , устанавливаемое в зависимости от коэффициента β по графику фиг. 86;
- K — отношение, по которому устанавливается необходимое количество подкатных ручьёв.

Штамповка осадкой. По графику на фиг. 87 выбирают d_ϕ заготовок, объём V которых не превышает 5830 см^3 , а по графику на фиг. 88 размер стороны квадрата a заготовок, имеющих объём V свыше 5830 см^3 .

В зависимости от способов резки длину заготовок выбирают таким образом, чтобы отношение l/d_ϕ или l/a находилось в пределах $1,4 \div 2,2$.

При резке на пиле l/d_ϕ принимают ближе к верхнему пределу; при резке на ножницах или рубке в холодном состоянии — ближе к нижнему пределу.



Фиг. 86. График для определения коэффициента α в зависимости от $\beta = 0,816 \sqrt{\frac{L^3 \delta}{V \delta}}$.

Штамповка с подкаткой. При $L/B > 3,5$ требуются протяжной и подкатной ручьи, при $L/B < 3,5$ количество распределяющих ручьёв принимают в зависимости от величины K :

$$K = \frac{0,75 d_\phi^2 (L - L_m)}{V}$$

При значении K не более единицы достаточно применять один подкатной ручей, в противном случае нужно применить протяжной и подкатной ручьи.

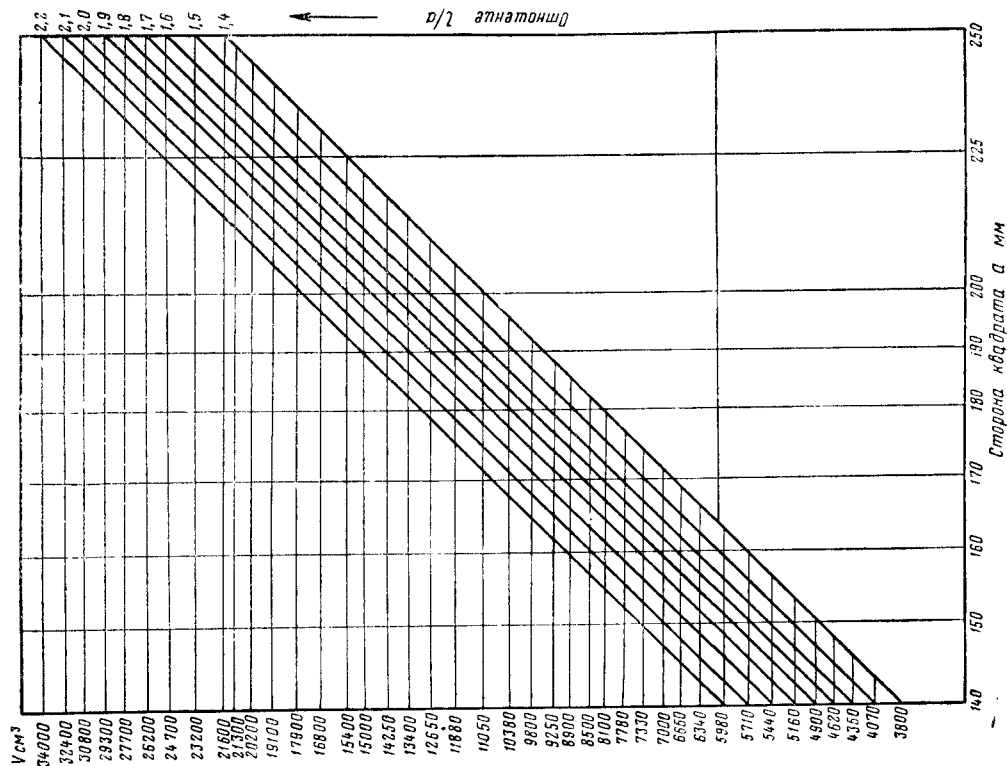
В этой формуле L , L_m и V заданы; d_ϕ берут в зависимости от d_p :

$$d_p = \frac{H}{\alpha}; \quad H = 1,38 \sqrt{\frac{V \delta}{L \delta}}$$

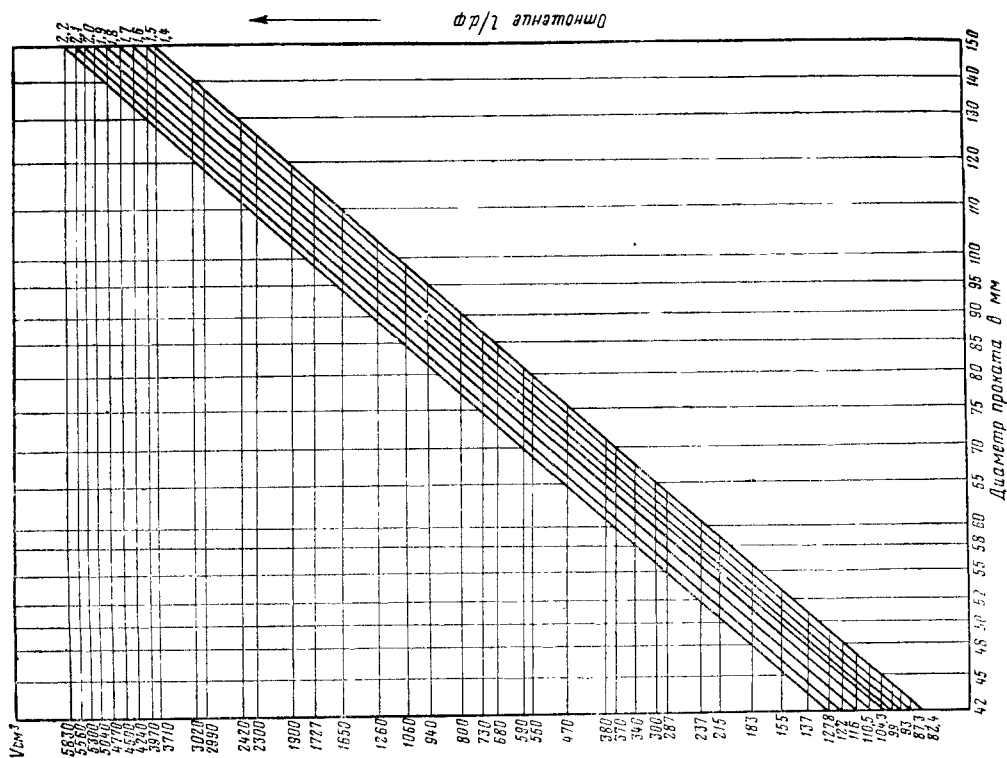
Таблица 93

Количество отходов на заусеницы при горячей штамповке в % от веса поковки (по материалам БТИ НК(СС))

Ширина заусеницы в мм	Отношение объёма штамповки в см^3 к периметру контура в плоскости разреза штампа в см	Толщина заусеницы в мм				Ширина заусеницы в мм	Отношение объёма штамповки в см^3 к периметру контура в плоскости разреза штампа в см	Толщина заусеницы в мм			
		4	6	8	10			4	6	8	10
15	10	6	9	12	15	25	10	10	15	20	25
	15	4	6	8	10		15	6,7	10	13,3	16,7
	20	3	4,5	6	7,5		20	5	7,5	10	12,5
	25	2,4	3,6	4,8	6		25	4	6	8	10
20	10	8	12	16	20	30	10	12	16	24	28
	15	5,3	8	10,7	13,3		15	8	12	16	21
	20	4	6	8	10		20	6	9	12	14
	25	3,2	4,8	6,4	8		25	4,8	7,2	9,6	12



Фиг. 88. График для нахождения размера квадратной заготовки



Фиг. 87. График для нахождения диаметра заготовки

В случае применения одного подкатного ручья без предварительной протяжки

$$F_3 = 0,785 d_{\phi}^2.$$

При штамповке с предварительной протяжкой

$$F_3 = \frac{\pi H^2}{4}.$$

Участок исходной заготовки, подвергаемый распределению:

$$l_n = \frac{V}{F_3}.$$

Расчётная длина заготовки

$$l = l_n + l_k.$$

Полный расход металла в кг на одну подковку (с учётом плюсового допуска на резку, ширины реза при резке на пиле и нескратности поковки проката)

$$Q = 7,85 \frac{l_n}{n}.$$

Найденное значение H и d_p округляется до ближайшего большего диаметра (обозначаемого в формуле d_{ϕ}) по стандарту для горячекатанного металла.

Таблица 95

Допуски на штамповочные поковки, применяемые в транспортном машиностроении (В. Н. Глушков)

Вес поковки в кг	Допуск в мм						
	на недоштамповку		на износ штампа		на смещение штампов (переко)	на усадку	
	+	-	+	-		длина, ширина или диаметр поковки в мм*	допуск
До 3	0,7	0,5	0,7	0,5	0,5	До 100	0,15
3—1	1,0	0,5	1,0	0,5	0,6	100—200	0,30
1—3	1,5	0,7	1,5	0,7	0,7	200—300	0,45
3—5	1,7	1,0	1,7	1,0	1,0	300—400	0,60
5—12	2,0	1,0	2,0	1,0	1,2	400—500	0,75
12—25	2,5	1,0	2,5	1,0	1,5		
25—40	3,0	1,0	3,0	1,0	1,5		
40—60	3,5	1,5	3,5	1,5	1,7		
60—100	4,0	1,5	4,0	1,5	2,0		
100—150	4,5	2,0	4,5	1,5	2,5		
150—200	5,0	2,0	5,0	2,0	3,0		
200—250	5,5	2,0	5,5	2,0	3,0		

Примечания. 1. Для поковок, полученных под штамповочным молотом, допуски на недоштамповку распространяются на все размеры, перпендикулярные линии разреза штампа.

2. Для поковок, полученных на ковочных машинах, допуски на недоштамповку распространяются на все размеры, параллельные направлению движения главного ползуна.

3. Допуски на длину и ширину поковки определяются одинаково и состояются из допуска на износ штампа и усадку.

4. Допуски на длину и ширину поковки, полученной под молотом, применяются к размерам, измеряемым в плоскости, параллельной линии разреза штампа.

5. Допуски на длину и ширину поковки, полученной на ковочной машине, применяются к размерам, перпендикулярным движению главного ползуна.

6. Допуски на внутренние размеры брать с обратными знаками.

7. Допуски на износ и усадку отдельно не применяются; суммарный допуск принимается округлённо до 0,5 или в целых единицах миллиметров.

Число ударов при штамповке на молотах

Формулы для подсчёта числа ударов приведены на стр. 169. В табл. 96—99 приведены ориентировочные показатели числа ударов, подсчитанные на основании многочисленных исследований [12].

Время одного удара при оттяжке хвоста, при протяжке и при подкатке брать равным 0,8 времени одного удара молота.

Таблица 96

Число ударов при заготовительных операциях

Наименование операции	Характеристика	Число ударов
Гибка	Изгиб не более чем в трёх точках, толщина изделия до 50 мм	1
	Изгиб более чем в трёх точках, толщина изделия свыше 50 мм	2
Пережим	—	1
Отрубиса	—	1

Таблица 97

Число ударов при оттяжке хвоста, подсадке заготовки на торец и протяжке заготовки

Оттяжка хвоста		Подсадка на торец		Протяжка заготовки	
Диаметр заготовки в мм	Число ударов	Вес заготовки в кг	Число ударов	Отношение длины заготовки после протяжки к первоначальной длине	Число ударов
50	3	2	2	1,2	3
60	4	10	3	1,4	4
80	5	20	4	1,6	5
100	6	30	6	1,8	7
110	7	—	—	2,0	8
150	8	—	—	3,0	12
				4,0	14

Таблица 97а

Число ударов при подкатке

Наибольший диаметр после подкатки в мм	Наименьший диаметр после подкатки в мм							
	90	80	70	60	50	40	30	20
100	3	4	6	8	12	—	—	—
90	—	3	4	6	8	—	—	—
80	—	—	3	5	7	8	—	—
70	—	—	—	3	5	7	—	—
60	—	—	—	—	3	6	8	—
50	—	—	—	—	—	4	7	—
40	—	—	—	—	—	—	4	7
30	—	—	—	—	—	—	—	4

Примечание. При подкатке мелких поковок весом до 1 кг, а также поковок типа шатунов — 2 удара.

Таблица 98

Число ударов при штамповке на паровом молоте

Характеристика приёма	Вес поковки в кг										
	1	2	3	10	15	20	30	40	60	80	100
Штамповка в одном штамповочном ручье	2	3	3	4	5	6	7	8	10	11	12
Штамповка в предварительном и окончательном ручьях	2	4	4	4	6	7	7	8	9	10	10

Таблица 99

Штамповка на фрикционном молоте в предварительном и окончательном ручьях

Вес поковки в кг	1	2	4	6	10
Число ударов	3	4	5	6	7

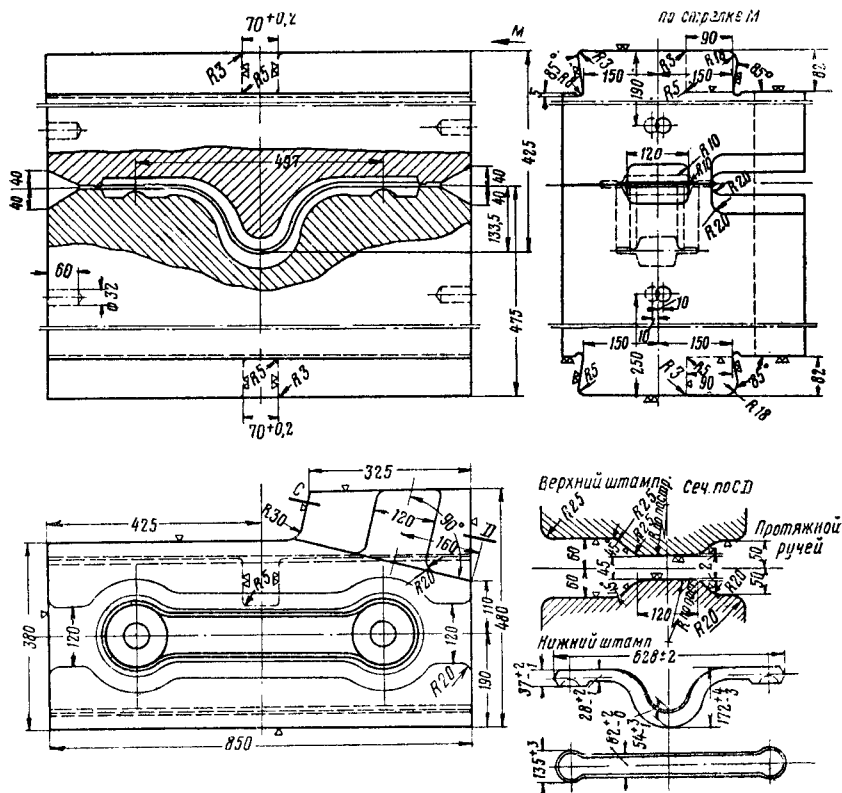
Примеры горячей штамповки на молотах

Штамповка скобы стяжки паровоза серии ЭМ. Материал сталь Ст. 35—40. Размер заготовки $70 \times 70 \times 672$ мм. Количество штук от прутка 6—8. Вес заготовки 25,9 кг, вес поковки 22,3 кг. Угар 1 кг (4%). Отходы: в заготовительном отделении 0,3 кг, в кузнечном 3,6 кг. Резка заготовок на пресс-ножницах 400 т. Нагрев в камерной печи до температуры 1180° . Протяжка и штамповка на паровом штамповочном молоте 2,5 т. Обрезка заусениц на эксцентриковом прессе 100 т. Штамп представлен на фиг. 89.

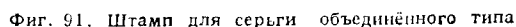
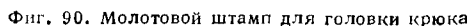
Штамповка головки крюка. На фиг. 90 представлен молотовый штамп для головки крюка.

Штамповка серьги объединённого типа. Материал сталь Ст. 45. Размер заготовки $70 \times 70 \times 160$ мм. Количество штук от прутка 37. Вес заготовки 6,1 кг, вес поковки 5,2 кг. Угар 0,79 кг (1,2%). Отходы: в заготовительном отделении 0,037 кг, в кузнечном 0,9 кг.

Резка на ножницах 250 т. Нагрев в камерной печи до 1250°C . Штамповка на паро-воздушном молоте 1,5—2,0 т. Обрезка заусениц в горячем состоянии на прессе 75 т. Правка на молоте 1,5 т. Штампы показаны на фиг. 91.



Фиг. 89. Молотовый штамп для скобы стяжки паровоза серии ЭМ



ОБРЕЗКА ЗАУСЕНИЦ

Заусеницы у крупных поковок (штампуемых на молотах с весом падающих частей выше 1,5 т) обрезают в горячем состоянии, а у мелких — обычно в холодном. В первом случае обрезка производится немедленно

после штамповки на прессе, стоящем рядом с молотом, во втором случае — после охлаждения поковок, не обязательно тотчас за штамповкой, на соответствующем по тоннажу прессе.

Холодная обрезка заусеницы выгоднее горячей по следующим соображениям: при

горячей обрезке производительность обрезного прессы зависит от производительности молота; обрезка заусеницы производится за один ход прессы, а штамповка — за несколько ходов, поэтому пресс простаивает в ожидании поковки. Зато при горячей штамповке требуется пресс меньшей мощности, чем при холодной. В каждом отдельном случае следует проанализировать преимущества того или иного способа обрезки заусеницы.

Штампы

Обрезку производят при помощи штампов, состоящих из обрезной матрицы и пуансона.

Матрицу закрепляют в башмаке, устанавливаемом на столе прессы, пуансон — непосредственно на ползуне прессы или при помощи державки (пуансонодержателя). Часто при обрезке заусеницы прошивают одновременно и отверстия.

Марки сталей, из которых изготовляют обрезные штампы, и твердость их приведены в табл. 100.

Матрицы выполняют цельными или состоящими из двух или нескольких секций (в зависимости от конфигурации поковки). Пуансоны выполняются цельными. Конфигурация отверстия матрицы должна точно соответствовать контуру поковки по размеру ковочного штампа, контур цельных матриц подгоняют наваркой и заточкой.

Обрезной пуансон должен иметь фигуру поковки: по центрирующим контурам — без зазора, по нецентрирующим — с зазором, равным на сторону половине положительного допуска на соответствующий размер плюс $0,3 \div 0,5$ мм.

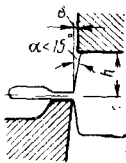
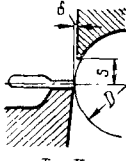
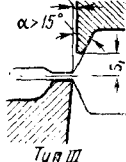
Таблица 100

Марки сталей и нормы твердости обрезных штампов

Наименование детали штампа	Марки сталей	НВ
Матрицы:		
горячей обрезки	4ХВС, 7ХЗ, 5ХГМ, 5ХНМ	268—415
» прошивки	5ХГМ, 5ХНМ, 7ХЗ	321—368
» правки	5ХНМ, 5ХГМ, Х12М, 5ХВС, У10А, У9А, У8А	388—444
холодной обрезки	5ХГМ, 5ХНМ, 7ХЗ	444—518
» прошивки	5ХВС, Х12М	321—368
» правки		555—601
Пуансоны:		
горячей обрезки	5ХГМ, 7ХЗ, 4ХС, 4ХВС, 3ХВ8, 7ХЗ, 5ХГМ, 7ХЗ, 4ХС, 5АВС, Х12М, 5ХВС	321—368
» прошивки		477—555
холодной обрезки		368—415
» прошивки		477—555
Плитка под пуансон	40Х, У10А, 4ХС	415—514
Подставки под пуансон и матрицу	45	368—416
Съемник	45	235—321
Болты к съемнику	45	235—321
Выталкиватель	40Х, 4ХС, У10А	321—368
Тяга выталкивателя	45, 40Х	235—321
Направляющий су-харь	У7А, У8А	321—368
Скоба, коромысло	45	229—285

Таблица 101

Размеры зазоров в мм

Эскиз	h или D	δ
 Tun I	Tun I	
	До 5	0,3
	Свыше 5 до 10	0,5
	» 10 » 19	0,8
	» 19 » 24	1,0
 Tun II	» 24 » 30	1,2
	» 30	1,5
	Tun II	
	До 20	0,3
	Свыше 20 до 30	0,5
 Tun III	» 30 » 48	0,8
	» 48 » 59	1,0
	» 59 » 70	1,2
	» 70	1,5
	S = 0,2 D + 1	—
	Tun III	
	$S_1 = \frac{3,3 - 0,03 \alpha}{\text{tg} \alpha}$	0,3

По контуру обрезки пуансон пригоняют по матрице с зазором за счёт пуансона. Зазор можно установить по табл. 101.

Матрицы укрепляют с помощью винта и клиньев (табл. 102).

Крепление пуансона возможно клином, шлицем, прижимной планкой или зажимными колодками.

Высота штампа зависит от рабочего хода пуансона при обрезке; ход этот колеблется в пределах $3 \div 5$ толщин заусеницы.

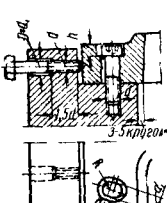
Типовая матрица из двух секций представлена на фиг. 92.

Стойкость обрезных штампов приведена в табл. 103.

Нормали на державки, клинья и съёмники приведены в табл. 104—107.

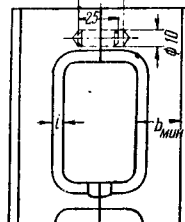
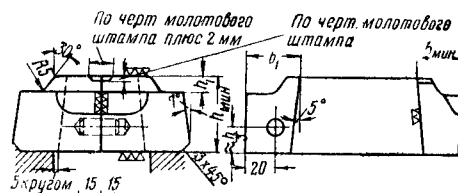
Таблица 102

Нормаль винта крепления и болта регулировки матрицы (размеры в мм)

Эскиз	d	d ₁	h	R	α
 3-Стойка	12	12,5	14	10	3
	16	16,5	18	13	4
	20	20,5	22	16	5
	22	22,5	24	17	6

Стойкость штампов для горячей обрезки

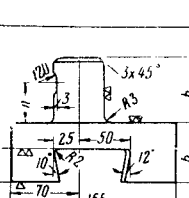
Наименование	Марка стали	Характерные признаки	Производительность до первого возобновления в шт.	Число возобновлений
Матрицы	У7А	Контур простой	10 000	3
	7ХЗ	Контур средней сложности . . .	8 000	2
	7ХЗ	Контур сложный . . .	6 000	1
Пуансоны	У7А	Гравюра простая	15 000	2
	7ХЗ	Гравюра сложная	10 000	1



2a в мм	h_{\min}	h_1	b_1	b_{\min}
	В мм			
До 1,6	50	10	35	30
2-3	55	12	40	35
4	60	15	50	40

Фиг. 92. Типовая обрезная матрица:
 $2a$ — толщина канавки для заусеницы на чер-
 теге молотового штампа; i — по размеру
 ширины мостика канавки для заусеницы на
 чертёжке молотового штампа

Нормаль державки с креплением в ползуне цилиндрическим хвостовиком (размеры в мм)

Эскиз	№	l_1	h_1
	1	120	60
	2	150	60
	3	180	65
	4	200	70
	5	200	80

Примечание. d , h и h_1 — по характеристике прессы, причём h на 3—4 мм меньше соответствующего размера до оси стокерного винта. Материал—Ст. 35. Твёрдость $H_B=255-207$.

Нормаль державки с креплением пуансона на
винтах (размеры в мм)

Нормаль клиньев для крепления пуансонов и матриц (размеры в мм)

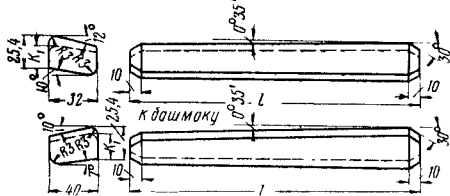
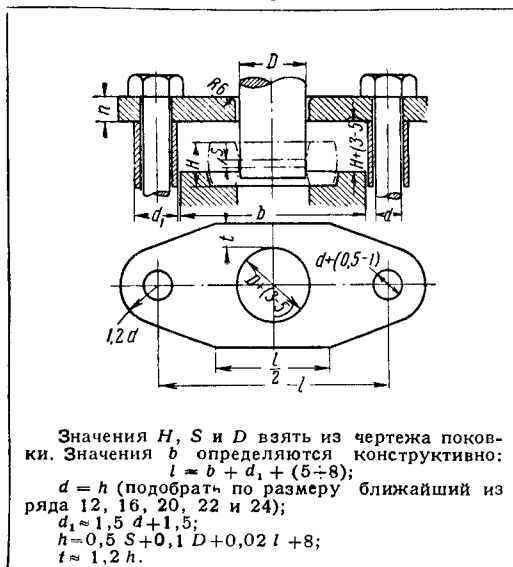
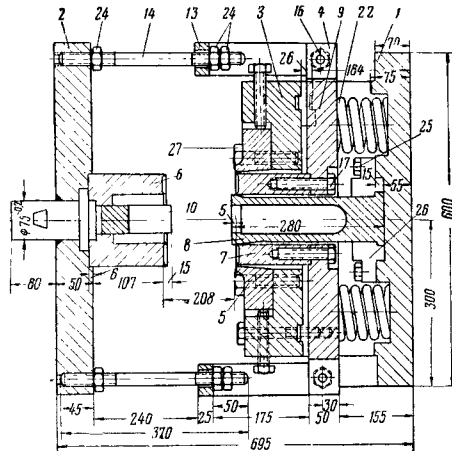
Эскиз	К державке				К башмаку	
	L_K	K_1	L_K	K_1	l	K_1
	100	23,4	430	21,1	220	23,2
	230	23,1	480	20,6	240	23,0
	280	22,6	580	19,6	270	22,7
	330	28,1	680	18,6	310	22,3
	380	21,6			360	21,8
					480	20,6
				580	19,6	

Таблица 107
Нормаль съёмника прошивного штампа



Примеры обрезных штампов

1. Штамп для обрезки заусеницы у поковки цельноштампованных звеньев переходной цепи автосцепки (фиг. 93).
2. Штамп для обрезки заусеницы у поковки серьги объединённого типа (фиг. 94).



Фиг. 93. Штамп для обрезки заусеницы у поковки цельноштампованной переходной цепи автосцепки: 1—нижняя подушка; 2—державка пуансона; 3—плита; 4—коромысло; 5—матрица; 6—пуансон; 7—выталкиватель; 8—колонка-нож; 9—прокладка; 10—нож; 13—скоба; 14—шпилька; 16—21—болты; 22—пружина; 23—контрштифт; 24—гайка; 25, 27—болт; 26—обойма

БЕЗОБЛОЙНАЯ ШТАМПОВКА НА МОЛОТАХ

На некоторых заводах уже внедрён метод безоблойной штамповки на молотах. Это — прогрессивный метод, так как имеет ряд преимуществ по сравнению с обычной штамповкой: даёт экономию металла, сокращает технологический цикл изготовления поковки,

а следовательно, снижает себестоимость продукции кузнечных цехов.

При этом методе заготовку проектируют без излишка металла на облой, а штамп конструируется закрытым, в силу чего весь объём заготовки уходит на заполнение ручье-вой полости штампа.

Методом безоблойной штамповки можно изготавливать поковки любой сложности, имеющие форму вращения, за исключением тех, которые в сечении вертикальной плоскостью имеют форму круга.

Покówki, которые изготавливаются в обычных штампах с большим расходом металла, целесообразно предварительно штамповать безоблойным методом, что также даёт экономию металла.

При безоблойном методе штамповка может производиться по сравнению с обычным методом на молотах с меньшим весом падающих частей.

Подробные указания о проектировании штампов разработаны Т. А. Михиным и Е. М. Эйфиром.

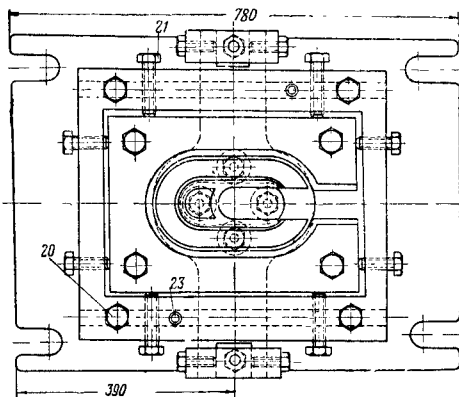
Для безоблойного штампования вес падающих частей штамповочного молота (в кг): простого действия

$$G = 1,4 \frac{A}{H_{\text{наиб}}};$$

паро-воздушного двойного действия

$$G = 0,8 \frac{A}{H_{\text{наиб}}},$$

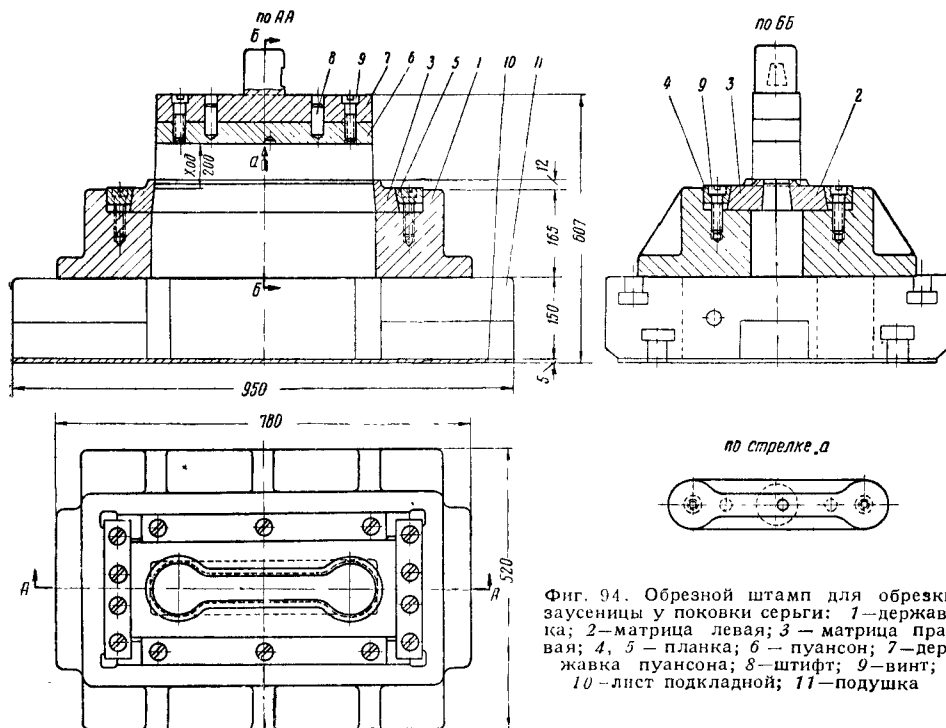
где A — работа деформации при последнем ударе в кгм;



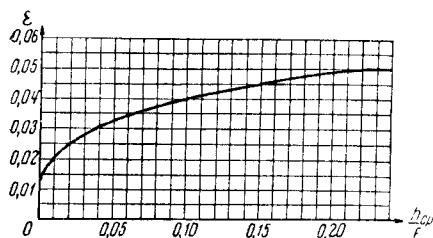
$H_{\text{наиб}}$ — наибольший ход бабы молота в м.
 Для молотов простого действия $H_{\text{наиб}} = 1,4$ м, для молотов двойного действия $H_{\text{наиб}} = 1,2$ м.

$$A = \epsilon \kappa V_{\text{ш}},$$

где ϵ — относительная степень деформации поковки при последнем ударе, определяемая по графику фиг. 95;



Фиг. 94. Обрезной штамп для обрезки заусеницы у поковки серги: 1—державка; 2—матрица левая; 3—матрица правая; 4, 5—планка; 6—пуансон; 7—державка пуансона; 8—штифт; 9—винт; 10—лист подкладной; 11—подушка



Фиг. 95. График для нахождения коэффициента k

k — сопротивление деформации при последнем ударе в кг/мм^2 ;
 α — коэффициент, учитывающий работу деформирования торцевой заусеницы (для поковок с тонкими полотнами $\alpha = 1,5$, для прочих поковок $\alpha = 1,2$);
 $V_{ш}$ — объём штамповки в см^3 .

Коэффициент k определяют по формуле

$$k = \omega V z \tau \sigma_{тк},$$

где ω — скоростной коэффициент (см. стр. 169); по данным ряда исследователей $\omega = 2,5$;

V — коэффициент, учитывающий объёмно-напряжённое состояние, принимаемый равным 2;

z — коэффициент, учитывающий неравномерность напряжённого состояния;

τ — коэффициент, учитывающий размеры поковки;

$\sigma_{тк}$ — предел текучести металла при температуре штамповки (см. ниже).

$$z = 1 + 0,15 \sqrt{\frac{h_{наиб} F}{V_{ш}}},$$

где $h_{наиб}$ — наибольшая высота поковки в см ;
 F — площадь проекции поковки на горизонтальную плоскость.

При безобойном штамповании объём заготовки

$$V_{заг} = V_{ш} + V_{уг},$$

где $V_{ш}$ — объём поковки, подсчитанный по наибольшему вертикальному размерам и наименьшим горизонтальным размерам;

$V_{уг}$ — объём металла на угар.

Предел текучести металла принимают для стали:

$\sigma_{тк}$ в кг/мм^2	
Конструкционная углеродистая, C до 0,25%	5,5
Конструкционная углеродистая, C более 0,25%	6,0
Конструкционная низколегированная, C до 0,25%	6,0
Конструкционная низколегированная, C более 0,25%	7,0
Инструментальная углеродистая	9,5 — 10,0
Высоколегированная конструкционная	10 — 12

При проектировании штампов глубокие полости следует выполнять в верхнем штампе; при штамповании поковок типа стаканов глубокие полости располагают в нижнем штампе, который должен быть снабжён выталкивателем.

Пример 1. Штамповка шестерни

Материал поковки — сталь марки 20Х. Штамповочные уклоны 3° .

Не указанные закругления R 2 мм. Усадка учтена 1,2%.

Материал и нормы твёрдости для высадочных штампов

Наименование деталей штампа	Марки сталей		Твёрдость после закалики и отпуска	
	основные	заменители	H _B	H _{RC}
Матрицы:				
с вставками	45	Ст. 6	207÷228	—
без вставок	5ХГМ, 5ХНМ	50Г	241÷302	—
Вставки:				
формирующие	3ХВ8	5ХГМ, 5ХНМ	—	45÷48
закимные	5ХГМ, 5ХНМ	7Х3	—	33÷45
прошивные	3ХВ8	5ХГМ, 5ХНМ	—	40÷48
перезимные	3ХВ8	5ХГМ, 5ХНМ	—	38÷45
отрезные (ножи)	5ХГМ, 5ХНВ	7Х3	—	40÷48
обрезные	5ХГМ, 5ХНМ	45, Ст. 6 (с наплавкой сормайтот)	—	40÷48
Пуансоны:				
формирующие	5ХГМ, 5ХНМ	7Х3	—	45÷48
наборные	5ХГМ, 5ХНМ	7Х3, 50Г	—	40÷45
прошивные	3ХВ8	5ХГМ, 5ХНМ, 7Х3	—	40÷48
обрезные (проталкивающие)	45	Ст. 6	—	40÷48
Державки	40ХН	45, Ст. 6	220÷225	—
Пуансонодержаватели	45	Ст. 6	—	—
Крепление	40	—	—	—
Прокладки	45	Ст. 6	—	—

В зависимости от количества операций матрицы делают одноручьёвые и многоручьёвые; последние могут быть цельными или составными. Для удлинения срока службы матриц зажимные части ручьёв делают часто вкладными.

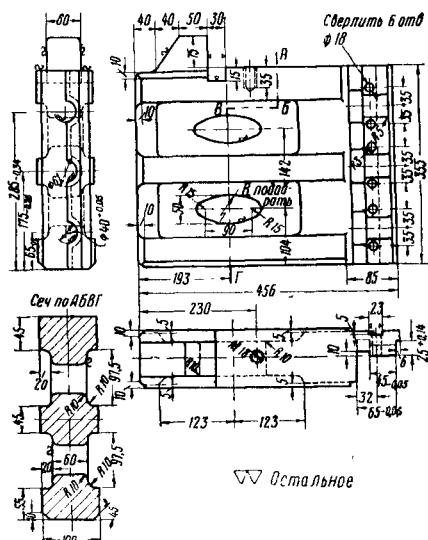
Пуансоны делают отдельно для каждой операции.

Крепят пуансоны в пуансонодержателях, которые также могут быть цельными или составными.

Стойкость высадочных, гибочных и чеканочных штампов приведена в табл. 109.

Стойкость штампов

Марка стали	Характерные признаки штампов	Нормальная производительность до первого возобновления в шт.	Число возобновлений
	<i>Высодочные штампы</i>		
7Х3	Матрицы простой гравюры	7 500	3
7Х3	Матрицы сложной гравюры	5 000	2
7Х3	Вставки в матрицы простой гравюры	7 500	—
4ХВС	Вставки в матрицы сложной гравюры	5 000	—
4ХВС	Пуансон сложный	5 000	—
7Х3	» простой	10 000	1
	<i>Гибочные штампы</i>		
7Х3	Горячие	15 000	4
У8А	Холодные	25 000	6
	<i>Чеканочные штампы</i>		
3ХВ8	Плоскостная чеканка	30 000	4
3ХВ8	Объёмная чеканка	5 000	3

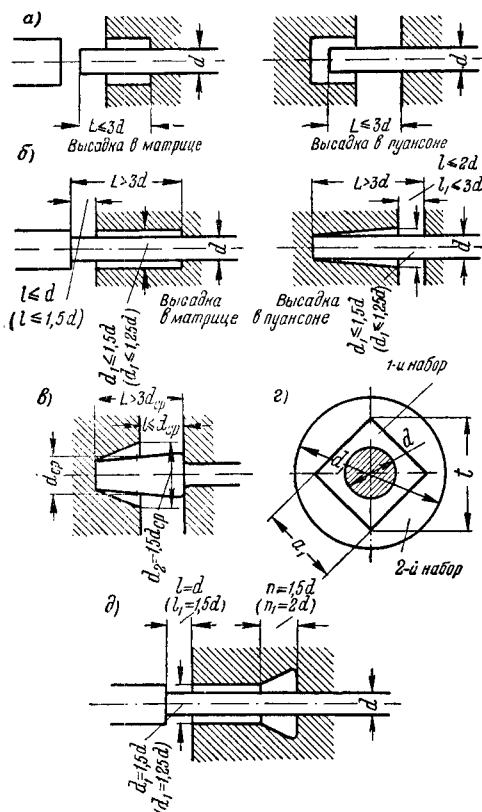


Штампы для высадки на горизонтально-ковочных прессах состоят из следующих основных частей: матриц (подвижной и неподвижной) и пуансонов.

Правила высадки

1. Длина высаживаемой (незажатой) за один переход части прутка не должна превышать трёх его диаметров: $l < 3d$, иначе возможны искривления, смещения металла в сторону и зажимы (фиг. 100, а). Если срез заготовки не строго перпендикулярен, лучше брать $l < 2,5 d$.

2. Высадка за один переход заготовки с длиной осаживаемой части более трёх диаметров ($l > 3d$) возможна при условии, если диаметр полости в пуансоне или матрице не превышает 1,5 диаметра заготовки: $d_1 \leq 1,5 d$ (фиг. 100, б). Длина заготовки между пуансоном и матрицей к началу высадки должна быть равна диаметру заготовки ($l = d$), при этом отверстие матрицы (или пуансона) $d_1 \leq 1,5 d$; если же $d_1 \leq 1,25 d$, то $l \leq 1,5 d$.



Фиг. 100. Схема высадки: а — по правилу 1; б — по правилу 2; в — конической заготовки; г — набор металла в матрице с круга на квадрат и с квадрата на круг; д — набор металла в матрице в ручье с коническим уширением

3. Если при высадке за один переход больший диаметр конического пуансона $d_1 = 1,5 d$, то длина заготовки между пуансоном и матрицей $l_1 \leq 2d$; если больший диаметр полости пуансона $d_1 = 1,25 d$, то $l \leq 3d$ (фиг. 100, б). Меньший диаметр полости первого конического пуансона рекомендуется брать равным $1,2 d$.

4. Если требуемый набор материала в конической полости пуансона происходит за

один переход в несколько ходов машины, причём длина осаживаемой части равна трём средним диаметрам полости пуансона, то длина заготовки между пуансоном и матрицей должна равняться среднему диаметру полости пуансона (фиг. 100, в).

Если высадка при необходимости набора большого объёма материала невозможна за один переход, то штамповка происходит в нескольких ручьях. При этом, если набор происходит в матрицах, то для уменьшения количества ручьёв следует применять способ чередующейся высадки с круга на квадрат (в первом наборе сторона квадрата $a_1 = 1,5 d$ при $\kappa = d$ и $a_1 = 1,25 d$ при $\kappa = 1,5 d$); во втором наборе $d_1 = 1,5 t$ при $\kappa = t$ и $d_1 = 1,25 t$ при $\kappa = 1,5 t$ и т. д.) и с квадрата на круг и т. д. Сторона квадрата полости пуансона может быть в 1,5 раза больше исходного диаметра заготовки. Диаметр фигуры последующего ручья штампа или полости пуансона может быть в 1,5 раза больше диагонали предыдущего квадрата (фиг. 100, г и д).

5. Число переходов должно быть возможно меньше. Переходы должны быть выполнены по радиусам не менее 1,5 мм.

6. Набор металла лучше производить в конической части пуансона; набор металла в матрице с коническим уширением в конце цилиндрической части полости также способствует уменьшению числа переходов (фиг. 100, д).

7. Штамповочные уклоны: на цилиндрических участках поковки, высаживаемых в полости пуансона на сторону, на буртиках, формуемых в матрицах, — не менее $0,5^\circ$, на стенках глубоких несквозных отверстий, прошиваемых пуансоном, $0,5 \div 3^\circ$.

8. Объём высаживаемого фланца не должен превышать объёма стержня данного диаметра длиной $l = (10 \div 12)d$.

9. Избегать выемок и хвостовиков конической формы.

10. Отверстие в поковке лучше прошивать с одновременной раздачей металла. Толщина стенок высаживаемых деталей с отверстиями должна быть больше 0,15 наружного диаметра детали.

11. Заусеницу следует располагать в наиболее крайних местах, чтобы удобнее было её удалять.

12. Пруток должен быть зажат в матрице настолько, чтобы при высадке не произошло выталкивания.

Определение размеров заготовки

1. Диаметр прутка следует выбирать так, чтобы он был немногим больше диаметра прошиваемого отверстия.

2. Для поковок, штампуемых глубокой прошивкой, лучше брать заготовки квадратного сечения.

3. Объём заготовки определяют по величине объёма в последнем формующем ручье. К этому объёму следует прибавить 1,5 — 2,0% на угар при одном нагреве и 2,0 — 2,5% при дополнительном подогреве. На заусеницу прибавляют до 1%.

Припуски и допуски приведены в табл. 110.

Таблица 110
Припуски и допуски при штамповке на горизонтально-ковочных машинах [16]

Диаметр изделия или вы- сота в мм	Длина или диаметр изделия в мм																	
	25—50			51—100			101—150			151—200			201—250			251—300		
	Припуск на сторону и допуск на размер в мм																	
Пр.	Доп. I	Доп. II	Пр.	Доп. I	Доп. II	Пр.	Доп. I	Доп. II	Пр.	Доп. I	Доп. II	Пр.	Доп. I	Доп. II	Пр.	Доп. I	Доп. II	
До 20	0,5	+0,5 -0,25	+0,5	0,75	+0,75 -0,25	1,0	+1,0 -0,5	+1,0	1,25	+1,25 -0,5	+1,25	1,5	+1,5 -0,75	+1,5	1,75	+1,5 -0,75	+1,5	+2,0
21—40	0,75	+0,75 -0,25	+0,5	1,0	+1,0 -0,5	1,25	+1,25 -0,5	+1,25	1,5	+1,5 -0,75	+1,5	1,75	+1,75 -0,75	+1,75	2,0	+1,75 -0,75	+1,75	+2,25
41—60				1,25	+1,25 -0,75	1,5	+1,5 -0,75	+1,5	1,75	+1,75 -0,75	+1,75	2,0	+2,0 -1,0	+2,0	2,25	+2,0 -1,0	+2,0	+2,25
61—80				1,5	+1,5 -0,75	1,75	+1,75 -0,75	+1,75	2,0	+2,0 -1,0	+2,0	2,25	+2,25 -1,0	+2,25	2,5	+2,25 -1,0	+2,25	+2,5
81—100				1,75	+1,75 -0,75	2,0	+2,0 -1,0	+2,0	2,25	+2,25 -1,0	+2,25	2,5	+2,5 -1,0	+2,5	2,75	+2,5 -1,0	+2,5	+2,75
101—120				2,25	+2,25 -1,0	2,5	+2,5 -1,0	+2,5	2,75	+2,75 -1,0	+2,75	3,0	+3,0 -1,0	+3,0	3,25	+3,0 -1,0	+3,0	+3,25
121—140				2,75	+2,75 -1,0	3,0	+3,0 -1,0	+3,0	3,25	+3,25 -1,0	+3,25	3,5	+3,5 -1,0	+3,5	3,75	+3,5 -1,0	+3,5	+4,0
141—160				3,0	+3,0 -1,0	3,25	+3,25 -1,0	+3,25	3,5	+3,5 -1,0	+3,5	3,75	+3,75 -1,0	+3,75	4,0	+3,75 -1,0	+3,75	+4,25
161—180				3,5	+3,5 -1,0	3,75	+3,75 -1,0	+3,75	4,0	+4,0 -1,0	+4,0	4,25	+4,25 -1,0	+4,25	4,5	+4,25 -1,0	+4,25	+4,75

Примечания. 1. При определении допусков и припусков для деталей типа шестерён и ступиц параметрами должны быть выбраны высота изделия и наибольший диаметр.

2. При определении припусков и допусков типа шестерён с цилиндрическим хвостом и полуосей параметрами должны быть размер обрабатываемой поверхности и длина высаживаемой части изделия.

3. Допуски на отклонение размеров по длине длинных поковок можно определить по этой таблице, приняв величины первой горизонтальной графы для $h=20$ и значение допусков по вертикальной колонке Доп. II в зависимости от длины изделия. Допуски в этом случае должны быть взяты со знаком \pm .

4. Припуски и допуски для отверстий должны быть взяты с обратным знаком. Допуски на разностенность отверстий надлежит принимать равными допуску на износ штампа по колонке Доп. II.

5. Доп. I—допуск в направлении хода относительно полузна машины, Доп. II—допуск в направлении перпендикулярном к ходу полузна машины.

6. Величины припусков этой таблицы относятся к штамповке для первой точности (∇) механической обработки; для второй степени точности ($\nabla\nabla$) следует к этим величинам прибавлять 0,5 мм, а для третьей степени точности ($\nabla\nabla\nabla$)—прибавлять 0,75 мм.

Величины допусков одинаковы для всех степеней точности.

Примечания. 1. При определении допусков и припусков для деталей типа шестерён и ступиц параметрами должны быть выбраны высота изделия и наибольший диаметр.

2. При определении припусков и допусков типа шестерён с цилиндрическим хвостом и полуосей параметрами должны быть размер обрабатываемой поверхности и длина высаживаемой части изделия.

3. Допуски на отклонение размеров по длине длинных поковок можно определять по этой таблице, приняв величины первой горизонтальной графы для $h=20$ и значение допусков по вертикальной колонке Доп. II в зависимости от длины изделия. Допуски в этом случае должны быть взяты со знаком \pm .

4. Припуски и допуски для отверстий должны быть взяты с обратным знаком. Допуски на разностенность отверстий надлежит принимать равными допуску на износ штампа по колонке Доп. II.

5. Доп. I—допуск в направлении хода основного полузна машины, Доп. II—допуск в направлении, перпендикулярном к ходу полузна машины.

6. Величины припусков этой таблицы относятся к штамповке для первой степени точности (∇) механической обработки; для второй степени точности ($\nabla\nabla$) следует к этим величинам прибавлять 0,5 мм, а для третьей степени точности ($\nabla\nabla\nabla$)—прибавлять 0,75 мм.

Величины допусков одинаковы для всех степеней точности.

Установка и эксплуатация штампов горизонтально-ковочной машины

Зазоры между стенками ручьёв матриц и пуансонами должны быть везде одинаковы на всех длинах пуансонов.

Проверку зазоров производить щупами. Подвигая пуансонодержатель вперёд или назад, отрегулировать по чертежу штампа заход пуансонов в ручки матриц при крайнем переднем положении главного ползуна.

Положение пуансонодержателя регулировать при помощи упорного винта, регулировочного клина и подкладок. Положение матриц регулировать подкладками. Более двух подкладок с любой стороны пуансонодержателя (или матриц) не следует применять, так как чем больше прокладок, тем больше пружинение их и тем больше ослабление крепления пуансонодержателя (или матриц).

При обнаружении перекоса поковки в результате смещения подвижной матрицы отрегулировать штамп при помощи подкладок.

Окончательно проверку правильности установки производят путём повертывания вручную маховика на 1—2 оборота.

Перед началом штамповки проверить крепление пуансонов и матриц и подтянуть, если ослаблено. Провёртывая маховик вручную на полный ход машины, убедиться, что упор поднимается своевременно и при движении ползуна вперёд пуансоны не задевают упора.

Смазать пуансоны и ручки матриц мазутом.

Закладывать в матрицы достаточно нагретый материал.

Очищать прутки от окалины перед закладкой в матрицы и отбивать окалину от поковки после каждого ручья.

Внимательно следить за креплением пуансонов и матриц во время работы машины и время от времени подтягивать ослабшие винты и болты у пуансонодержателя и прихватов матриц.

Периодически смазывать мазутом ручки матриц и пуансоны, в особенности выступающие части пуансонов.

Внимательно следить за охлаждением матриц и пуансонов.

Пустить воду на матрицы и пуансоны так, чтобы большая часть её попадала на наиболее нагревающиеся части пуансонов, которые при высадке поволоков не должны нагреваться выше 50°C.

При застревании поволоков в ручьях останавливать машину, тщательно проверить штамп и зачистить матрицы в тех местах, где поковки застревали.

Проверять периодически рабочие размеры штампов.

Некоторые правила проектирования штампов ГКМ [5]

Матрицы. 1. Высота, длина и толщина матриц являются постоянными для данной машины и соответствуют размерам мест крепления.

2. Положение матрицы относительно пуансона регулируется прокладками, для чего толщину матриц уменьшают на 2—3 мм.

3. Оси ручьёв (по высоте матриц) должны соответствовать осям гнезд для пуансонов в штамподержателе.

4. Длина формирующей части матрицы

$$l_{\phi} = 1,025 l_0,$$

где l_0 — длина высаженной поковки в холодном состоянии.

При температуре высадки ниже 1200°C коэффициент уменьшают на 0,003 на каждые 100°.

5. Ручьи для наиболее тяжёлой операции высадки располагают, как правило, внизу штампа.

6. Формирующие и высаживающие части штампов можно делать сменными. Применение вставок удлинит срок службы штампов.

7. Зажимную часть матрицы делают с поясками, а для работы с подставным или клещевым упором — гладкой. Длина гладкого ручья (фиг. 101) $L = 2,5 d + 50$ мм, при штамповке от прутка у штампа с пережимными вставками длина зажима $L_m \geq 2 d$.

Пуансоны. Глубина полости матрицы при высадке в полости пуансона (фиг. 102, а)

$$H_m \geq l - H_p + 3a,$$

где l — длина осаживаемой части поковки;

H_p — глубина полости пуансона;

a — ширина фаски, принимаемая от 2 до 5 мм.

Глубина направляющего отверстия в матрице

$$1,5 D \pm 12 \text{ мм},$$

где D — диаметр поковки в мм.

Между пуансоном и матрицей должны оставаться незначительные зазоры.

Между пуансоном и дном матрицы в конце хода высадки должен оставаться зазор $b = a = 2 \div 5$ мм.

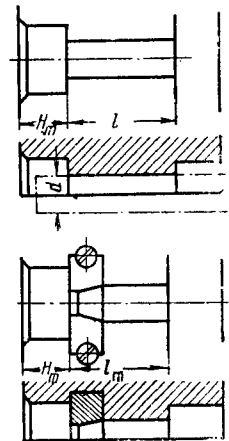
Меньший диаметр полости пуансона

$$d_1 \approx d (0,5 \div 3) \text{ мм}.$$

Радиус пуансона при высадке с последующей прошивкой $R = 1$ мм.

Схема прошивной части штампа представлена на фиг. 102, б, обрезающей части (для обрезки заусениц) — на фиг. 102, в, расположения заусениц — на фиг. 102, г.

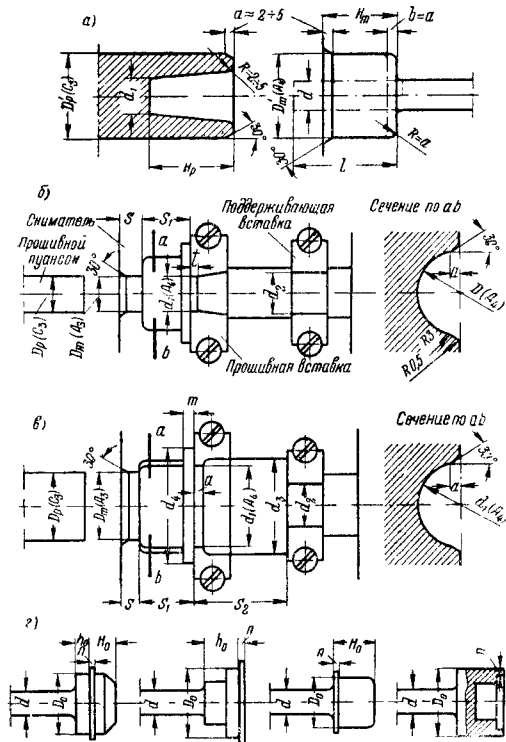
Отрезные ножи. Схема отрезной части штампа и форма отрезных вставок показаны



Фиг. 101. Зажимная часть ручья

на фиг. 103. Ножи ставятся в последнем формовочном или специальном ручье.

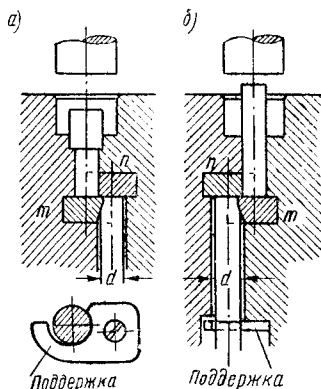
Если диаметр поковки меньше 30 мм, отрезку производят в одном ручье, если же



Фиг. 102. Схемы пуансонов

диаметр поковки больше 30 мм, — то в двух ручьях с надрезом в первом.

К фиг. 103: а) пруток отодвигается вправо, отрезка в два приёма или, если пруток



Фиг. 103. Схемы отрезных ножей

тонкий, — в один приём; б) пруток остаётся на месте, отрезка в один приём.

Примеры штамповки паровозных деталей на горизонтально-ковочных машинах

Штамповка болта соединения элементов с коллектором (фиг. 104). Материал — прокат, сталь марки Ст. 5; профиль $\varnothing 26 \pm \pm 0.3$ мм; вес поковки 0,563 кг, отходов на угар 0,017 кг (3%). Заготовки нарезаются на ножницах на каждую поковку. Нагрев в щелевой печи одновременно 6 шт. Размер ГKM — 2". Штмпп одноручьёвый. Температурный интервал ковки 1250 — 950°C. На фиг. 105, в: 1—пуансон; 2—вкладыш; 3—матрица неподвижная; 4—губки клещей; 5—клещи; 6 — матрица подвижная.

Штамповка короачатой гайки сцепного заднего дышла паровоза серии СО. Материал — прокат повышенной точности, сталь марки Ст. 3; профиль $\varnothing 36 \pm 7$ мм; вес: заготовки 0,883 кг, поковки 0,78 кг, отходов на угар 0,026 кг (3%) и на концы 0,077 кг (8,5%). Температурный интервал ковки 1250—950 С. Штамповка производится от прутка длиной 1526—1535 мм. Нагрев в щелевой печи одновременно 8 прутков на 17 поковок. Размер машины 2". Штмпп трёхручьёвый.

На фиг. 105, з представлен штмпп для высадки гайки. Детали штмппов: подвижная матрица 1; неподвижная матрица 2; пуансоны 3, 4, 5; прошивень 6; вкладыши 7, 8; нож 9; хвостовик пуансонодержателя 10; гайка 11; винт 12, 13; вкладыш направляющий 14.

Операции следующие:

- 1-я — предварительная формовка детали;
- 2-я — окончательная высадка;
- 3-я — прошивка отверстия.

После высадки: операционный контроль, очистка от окалины, зачистка заусениц, окончательный контроль.

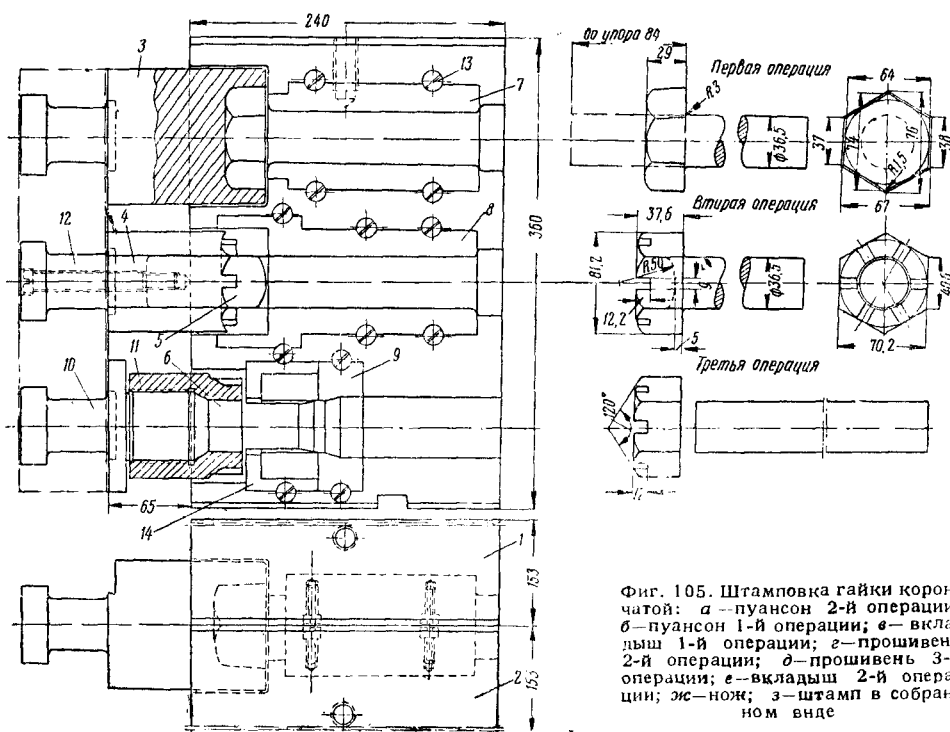
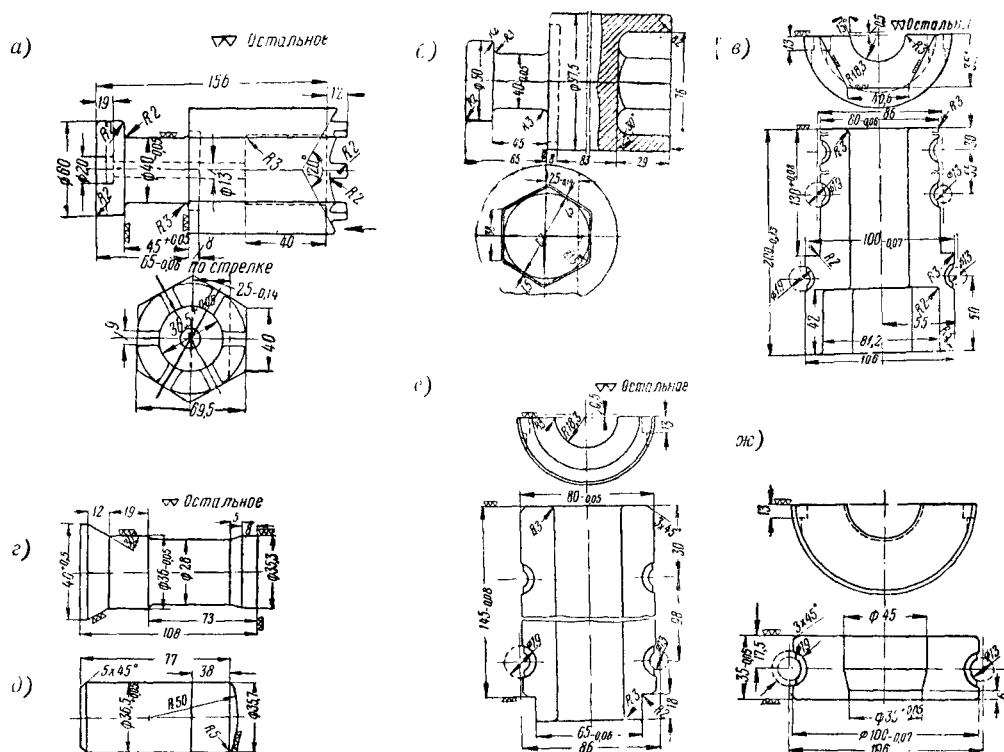
Штамповка болта натяжного для буксовой направляющей ведущей оси паровоза серии СО (фиг. 106). Материал — прокат повышенной точности, сталь марки Ст. 3; профиль $\varnothing 37 \pm 0,1$ мм, длина 245⁺³ мм. Вес: заготовки 2,03 кг, поковки 1,972 кг; отходов: на угар 0,008 кг (1%), на заусеницы 0,03 кг (18%). Нагрев в щелевой печи с подкладкой одновременно 8 шт. Заготовки для каждой поковки нарезаются на ножницах. Размер машины 2". Штмпп трёхручьёвый. Температурный интервал ковки 1250 — 900°C. На фиг. 106, а: 1—матрица неподвижная; 2—матрица подвижная; 3—пуансон 1-й операции; 4—пуансон 2-й операции; 5—пуансон 3-й операции.

Операции следующие:

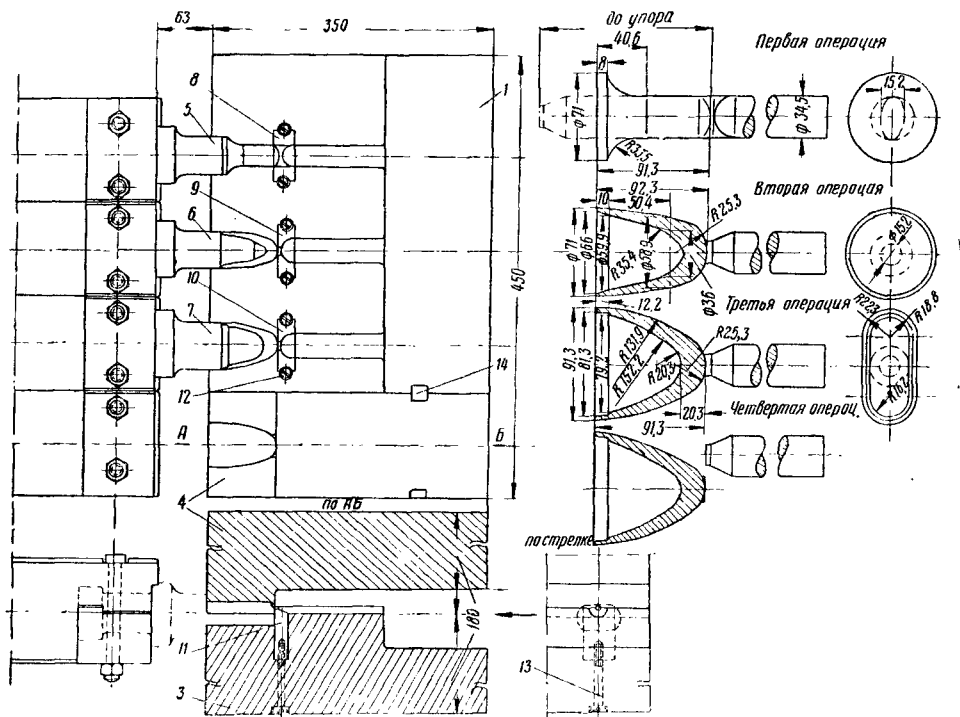
- 1-я — набор металла;
- 2-я — окончательная высадка;
- 3-я — обрезка заусеницы.

После высадки поковка проверяется, затем подвергается нормализации, очистке от окалины и зачистке заусениц.

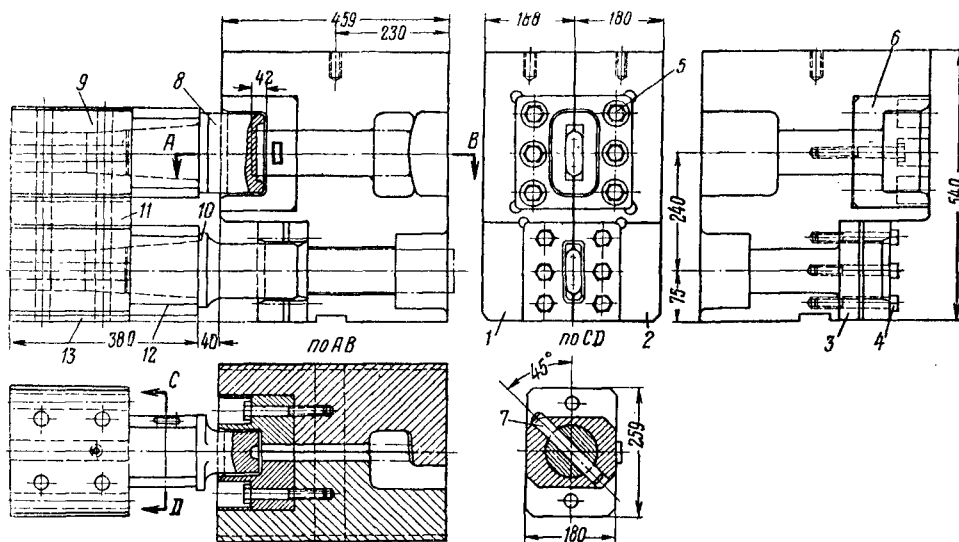
Штамповка колпачка элемента пароперегревателя системы Шмидта (фиг. 107). Материал — прокат повышенной точности, сталь марки Ст. 2; профиль 34 $\pm 0,4$ мм, длина 1500⁺⁵ ± 3 на 10 заготовок; вес: заго-



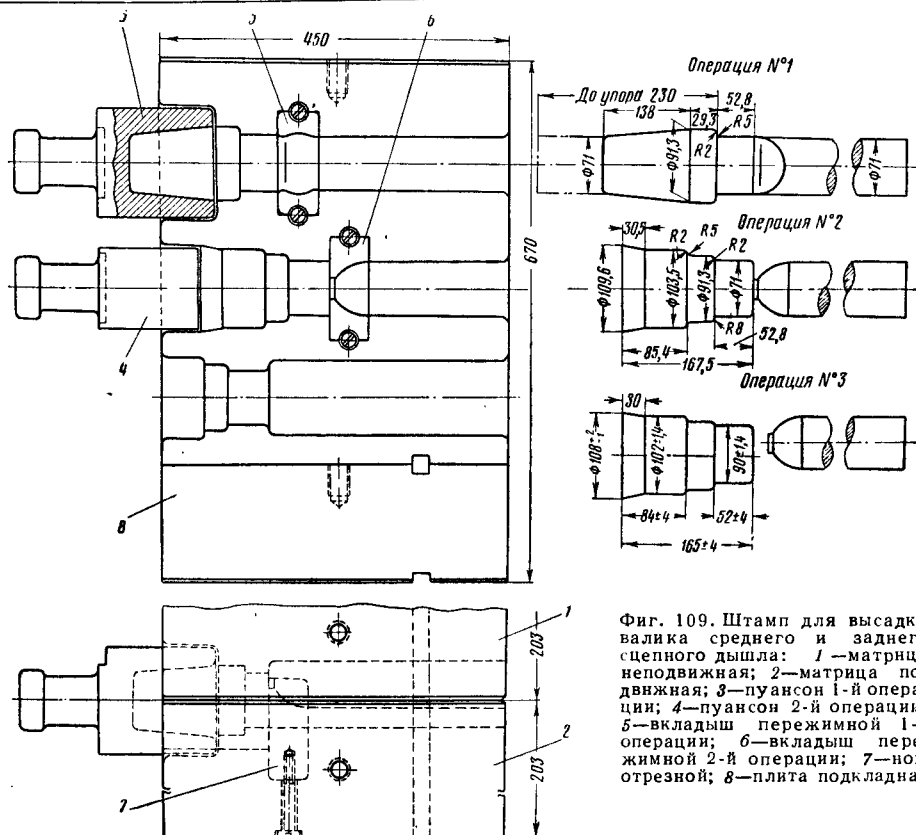
Фиг. 105. Штамповка гайки корончатой: а — пуансон 2-й операции; б — пуансон 1-й операции; в — вкладыш 1-й операции; г — прошивень 2-й операции; д — прошивень 3-й операции; е — вкладыш 2-й операции; жс — нож; з — штамп в собранном виде



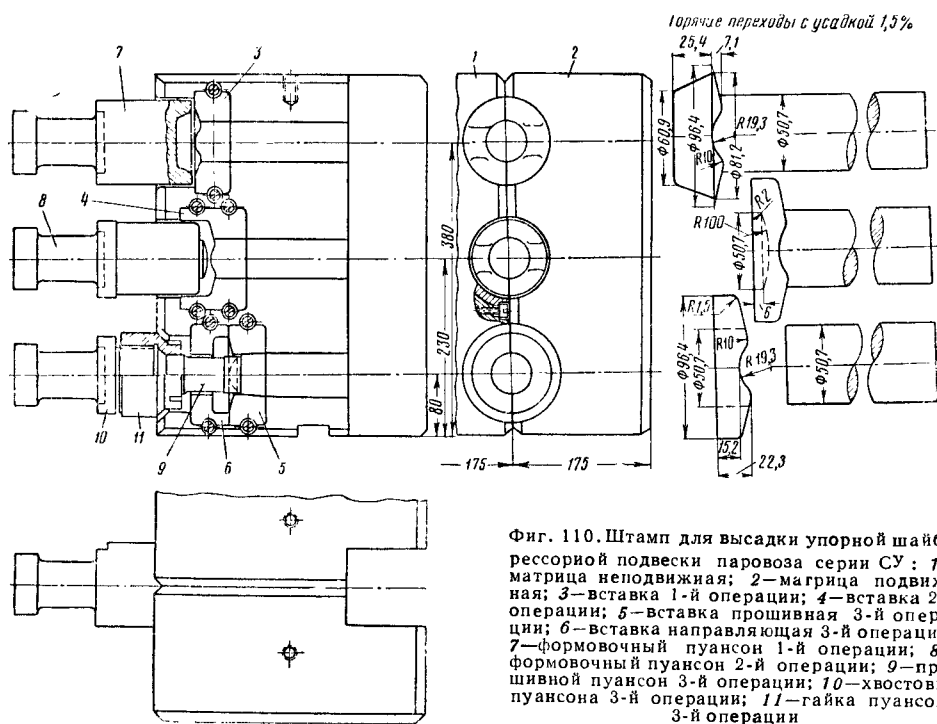
Фиг. 107. Штамп для колпачка элемента пароперегревателя Шмидта: 1—матрица неподвижная; 2—матрица подвижная; 3—матрица 4-й операции подвижная; 4—матрица 4-й операции неподвижная; 5—пуансон 1-й операции; 6—пуансон 2-й операции; 7—пуансон 3-й операции; 8—вкладыш 1-й операции пережима; 9—вкладыш 2-й операции пережима; 10—вкладыш 3-й операции; 11—нож отрезной; 12, 13—винты; 14—шпонка



Фиг. 108. Штамп для высадки клина хомута автоцепки СА-3-48: 1—матрица неподвижная; 2—матрица подвижная; 3—вкладыш обрезной; 4, 5—болты; 6—вкладыш формовочный; 7—клин; 8—пуансон формовочный; 9—пуансонодержатель верхний; 10—пуансон обрезной; 11—прокладка промежуточная; 12—пуансонодержатель нижний; 13—прокладка



Фиг. 109. Штамп для высадки валика среднего и заднего сцепного дышла: 1—матрица неподвижная; 2—матрица подвижная; 3—пуансон 1-й операции; 4—пуансон 2-й операции; 5—вкладыш пережимной 1-й операции; 6—вкладыш пережимной 2-й операции; 7—нож отрезной; 8—плита подкладная



Фиг. 110. Штамп для высадки упорной шайбы рессорной подвески паровоза серии СУ: 1—матрица неподвижная; 2—матрица подвижная; 3—вставка 1-й операции; 4—вставка 2-й операции; 5—вставка прошивная 3-й операции; 6—вставка направляющая 3-й операции; 7—формовочный пуансон 1-й операции; 8—формовочный пуансон 2-й операции; 9—прошивной пуансон 3-й операции; 10—хвостовик пуансона 3-й операции; 11—гайка пуансона 3-й операции

Нагрев заготовки в щелевой печи до температуры 1250° С. Температурный интервал 1250—950° С. В печи одновременно находится 15 заготовок. Штамповка от прутка. Размер машины 4". Штамп трёхручье́вый. Переходы: 1-й — набор конуса, 2-й — окончательная высадка, 3-й — отрезка поковки от прутка.

Последующие операции: контроль, нормализация, очистка от окалины, зачистка заусениц, окончательный контроль.

Штамп показан на фиг. 109.

Штамповка упорной шайбы. Материал — прокат повышенной точности, сталь марки Ст. 2. Профиль заготовки: диаметр $50 \pm 0,5$ мм, длина 1500 мм на 31 поковку. Вес заготовки (на одну поковку) 0,745 кг, вес поковки 0,63 кг. Отходы: на угар 0,022 кг, на концы 0,093 кг.

Нагрев — в щелевой печи, одновременно в печи находится 8 заготовок. Температурный интервалковки: 1250—950° С. Штамповка от прутка. Размер машины 3". Штамп трёхручье́вый. Переходы следующие: 1-й — предварительная формовка, 2-й — окончательная высадка, 3-й — прошивка отверстия с одновременной отрезкой поковки от прутка.

После последнего перехода — операционный контроль, затем очистка от окалины травлением, зачистка заусениц, окончательный контроль.

Штамп показан на фиг. 110.

ШТАМПОВКА НА ФРИКЦИОННЫХ ВИНТОВЫХ ПРЕССАХ

На ремонтных заводах в депо на фрикционных винтовых прессах штампуют разного вида гайки, болты, заклёпки, шпильки, клапаны двигателей и прочие мелкие изделия.

Достоинства этих прессов следующие: высокая производительность при штамповке названных изделий, штамповка с небольшими заусеницами и даже без заусениц, возможность получать чистые поковки без припусков на механическую обработку.

Основные недостатки прессов — относительно плохое заполнение рёбер и выступов в поковках, сравнительно много окалины при штамповке фасонных деталей.

Штампы

На фрикционных прессах обязательна правильная соосность штампов, для чего устраивают в них направляющие (круглые, угловые, крестовые замки) или колонки.

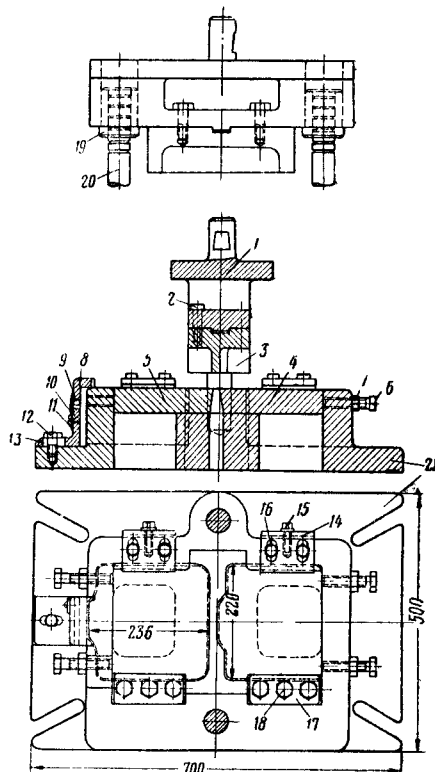
В штампах для болтозаклёпочных изделий, поковок типа клапанов, поковок с буртиками и отрезками обязательно устройство выталкивателей.

Для изготовления штампов применяют марки сталей 5ХГМ, 5ХНМ, С-40, С-60, У7А и др. Для штампов болтозаклёпочных изделий лучшим (в отношении стойкости) материалом является хромомолибденовольфрамовая и хромовольфрамовая сталь (5÷10 тыс. деталей с одной матрицы).

Общая длина выталкивателя зависит от верхнего положения выталкивающего приспособления пресса и желательной высоты подъёма поковки.

Примеры штамповки

Штамповка крышки польстерно-подбивочной буксы C_1 и C_2 . Материал Ст. 2. Размер заготовки $3 \times 220 \times 236$ мм. Вес заготовки 1,25 кг, вес поковки 1,20 кг. Переходы: 1-й — резка на гильотинных ножницах; 2-й — вырезка на эксцентриковом прессе; штамп показан на фиг. 111; 3-й — штамповка в холодном состоянии на фрикционном прессе;

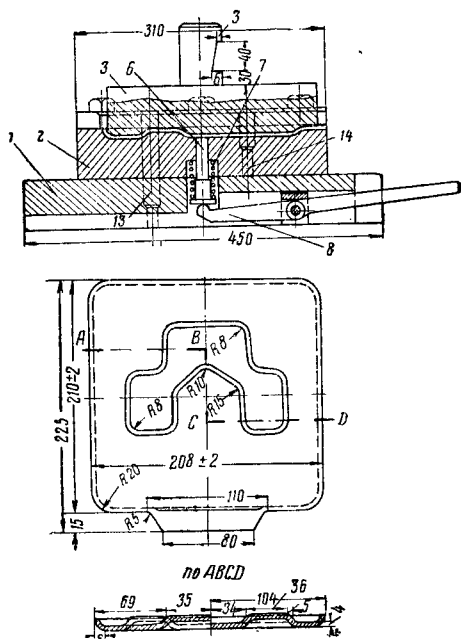


Фиг. 111. Штамп для вырезки заготовки крышки польстерно-подбивочной буксы C_1 и C_2 : 1 — пуансон-держатель; 2, 6, 12, 16, 18 — болты; 3 — пуансон; 4 — нож правый; 5 — нож левый; 7 — гайка; 8 — упор; 9 — валик упора; 10 — пружина; 11 — винт пружины; 13 — стойка упора; 14 — боковой упор; 15 — регулировочный болт; 17 — прижимная планка; 19 — втулка; 20 — направляющая колонка; 21 — державка

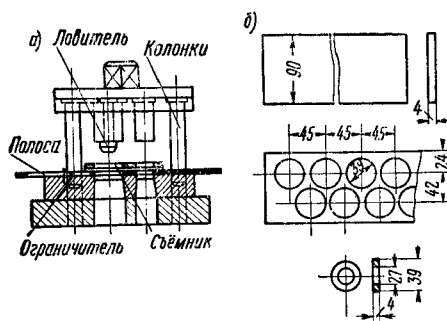
се; штамп показан на фиг. 112; 4-й — заточка заусениц на наждачном станке. Контроль ОТК пооперационный.

Штамповка шайбы. Из листовой стали нарезаются на ножницах полосы шириной 90 и толщиной 4 мм. Затем на механическом (фрикционном или эксцентриковом) прессе вырубается шайба и просекается отверстие. Эскизы штампа и детали показаны на фиг. 113.

Штамповка рессорного хомута. Операция изготовления хомута: 1-я — резка заготовок на пресс-ножницах; 2-я — снятие фасок на пресс-ножницах для образования замка под сварку; 3-я — горячая штамповка хомута; 4-я — электросварка хомута на сварочном полуавтомате.



Фиг. 112. Штамп для изготовления крышки польстерно-подбивочной буквы C_1 и C_2 : 1 — державка; 2 — матрица; 3 — пуансон; 4 — упор левый; 5 — упор правый; 6 — валик выталкивателя; 7 — пружина; 8 — рычаг; 13, 14 — штифты к деталям 1, 2, 4, 5

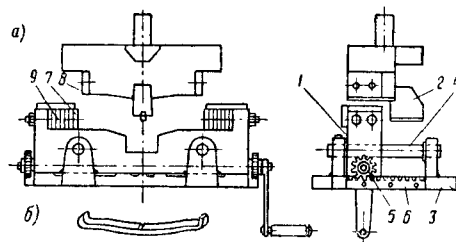


Фиг. 113. Штамп для изготовления шайбы

Штамп (фиг. 114, а), имеющий два гибочных ручья, сконструирован Е. А. Гетманом (Дарницкий вагоноремонтный завод). Заготовку укладывают в первый ручей матрицы 1, установленной в крайнее левое положение. После нажатия (гибки) пуансоном 2 заготовка получает форму, показанную на фиг. 114, б. Затем матрицу при помощи пары шестерён 5, зубчатых реек 6 и направляющих валиков 4 перемещают на плите 3 в крайнее правое положение. Заготовку укладывают во второй ручей и производят окончательную гибку хомута. Зазор (1—1,5 мм) между втулками матрицы и валиками облегчает перемещение матрицы и предохраняет от возможных перекосов и заклинивания матрицы во время работы.

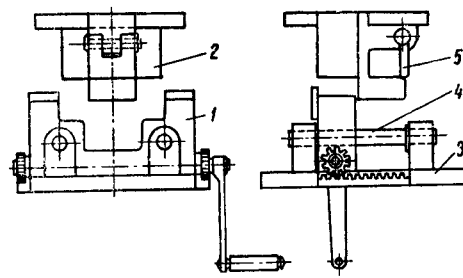
В штампе можно штамповать хомуты всех рессор, кроме эллиптических. Это достигается

перестановкой в пуансон соответствующего количества закладок 9, находящихся за щекой 7 матрицы.



Фиг. 114. Штамповка рессорных хомутов: а — штамп; б — заготовка после первой гибки

Для штамповки хомута эллиптической рессоры в конструкцию штампа добавляется шарнирная опора 5 для предохранения от изгиба пуансона (фиг. 115).



Фиг. 115. Штамп для изготовления эллиптических рессор тележек грузовых вагонов: 1 — матрица; 2 — пуансон; 3 — плита; 4 — направляющий клин; 5 — шарнирная опора

ХОЛОДНАЯ ВЫСАДКА

Способом холодной высадки можно изготовлять ряд крепёжных изделий (болтов, винтов, заклёпок, гаек и т. п.). Холодная высадка имеет перед обработкой резанием ряд преимуществ:

- 1) незначительный отход металла, а часто и полное его отсутствие;
- 2) повышение производительности в несколько десятков раз;
- 3) повышение механических качеств (прочности, твёрдости) металла.

Для холодной высадки применяют углеродистые легированные стали (35Г2, 20Х, 40Х, 40ХН, 20ХФ, 40ХФА, 30ХМА, 30ХГС, ШХ9, ШХ15, ЭЯ1, ЭИЗ19, ЭЖ1, ЭН36 и др.), фторалюмин (ДЗП, ДУП, Д1), латунь (Л68, ЛС59), бронзу БрА5, медь и пр.

Металл применяется в виде проволоки (ГОСТ 5663-51) и прутков (ГОСТ 2590-44).

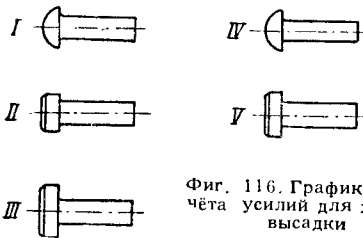
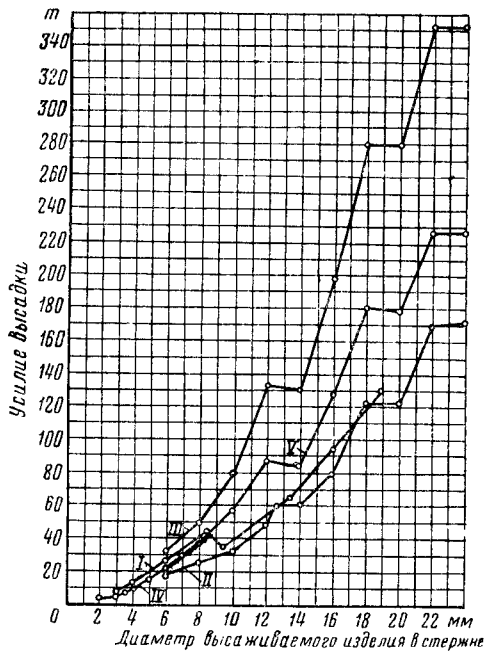
При холодной высадке не следует допускать в деталях острых углов между головкой и стержнем или между частями ступенчатого стержня; при каждом переходе высадки обеспечить определённый радиус закругления (не менее 0,2 мм); головка детали должна быть наиболее простой формы.

В качестве инструмента для холодной высадки служат штампы, состоящие из матриц (цельных или разъемных) и пуансонов.

Необходимые усилия для холодной высадки можно подобрать по графику на фиг. 116 [17]; конечное усилие можно также определить по ориентировочной формуле

$$P = 0,6 \sigma_m \left(1 + 0,05 \frac{D}{h} \right) F,$$

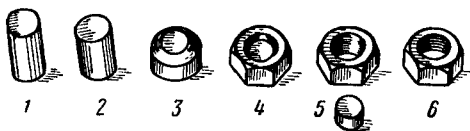
где σ_m — в кг/мм^2 (для стали $\sigma_m = 30$);
 F — площадь проекции высаживаемой детали в см^2 .



Фиг. 116. График для расчёта усилий для холодной высадки

Ориентировочно для стали можно принимать $P = 17,3 \text{ т}$.

Высадка шестигранной гайки на гайко-высадочном автомате. Переходы при высадке следующие (фиг. 117): 1-й удар — отрезка заготовки 1 и образование фаски 2; 2-й



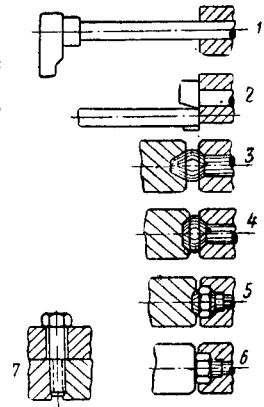
Фиг. 117. Переходы при высадке шестигранной гайки

удар — высадка бочкообразной формы 3; 3-й удар — образование наружных и внутренних фасок 4; 4-й удар — просечка отверстия 5.

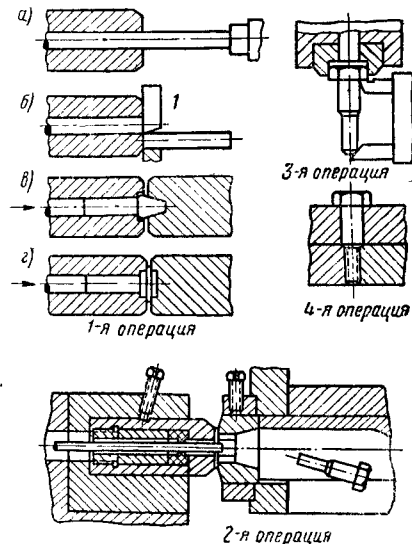
Высадка болта.

Переходы при высадке на ковочной машине следующие (фиг. 118): 1 — подача материала до упора; 2 — отрезка заготовки; 3 — предварительная высадка; 4 — окончательная высадка; 5 — обрезка граней и сужение стержня; 6 — подрезка под головку стержня и снятие фаски на конце; 7 — накатывание резьбы.

Переходы высадки болта на гайко-высадочном автомате показаны на фиг. 119.



Фиг. 118. Переходы при высадке болта на ковочной машине



Фиг. 119. Переходы при высадке болта на гайко-высадочном автомате. 1-я операция: а — подача материала до упора; б — отрезка заготовки ножом; в — предварительная высадка; г — окончательная высадка; 2-я операция: подрезка под головку стержня; 3-я операция: подрезка под головку стержня и снятие фаски на конце; 4-я операция: накатывание резьбы

ЛИСТОВАЯ ШТАМПОВКА

В табл. 111 приводятся основные формулы для определения усилий при листовой штамповке. В этих формулах: S — толщина материала в мм ; α — угол скоса ножа в градусах; τ — сопротивление срезу штампа (принимается по табл. 112); L — периметр вырубки в мм ; F — площадь сечения стенки детали в мм^2 ; σ — напряжение при вытяжке, равное $\sigma_{\text{пл}}$ в кг/мм^2 ; n — коэффициент, принимаемый по табл. 113 в зависимости от коэффициента вы-

тяги; d_n — наружный диаметр вытянутой детали в мм; d_m — диаметр протянутой части детали в мм; R_2 — радиус гибки в мм; B — ширина изгибаемого материала в мм; X — число изгибаемых углов; $P_{приж}$ — сила прижима

Таблица 111

Потребная сила для листовой штамповки

Род штамповки	Необходимая сила в кг
Разрезка на листовых ножницах	$P=0,3 \frac{S^2}{\operatorname{tg} \alpha} \tau$
Разрезка на дисковых ножницах	$P=0,32 S^2 \cos 0,5 \alpha \tau$
Вырубка плоскими рабочими торцами	$P=LS\tau$
Вытяжка пустотелой детали	$P=F \pi n$
Вытяжка цилиндрической детали	$P=\pi S(d_n - S) \tau$
Протяжка	$P=\pi \sigma_s (S_n - 1 - S_n) \times [d_m + (S_n - 1 - S_n)]$
Гибка с правкой ударом	$P=F_{np} p$
Гибка (без прижима и без правки)	$P=0,7 \frac{BS_m^2}{R_2 + S_m} \sigma_{пч} X$
Гибка с прижимом (без правки)	$P=0,7 \frac{BS_m^2}{R_2 + S_m} \sigma_{пч} X + P_{приж}$

в кг; F_{np} — площадь проекции изгибаемой детали с пуансоном или матрицей в мм².

Марки сталей, применяемых для изготовления отдельных деталей штампов для холодной штамповки, приведены в табл. 114.

Таблица 112
Значения τ и $\sigma_{пч}$ для различных металлов

Металл	τ в кг/мм ²		$\sigma_{пч}$	
	отожжённый	наклёпанный	отожжённый	наклёпанный
Свинец	2—3	—	2,5—4	—
Алюминий	7	13	8	17
Дюралюмин	22	38	26	48
Медь	18	25	22	30
Латунь	22	35	28	50
Бронза	32	50	40	60
Сталь: 0,1% С	25	32	32	40
» 0,2% С	32	40	40	50
» 0,3% С	36	48	45	60
» 0,4% С	45	56	56	72
» 0,6% С	56	72	72	90
» 0,8% С	72	90	90	110
» 1,0% С	80	105	100	130
Нержавеющая	52	56	65—70	—

Таблица 113

Значения коэффициента n , определяющего усилие вытяжки

m_1	0,55	0,57	0,60	0,62	0,65	0,67	0,70	0,72	0,75	0,77	0,80
n	1,0	0,92	0,86	0,79	0,72	0,66	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40

m_2, \dots, m_n	0,70	0,72	0,75	0,77	0,80	0,85	0,90	0,95
n	1,0	0,95	0,90	0,85	0,80	0,70	0,60	0,50

Примечание. Значения вытяжки: на первом переходе

$$m_1 = \frac{d_1}{D_{заг}};$$

на последующих переходах

$$m_2 = \frac{d_2}{d_1}; \quad m_3 = \frac{d_3}{d_2} \text{ и т. д.};$$

$D_{заг}$ — диаметр заготовки

Материал деталей штампов для холодной штамповки

Таблица 114

Наименование детали	Характеристика детали	Основные марки	Заменители	Твёрдость HRC
Пуансоны	Пробивные, вырезные и обрезные штампы			
»	С заплечиком и быстросменные	У10А	X12	56—58
»	Простой формы для материала толщиной до 3 мм	У10А	X12	56—58
»	То же свыше 3 мм	X12М	X12	56—58
»	Сложной формы	X12М	X12	56—60
Матрицы	С заплечиком и быстросменные	У10А	X12	58—60
»	Простой формы для материала толщиной до 3 мм	У10А	X12	58—60
»	То же свыше 3 мм	X12М	X12	58—60
»	Сложной формы	X12М	X12	56—80
Режущие секции	Простой контур	У10А	X12	53—60
»	Сплошной контур, крупный штамп для материала толщиной свыше 6 мм	X12М	X12	58—60
Ножи	Для резки отхода	У10А	X12	58—60
Державки	—	40	45	40—45
»	Быстросменные	15	20	58—62*
Плитки	—	У8А	410А	56—60

* Цементируются.

Продолжение табл. 114

Наименование детали	Характеристика детали	Основные марки	Заменители	Твёрдость H_{RC}
	<i>Гибочные, формовочные и вытяжные штампы</i>			
Пуансоны и матрицы	С увеличенной износоустойчивостью, а также для вытяжных штампов	X12M	X12	58—60*
Прижимы и выталкиватели	Штампы средних габаритов	У10А 5XНМ	У8А 5ХНТ	52—54 75—48
Колонки и муфты	Штампы крупных габаритов	15	20	58—62**
	<i>Для всех видов штампов</i>			
Муфты для колонок, хвостовики, толкачи, шпильки буферные	—	40	45	—
Шпопки упорные, шпильки	—	45	40	—
Шпильки резьбовые	—	45	40	—
Болты	—	35	45	30—35
Винты	С потайной головкой	35	45	30—35
	Для съёмников	40X	45	30—32
Съёмники и ограничители	—	20	40	—
Штифты	—	15	40	—
Шпильки толкачей	—	У8А	У10А	45—50
Упоры	—	У8А	У10А	50—55
Ловители	—	У10А	X12	56—58
Пружины	—	65Г	—	40—45
Направляющие планки	—	У10А	—	56—58

* Азотировать.

** Цементировать.

БРАК И ДЕФЕКТЫ ПОКОВОК

В табл. 115 дана основная характеристика брака в кузнечном производстве [6].

Анализ причин брака даёт возможность принять меры к его предупреждению.

Таблица 115

Наименование брака	Основная характеристика	Причины
Брак от исходного материала		
Риски	Царапины на поверхности поковки глубиной 0,2÷0,5 мм	Закатанные заусеницы
Волосовины	Тонкие трещины на поверхности поковки глубиной 0,5÷1,5 мм	
Закаты	Складки глубиной более 1 мм	
Плёны	Отслаиваются с поверхности, толщина плён до 1,5 мм	
Шлаковые включения	Инородные включения на поверхности и внутри поковки	Брызги жидкой стали, застывшие на поверхности слитка, раскатанные при прокатке в виде плёнок
Флокены	Мелкие трещины (чаще всего в легированной стали); обнаруживаются: при закалке, при снятии припуска, при механической обработке, при поломке детали	Шамотины, песочины и пр., попадающие в жидкую сталь при её плавке и разливке
Расслоение	Расслоение покровов на две части по плоскости разёма штампов	Трещины по середине заусеницы
Несоответствие марки или химического состава стали	Обнаруживаются при штамповке	
Несоответствующие размеры профиля материала		
Брак при резке заготовок		
Срез, скол	Вырыв металла	Недостаточный вазор, между ножами в ножницах
Косой срез	Торец заготовки наклонён к её оси	Неправильный профиль вырезов в ножах, подача разрезаемого материала под несоответствующим углом к передней плоскости ножей

Продолжение табл. 115

Наименование брака	Основная характеристика	Причины
Затаскивание ваусеницы	Затаскивание части заготовки в пространство между ножами	Большой зазор между ножами
Торцевые трещины	Сминание металла, переход круглого сечения в эллипс, трещины	Большое удельное давление под ножом; сильные внутренние напряжения; трещины обнаруживаются иногда через 2—3 часа после резки; окончательный брак
Несоответствие заготовки по длине или весу		Неправильная установка упоров; нежесткое крепление упоров; неточное продвижение заготовки до упора при резке
<i>Брак при нагреве</i>		
Перегрев	Крупнозернистая структура, игольчатое строение феррита, низкая ударная вязкость	Неправильный нагрев
Пережог	Значительное искривление; при осадке заготовка разваливается, излом крупнозернистый; при протяжке в пережженном месте заготовка надывается; места пережога вытраиваются кислотой	
Поверхностный пережог	Глубина до 1 мм; трещины не обнаруживаются; на ребрах и фланцах поверхность растрескивается. При травлении появляется сетка крупных зёрен	
Окалина		Длительный нагрев при температуре выше 1250°
<i>Дефекты при свободной ковке и штамповке</i>		
Волосовина	Очень мелкие трещины	Слишком быстрое охлаждение поковки легированной стали
Свищи и пустоты («скворечники»)		Ковка круглых поковок под плоскими бойками без перехода на квадрат, когда вытяжка велась сразу на круг
Рванины		Ковка (первое обжатие) слитка при низкой температуре; недоброкачественность слитка, пережог. Вдавливание окалины. Ковка на неистправных бойках
Изгиб заготовки и косоугранность		Длина осаживаемой части больше 2,5 диаметра её, при осадке заготовка не повёртывалась вокруг своей оси, удары по торцу наносились не по середине, а по краям; заготовка не была хорошо прогрета по всему сечению; в процессе осадки при небольшом искривлении заготовка не выпрямилась, а продолжалось её осаживание
Зажимы (складки)		Односторонняя протяжка без поворачивания заготовки
Трещины (наружные и внутренние)		Правка сильно погнутой заготовки Осаживание заготовки, неравномерно нагретой по всему сечению
Перерезание волокон	Снижение механических свойств	Глубокий пережим раскаткой или подбойкой
Нажим	—	Неправильное иаложение инструмента
Осевые трещины, вогнутость	Неравномерная и слабая проковка по толщине, удлинение только наружных слоёв металла	Протяжка круглой или квадратной заготовки сразу на круг
Наклёп трещины	Поверхностные, а иногда и внутренние, поперечные и продольные	Ковка при низкой температуре; продолжительная ковка холодного металла; недоброкачественный слиток; неправильное охлаждение поковок; неправильные приёмыковки
Неправильное отверстие с затянутыми краями		Прошивка толстой заготовки сразу же на всю толщину

Продолжение табл. 115

Наименование брака	Основная характеристика	Причины
Смещение отверстия		Неправильная установка бородка после поворота на 180°
Заусеницы		Диаметр отверстия в наковальне, форме и подкладном кольце намного больше, чем диаметр прошиваемого отверстия
Рванины или трещины по краям отверстия		Пробивка или прошивка холодной или недостаточно нагретой заготовки
Разрыв металла при гибке		Гибка остывшей или недостаточно нагретой заготовки
Утяжка металла при гибке	Угонение места изгиба	Гибка без предварительной осадки высаживаемого места
Неполная проварка		Окалина на поверхности свариваемых концов
Непроваренная середина		При сварке встык, когда концы свариваемых кусков металла не закруглены и в середине их остаётся шлак
Сечение в месте сварки меньше требуемого		Свариваемые концы прутков предварительно не были высажены
Пережог при сварке		Свариваемые концы нагреты до очень высокой температуры
Вмятины	Следы окалины глубиной до 3 мм	Заштампованная окалина, затем обитая или вытравленная
Забоина	Механическое повреждение горячей поковки	Неправильная укладка поковки в окончательный ручей; неосторожное извлечение поковки из полости штампа; небрежное сбрасывание поковки; обрезка в неисправном штампе
Неполнота фигуры	Несоответствие (уменьшение) чертёжным размерам Незаполнение передних и задних торцов поковок, у которых прошиваются на горизонтально-ковочной машине отверстия	Недостаточный нагрев; недостаточное число ударов; недостаточная мощность молота; износ штампа; несоответствие размеров или профиля заготовки
Недоштамповка	Увеличение всех размеров поковки в направлении, перпендикулярном основной плоскости разёма	То же
Перекос	Смещение верхней части поковки относительно нижней (по плоскости разёма)	Неисправность оборудования; неисправность штампов, плохое крепление штампов; неправильная конструкция штампов
Кривизна	Отклонение осей и плоскостей поковки от их правильного геометрического положения	При обрезке заусениц или при остывании поковок
Несоответствие размеров	Отклонение от чертёжных размеров; отклонение от допуска на размер, который не поддаётся исправлению из-за недостатка металла; отклонения по длине в связи с температурной усадкой или от неправильной установки упоров (на горизонтально-ковочной машине)	Износ ручьёв; неправильная конструкция штампа; сработанность штампа (уменьшение его высоты)
Заусеница	Несрезанный остаток заусеницы	Плохая подгонка обрезающего штампа
Зажим, закаты	Заштампованная складка в результате неправильного наполнения фигуры металлом; закатывание заусениц, полученных в заготовительных ручьях	Неправильные приёмы штамповки; неправильная укладка заготовки в ручей; несоответствие предварительных ручьёв окончательным; резкие удары по заготовке в подкатном ручье

Исправление дефектов

Заусеницы, волосовины, закаты и зажимы исправляются заточкой на наждачном станке или вырубкой зубилом, кривизна — правкой, перегрев — нормализацией, недостаточная или повышенная твёрдость — повторной термической обработкой.

Главное внимание должно быть обращено на предупреждение брака до началаковки и в процессе нагрева заготовки и самойковки: правильная установка ножей и упора при резке, подогрев легированной и высокоуглеродистой стали перед резкой до 300—350°; строго следить за температурой нагрева, соблюдать предписанный температурный режим (пределы)ковки, хорошо прогревать заготовку по всему сечению; правильно устанавливать бойки, штампы и другой инструмент; во время протяжки поворачивать заготовку на 180° через каждые 1—3 удара; протяжку вести быстро, частыми и сильными ударами; начисто очищать заготовку от окалина.

Неполноту фигуры и перекося при штамповке иногда удаётся исправить перештампкой.

Контроль качества поковок осуществляется в цехе путём: а) проверки геометрических размеров поковки после определённых переходов, заранее намеченных, и после окончательного изготовления поковки; б) выявления трещин; в) проверки механической прочности поковки.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

Общеховые мероприятия

1. Правильное размещение оборудования.
2. Устройство хорошей вентиляции.
3. Устройство правильного и хорошего освещения (искусственного и естественного).
4. Постановка предохранительных ограждений и приспособлений у оборудования.
5. Систематическая проверка состояния оборудования, ручного инструмента, штампов, бойков и предохранительных ограждений.
6. Планово-предупредительный ремонт оборудования и всех инструментов.
7. Рациональная организация труда и рабочих мест.
8. Совершенствование технологии основного производства, ремонтных и вспомогательных работ.
9. Снабжение рабочих спецодеждой и средствами защиты (очками, рукавицами).
10. Систематическое обучение и инструктаж рабочих как в отношении кузнечных приёмов, так и в отношении знания правил техники безопасности.
11. Систематическое обеспечение чистоты рабочих мест и всего цеха.
12. Строгое соблюдение правил техники безопасности при эксплуатации транспорта и транспортно-подъёмных средств (не перегружать краны, правильно зацеплять, укладывать, подвешивать груз, проверять чалочные приспособления и т. п.).

Общие указания

1. При несчастном случае необходимо немедленно:

а) потерпевшему оказать медицинскую помощь;

б) в случае тяжёлого состояния потерпевшего вызвать скорую медицинскую помощь;

в) заявить мастеру, табельщику;

г) составить акт о всех обстоятельствах, при которых произошёл несчастный случай.

2. Перед работой нужно проверить исправность всех частей молота, прессы, машины.

3. Пуск молотов, прессов, машин разрешается только специально обученным и назначенным для работы на них квалифицированным рабочим.

4. Смазку молотов, прессов, машин должен производить только смазчик или кузнец (штамповщик), если он специально обучался этому, на тех машинах-орудиях, где нет централизованной смазки; заправлять маслёнки надлежит только после полной остановки машины и её выключения.

Все трущиеся части молота, прессы, машины, требующие смазки, должны быть смазаны до пуска в ход.

До начала работы должны быть проверены:

а) исправность приборов для смазки и маслопроводов;

б) правильность установки бойков, штампов на наковальне, обрабатываемой детали;

в) исправность державок (клещей), при которых должен быть набор патронов или колец разной величины для зажимания обрабатываемых деталей.

5. Ремонт молотов, прессов, машин во время их работы запрещается.

6. Инструмент:

а) надлежит складывать в порядке на рабочем месте в специальных ящиках; по окончании надобности относить, причём тяжёлый не класть высоко;

б) употреблять только вполне исправный, прочный, незамазанный, сухой, с ровной, не избитой поверхностью головок;

в) молоток и кувалда должны быть плотно насажены на рукоятку;

г) должен иметь соответствующую назначению форму (губки клещей должны быть подогнаны к профилю заготовки или форме хвостовика поковки).

7. Исправление и ремонт в процессековки молота, прессы, машины должны выполнять только назначенные для этого слесари.

8. Воспрещается:

а) во время работы молота, прессы, машины производить ремонт, уборку окалины и обрезков, чистку и установку штампа;

б) ходить и работать под грузом, передвигаемым или поднятым краном;

в) оставлять висеть груз на кране, талях или подъёмном блоке;

г) обливать водой горячие поковки или класть их в сырое место;

д) ковать холодный или пережжённый металл.

9. Обрубки и окалина надлежит удалять с наковальни или штампа металлической щёткой, метлой или обдувкой воздухом.

10. Воспрещается очищать наковальни или штампы от окалины руками, даже в рукавицах.

11. Воспрещается разбрасывать горячие поковки и обрубки по цеху, их следует складывать в определённых местах.

12. Кузнецы, штамповщики, молотобойцы, подсобные рабочие должны работать с предохранительными очками, в спецодежде и рукавицах.

13. Рабочие места, проезды и проходы не должны загромождаться материалом, заготовками, обрубками, отрезанными заусеницами и инструментом.

14. Выбивать клинья «соколом» надлежит под руководством мастера; на пути движения «сокола» никого не должно быть; клин при забивке удерживают клещами; цепь, применяемая при забивке «соколом», должна быть предварительно испытана на прочность.

При выбивании клинзев с противоположной стороны не должно быть никого на близком расстоянии.

Забитый клин не должен выступать более чем на 75—150 мм.

15. О всяких неисправностях, обнаруженных во время работы молота, прессы, машины, кузнец (штамповщик) обязан немедленно заявить мастеру или наладчику и требовать их указаний и исправлений.

16. Молотобойцы и подсобные рабочие должны слушать команду кузнеца и строго её выполнять.

Ковка вручную

1. Следить за тем, чтобы молотки, кувалды, топоры и другой инструмент были плотно насажены на рукоятки.

2. Следить за чистотой рабочего места.

3. Не допускать расклёпа головки зубила.

4. Место удара кузнец должен показывать молотобойцу инструментом.

5. Во время рубки запрещается стоять против отрубаемой части металла по пути возможного её полёта; с этой стороны необходимо устанавливать переносный оградительный щит.

6. Зубило необходимо ставить на заготовку вертикально (не наклонно), а при рубке с подсечкой — против последней.

Работа на молотах и прессах свободной ковки

1. Наковальни молотов должны иметь нормальную высоту (от 650 до 750 мм).

2. Верхний и нижний бойки должны быть одинаковой ширины, плотно прилегать друг к другу и быть хорошо заклинены.

3. Поковку нужно держать посредине наковальни.

4. При рубке следить за правильным положением топора; остывший металл разрешается рубить лишь при наличии специальных приспособлений.

5. До начала работы необходимо удалить конденсационную воду из цилиндра; сальники должны быть хорошо набиты, так как конденсационная вода во время удара молота может разбрызгаться и обжечь рабочих.

6. Пускать пар нужно постепенно для прогрева золотниковой коробки, затем холостыми ударами «прокатать» цилиндр.

7. Боек и шток должны быть до работы прогреты (особенно в зимнее время) до температуры 50—100° С.

8. Необходимо своевременно подбивать клинья у бойков.

9. Нельзя допускать холостых ударов верхнего бойка по нижнему.

10. Педаль (при ножном управлении) должна быть так ограждена, чтобы не было случайного нажатия.

11. Кузнец должен:

а) о начале и конце обработки большого изделия под молотом или прессом сделать предупреждение сигналом;

б) следить за правильностью нагрева;

в) клещи и заготовку держать во время ковки сбоку, а не перед собой;

г) тяжёлые поковки подавать специальными приспособлениями;

д) чтобы удержать бабу в верхнем положении, подводить под неё подставку на самом тихом ходу молота.

12. При неисправных гидравлических или воздушных манометрах воспрещается работать.

Работа на штамповочных молотах, прессах и ковочных машинах

1. Во время осмотра установки и зачистки штампов и при других работах в зоне движения бабы наладчик обязательно должен закрывать вентиль пуска пара, а бабу закреплять на подставке с прямыми срезами на концах.

2. Штамповщик перед началом работы обязан:

а) проверить правильность прогрева штампов, бабы и штока и состояние защитных приспособлений;

б) спустить конденсационную воду через продувочные краны цилиндра;

в) испробовать молот вхолостую;

г) проверить исправность и надёжность закрепления штампов.

3. Штамповщик во время работы обязан:

а) следить за своевременной смазкой параллелей и штока, за подачей смазки в цилиндр;

б) следить за исправностью пускового механизма;

в) держать клещи при ковке так, чтобы рукоятки их были сбоку туловища;

г) не вводить губки клещей в зону движения верхнего штампа;

д) при застревании поковок в штампе требовать замены и исправления штампа, но отнюдь не пользоваться подкладками;

е) при обрубке концов полосы металла последние удары наносить слабо;

ж) следить за исправностью тормоза;

з) применять приспособления для безопасной укладки заготовок, продвижения их и снятия после штамповки;

и) проверять соответствие диаметра прутка диаметру матриц;

к) очищать нагретую часть прутка от окалины;

л) следить, чтобы клещи или патрон не попадали между штампами (матрицами);

4. Штамповщик не должен:

а) допускать обработки остывшего, перегретого или пережжённого металла;

б) производить удары штампов один по другому без упругой прокладки, допуская их лишь в отдельных случаях при забивке клина;

- в) допускать удары штока о верхнюю и нижнюю крышки цилиндра;
- г) вводить руки в пространство между матрицами.

Работа на обрезных прессах

1. При осмотре матрицы или пуансона наладчик должен обязательно ставить под ползун надёжную подставку; клин не должен выступать за пределы ползуна более чем на 50 мм.
2. Прессовщик должен пускать пресс только после того, как поковка правильно уложена на матрицу и клещи выведены из опасной зоны (за пределы движения ползуна).

3. При установке поковки на матрицу, а также при снятии заусениц прессовщик должен держать клещи у конца рукояток, чтобы руки находились за пределами движения ползуна.

4. Во время работы (хода) пресса:

а) руки прессовщика не должны находиться в зоне движения ползуна;

б) воспрещается класть поковку на матрицу, поправлять поковку или матрицу, снимать поковку и заусеницы.

5. При снятии с пресса поковки и заусениц нога рабочего не должна находиться на пусковой педали.

6. В случае опускания ползуна пресса без включения его прессовщик должен немедленно остановить работу и заявить об этом мастеру.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

1. Борц М. Г. Расчёт подкатных ручьёв в ковочных штампах. *Органиформация* № 3, 1935.
2. Брюханов А. И. и Ребельский А. В. Горячая штамповка на молотах. Конструирование и расчёт штампов. Машгиз, М., 1952.
3. Брюханов А. И. Штамповка на молотах. *Энциклопедический справочник «Машиностроение»*, т. 6. Машгиз, 1948.
4. Гипроавтопром. Справочник проектанта машиностроительных заводов. Книга 1. Машгиз, 1946.
5. Гирш И. И. Штамповка на горизонтально ковочных машинах. *Энциклопедический справочник «Машиностроение»*, т. 6. Машгиз, 1948.
6. Гостев В. И. Качество штампованных поковок. Машгиз, 1947.
7. Граников Я. Я. Скоростной метод нагрева металла под ковку и штамповку токами повышенной и промышленной частоты. *МОНИТОмаш. Скоростные методы обработки металлов*. Машгиз, 1949.
8. Губкин С. И. Теория обработки металлов давлением. *Металлургиздат*, 1947.
9. Игнатов А. А. и Рудой М. Л. Горячая штамповка на молотах. Машгиз, М., 1938.
10. Инструктивные указания по нормированию расхода топлива для стационарных установок железнодорожного транспорта. *Трансжелдориздат*, 1953.
11. Керекеш В. В. Нагрев стальных заготовок и охлаждение поковок. *Энциклопедический справочник «Машиностроение»*, т. 6. Машгиз, 1948.
12. Керекеш В. В. и Рудой М. Л. Нормативы времени по горячей штамповке. *Бюро технических нормативов НКСС*, 1943.
13. Копытов В. Ф. Механизированные кузнечные печи. Машгиз, Киев — М., 1952.
14. Корнеев Н. И. Деформация металлов ковкой. *Оборонгиз*, 1947.
15. Кузнечно-прессовое оборудование. Каталог ЦБТИ Министерства станкостроения, 1949.
16. Любонный Ю. С. и Фалкин Л. А. Экономия металла в кузнечных цехах. Машгиз, 1939.
17. Мисожинов В. М. и Гринберг М. Я. Технология холодной высадки. Машгиз, М., 1951.
18. Рудой М. Л. Кузнечные штампы в работе. *Вестник металлопромышленности* № 6, 1935.
19. Сторожев М. В. Свободная ковка и объёмная штамповка. *Справочник машиностроителя*, т. 11. Машгиз, М., 1951.
20. Сторожев М. В. Технология свободнойковки. *Энциклопедический справочник «Машиностроение»*, т. 6. Машгиз, 1948.
21. Соколов И. Г. Ковка и штамповка деталей подвижного состава. *Трансжелдориздат*, 1948.
22. Хржановский С. И. Проектирование кузнечных цехов. Машгиз, 1949.
23. Копытов В. Ф. и др. Печи для нагрева металла. Под редакцией Н. Н. Доброхотова. Машгиз, М., 1941.
24. Томлёнов А. Д. Теория пластических деформаций металлов. Машгиз, М., 1951.
25. Шепеляковский К. З. Производственное оборудование для индукционного нагрева в кузнечных цехах. *«Вестник машиностроения»*, № 3, 1949.
26. Атлас по общему курсу «Металлургические печи». Под научной редакцией проф., доктора техн. наук М. А. Глинкова. *Металлургиздат*, М., 1952.

СВАРКА В ПАРОВОЗНОМ И ВАГОННОМ ХОЗЯЙСТВЕ



Таблица 1

Удельный расход электроэнергии при различных методах сварки

Метод сварки	Расход электроэнергии в кВт-ч/кг
Однопостовая сварка постоянным током	5,0 — 6,5
Многопостовая сварка постоянным током низкого напряжения	5,0 — 5,5
Однопостовая сварка однофазным переменным током	3,5 — 3,8
Однопостовая сварка трёхфазным током	2,65 — 3,0
Многопостовая сварка переменным током	2,5 — 2,8

В настоящем разделе приведены справочные данные по сварке в паровозном и вагонном хозяйстве. В других томах Технического справочника железнодорожника освещены следующие вопросы сварочного производства: расчёт сварных соединений — во 2-м томе, стр. 241 — 245; организация сварочных работ и характеристики электросварочных машин и аппаратов при строительстве железнодорожных зданий — в 3-м томе, стр. 526 — 528; электросварка в мостостроении — в 4-м томе, стр. 188 — 190; сварочно-наплавочные работы в путевом хозяйстве — в 5-м томе, стр. 378 — 409; сварные соединения элементов вагонов — в 6-м томе, стр. 730 и 731; организация сварочных работ в паровозном хозяйстве — в 7-м томе, стр. 188; организация сварочных работ при ремонте вагонов — в 7-м томе, стр. 430, 432, 461; сварка проводов связи — в 8-м томе, стр. 121, 122 и 226.

Из известных в настоящее время способов сварки в паровозном и вагонном хозяйстве наиболее широко применяется электродуговая (дуговая) сварка. Способ дуговой сварки был впервые предложен в 80-х годах прошлого века русскими инженерами Н. Н. Бенардосом (сварка угольным электродом) и Н. Г. Славяновым (сварка металлическим электродом).

Развитию и внедрению дуговой сварки при ремонте подвижного состава во многом способствовали работы, проведенные лауреатом Сталинской премии Д. А. Дульчевским.

Наряду с дуговой сваркой широко применяется газовая сварка и резка, контактная и газопрессовая сварка. Дуговая резка [15] применяется редко.

На предприятиях железнодорожного транспорта электрическая сварка производится как на постоянном, так и на переменном токе.

Как видно из табл. 1, сварка переменным током значительно экономичнее сварки постоянным током.

ДУГОВАЯ СВАРКА

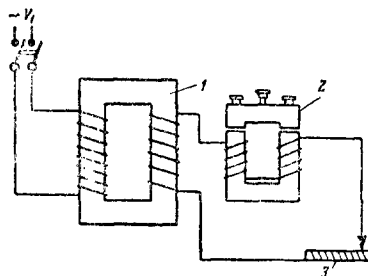
При дуговой сварке соединение металлов достигается без применения механических усилий путём местного нагрева свариваемых частей до плавления теплом сварочной дуги, горящей между угольным или металлическим стержнем (электродом) и изделием.

В паровозном и вагонном хозяйстве при-

меняется, как правило, дуговая сварка металлическим электродом.

Сварочное оборудование и аппаратура для дуговой сварки

Для сварки на переменном токе в паровозном и вагонном хозяйстве применяют сварочные трансформаторы типа СТЭ, а в последнее время СТН (табл. 2).



Фиг. 1. Принципиальная схема трансформаторов СТЭ: 1 — сварочный трансформатор; 2 — регулятор (реактор); 3 — свариваемое изделие

Трансформаторы СТЭ (фиг. 1) имеют регуляторы (реакторы) для плавного регулирования сварочного тока и создания плавной внешней характеристики.

Трансформаторы СТН (схема акад. В. П. Никитина) являются однокорпусными, у них трансформатор и реактор объединены в одной конструкции (фиг. 2).

Технические характеристики трансформаторов типов СТЗ и СТН

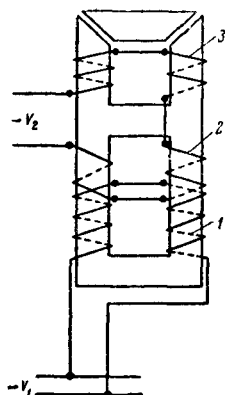
Таблица 2

Элементы характеристики	Единица измерения	Типы и серии трансформаторов							
		СТЗ-22	СТЗ-23	СТЗ-24	СТЗ-32	СТЗ-34	СТН-500	СТН-700	СТ-АН-1
Габариты трансформатора:									
ширина	мм	311	325	314	390	370	410	429	520
длина	»	610	668	646	668	690	796	766	870
высота	»	682	670	660	678	660	840	840	800
Габариты регулятора:									
ширина	»	276	311	320	317	320	—	—	—
длина	»	597	679	594	710	669	—	—	—
высота	»	567	585	545	622	545	—	—	—
Первичное напряжение	в	120/220, 220/380 или 500	220, 380 или 500	220 или 380	220, 380 или 500	220 или 380	220 или 380	220 или 380	220 или 380
Вторичное напряжение при холостом ходе	»	65	65	65	65	60	60	60	60—70
Повторно кратковременный режим работы—ПВ	%	65	65	65	65	65	65	60	65
Мощность	квa	15,0	19,5	22,75	29	30	30	42	22
Сварочный ток	a	230	300	350	450	500	500	700	330
Пределы регулирования сварочного тока	»	70—300	50—440	70—500	100—700	150—700	150—700	225—900	60—480
К. п. д. (для трансформатора и регулятора)	%	74	83	83	85	85	87	85	83
Созд (для трансформатора и регулятора)	—	0,62	0,50	0,52	0,48	0,52	0,55	0,66	0,52
Вес трансформатора	кг	117	145	140	185	200	270	380	—
» регулятора	»	63	90	90	130	120	—	—	—

Встречающиеся иногда трансформаторы СТ-АН-1 имеют три стержня. На одном из крайних стержней расположена первичная обмотка и часть вторичной; на другом крайнем стержне расположена другая часть вторичной обмотки.

Средний сердечник трансформатора перемещается при вращении маховичка.

Такое расположение части вторичной



Фиг. 2. Принципиальная схема трансформаторов СТН: 1—первичная обмотка; 2—вторичная обмотка; 3—реактивная обмотка

обмотки даёт возможность использовать её в качестве реактивной катушки для создания требуемой формы внешней характеристики трансформатора.

При помощи среднего стержня регулируется сварочный ток.

Осциллятор—генератор тока высокой частоты, накладываемого на сварочный ток нормальной частоты для повышения устойчивости

горения дуги при сварке на переменном токе. Для этой цели он иногда применяется при работе от сварочного трансформатора.

Основные параметры осцилляторов даны в табл. 4.

Для сварки на постоянном токе в основном применяются однопостовые сварочные агрегаты типов СМГ, СУГ и САК (табл. 3).

Генераторы постоянного тока этих агрегатов изготавливают по ГОСТ 304-51.

В качестве двигателя служат асинхронные электромоторы или двигатели внутреннего сгорания.

Пределы регулирования сварочного тока установлены следующие: при номинальном токе до 100 a—отношение максимального тока к минимальному—6:1 и при номинальном токе свыше 100 a—4:1.

Напряжение холостого хода однопостовых сварочных генераторов должно быть не более 90 в.

Наиболее распространённым типом сварочного генератора постоянного тока является генератор типа СМГ-2.

Генератор СМГ-2 отличается от генератора СМГ-1 тем, что имеет внешнюю характеристику с большей крутизной.

Регулировка силы тока производится при помощи смещения системы щёток (грубая регулировка) и при помощи регулятора возбуждения (точная регулировка).

Сварочный агрегат типа СУГ-2р состоит из генератора типа СМГ-2г-II и электродвигателя МА-202-1/4, соединённых муфтой.

Сварочный агрегат типа САК-2г-III состоит из установленного на одной раме сварочного генератора типа СМГ-2г-III и бензинового двигателя типа ГАЗ-МК.

Таблица 3

Технические характеристики сварочных агрегатов постоянного тока

Элементы характеристики	Единица измерения	Типы и серии агрегатов									
		СМГ-1	СМГ-2	СМГ-2а	СМГ-2б	СУГ-2а	СУГ-2б	СУГ-2р	САК-2-1	САК-2-11	САК-21-11
Генератор											
Номинальная мощность	квт	3,75	7,75	10	6,25	10	6,25	7,5	6,25	6,25	7,5
Напряжение	в	25	40	40	25	40	25	30	20—25	20—25	30
Сила тока:											
при ПВ—100%	а	150	250	250	250	250	250	250	250	250	250
при ПВ—50%	»	230	310	350	350	350	350	320	350	350	320
Пределы регулирования сварочного тока		—	—	—	—	—	70—360	45—320	—	75—300	45—320
Двигатель											
Тип	—	МТ-61/4 (ПН-68)	—	ТАК-42/4	МТ-62/4 (ПН-100)	МКФ-29/4	МКФ-29/4	МА-202-1/4	ГАЗ-К	Универсаль	ГАЗ-МК
Мощность	квт	10 (6,4)	14,5	14,5	12 (15)	11,5	11,5	13	20,6	14,72	—
Напряжение	в	220/380	220/380	220/380	220/380	220/380	220/380	220/380	—	—	—
Род топлива	—	—	—	—	—	—	—	—	Бензин	Керосин	Бензин
Число оборотов	об/мин.	1 430	1 430	1 430	1 430	1 430	1 430	1 430	1 250	1 250	1 430
Габариты:											
длина	мм	1 511	1 618	1 618	1 575 (1 618)	1 270	1 270	1 620	2 340	2 340	2 120
ширина	»	625	808	808	803	526	526	626	900	900	820
высота	»	562	575	575	575	1 150	1 150	1 080	1 320	1 320	1 750
вес	кг	570	750	750	750	550	550	550	1 050	1 050	900

Агрегат может быть установлен на прицепе автомашин; для подъема и переноса краем он имеет специальные отверстия для строп.

Меньшее распространение получил передвижной агрегат типа ПАС-400-1, который используется для подводной сварки и для работы на воздухе.

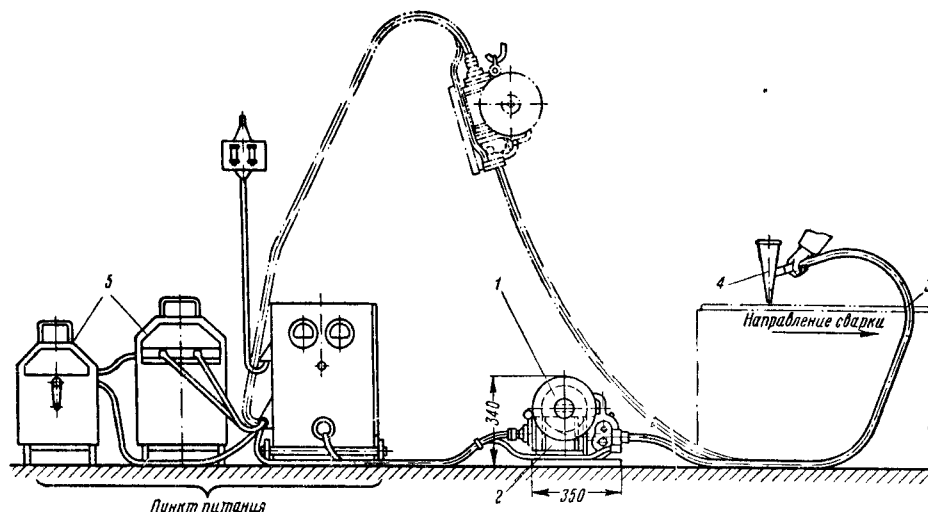
В качестве источника сварочного тока у него применяется генератор типа СГП-3-1, соединенный с автомобильным двигателем типа ЗИС-120.

Для полуавтоматической сварки под флюсом при сварочных работах по ремонту деталей паровозов и вагонов применяются шланговые полуавтоматы (табл. 5). Полуавтомат ПШ-5 (фиг. 3) состоит из подающего механизма 2 с кассетой 1, переносного шланга 3

длиной 3,5 м и держателя 4. Питание сварочным током осуществляется от сварочного трансформатора с регулятором 5. Универсальный держатель ДШ-5 имеет трубчатый мундштук с рукояткой и воронку для флюса с сеткой.

Для вварки связей паровозных котлов применяется держатель ДШ-6, который для вращения мундштука вокруг связи снабжен ручным приводным механизмом.

Для наплавки подрезанных гребней бандажей паровозных и вагонных колесных пар применяются двухдуговые автоматы ДАН-3 (табл. 6). Для автоматической сварки под флюсом в паровозном хозяйстве применяются сварочные автоматы (тракторы) ТС-17 (табл. 7).



Фиг. 3. Схема установки для шланговой полуавтоматической сварки

Таблица 4

Технические данные осцилляторов [15]

Элементы характеристики	Единица измерения	МРЗ-ТУ-77	МРЗ-ТУ-177	МРЗ-ТУО-3	М-2	М-3
Первичное напряжение . .	<i>в</i>	65÷220	65÷220	65	110÷220	40÷65
Вторичное напряжение. . .	<i>»</i>	1 500	2 500	3 700	2 600	2 500
Потребляемая мощность . .	<i>квт</i>	1,0	0,4	0,225	0,14	0,75
Конденсатор	<i>мкф</i>	1,005	0,005	0,005	0,0045	0,0025
Катушки	<i>мси</i>	0,097	0,097	0,037	0,005	~0,16
Емкость блокировочного конденсатора	<i>мкф</i>	0,5	0,5	0,5	0,5	1—2
Вес	<i>кг</i>	25	20	20	20	15

Таблица 5

Техническая характеристика шлакового полуавтомата ПШ-5

Тип держателя	Сила сварочного тока в <i>а</i>	Диаметр электродной проволоки в <i>мм</i>	Вес держателя в <i>кг</i>	Скорость подачи электродной проволоки в <i>м/час</i>	Источник питания
ДШ-5	150÷650	1,6÷2,0	2	79÷600	Сварочные трансформаторы СТЭ или агрегаты СМГ
ДШ-6	250÷400	1,6÷2,0	4	126÷191	

Таблица 6

Техническая характеристика автомата ДАН-3

Дуга	Сила сварочного тока в а	Диаметр электродной проволоки в мм	Скорость подачи электродной проволоки в м/час	Скорость сварки в м/час	Источник питания	Тип электроддвигателя и мощность в квт
I	160—200	1,6—2,2	120	21	СУГ-26	МАГ-2; 0,18
II	280—300	1,6—2,2	208	24	СУГ-26	

Таблица 7

Техническая характеристика сварочного трактора ТС-17

Назначение	Диаметр электродной проволоки в мм	Сила сварочного тока в а	Скорость подачи электродной проволоки в м/мин	Скорость сварки в м/час	Коды и база тележки в мм	Габариты в мм	Вес (без флюса и проволоки) в кг	Тип электроддвигателя
Для сварки стыковых швов и угловых «в лодочку»	4,5 и 6	500—1 000	0,66—1,5	20—45	257 и 324	780×348×530	42	МАГ-2, асинхронный 100 вт, 1 450 об/мин.

Электроды

Сварочная проволока для электродов. При ремонте стальных деталей подвижного состава используют электроды, изготовленные из углеродистой сварочной проволоки по ГОСТ 2246-51 диаметром от 3 до 7 мм (табл. 8).

Марки проволоки Св-I; Св-IA; Св-IG; Св-IGA используют также для автоматической и полуавтоматической сварки под слоем флюса.

Электроды для сварки стали. Тонкопокрытые электроды. Механические свойства металла, наплавленного тонкопокрытыми электродами, невысоки и мало отличаются от механических свойств металла шва, наплавленного голыми электродами. Тонкие покрытия увеличивают только стабильность горения дуги.

Из различных марок тонкопокрытых электродов при ремонте подвижного состава применяют иногда электроды с меловой обмазкой типа Э34 по ГОСТ 2523-51.

Технические характеристики электродов с меловой обмазкой следующие:

Механические свойства металла шва:	
предел прочности на растяжение	≥34 кг/мм ²
относительное удлинение δ ₅	6—10%
ударная вязкость сварного соединения	0,5—2,0 кгм/см ²
угол загиба сварного соединения	≥30°
Коэффициент наплавки	7,4 г/а-ч
» потеря	20—25%
Толщина покрытия	0,15—0,25 мм
Состав покрытия:	
мел	75—70% по весу
растворимое стекло	25—30% » »
коэффициент веса покрытия	1—2%

Электроды с защитными покрытиями. Для повышения механических свойств сварных швов применяют электроды с защитными покрытиями специального состава (табл. 9 и фиг. 4).

Таблица 8

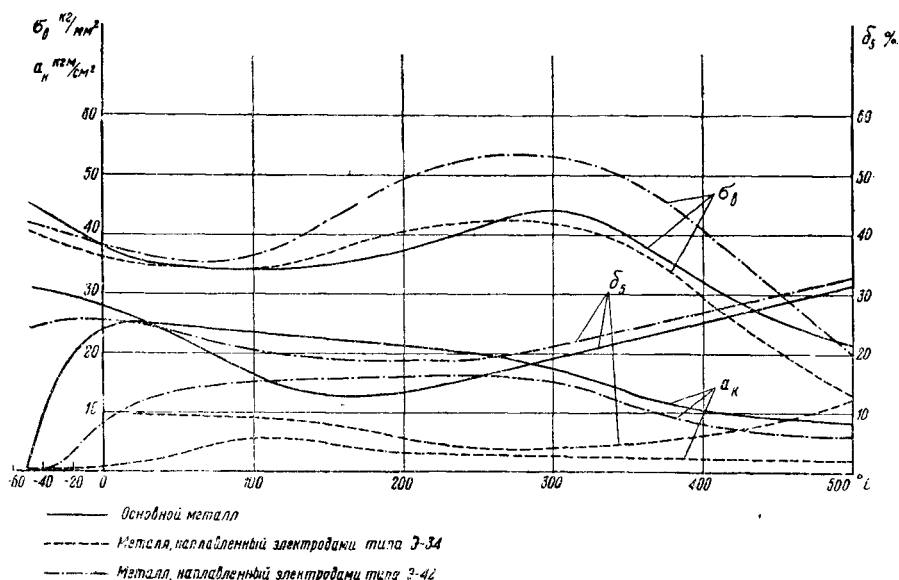
Химический состав углеродистой сварочной проволоки (ГОСТ 2246-51)

Марка		Содержание элементов в % не более						
проволоки	стали	C	Mn	Si	Cr	Ni	S	P
Св-I	Св-I	0,1	0,35—0,60	0,03	0,15	0,30	0,04	0,04
Св-IA	Св-IA	0,1	0,35—0,60	0,03	0,10	0,25	0,03	0,03
Св-IG	Св-IG	0,1	0,8 — 1,1	0,03	0,15	0,30	0,04	0,04
Св-IGA	Св-IGA	0,1	0,8 — 1,1	0,03	0,10	0,25	0,03	0,03
Св-II	Св-II	0,11—0,18	0,35—0,6	0,03	0,20	0,30	0,04	0,04
Св-IIГ	Св-IIГ	0,11—0,18	0,8 — 1,1	0,03	0,20	0,30	0,04	0,04

Таблица 9

Характеристики электродов с защитными покрытиями [15]

Элементы характеристики	Назначение							
	для сварки и наплавки				для специальных наплавочных работ			
Тип обмазки	ОММ-5	ЦМ7	ЦМ-7С	УОНИИ 13/45	УОНИИ 13/55	ОЗН-250 ²	ОЗН-300 ²	Т-293
Тип электрода по ГОСТ 2523-51	Э42	Э42	Э42	Э42А	Э50А	ЭНХ-25	ЭНХ-30	ЭНР-62
Род тока	Постоянный и переменный ¹			Постоянный		Постоянный и переменный		
Полярность	Прямая			Обратная		Обратная		
Положение сварки	Любое ²		Нижнее	Любое ²		Нижнее		
Предел прочности металла шва в кг/мм ²	46÷50	41÷53	41÷44	43÷45	50÷55	—	—	—
Относительное удлинение металла шва в %	21÷28	18÷30	18÷21	23÷32	25÷30	—	—	—
Ударная вязкость сварного соединения в кг/см ²	10÷12	8÷11	8÷11	25÷30	25÷30	—	—	—
Твёрдость наплавки НВ	—	—	—	—	—	250±25	300±25	600÷630
Коэффициент веса покрытия в %	30÷40	42÷49	50÷60 и выше	30÷40	30÷40	39÷44	39÷44	—
Коэффициент наплавки в г/а-ч	6,5—7,2	11	11,5—12,5	9,8	9,8	9	9	—
Коэффициент потерь в %	15—20	10	—	—4,8	—4,8	—	—	—
Длина электрода: диаметр 3,5—4 мм	400÷450	400÷450	400÷450	400÷450	400÷450	400÷450	400÷450	400÷450
» 5 мм и выше	450	450	450	450	450	450	450	450

¹ Данные приведены для сварки на переменном токе.² Сварка электродами диаметром более 5 мм в вертикальном и потолочном положении затруднительна.³ По данным опытного сварочного завода ЦНИИ МПС.

Фиг. 4. Показатели прочности основного и наплавленного металлов при сварке и зависимость их от температуры

Защитные покрытия содержат газо- и шлакообразующие компоненты и раскислители, а иногда и легирующие компоненты.

Электроды для сварки чугуна. Для горячей сварки чугуна используют чугунные

прутки марок А и Б по ГОСТ 2671-44 (табл.10). Для удаления посторонних включений из ванны расплавленного металла при горячей сварке применяют флюс из толчёной переплавленной буры.

Таблица 10

Химический состав прутков для сварки чугуна (ГОСТ 2671-44)

Марка	Содержание элементов в %						Назначение	
	C	Si	Mn	S не более	P	Cr		Ni
						не более		
А	3÷3,6	3÷3,5	0,5÷0,8	0,08	0,1÷0,5	0,05	0,3	Для газовой сварки и для стержней электродов при горячей сварке Для стержней электродов при горячей, полугорячей и холодной сварке
Б	3÷3,6	3,6÷4,8	0,5÷0,8	0,08	0,3÷0,5	0,05	0,3	

При дуговой полугорячей сварке чугуна в отдельных случаях применяются чугунные электроды, представляющие собой прутки марки Б, покрытые обмазкой (табл. 11).

Таблица 11

Состав покрытия чугунных электродов для дуговой полугорячей сварки

Состав обмазки в %	Тип обмазки		
	ОМЧ-1	УЗТМ	ЦНИИВТ
Мел, мрамор	25	13	—
Полевой шпат	25	—	—
Графит	41	45	17
Карборунд	—	—	65
Ферромарганец	9	—	—
Оксид магния	—	9	—
Титановая руда	—	16	—
Алюминий	—	4	15
Кварцевый песок	—	6	—
Поташ	—	7	—
Углекислый барий	—	—	3
Толщина слоя обмазки в мм	1—1,5	1—1,5	1—1,5

Для холодной дуговой сварки чугуна в паровозном и вагонном хозяйстве в тех случаях, когда не требуется высокой плотности шва и механической обработки места сварки, применяются преимущественно электроды с меловым покрытием. В паровозном хозяйстве при заварке трещин в ответственных деталях применяются железо-медные электроды, представляющие собой прутки из проволоки красной меди марки М-1, с покрытием УОНИИ-13/55, в состав которого дополнительно введен железный порошок.

В паровозном и вагонном хозяйстве в последнее время применяются также комбинированные пучки электродов, предложенные сварщиком А. Г. Назаровым; они составлены из стального электрода марки ОММ-5, УОНИИ-13/45 или УОНИИ-13/55 и одного или нескольких прутков из проволоки красной меди марки М-1.

Для лучшей газовой защиты наплавляемого металла шва пучки, в состав которых входят электроды ОММ-5, обертываются бумагой на жидком стекле в 2—3 слоя (табл. 12).

Электроды для сварки бронзы. Для выполнения наплавочных работ на бронзовых деталях дуговой сваркой применяют бронзовые электроды, отлитые из бронзы того же состава, что и ремонтируемая деталь. В качестве флюса используют толченую переплавленную буру.

Таблица 12

Характеристика комбинированных пучков электродов для холодной дуговой сварки чугуна [10]

Состав пучка ¹					Способ сборки пучков ²	Назначение
Стальной электрод	Медные стержни					
	d = 4 мм	d = 5 мм	d = 3 мм	d = 4 мм		
1	—	2	—	—		1-й слой при сварке встык
1	—	—	1	—		1-й слой при сварке встык
1	—	3	—	—		2-й и последующие слои при сварке встык и для наплавки поверхностей
1	—	—	2	—		Для всех случаев
—	1	3	—	—		Для всех случаев, кроме 1-го слоя, при сварке встык
—	1	—	2	—		Для всех случаев
—	1	—	3	—		Только для наплавки поверхностей
—	1	—	—	1		1-й слой при сварке встык
—	1	—	—	2		2-й и последующие слои при сварке встык и для наплавки поверхностей
—	2	—	—	2		Только для наплавки поверхностей
—	2	—	—	1		2-й слой при наплавке поверхностей

¹ К любому из указанных пучков электродов рекомендуется присоединить латунный прутки или полосу сечением 5—7 мм².

² Светлые кружки — стальной электрод с толстой обмазкой, зачерненные кружки — голые медные стержни.

Флюсы для автоматической сварки. Роль флюса при автоматической сварке та же, что и защитных покрытий при ручной дуговой сварке.

Флюс представляет собой зёрна определённого состава и грануляции в зависимости от назначения. Толщина слоя флюса на поверхности свариваемой детали зависит от толщины основного металла (табл. 13).

Таблица 13

Необходимая толщина слоя флюса
на поверхности свариваемого металла [15]

Толщина свариваемого металла в мм	4—8	8—16	16—23	23—40	40—50
Вылет электродной проволоки из мундштука в мм	20—25	30—35	35—40	40—45	45—60
Толщина слоя флюса в мм	25—30	30—40	40—50	50—60	60—75

Основными типами флюсов, применяемых при ремонте деталей подвижного состава автоматической и полуавтоматической сваркой, являются ОСЦ-45 и АН-348Ш. Грануляция флюса должна быть 0,15—2,5 мм.

Технология электродуговой сварки

Подготовка кромок и размеры швов. Подготовка кромок и размеры сварных швов при ручной дуговой сварке должны соответствовать ГОСТ 5264-50.

При разделке трещин по их концам дополнительно просверливают отверстия диаметром, равным толщине металла.

При сварке внахлестку величина перекрытия листов должна быть не меньше $5S$, где S — толщина более тонкого элемента [16]. При сварке втавр размер катета шва выбирают равным толщине более тонкого листа.

Режимы сварки. Сила сварочного тока при ручной дуговой сварке выбирается в зависимости от диаметра и марки электрода, положения сварки, типа сварного соединения. Силу тока выбирают в каждом конкретном случае таким образом, чтобы кратер имел глубину 1,5—4 мм, в основном металле не образовывалось подрезов, электрод не перегревался и не было сильного разбрызгивания металла. Ориентировочные данные для тонкопокрытых электродов приведены в табл. 14.

При применении электродов с защитным покрытием рекомендуется соотношение между диаметром применяемых электродов и толщиной основного металла сохранять то же, что и для тонкопокрытых электродов, силу же тока устанавливать для электродов диаметром: 4 мм 140—200 а, 5 мм 190—280 а и 6 мм 240—350 а.

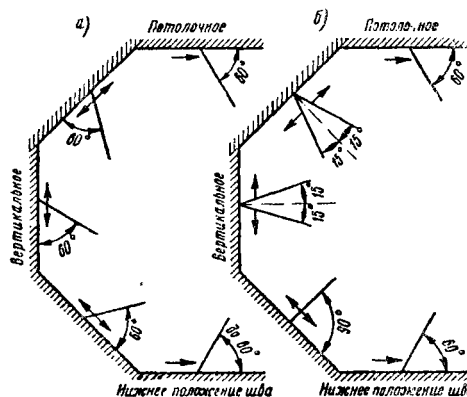
Режимы автоматической и полуавтоматической сварки под слоем флюса для некоторых случаев применения при ремонте подвижного состава приведены в табл. 15—17.

Техника наложения швов. В зависимости от типа применяемых электродов, условий выполнения сварки и квалификации сварщика техника управления электродом при дуговой сварке может быть различной.

На фиг. 5 показаны углы наклона электрода при различных положениях шва в пространстве.

При выполнении сварки в вертикальном или наклонном положении электрод перемещается снизу вверх. Во избежание глубокого проплавления при сварке тонкого ме-

талла иногда перемещают электрод сверху вниз. Однако при таком способе шлак легко может задержаться в наплавленном металле,

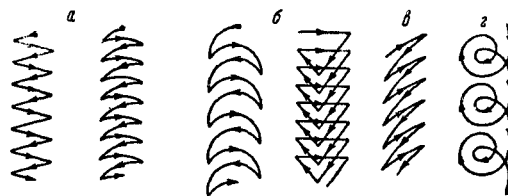


Фиг. 5. Наклон электрода при сварке в различных положениях: а — с защитным покрытием; б — тонкопокрытого

что приведёт к образованию шлаковых включений в шве.

В табл. 18 показаны положения электрода при наложении однослойных и многослойных угловых швов электродами с защитным покрытием.

Помимо угла наклона, при наложении широких валиков также имеет значение форма поперечных колебаний конца электрода. Различные виды поперечных колебаний электрода показаны на фиг. 6.



Фиг. 6. Различные виды поперечных колебаний электрода при сварке: а — при наплавке уширенного валика; б — для усиления прогрева краев валика; в — для усиления прогрева одного края валика; г — для усиления прогрева середины валика

Длина дуги, особенно при сварке тонкопокрытыми электродами, влияет на качество наплавленного металла: дуга должна быть возможно более короткой.

Дефекты шва при неправильной технике его наложения показаны на фиг. 7.

При автоматической и полуавтоматической сварке под слоем флюса при увеличении наклона электрода от вертикали в сторону направления сварки несколько увеличивается глубина провара, при увеличении наклона электрода в противоположном направлении глубина провара резко уменьшается, а ширина валика увеличивается. При сварке по наклонной поверхности сверху вниз глубина проплавления меньше, чем при сварке снизу вверх. С увеличением вылета электрода из мундштука повышается коэффициент расплавления, а глубина проплавления уменьшается.

Таблица 14

Ориентировочные данные для выбора силы сварочного тока и диаметра электродов в зависимости от толщины основного металла [16]

Толщина свариваемых листов в мм	3	5	6	8	10	12	14	16	18	20 и больше			
Сварка встык со скосом кромок	70—80 3	100—120 3—4	120—140 3—4—5	140—160 4—5	160—180 4—5	180—200 5—6	200—220 5—6	210—230 5—6	220—240 5—6	230—250 6			
Сварка встык без скоса кромок . . .	140—160 4	180—210 5	200—220 5	—	—	—	—	—	—	—			
Сварка внахлестку и втавр	90—110 3	130—150 4—5	160—180 4—5	180—200 5—6	200—220 5—6	220—240 5—6	240—260 6	260—280 6—7	280—300 6—7—8	300—320 7—8—9			
Наплавка	75—90 3	110—130 3—4	140—160 4—5	160—180 4—5	180—200 5—6	200—220 5—6	220—240 5—6	230—250 5—6	250—280 6—7	250—300 6—7—8	260—300 7—8	300—350 8—9—10	
Заварка отверстий в нижнем положении	110—130 4	130—170 4—5	160—180 4—6	180—200 5—6	200—220 5—6	220—240 6	240—250 6—7	260—280 6—7	280—300 7—8	300—320 8—9	—	320—350 9—10	350—380 10—11—12

Примечание. В числителе указана сила тока в а, в знаменателе—диаметр электрода в мм.

Таблица 15

Режимы автоматической сварки стыковых швов под слоем флюса с ручной подваркой корня шва

Толщина листов в мм	Подготовка кромок			Диаметр электродной проволоки в мм	Сила тока в а	Напряжение дуги в в	Скорость сварки в м/час	Скорость подачи электродной проволоки в м/час
	угол разделки в градусах	притупление кромок в мм	глубина подварки в мм					
6	Без разделки	6	2	5	550—600	32—36	60	38—42
8	То же	8	3	5	700—750	30—32	45	51—57
10	»	10	4	5	750—800	32—34	35	64—70
12	30	4	4	5	800—850	32—34	30	70—75
14	30	5	5	5	900—950	34—36	25	85—90
16	30	6	6	5	900—950	31—36	20	90—95
18	40	6	6	5	950—1 000	34—36	16	90—95

Таблица 16

Режимы обварки под слоем флюса топочных связей паровозных котлов и наплавки гребней бандажей колёсных пар

Наименование работ	Показатели режима					
	диаметр электродной проволоки в мм	сила тока в а	напряжение дуги в в	полное время сварки на единицу в мин.	тип флюса	тип аппарата
Обварка связей . . .	1,6—2,0	400	30—34	0,2—0,3 (для связи d = 19 мм)	АН-348	Полуавтомат ПШ-5 с держателем ДШ-6
Наплавка гребней бандажей:						
I дуга	1,6—2,2	160—180	35—36	18 (для диаметра бандажа 1 050 мм при наплавке в 2 прохода)	АН-348	Двухдуговой автомат ДАН-3
II »	1,6—2,2	250—280	35—36			

Таблица 17

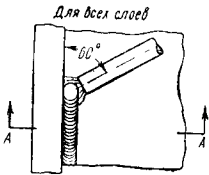
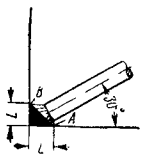
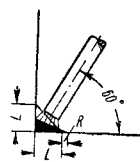
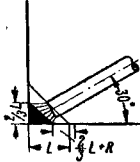
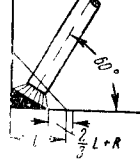
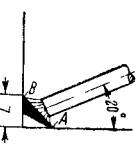
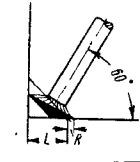
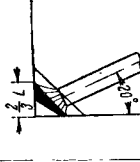
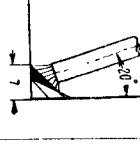
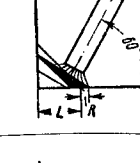
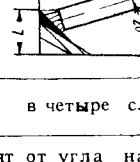
Режимы сварки шланговым полуавтоматом ПШ-5 с держателем ДШ-5 на переменном токе

Тип шва	Толщина листов в мм	Диаметр электрода в мм	Сила тока в а	Напряжение дуги в в	Скорость сварки в м/час	Скорость подачи проволоки в м/час
Стыковой двусторонний	4	2	220—240	32—34	18—24	101
	5	2	275—300	32—34	18—24	156
	8	2	450—470	34—36	18—24	306
	12	2	500—550	36—40	18—24	378
Угловой (тавровое соединение) .	4	2	220—240	32—34	24—30	101
	5	2	275—300	32—34	24—30	156
	8	2	330—420	34—38	18—24	250

Примечание. Тип флюса во всех случаях АН-348А.

Таблица 18

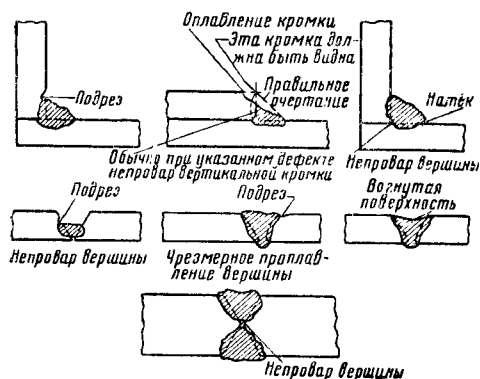
Положение электрода при наложении угловых сварных швов электродами с защитным покрытием

С с е ч е н и е п о А А	Вид сверху	 <p>Для всех слоев</p> <p>Если угол наклона электрода в направлении сварки меньше 60°, наплавленный металл стекает, если угол больше 60°, шлак затекает вперед и попадает в шов.</p>			
	Первый слой				
	Второй слой				
	Третий слой				
	Четвертый слой				
При сварке		в один слой	в два слоя	в три слоя	в четыре слоя
<p>Примечания: 1. Подрезы и контур шва в первую очередь зависят от угла наклона электрода к горизонтальной поверхности углового шва (см. эскизы сечения по АА).</p> <p>2. При наложении первого и последнего слоев козырек обматки должен быть на расстоянии 1—2 мм от основного металла или шва. Больше расстояние способствует подрезу в В, нажатие—подрезу в А.</p> <p>3. L—требуемый катет шва; R — не больше 2 мм.</p>					

Укрупнение грануляции флюса приводит к уменьшению глубины проплавления, увеличению ширины шва и улучшению формы поверхности шва.

Таблица 19

Характеристики сварки пучком стальных электродов по сравнению со сваркой одиночным электродом [11]



Фиг. 7. Дефекты при неправильной технике наложения швов

Высокопроизводительные способы ручной дуговой сварки. Новаторы-сварщики Бессонов, Задорский и др. применили на железнодорожном транспорте ряд способов повышения производительности ручной дуговой сварки. Сюда относятся способы сварки на повышенных режимах тока, электродами больших диаметров, с присадкой дополнительного прутка, пучком электродов, пульсирующей дугой и методом опирания.

Помимо сварки на повышенных режимах тока, которая в настоящее время получила всеобщее распространение, в паровозном и вагонном хозяйстве также применяют сварку пучком электродов и методом опирания.

Процесс сварки пучком электродов отличается от сварки одиночным электродом лишь тем, что колебательных движений пучком обычно не делают.

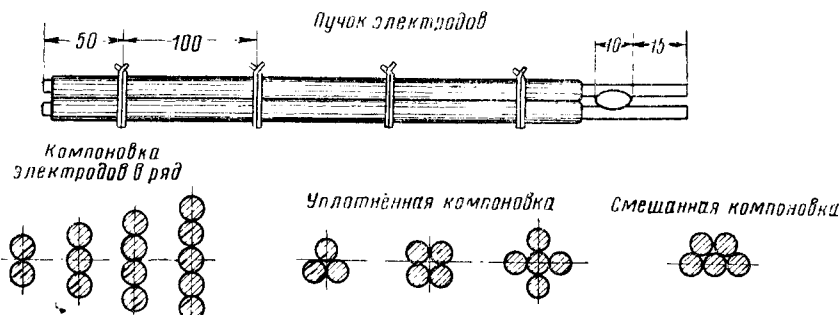
Различают два способа компоновки пучков.

По способу В. С. Володина (НИИ Стройнефть) концы электродов со стороны зажатия в электрододержатель прихватываются свар-

Количество и расположение электродов в пучке	Коэффициент		Диаметр электрода в мм	Сила сварочного тока в а
	расплавления в г/а-ч	наплавки в г/а-ч		
Меловая обмозка				
○	8,60	7,30	4 5 6	160 205 240
○○	9,25	8,10	4 5 6	170 245 300
⊙	9,80	8,70	4 5 6	210 265 315
⊙⊙	10,30	9,25	4 5 6	225 280 335
Обмозка ОММ-5				
○	9,25	7,35	4 5 6	165 210 250
○○	10,20	8,20	4 5 6	175 245 300
⊙	10,90	9,10	4 5 6	205 260 310
⊙⊙	11,4	10,0	4 5 6	225 280 335

наплавки и снижения расхода электроэнергии. Характеристики сварки пучком стальных электродов даны в табл. 19.

По способу, предложенному А. Д. Бондаренко (Оргтрансаш), пучок составляется из электрода с защитным покрытием СК-4



Фиг. 8. Компоновка электродов в пучки для сварки по способу В. С. Володина

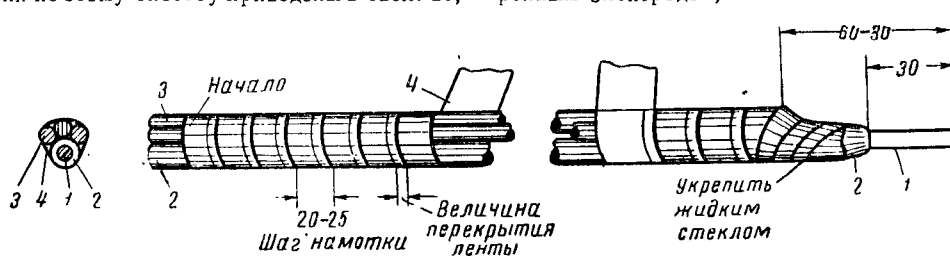
кой (фиг. 8). В процессе сварки дуга автоматически перебегает с одного электрода на другой, что создаёт условия для лучшего использования тепла дуги, повышения коэффициента

и изолированных от него голых стальных прутков из проволоки марки Св-I или Св-II по ГОСТ 2246-51 и скрепляется лентой из бумажной калки (фиг. 9). При такой компо-

новке дуга горит лишь между электродом с защитным покрытием и изделием. Добавочные прутки плавятся теплом дуги. Характеристики сварки по этому способу приведены в табл. 20,

водительный метод сварки трёхфазной дугой [9].

Ручную сварку этим методом ведут спаренным электродом, зажатым в специальный



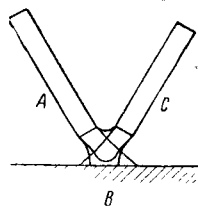
Фиг. 9. Компонировка электродов в пучки для сварки по способу А. Д. Бондаренко: 1—стержень электрода; 2—обмазка; 3—пруток стальной проволоки; 4—лента бумажной калки

из которой видно, что коэффициент наплавки при этом способе достигает 50 г/а-ч.

Основные области применения пучка электродов — наплавочные работы, заварка раковин в стальных отливках и наложение второго и последующих слоёв при многослойной соединительной сварке в нижнем положении.

Способ А. Д. Бондаренко успешно может быть применён также при сварке угловых швов методом опирания.

При сварке методом опирания конец электрода с лёгким нажатием опирается слоем обмазки на изделие и перемещается по линии шва без колебательных движений. Техника наложения швов методом опирания в зависимости от типа соединения приведена в табл. 21.



Фиг. 10. Схема трёхфазной дуги: А и С—электроды; В—изделие

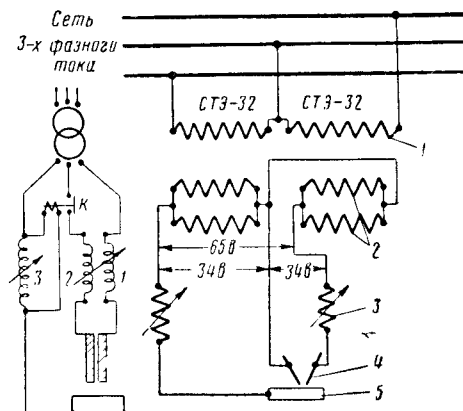
Сварка методом опирания применяется для выполнения швов в нижнем положении. При этом наилучшие результаты дают электроды с увеличенной толщиной слоя обмазки. В табл. 22 даны режимы сварки для этого метода при применении электродов с обмазкой типа ЦМ7-С.

В последнее время в паровозном и вагонном хозяйстве начинают применять высокопроиз-

водительный метод сварки трёхфазной дугой (фиг. 10); процесс сварки осуществляют по способу опирания.

Сравнительные данные производительности при сварке трёхфазной дугой и другими методами приведены в табл. 23, а режимы тока при наплавке трёхфазной дугой — в табл. 24.

Схема включения сварочного трансформатора типа 3-СТ при сварке трёхфазной дугой показана на фиг. 11, где 1, 2 и 3—обмотки регуляторов тока, К—контактор.



Фиг. 11

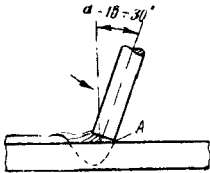
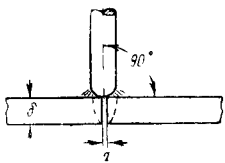
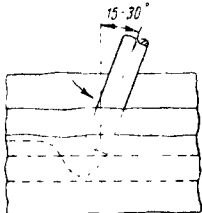
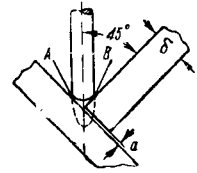
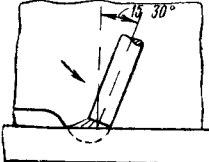
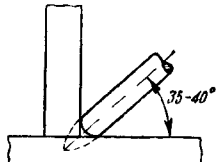
Фиг. 12

Таблица 20
Коэффициенты наплавки различных марок электродов с присадочными прутками (по данным Оргтрансаш)

Диаметр основного электрода в мм	Присадочные прутки		Суммарная площадь поперечного сечения пучка в мм ²	Сила сварочного тока в а	Коэффициент наплавки в г/а-ч при электроде с обмазкой типа				Количество наплавленного металла в кг/час при электроде с обмазкой типа			
	диаметр в мм	количество			МЭ3-04	ЦМ7-С	СК-4	Оргтрансаш	МЭ3-04	ЦМ7-С	СК-4	Оргтрансаш
5	1	1	19,62	300	7,5	8,3	9,5	13,9	2,25	2,49	2,85	4,17
5	4	1	32,18	300	12,3	13,38	14,8	22,24	3,69	3,96	4,44	6,66
5	5	1	39,24	300	15,0	16,6	19,0	27,8	4,5	4,94	5,70	8,34
5	4	2	44,74	300	16,5	19,4	22,1	33,36	4,95	5,83	6,63	9,99
5	4	3	57,30	300	21,75	25,3	27,0	40,31	6,52	7,59	8,1	12,09
5	5	2	58,86	300	22,5	25,3	27,0	41,7	6,75	7,59	8,1	12,51
5	4	4	69,86	300	26,62	30,4	33,0	48,65	7,98	9,12	9,9	14,53
6	5	3	78,43	300	30,0	33,2	38,0	55,6	9,0	9,96	11,4	16,68

Техника наложения швов при сварке методом опирания

Таблица 21

Тип шва	Вид сбоку	Вид сзади
Стыковой без скоса кромок ¹		
Угловой «в лодочку» (тавровое соединение) ^{2,3}		
Угловой «в угол» (тавровое соединение)		

¹ $a=0,15\div0,18 \delta$. При увеличении угла α провар уменьшается. В точке А нажим электродом в направлении, указанном стрелкой.

² Нажатие электродом в направлении, указанном стрелками, одновременно в точках А и В. Нажатие только в одной точке (А или В) способствует образованию подреза.

³ $\alpha < 1$ мм при $\delta < 6$ мм; $\alpha < 2$ мм при $\delta > 6$ мм.

Таблица 22
Режимы сварки методом опирания электродами с обмазкой ЦМ7-С (по данным ЦНИИ МПС)

Тип шва	Показатели	Толщина металла в мм						
		5	6	8	10	12	16	18
Стыковой односторонний без скоса кромок	Диаметр электрода в мм. Сила сварочного тока в а	5 220—250	5 250—300	5 300—350	— —	— —	— —	— —
Стыковой двусторонний без скоса кромок	Диаметр электрода в мм. Сила сварочного тока в а Зазор в мм	— — —	— — —	— — —	5 300—340 1—1,5	5 340—380 1,5—2,0	6 440—470 1,5—2,0	8 550—620 2,0—2,5
Угловой «в угол» и «в лодочку»	Диаметр электрода в мм. Сила сварочного тока в а Катет шва в мм	5 300—350 5—6	6 350—400 5,5—6,7	6 425—470 7—8	7 425—470 7—8	8 475—550 8—10	— — —	— — —

Таблица 23
Сравнительные данные о производительности процесса ручной сварки одно- и трёхфазной дугой (по данным МЭМИИТ)

Способ сварки	Род тока	Тип обмазки	Производительность дуги в %
Сварка одиночным электродом	Однофазный	ЦМ7	100
Сварка одиночным электродом по методу опирания	»	ЦМ7-С	190
Сварка пучком электродов (по методу В. С. Володина)	»	ЦМ7	217
Сварка трёхфазной дугой	Трёхфазный	ЦМ7	330

Примечание. Сравнение производилось при нормальных режимах тока и одинаковых диаметрах электродов.

Режимы тока при наплавке трёхфазной дугой (по данным МЭМИИТ)

Типы электродов	Диаметр электрода в мм	Толщина стенки наплавляемой детали в мм	Сила сварочного тока по шкале регуляторов трансформатора типа 3-СТ в а
Электроды со стабилизирующей обмоткой	5	До 20	400—450
	6	От 20 до 40	500—550
Электроды с толстой обмоткой	5	До 20	450—550
	6	От 20 до 40	650—700

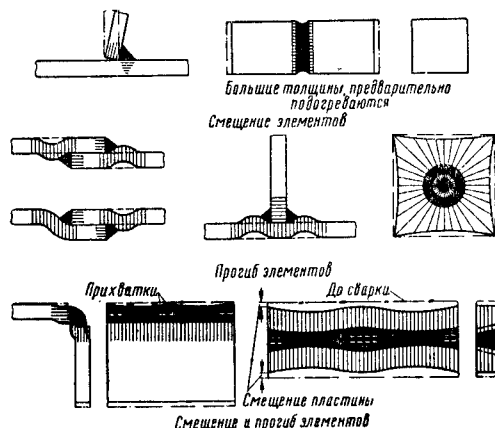
Схема включения двух сварочных трансформаторов типа СТЭ-32 при сварке трёхфазной дугой приведена на фиг. 12, где 1—первичная обмотка; 2—вторичная обмотка; 3—регулятор тока; 4—электрод; 5—изделие. Сварка трёхфазной дугой осуществляется в нижнем положении.

Напряжения и деформации при сварке
Остаточные напряжения, возникающие при сварке, зачастую являются причиной появления трещин в сварных швах или значительного коробления детали.

Чем жёстче закреплены свариваемые части, тем больше опасность появления трещин при остывании сварного шва и меньше коробление.

С этой точки зрения сварные соединения делят на нежёсткие, полужёсткие, жёсткие и закреплённые.

У нежёстких соединений напряжения, возникающие при сварке, проявляются главным образом в линейном смещении или

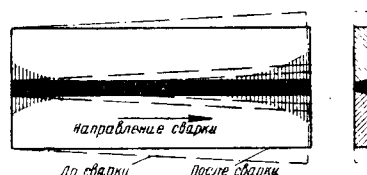


Фиг. 13. Нежёсткие сварные соединения. Кромки перед сваркой показаны пунктиром, после сварки — сплошными линиями (характер распределения остаточных напряжений показан штриховкой)

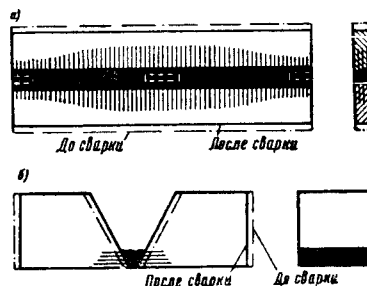
прогибе соединяемых элементов (фиг. 13), у полужёстких—в угловом смещении кромок шва в направлении сварки (фиг. 14), у жёстких—в параллельном перемещении кромок (фиг. 15).

У закреплённых соединений (фиг. 16) прогибы и смещения элементов исключены, и величина напряжений зависит в первую очередь от пластичности основного и наплавленного металла, формы и последовательности наложения швов, качества сборки и обработки соединений (механической и термической). При таком типе соединений остаточные напряжения максимальны.

В целях уменьшения напряжений и предупреждения появления трещин необходимо избегать скопления и пересечения швов; в жёстких и закреплённых соединениях и при мно-



Фиг. 14. Полужёсткое сварное соединение (характер распределения остаточных напряжений показан штриховкой)



Фиг. 15. Жёсткое сварное соединение (характер распределения остаточных напряжений показан штриховкой)

гослойных швах применять электроды, дающие наплавленный металл с удлинением не менее 20%. В соединениях с большой жёсткостью каждый наплавленный валик и слой, кроме первого, положенного в вершине, и наружного слоя в многослойных швах, следует проковывать.

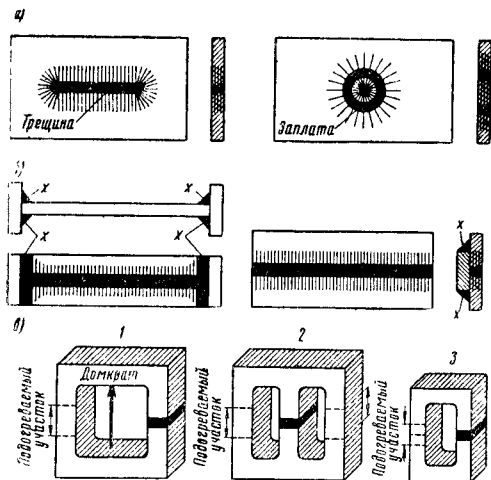
Угол разделки и величина зазора стыковых швов у соединений с большой жёсткостью должны быть минимальными.

Сварку следует производить в такой последовательности, чтобы жёсткость соединений не возрастала по мере наложения швов и не образовывалось замкнутых контуров. Например, продольные швы частей котла заваривают раньше поперечных, сварку длинных швов выполняют обратно-ступенчатым способом, от середины к краям.

Большое значение имеет предварительный подогрев перед сваркой, резко снижающий напряжения в наплавленном металле и переходной зоне, а иногда и коробление деталей.

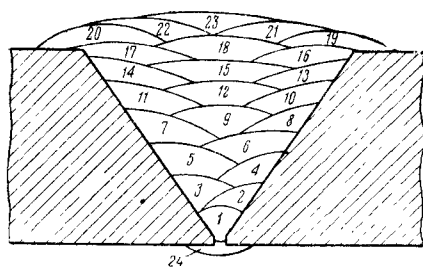
При ремонте ответственных частей подвижного состава: поршневых штоков, дышел,

балансиров, люлочных балок, упряжных крюков и других, места сварки предварительно подогревают до температуры 300° .



Фиг. 16. Закрепленные сварные соединения: а — смещение кромок или поверхностей исключено; б — смещение кромок или поверхностей исключено, если валиковые швы х наложены раньше стыковых; в — перемещение кромок возможно только после разреза или подогрева параллельного участка или после механического расклинивания: 1 — параллельные участки подогревают или распирают механическими средствами; 2 — параллельные участки подогревают или распирают. Если элементы небольшой длины и находятся близко друг от друга, то при применении термитной сварки параллельный элемент обычно распирают и одновременно сваривают два шва

Предварительный подогрев до температуры $50-100^{\circ}$ предупреждает появление трещин после сварки в вагонных рамах, изготовленных из конвертированной стали. Широко применяется подогрев для уменьшения напряжений и предотвращения образования хрупких закалочных структур при ремонте сваркой брусовых паровозных рам.



Фиг. 17. Порядок наложения многослойного сварного шва

При сварке частей с большим поперечным сечением напряжения и деформации могут быть снижены наложением многослойных швов по фиг. 17.

Методы контроля качества сварки

Из известных методов контроля качества сварки (фиг. 18) при ремонте подвижного состава наибольшее распространение получили: контроль заготовки и режимов сварки,

текущий осмотр и обмеры швов в процессе их наложения и проверка квалификации сварщиков, внешний осмотр и обмеры законченных выполнением сварных швов, гидравлические и механические испытания отремонтированных деталей и дефектоскопирование.

Соответствие подготовки деталей к сварке и режимов сварки карте технологического процесса проверяют на рабочем месте в ходе выполнения работы. В частности проверяют: надлежащую очистку детали (внешним осмотром), соответствие размеров детали чертежу (обмером), разделку швов (шаблонами) (фиг. 19), применяемые электроды (по сертификату), силу сварочного тока (измерительными приборами) и т. п.

На железнодорожном транспорте действуют Правила испытания электросварщиков и газосварщиков, введенные Главной государственной инспекцией Котлонадзора и утвержденные 30 октября 1949 г. Министерством электростанций СССР, с дополнениями, учитывающими характер работы в отдельных отраслях железнодорожного транспорта и использование электродов, не применяющихся на объектах Котлонадзора (приказ МПС 24/ЦЗ от 20 января 1953 г.). Этими правилами, помимо теоретических испытаний сварщиков, предусматриваются испытания сваренных ими образцов (фиг. 20), которые по основным видам испытаний должны удовлетворять нормам, приведенным в табл. 25.

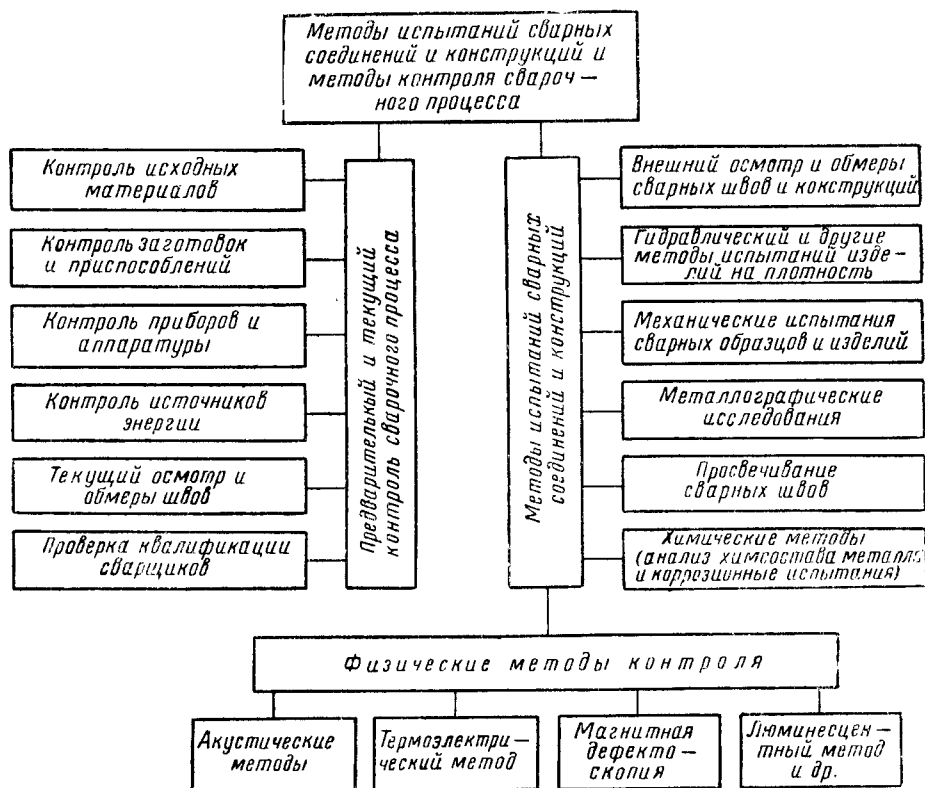
Внешний осмотр законченных сварных швов позволяет выявить внешние дефекты: подрезы (допускаются обычно до $0,5$ мм), наплывы, поры, поверхностные шлаковые включения, трещины и т. п.

Для обнаружения исполномерных швов производится их обмер шаблонами (фиг. 21, а и б).

Гидравлическое испытание производится после ремонта сваркой паровозных котлов, котлов цистерн, а также различных резервуаров. В зависимости от назначения и условий эксплуатации сосуда гидравлическое испытание может производиться наливом или под давлением. Критерием удовлетворительного качества сварного шва при гидравлическом испытании является его непроницаемость для жидкости.

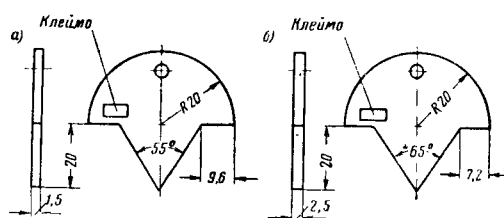
Иногда гидравлическое испытание заменяют пневматическим. В этом случае испытываемый сосуд (тормозной резервуар и т. п.) опускают в воду и нагнетают в него воздух или у сосуда, находящегося под давлением, покрывают сварные швы мыльным раствором. Отсутствие выступающих пузырьков воздуха служит признаком удовлетворительного качества сварных швов.

У большинства деталей подвижного состава, работающих на растяжение, качество сварки проверяется путем их испытания на разрывном прессе. Сюда относятся тяговые крюки и стяжки винтовой упряжи, тормозные тяги, подвески, триангели и тормозные балки, буксовые и колоночные болты тележек, шпренгельные тяги и т. п. Нагрузка при испытании на прессах обычно устанавливается из расчета 12 кг/мм^2 сечения детали. Под нагрузкой места сварки остукивают молотком, а после испытания осматривают для выявления пороков.



Фиг. 18. Схема классификации методов контроля качества сварки

Дефектоскопирование производят магнитным дефектоскопом, причём места сварки обычно посыпают специальным порошком,

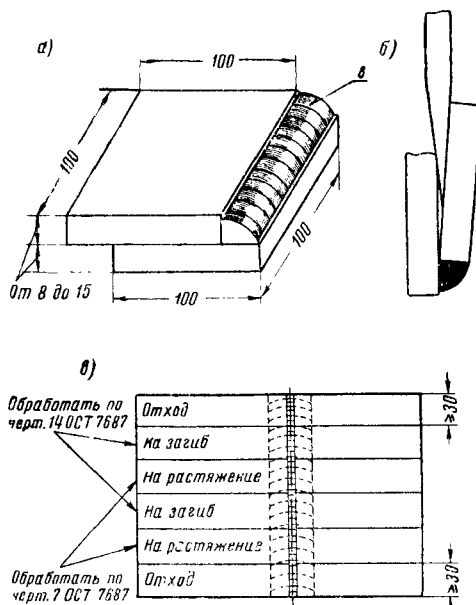


Фиг. 19. Шаблоны для проверки правильности разделки V- и X-образных стыковых швов: а—минимальный; б—максимальный

задерживающимся на детали в местах пороков. Испытываются дефектоскопами оси колёсных пар, балансиры тележек пассажирских вагонов, буферные стержни, а также большинство деталей, подвергающихся испытанию на разрывных прессах.

Организация рабочего места при дуговой сварке

При ремонте сваркой деталей, снимаемых с подвижного состава, работы обычно проводят в сварочных кабинках.

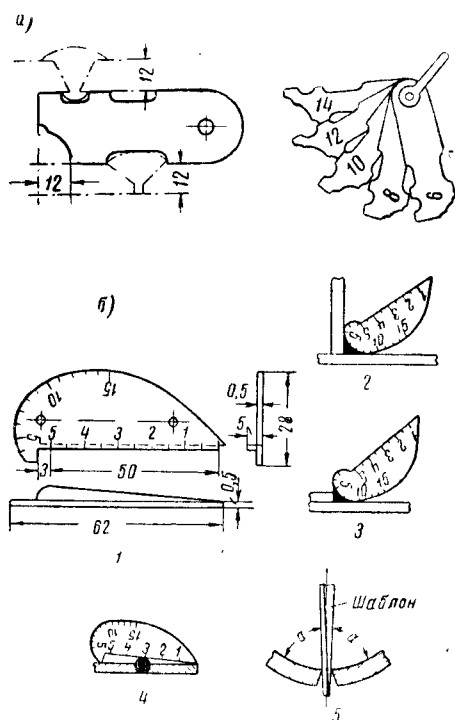


Фиг. 20. Схема сварки пластин для образцов при испытании сварщиков: а—образец для технологической пробы; б—схема технологической пробы; в—схема сварки и вырезки образцов для механических испытаний

Таблица 25

Нормы основных испытаний сварщиков

Форма образца	Назначение образца	Тип электрода или прутка	Нормы, которым должен удовлетворять образец при испытании
Фиг. 20, а	Технологическая проба при дуговой и газовой сварке	Э34 или Э42 ГОСТ 2523-51	Отсутствие подрезов глубиной более 0,5 мм. После разрушения образца отсутствие крупных дефектов: раковин, пузырей, шлака и т. п., удовлетворительный провар по всему контуру
Фиг. 20, в	Испытание на растяжение при дуговой сварке	Э34 ГОСТ 2523-51	Предел прочности (среднее значение) 31 кг/мм ²
	То же	Э42 ГОСТ 2523-51	Предел прочности (среднее значение) не ниже нижнего предела прочности основного металла
Фиг. 20, в	Испытание на растяжение при газовой сварке	Св-I и Св-II ГОСТ 2246-51	Предел прочности (среднее значение, предусмотренное Правилами испытания сварщиков) не ниже нижнего предела основного металла [19]
	Испытание на изгиб при дуговой сварке	Э34 ГОСТ 2523-51	Угол изгиба (среднее значение) для пластины толщиной до 15 мм—30°, для пластины толщиной от 15 до 20 мм—25°
	То же	Э42 ГОСТ 2523-51	Угол изгиба (среднее значение) для пластины толщиной до 15 мм—120°, для пластины толщиной от 15 до 20 мм—100°
	Испытание на изгиб при газовой сварке	Св-I и Св-II ГОСТ 2246-51	Угол изгиба (среднее значение) 100°

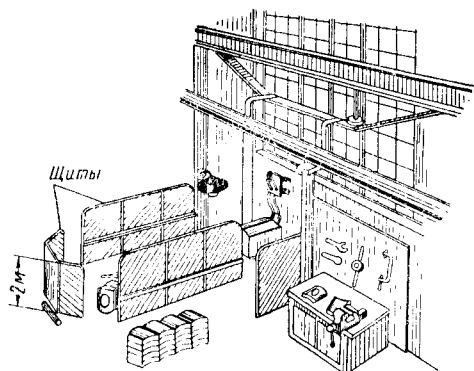


Фиг. 21. Шаблоны для обмера швов: а—набор шаблонов; б—универсальный шаблон системы ниж. Краковского: 1—общий вид шаблона; 2—измерение углового шва таврового соединения; 3—измерение шва нахлесточного соединения; 4—измерение стыкового шва; 5—измерение величины зазора разделки шва

Полезная площадь кабины не допускается менее 4 м², высота стен 2 м. Стены могут не доходить до пола на 50 мм. Вход загораживают ширмой. Стены и ширма должны быть огнестойки и для лучшего поглощения и рассеивания лучей дуги окрашены в темный матовый цвет. Пол может быть торцовым на негорючем основании. Кабину оборудуют сварочной плитой, винтовым стулом или треножником, зонтом с принудительной вентиляцией, подъемно-транспортными устройствами (при сварке деталей весом более 30 кг), инструментами и электроприборами (рубельник, измерительные приборы и т. п.). Временная кабина для выполнения сварочных работ в крупных цехах может быть составлена из щитов (фиг. 22). Во избежание поражения лучами дуги глаз у работников, находящихся вблизи сварщика, ограждают щитами также сварочные работы, выполняемые непосредственно на подвижном составе. При сварке в котлах (паровозов, цистерн) необходимо принять меры по ограждению сварщика от поражения током (резиновые коврики, диэлектрические галоши, устройства, автоматически отключающие сварочную цепь при обрыве дуги, и т. п.) и по надлежащей вентиляции (подача воздуха в зону дыхания сварщика, усиленная общая вентиляция и т. п.).

Не допускается выполнение сварочных работ на котлах цистерн без их тщательной очистки от перевозимого груза, пропарки и промывки; точно так же не допускается сварка или огневая резка вблизи свежоокрашенных мест вагонов или на вагонах, загруженных легковоспламеняющимися или взрывоопасными материалами.

При выполнении сварки на парковых путях место работ должно быть ограждено сигналами остановки, а со стороны манёвров также тормозными башмаками.

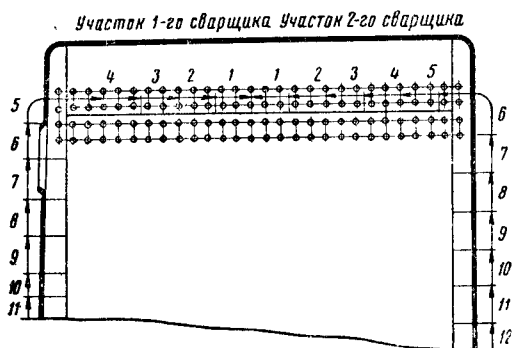


Фиг. 22. Временная кабина

Ремонт котлов

Основные работы при ремонте паровозных котлов: вварка лент, вставок; приварка новых частей огневой коробки и кожуха топки; заварка трещин во всех частях топки; вварка связей и анкерных болтов; приварка буртов дымогарных и жаровых труб. Трещины на цилиндрической части паровозного котла завариваются с последующей постановкой наружной накладки толщиной 12—15 мм на заклёпках.

При ремонте котлов цистерн чаще всего производится смена частей обечаек и днищ и заварка трещин. На фиг. 23 показан порядок приварки полустенки к огневой коробке топки.



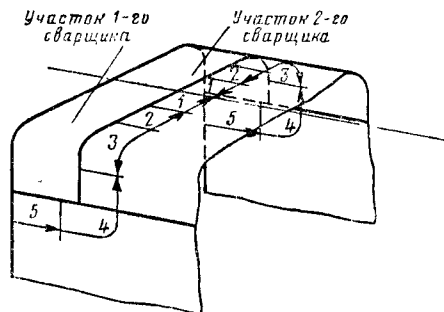
Фиг. 23. Порядок приварки полустенки к огневой коробке паровозной топки

Приварка ленты к потолку огневой коробки показана на фиг. 24. Сварной шов располагается здесь не ближе чем между первым и вторым рядами неподвижных анкерных болтов.

После удаления негодной части потолка заготовленную ленту пригоняют встык и укрепляют сборочными планками и прихватками сваркой. Приваривают её вначале по направлению от середины к краям, после чего

накладывают швы, соединяющие ленту с боковыми стенками или полубарабаном камеры догорания. Работы заканчиваются подрубкой и подваркой шва в доступных местах со стороны воды.

Замкнутые вставки в частях топки не должны быть меньше чем на три ряда связей по ширине и высоте, причём нижний шов не

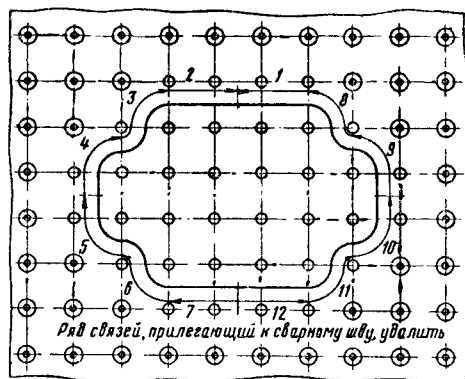


Фиг. 24. Приварка ленты к потолку огневой коробки

должен быть расположен ниже чем между первым и вторым рядом связей, считая от топочной рамы.

Перед вваркой вставки негодную часть листа вырезают, вокруг образовавшегося отверстия удаляют дополнительно один ряд связей, а кромки листа скашивают под углом 30—35°.

Форму вставки выбирают в зависимости от размеров дефектного места, причём контур её должен проходить посередине между связями, углы должны быть закруглены, а кромки скошены под углом 30—35°. Вставку

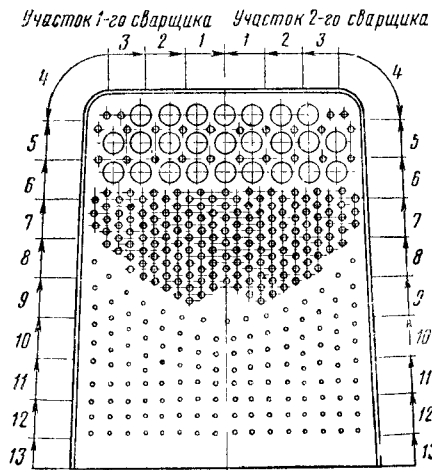


Фиг. 25. Вварка вставки в огневой коробке

подгоняют встык к скошенным также под углом 30—35° кромкам выреза в листе и укрепляют на сборочных планках, после чего накладывают сварные швы обратноступенчатым способом (фиг. 25).

Порядок приварки задней решётки огневой коробки к шинельному листу показан на фиг. 26. При выполнении этой работы старая решётка вырезается газовым резаком

после удаления заклёпок по топочной раме и связей со стороны смычного листа. На шнелном листе удаляют один ряд поставленных на резьбе связей и анкерных болтов, прилегающих к сварному шву. Новую решётку



Фиг. 26. Приварка задней решётки

пригоняют встык и приваривают с наложением сварного шва обратно-ступенчатым способом.

На паровозах с давлением пара свыше 13 атм приварка решётки сопровождается постановкой дополнительного ряда связей по фланцу решётки.

Аналогично производятся работы и по приварке других частей топки.

Трещины в листах огневой коробки и кожуха топки заваривают после удаления связей по месту прохождения трещины и по одному ряду с каждой стороны, с V-образной разделкой трещины и засверловкой её концов (фиг. 27). Применяются и другие способы [14].

Массовой работой при ремонте паровозных котлов является вварка связей.

В табл. 26 приведены различные типы вварных связей и их размеры.

При вварке связей и анкерных болтов на паровозах серий ФД и ИС предусматривают следующий порядок выполнения работ.

Котёл поворачивают таким образом, чтобы топка была в положении на боку, и прихватывают анкерные болты потолка и связи лобового и смычного листов. Затем котёл поворачивают топочной рамой вниз и производят вварку анкерных болтов со стороны кожуха (сектор 1 фиг. 28) и связей на лобовом и смычном листах кожуха топки (секторы 2 и 3). Одновременно с этим набирают и прихватывают связи на боковых стенках топки.

Далее котёл ставят топочной рамой вверх и приступают к вварке анкерных болтов в потолки огневой коробки (сектор 6 фиг. 29). При выполнении этой операции заканчивают набор и прихватку связей на боковых стенках топки.

Затем котёл поворачивают снова набор и вваривают связи на боковой стенке кожуха (сектор 4 фиг. 28) и противоположной бо-

вой стенке огневой коробки (сектор 7 фиг. 29), а также в камере догорания (сектор 7а) и на задней стенке и смычном листе огневой коробки (секторы 9 и 10).

Окончив эти операции, котёл поворачивают на 180° на другой бок, вваривают связи на второй боковой стенке кожуха (сектор 5 фиг. 28) и противоположной стенке огневой коробки (сектор 8 фиг. 29), а также заканчивают вварку связей в камере догорания на задней стенке и смычном листе огневой коробки.

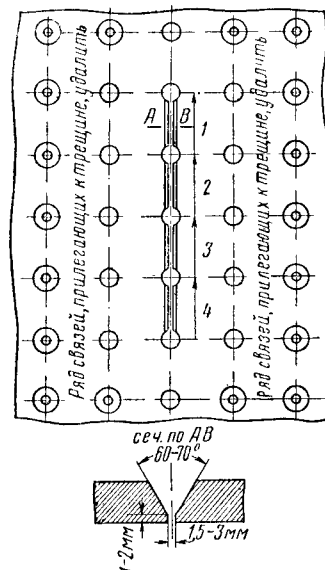
Затем котёл снова поворачивают топочной рамой вверх и ведут вварку анкерных болтов на сопряжениях (секторы 11 и 12 фиг. 29).

Далее котёл ставят топочной рамой вниз и вваривают последние ряды связей в камере догорания (сектор 13).

В последнее время начинают применять полуавтоматическую вварку связей под слоем флюса в нижнем положении на аппаратах типа ПШ-5 с держателями ДШ-6 и других типов; последовательность вварки связей остаётся такой же, как и при ручной сварке.

Приварка буртов дымогарных и жаровых труб к трубным решёткам паровозных котлов является обязательной операцией при всех видах ремонта паровозов.

При выполнении этой работы подготовка к сварке должна производиться особенно тщательно. Отверстия для труб в решётке



Фиг. 27. Заварка трещин в листах топки

окончательно обрабатывают развёрткой с применением мыльной эмульсии. Поверхность решётки вокруг отверстий зачищают до металлического блеска на ширину 10—12 мм. Вальцовка труб с применением масла не допускается. Перед приваркой буртов котёл наполняется тёплой водой (30—40°) и поверхность решётки обмывается горячей водой и насухо вытирается. Приварку осуществляют по рядам сверху вниз, причём в каждом ряду

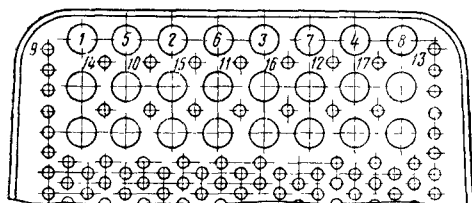
трубы сначала привариваются через одну (фиг. 30).

На фиг. 31 показан порядок наложения сварных швов при приварке дымогарных и жаровых труб.

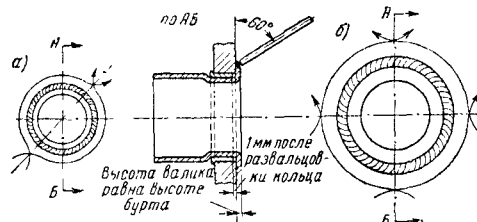
Сварку широко применяют также при ремонте гарнитуры котла и других его частей.

В стальных коллекторах пароперегревате-

лей заваривают дуговой сваркой трещины и производят наплавку стенок разработанных отверстий под конусы Рязанцева. Перед разделкой под углом 60—70° концы трещин рассверливают. Заварку осуществляют электродами типа Э42 по ГОСТ 2523-51.



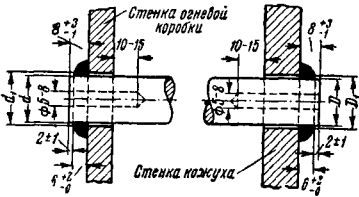
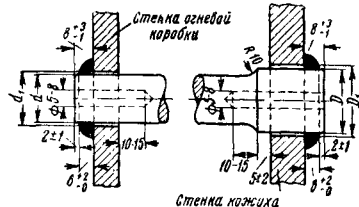
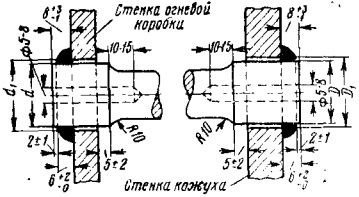
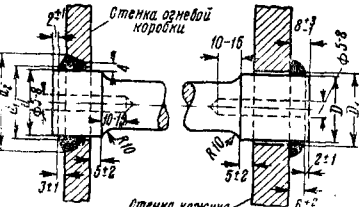
Фиг. 30. Порядок приварки дымогарных и жаровых труб



Фиг. 31. Приварка дымогарных и жаровых труб: а—порядок наложения шва при приварке дымогарной трубы; б—порядок наложения шва при приварке жаровой трубы

Таблица 26

Конструкция сварных связей и анкерных болтов паровозных топков [7]

Конструкция связи или анкерного болта	Размеры					Назначение
	D_1	D	d_2	d_1	d	
	20±0,5 21±0,5	19±0,5 20±0,5	— —	20±0,5 21±0,5	19±0,5 20±0,5	При новой огневой коробке и новом кожухе топки
	Связи					
	Анкерные болты					
	23±0,5 24±0,5 25±0,5	22±0,5 23±0,5 24±0,5	— — —	23±0,5 24±0,5 25±0,5	22±0,5 23±0,5 24±0,5	
	24±0,5 27±0,5 30±0,5 33±0,5 36±0,5 39±0,5 42±0,5	23±0,5 26±0,5 29±0,5 32±0,5 35±0,5 38±0,5 41±0,5	— — — — — — —	d_1 связи от 20±0,5 до 21±0,5; d_1 анк. болта от 23±0,5 до 25±0,5	d связи от 19±0,5 до 20±0,5; d анк. болта от 22±0,5 до 24±0,5	При новой огневой коробке или новых её частях и старом кожухе топки
	Связи					
	Анкерные болты					
	24±0,5 27±0,5 30±0,5 33±0,5 36±0,5 39±0,5 42±0,5	23±0,5 26±0,5 29±0,5 32±0,5 35±0,5 38±0,5 41±0,5	— — — — — — —	24±0,5 27±0,5 30±0,5 33±0,5 36±0,5 39±0,5 —	23±0,5 26±0,5 29±0,5 32±0,5 35±0,5 38±0,5 —	
	24±0,5 27±0,5 30±0,5 33±0,5 36±0,5 39±0,5 42±0,5	23±0,5 26±0,5 29±0,5 32±0,5 35±0,5 38±0,5 41±0,5	— — — — — — —	24±0,5 27±0,5 30±0,5 33±0,5 36±0,5 39±0,5 —	23±0,5 26±0,5 29±0,5 32±0,5 35±0,5 38±0,5 —	При смене нарезных связей или анкерных болтов, а также при смене сварных, поставленных без разделки стенок огневой коробки
	Связи					
	Анкерные болты					
	24±0,5 27±0,5 30±0,5 33±0,5 36±0,5 39±0,5 42±0,5	23±0,5 26±0,5 29±0,5 32±0,5 35±0,5 38±0,5 41±0,5	— — — — — — —	24±0,5 27±0,5 30±0,5 33±0,5 36±0,5 39±0,5 —	23±0,5 26±0,5 29±0,5 32±0,5 35±0,5 38±0,5 —	
	24±0,5 27±0,5 30±0,5 33±0,5 36±0,5 39±0,5 42±0,5	23±0,5 26±0,5 29±0,5 32±0,5 35±0,5 38±0,5 41±0,5	36±0,5 39±0,5 42±0,5 45±0,5 48±0,5 51±0,5 —	25+1 28+1 31+1 34+1 37+1 40+1 —	23±0,5 26±0,5 29±0,5 32±0,5 35±0,5 38±0,5 —	При смене сварных связей или анкерных болтов, поставленных с разделкой стенок огневой коробки, а также при смене обваренных связей
	Связи					
	Анкерные болты					
	24±0,5 27±0,5 30±0,5 33±0,5 36±0,5 39±0,5 42±0,5	23±0,5 26±0,5 29±0,5 32±0,5 35±0,5 38±0,5 41±0,5	36±0,5 39±0,5 42±0,5 45±0,5 48±0,5 51±0,5 —	25+1 28+1 31+1 34+1 37+1 40+1 —	23±0,5 26±0,5 29±0,5 32±0,5 35±0,5 38±0,5 —	

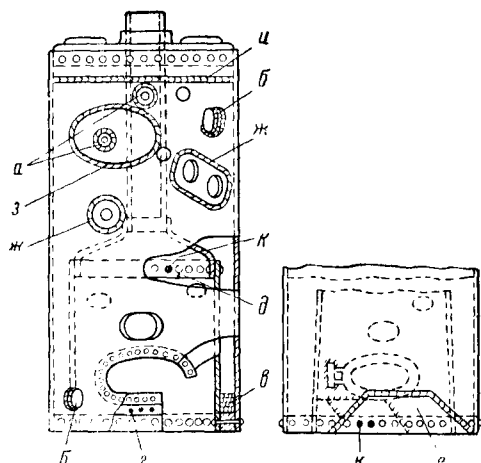
При наличии трещин на внутренних перегородках коллектора вырезают части наружной стенки его с последующей (после заварки трещин) вваркой вставки. После заварки трещин в местах, подверженных действию пара, коллектор подвергают гидравлическому испытанию.

Наплавленные стенки отверстий под конусы Рязанцева механически обрабатывают.

Регуляторный вал с износами не свыше 10% от альбомных размеров наплавляют с последующей механической обработкой. Дуговой сваркой восстанавливают также разработанные отверстия регуляторной ручки, поводков и отверстия в тягах и рычагах главного запорного клапана паровозов серий ФД и ИС, а также заваривают трещины в сегменте и собачке регулятора.

Зольник восстанавливают путём вварки вставок (при капитальном ремонте не более четырёх), заварки трещин в листах и угольниках и наплавки изношенных поверхностей деталей его привода.

При вварке вставок повреждённые места вырезают, пригоняют вставку и приваривают



Фиг. 32. Котёл парового отопления, отремонтированный сваркой: а—приваренные фланцы; б и в—наплавленные выедини; г—заваренные раковины; д—заваренные трещины; е—вваренные бортовые заплата; ж—приваренные заплата возле люковых отверстий; з—заваренная круговая лента; к—заваренные заклёпочные отверстия

её электродами диаметром не более 4 мм (во избежание прожогов).

Производят также приварку фланцевых колец и вварку отдельных частей при ремонте труб, заварку трещин и раковин в дымовых трубах и т. п.

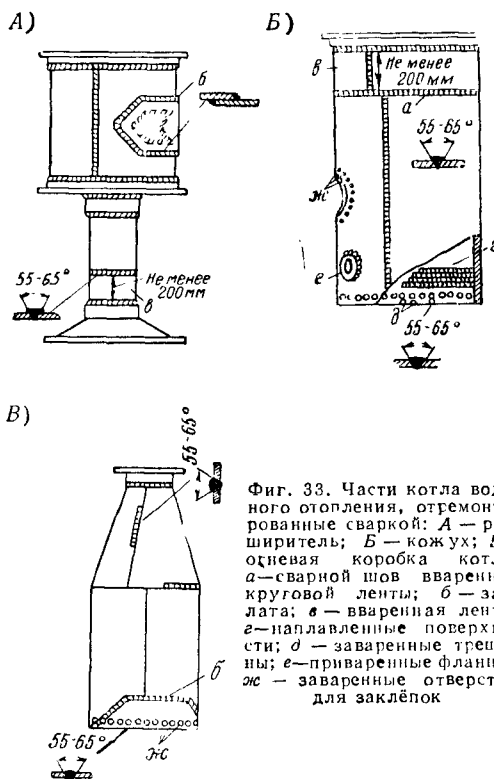
Котлы цистерн ремонтируют сваркой после их очистки, пропарки и промывки.

Перед заваркой трещин по их концам рассверливают отверстия диаметром 8—10 мм, кромки трещин скашивают под углом 60—70° и производят зачистку поверхности листов на 10—15 мм от шва. Заварка ведётся обратно-ступенчатым способом с подрубкой и подваркой сварного шва внутри котла. Наложенные швы перекрывают усиливающими кусковыми накладками.

Трещины угловых сварных швов в местах приварки броневых листа и колпака вырезают и вместо удалённых участков шва накладывают новые.

Новые части обечаек и днищ приваривают после удаления негодных. Заготовленные новые части пригоняют встык и приваривают V-образными швами с подрубкой, подваркой и последующим усилением кусковыми накладками.

На котлах индивидуального отопления вагонов производят работы, указанные на фиг. 32 и 33, причём заварку трещин и вварку

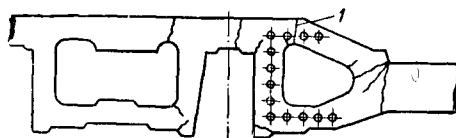


Фиг. 33. Части котла водяного отопления, отремонтированные сваркой: А—расширитель; Б—кожух; В—одежная коробка котла; а—сварной шов вваренной круговой ленты; б—заплата; в—вваренная лента; г—наплавленные поверхности; д—заваренные трещины; е—приваренные фланцы; ж—заваренные отверстия для заклёпок

заплат ведут электродами типа Э42 по ГОСТ 2523-51. Кроме того, производят заварку трещин и наплавку поражённых коррозией поверхностей шуровочных и обвязочных колец, вварку кипящих труб, приварку новых частей дымогарных труб, заварку в них раковин, наплавку разъединных мест и т. д.

Ремонт паровозных и вагонных рам

На фиг. 34 приведены основные виды трещин, встречающихся в брусовых рамах паровозов.



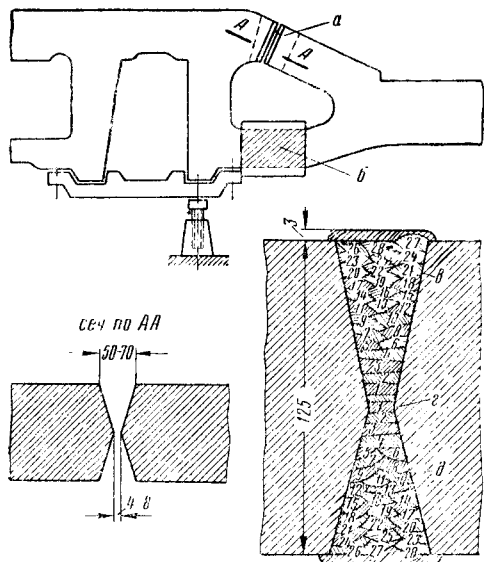
Фиг. 34. Часто встречающиеся трещины в брусовых рамах паровозов

Ремонт брусковых рам с трещинами ведут в следующем порядке.

Снимают части, мешающие выполнению работ, и при необходимости выкатывают колёсные пары.

Проверяют правильность расположения свариваемых частей и производят скашивание кромок трещин газовой резкой с последующей очисткой и подрубкой неровностей. После этого принимаются меры по уменьшению остаточных напряжений (подогрев и расклинивание) и производится заварка трещины.

На фиг. 35 приведен пример ремонта брусковой рамы с трещиной типа 1 (фиг. 34).



Фиг. 35. Заварка трещины в брусковой раме: а—трещина, подготовленная к заварке; б—место подогрева; в—порядок наложения валиков первым сварщиком; д—порядок наложения валиков вторым сварщиком; г—после заварки зазора варят одновременно два сварщика, накладывая валики вертикально снизу вверх

В этом случае выкатывают колёсную пару, удаляют передние болты первого скрепления рамы и опускают скрепление. После выкатки колёсной пары ставят на место буксовую струнку, а раму подпирают домкратами.

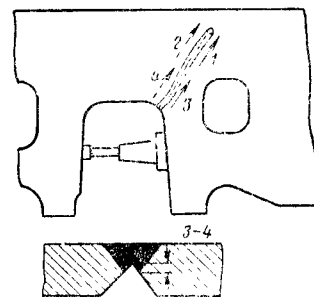
Трещину разделяют Х-образно (см. а на фиг. 35), зачищают поверхность реза от шлака, окалины и налётов, сравнивают все неровности путём обрубки пневматическим зубилом и подогревают нижний участок рамы (см. б на фиг. 35) до температуры 300—400°.

Трещину заваривают одновременно с обеих сторон разделки два сварщика. Если работает один сварщик, то после наложения 3—4 валиков с одной стороны он переходит на противоположную сторону. В процессе сварки положение переднего конца рамы контролируют по фиксатору. При обнаружении прогиба рамы по горизонтали сварку ведут только с выпуклой стороны рамы до её выправления.

По окончании сварки, не допуская охлаждения рамы, во всех доступных местах подогревают место сварки до температуры 600—

650°, после чего медленно охлаждают, закрыв его асбестовым картоном.

Заварка трещин в листовых рамах связана с меньшими затруднениями. Вместо предварительного подогрева здесь обычно ограничиваются расклиниванием трещины при помощи домкрата (фиг. 36), который должен быть снят как только сварка закончится. В случаях заварки двух трещин в буксовом вырезе или одной трещины длиной более 100 мм буксовый вырез усиливается накладкой, поставленной на болтах или заклёпках.



Фиг. 36. Заварка трещины в листовой раме паровоза (цифрами указан порядок наложения сварного шва)

Трещины, встречающиеся в вагонных рамах, разнообразны. Чаще всего они образуются в буферных брусках, распространяясь радиально от отверстий для буферных стержней, в боковых швеллерах двухосных вагонов над рессорными кронштейнами и хребтовых балках четырёхосных вагонов в местах соединений с буферным брусом и шкворневыми балками.

После заварки трещин в швеллерах производится усиление накладками (фиг. 37).

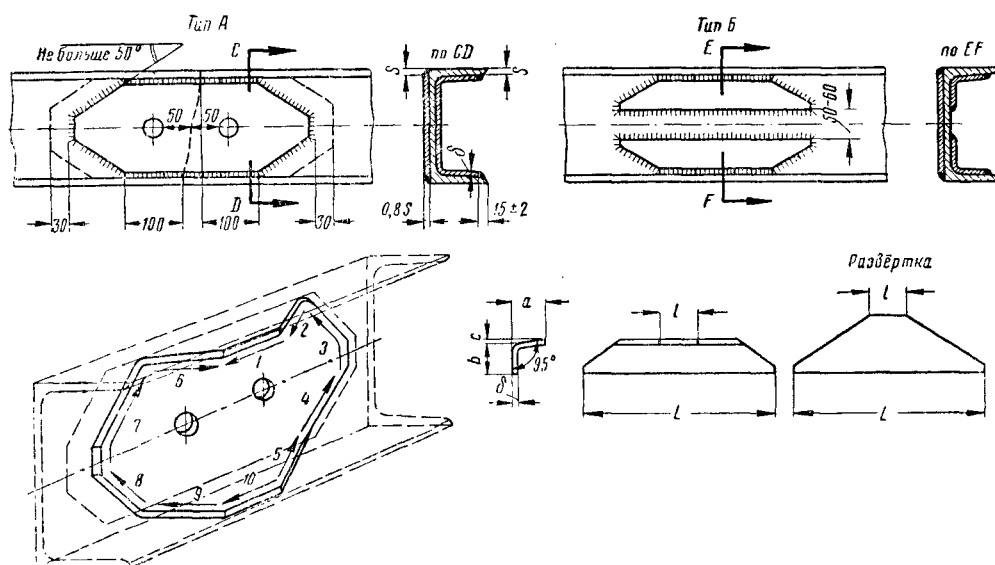
Ремонт колёсных пар

При ремонте колёсных пар (фиг. 38) производят заварку трещин в спицах и ободу колёсных центров и надрывов в дисковых центрах, а также вварку перепон.

Широкое распространение имеют наплавочные работы: наплавка наружных буртов шеек вагонных осей и пальцев кривошипов паровозных центров, наплавка стенок отверстия в ступице центров и т. д.

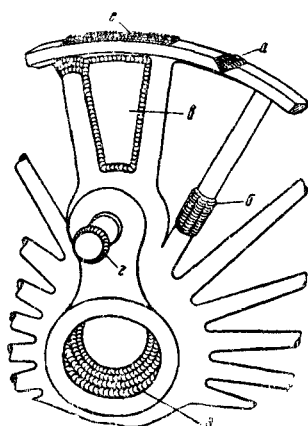
Помимо указанных работ, как в паровозном, так и в вагонном хозяйстве ведут наплавку подрезанных гребней бандажей. При выполнении этой работы ручной дуговой сваркой высокая производительность достигается применением пучка из 3—4 электродов диаметром 4—5 мм. Для этого колёсная пара устанавливается в наклонное положение (фиг. 39).

В последнее время начинает внедряться наплавка гребней бандажей под слоем флюса на автоматах ДАН-3 Института электро-сварки АН УССР. При таком способе наплавки колёсную пару устанавливают вертикально, верхний гребень тщательно очищают и к бандажу прикрепляют флюсоудерживающее приспособление. На колесо устанавливают автомат, хомут которого надевают на шейку оси, производят заправку электродной проволоки, засыпают флюс и автомат пускают в действие.

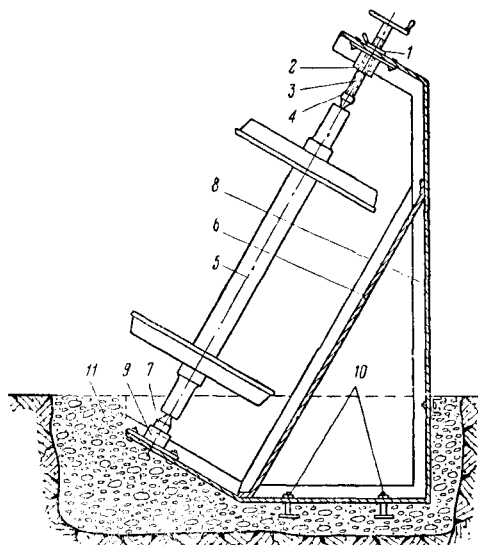


Размер	№ швеллера						Примечание
	20-с	24-д	26	30-е	30-ф	36	
a . . .	80	65	70	80	55	70	Для швеллеров меньших номеров, чем указано в таблице, накладки только типа А $\delta=0,8S$. l и L для наклонных трещин увеличиваются на величину наклона
b . . .	66	80	90	110	115	146	
c . . .	5	6	7	7	5	12	
L . . .	200	200	200	200	200	200	
δ . . .	400	400	400	400	400	400	
δ . . .	7	8	8	9	8	10	

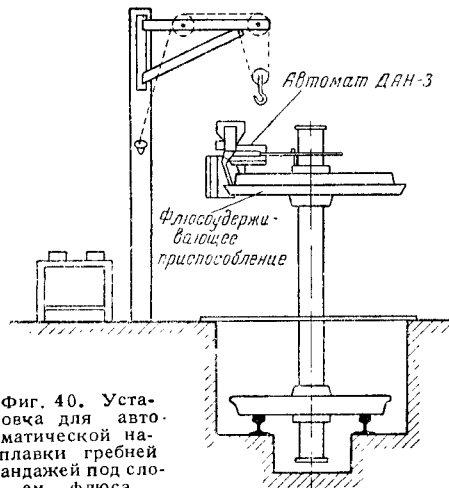
Фиг. 37. Усиление накладками трещин в швеллерах вагонных рам (на нижней фигуре слева цифрами указан порядок наложения сварного шва)



Фиг. 38. Ремонт сваркой колёсных пар: а—заварка трещин в ободе; б—заварка трещин в спицах; в—заварка перепон; г—наплавка буртов; д—наплавка стенок отверстия ступицы; е—наплавка по ободу



Фиг. 39. Установка для наплавки гребней бандажей колёсных пар пучком электродов: 1—контргайка; 2—гайка; 3—нажимной винт; 4—верхний центр; 5—колёсная пара; 6—раскос; 7—нижний центр; 8—корпус станда; 9—оправка нижнего центра; 10—анкерные болты; 11—бетонный фундамент



Фиг. 40. Установка для автоматической наплавки гребней бандажей под слоем флюса

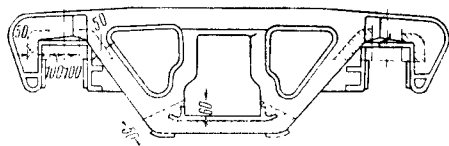
На фиг. 40 показана схема установки для автоматической наплавки гребней бандажей под слоем флюса.

Ремонт литых боковин и надрессорных балок тележек

Трещины в нижних углах центрального выреза литых боковин тендерных тележек типа Т-1, уменьшающие сечение не более чем на 20%, заваривают электродами типа Э42 по ГОСТ 2523-51 после разделки трещин и местного подогрева боковины до 300—350°.

У литых боковин грузовых вагонов трещины можно заваривать, если после рассверливания отверстий в их концах и разделки поперечное сечение уменьшается не более чем на 25%.

Заварка трещин в заштрихованных зонах (фиг. 41) не допускается.



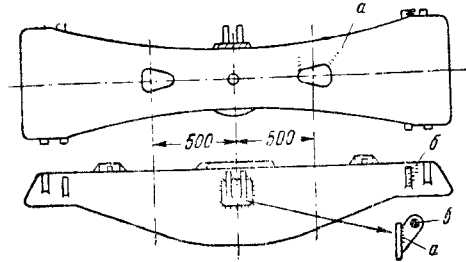
Фиг. 41. Литая боковина тележки с трещинами

Перед заваркой боковину устанавливают в удобное положение и при наличии сквозной трещины после наложения сварного шва подрубкой его со стороны вершины угла разделки (корня шва) удаляют пороки и подваривают контрольным швом.

Предварительный подогрев боковин вагонов производится при наличии среди знаков маркировки буквы «С», которая указывает на повышенное содержание углерода в стали.

Помимо заварки трещин, на литых боковинах восстанавливают наплавкой изношенные поверхности направляющих букс и шкворневой балки и производят приварку втулок, запрессованных в разработанные отверстия для валика подвески тормозного башмака.

Сварочные работы по восстановлению надрессорных балок (фиг. 42) с трещинами выполняют аналогично указанному выше для



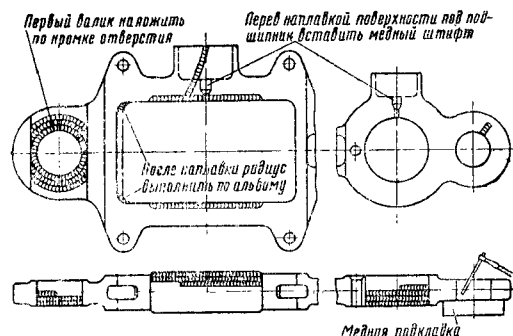
Фиг. 42. Литая надрессорная балка тележки, отремонтированная сваркой: а—заваренные трещины; б—наплавленный борт паза; в—заваренное отверстие

боковин. Наплавка изношенных поверхностей направляющих пазов может производиться электродами типа Э34 по ГОСТ 2523-51.

При наличии на литых боковинах и надрессорных балках маркировки буквами «НЛ» заварка трещин в этих деталях не допускается.

Ремонт деталей движущего и парораспределительного механизма паровозов

Большинство деталей движущего и парораспределительного механизма паровозов ремонтируется дуговой сваркой. На фиг. 43 показаны основные работы, выполняемые при ремонте паровозных дышел, а на фиг. 44—



Фиг. 43. Паровозное дышло, отремонтированное сваркой

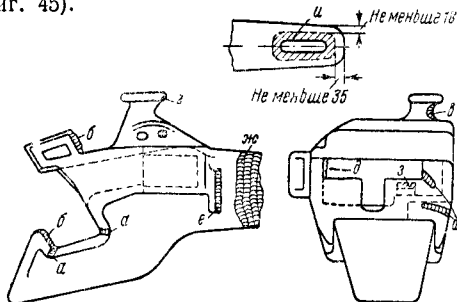


Фиг. 44. Схема наплавки головки поршневого штока

наплавка головки поршневого штока паровозов малых серий, которая должна производиться после предварительного подогрева головки до 300—400°.

Ремонт деталей автосцепки

Основные сварочные работы при ремонте автосцепки выполняют на её корпусе (фиг. 45).

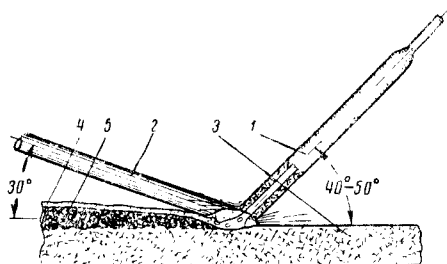


Фиг. 45. Корпус автосцепки, отремонтированный сваркой: а—заварка трещин; б—наплавка по контуру зацепления; в—наплавка шейки уха; г—наплавка отколов и износов буртика уха; д—наплавка нижней перемычки; е—наплавка упора; ж—наплавка поверхности прилегания к хомуту; з—наплавка шипа; и—зона допускаемых к заварке пороков в хвостовике

Трещины в корпусе после их разделки завариваются электродами типа Э42 по ГОСТ 2523-51. Заварка пороков, выходящих за пределы заштрихованной зоны (см. фиг. 45), не допускается. Не допускаются к заварке трещины сверху и снизу в углах, образованных внутренней ударной и боковой стенками корпуса, а также боковой стенкой и тяговой стороной большого зуба, выходящие за верхнюю и нижнюю горизонтальные плоскости наружных рёбер большого зуба.

Трещины в верхних углах окна для замка и замкодержателя могут завариваться, если не выходят на верхнюю горизонтальную поверхность головы автосцепки или за верхнее ребро большого зуба. Длина трещин в нижних углах окна не должна превышать 20 мм. В хвостовике корпуса допускается заваривать трещины, если после их вырубки сечение хвостовика уменьшается не более чем на 25%.

Из наплавочных работ наиболее трудоёмкой является восстановление изношенных поверхностей большого и малого зубьев корпуса. Эту работу электросварщик И. Ф. Макаров (вагонное депо станции Ховрино) выполняет с присадкой добавочного прутка (фиг. 46), что повышает производительность на 30%. Ещё большего повышения произ-

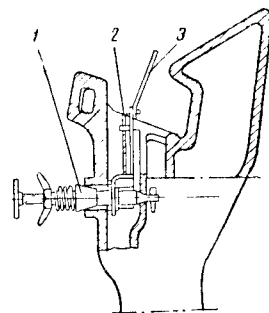


Фиг. 46. Процесс дуговой наплавки с присадкой добавочного прутка: 1—электрод с толстой обмазкой; 2—голый стальной стержень; 3—основной металл; 4—шлак; 5—наплавленный металл

водительности можно достигнуть, применяя для наплавки вместо одиночного электрода пучок, состоящий из электрода, покрытого качественной обмазкой СК-4, и добавочных, изолированных от него голых стальных стержней (см. выше раздел «Высокопроизводительные способы ручной дуговой сварки»).

Для получения износостойкого наплавленного металла применяют электроды типа ЭНХ-25 по ГОСТ 2523-51 с покрытием следующего состава (в % по весу): ферромарганец 45, гранит или полевой шпат 26, гематит 26, крахмал 3, жидкое стекло 25 от веса сухих компонентов (обмазка МЭМИИТ). Электроды с указанной обмазкой при коэффициенте покрытия 40—50% позволяют получить беспористый наплавленный металл твёрдостью 240—280 НВ при наплавке как на малоуглеродистую сталь, так и на металл, наплавленный ранее электродами со стабилизирующими покрытиями.

Корпус автосцепки с трещиной или изломом полочки для верхнего плеча собачки механизма автосцепки восстанавливают приваркой новой полочки, предварительно установленной в корпусе при помощи специального приспособления (фиг. 47). Этот способ предложен электросварщиком А. Г. Лозбеневым



Фиг. 47. Приспособление для приварки полочки в корпусе автосцепки: 1—центрирующий валик; 2—зажимной винт; 3—рукоятка установочного приспособления

(вагонное депо станции Ленинград-сортировочный Московский). Кроме этого, производят восстановление деталей механизма, наплавочные работы на тяговом хомуте, центрирующей балочке, маятниковых подвесках и деталях расцепного привода.

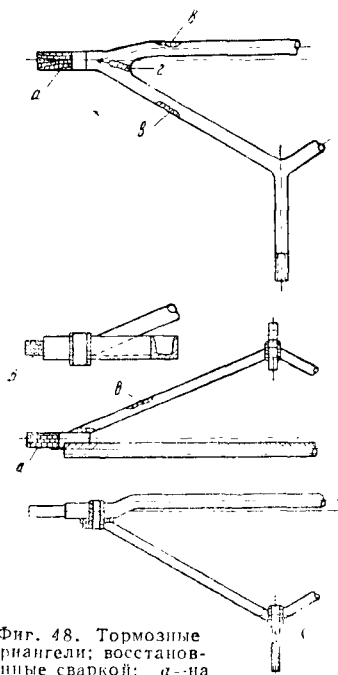
Ремонт деталей автоматических тормозов

Дуговая сварка широко применяется при восстановлении деталей автоматических тормозов, насосов, триангелей, балок, башмаков, подвесок, предохранительных скоб, тяг, рычагов, валиков, головок соединительных рукавов и т. п.

Заварка трещин в чугунных корпусах тормозных насосов и их крышках производится газовой сваркой с присадкой чугунных прутков марки Б по ГОСТ 2671-44. На тормозных триангелях и балках производится наплавка изношенных мест, забоин, заварка трещин и разработанных отверстий (фиг. 48).

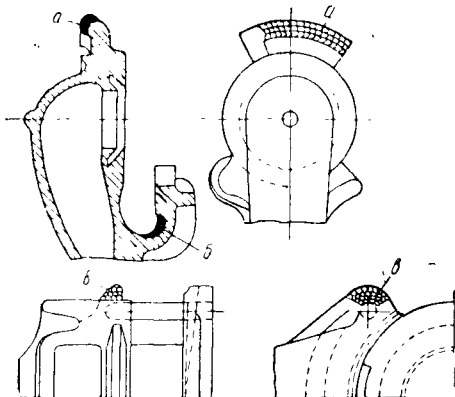
Стальные тормозные башмаки с изношенными не более чем на 5 мм перемычками средних выступов восстанавливают дуговой наплавкой. У чугунных башмаков наплавка осуществляется газовой сваркой.

Подвески тормозных башмаков и предохранительные скобы с износами во избежание подрезов целесообразно восстанавливать газовой наплавкой.



Фиг. 48. Тормозные треугольники; восстановленные сваркой: а — наплавленные шейки треугольников; б — наплавленный хвостовик; в — заваренные забойники; г — заваренная трещина

Головки соединительных рукавов с изношенными гребнями, пазами и отбитыми ушками также подвергаются восстановлению



Фиг. 49. Головка соединительного рукава автотормоза, отремонтированная сваркой: а — наплавленный гребень; б — наплавленная канавка; в — восстановленное ушко

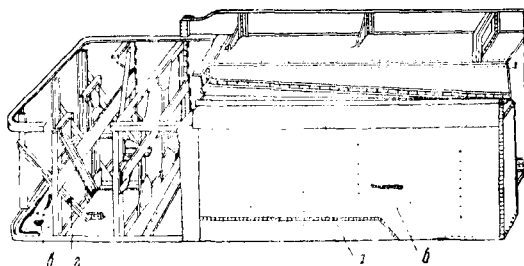
(фиг. 49). Гребни наплавляют электродами типа Э34 по ГОСТ 2523-51 диаметром 3 мм при силе тока 120 а. Заварка паза и восстановление отбитых ушек допускаются только газовой сваркой.

У тормозных тяг и рычагов наплавляют вытертые места, заваривают отверстия и за-

бойины. При заварке отверстий большого диаметра для повышения производительности труда целесообразно под отверстие подкладывать планку из красной меди, а в отверстие класть чистые обрезки из отходов стали или стальную стружку. При таком способе заварки необходимо устанавливать повышенную силу сварочного тока и следить, чтобы добавленный металл был в процессе сварки полностью расплавлен.

Ремонт тендеров

При ремонте тендерных баков (фиг. 50) производится заварка трещин в листах (при капитальном ремонте при длине трещин не более 150 мм и на площади не более 1 м²)



Фиг. 50. Сварочные работы, встречающиеся при ремонте тендерных баков: а — вваренная вставка; б — заваренная трещина; в — наплавленные выедины; г — заваренная трещина в угольнике

и угольниками, а также в сварных швах, наплавка пораженных коррозией мест (при условии, что оставшаяся толщина металла не менее 3 мм), приварка накладок и вварка вставок (при капитальном ремонте не более одной на площади 1 м²).

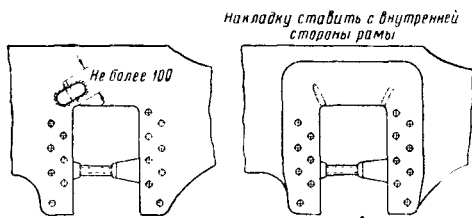
Перед заваркой по концам трещин просверливают отверстия диаметром 6 мм, трещины разделяют V-образно и внутри бака под трещины подводят накладки. После приварки накладок заваривают трещины и швы зачищают заподлицо с поверхностью листа. Трещины в угольниках бака после заварки усиливают приваренными планками. Дефектные сварные швы вырубают, после чего на вырубленные места накладывают новые швы.

Места, пораженные коррозией, должны быть тщательно протерты для удаления влаги и зачищены до металлического блеска, после чего их заваривают электродами диаметром 4 мм. Перед вваркой вставок дефектное место листа или угольника вырезают, вместо него пригоняют вставку с закругленными углами, которую приваривают встык. После того как вставка вварена в лист бака, снаружи сварной шов зачищают заподлицо с основным металлом.

Рамы тендеров ремонтируют, как указано выше (см. «Ремонт паровозных и вагонных рам»).

Трещины в листовых рамах тележек тендеров чаще всего появляются в углах буксового выреза (фиг. 51). Для уменьшения напряжений перед заваркой таких трещин раму распирают домкратом. После заварки трещин домкрат снимают и усиливают место сварки накладкой (при наличии одной тре-

щины длиной до 100 мм—кусовой, а при большем количестве или длине—П-образной).



Фиг. 51. Листовые рамы с заваренными трещинами

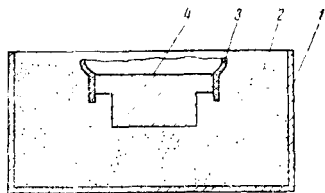
Литые рамы тележек тендера ремонтируют, как указано в разделе «Ремонт литых боковин и надрессорных балок тележек» (см. стр. 277).

Прочие работы

Помимо указанных выше случаев, дуговую сварку применяют при ремонте паровозных цилиндров, деталей экипажной части паровоза, стокера, конденсационного оборудования и других деталей паровоза, а также при ремонте деталей рессорного подвешивания вагонов, вагонных букс, ударных приборов и т. п.

При заварке трещин и наплавке чугунных деталей представляют интерес способы холодной сварки: электросварщика А. Г. Назарова (сварка комбинированным пучком электродов) и доц. Зеленова (сварка с применением гранулированной шихты).

Наплавку изношенных поверхностей чугунных буксовых клиньев паровоза серии Л и челюстей тележек типа ЦВТК пассажирских вагонов по способу т. Зеленова [6] осуществляют после их формовки массой из асбестовой крошки, кварцевого песка и жидкого стекла или в ящике с песком (фиг. 52).



Фиг. 52. Чугунная челюсть тележки пассажирского вагона, заформованная перед наплавкой: 1—ящик; 2—песок; 3—асбестовая прокладка; 4—челюсть

Формовка должна производиться таким образом, чтобы наплавку можно было произвести с припуском по 10 мм на сторону. Наплавку ведут по слою толщиной 6—7 мм гранулированной шихты состава (в весовых частях): чугунной стружки 45, стальной стружки 6, ферросилиция 12. Электроды применяются диаметром 10 мм из чугуна марки СЧ 15-32 по ГОСТ 1412-48, покрытые слоем меловой обмазки (75% мела, 25% жидкого стекла) толщиной 0,75 мм. Сила тока 450—500 а. После наплавки детали помещают в сухой песок или золу для медленного охлаждения. Твердость наплавленного слоя 195—220 НБ.

ГАЗОВАЯ СВАРКА И РЕЗКА

При газовой сварке соединение металлов осуществляется без применения механических усилий путём местного нагрева свариваемых кромок до плавления газо-кислородным пламенем.

В паровозном и вагонном хозяйстве при ремонте чугунных деталей и деталей из цветных металлов и сплавов главным образом применяют ручную газовую сварку ацетилено-кислородным пламенем.

Газовая (кислородная) резка основана на принципе сжигания металла в струе кислорода. При ремонте подвижного состава применяют как автоматическую, так и ручную кислородную резку стали. В качестве горючих для подогрева служат ацетилен, пары керосина, бензина и другое горючее.

Оборудование и аппаратура

Кислород (ГОСТ 5583-50) для сварки и резки (чистота не ниже 99% по объёму) получают из воздуха по методу глубокого охлаждения на имеющихся в паровозном и вагонном хозяйстве кислородных станциях.

В большинстве случаев получаемый кислород транспортируется в стальных баллонах ёмкостью 40 л, которые при давлении 150 атм вмещают 6 м³ кислорода. Пустой баллон весит 67 кг. Длина его корпуса равна 1 300 мм, наружный диаметр 219 мм, толщина стенки 8 мм (ГОСТ 949-41). Снаружи кислородные баллоны окрашивают в голубой цвет с чёрной надписью «Кислород».

В крупных цехах ремонтных заводов с большим объёмом работ по газовой сварке и резке иногда применяют холодные газификаторы (фиг. 53), питаемые жидким кислородом, от которых газообразный кислород транспортируется к месту работ по трубопроводам.

Ацетилен получают путём разложения водой карбида кальция (ГОСТ 1460-46) в ацетиленовых генераторах.

Технические характеристики переносных ацетиленовых генераторов, имеющих наиболее широкое применение в паровозном и вагонном хозяйстве, приведены в табл. 27.

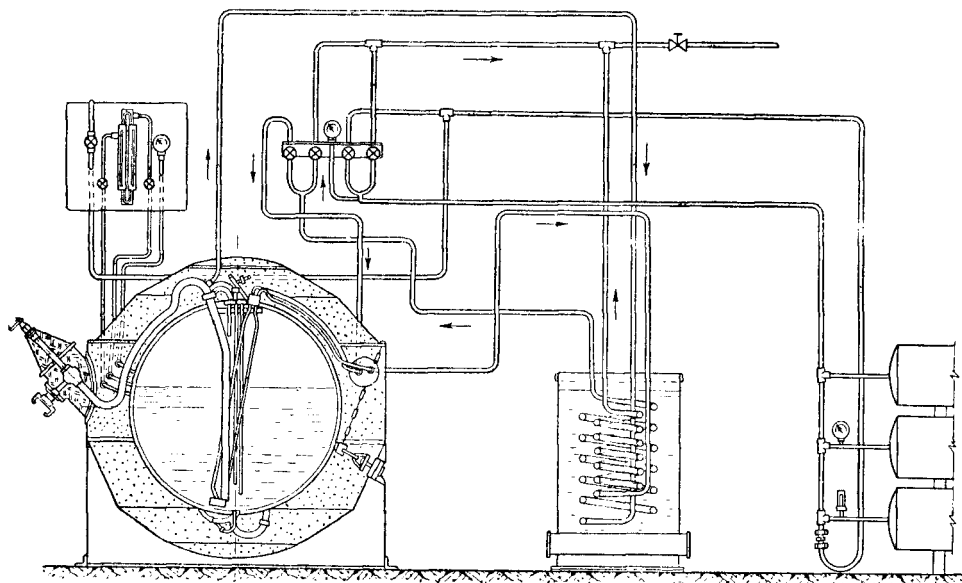
Устройство современного переносного генератора среднего давления ГВР-1,25 показано на фиг. 54.

Постоянное рабочее давление кислорода при сварке (3—3,5 атм) и резке (до 12—15 атм) автоматически поддерживают при помощи редуктора, присоединяемого к кислородному баллону.

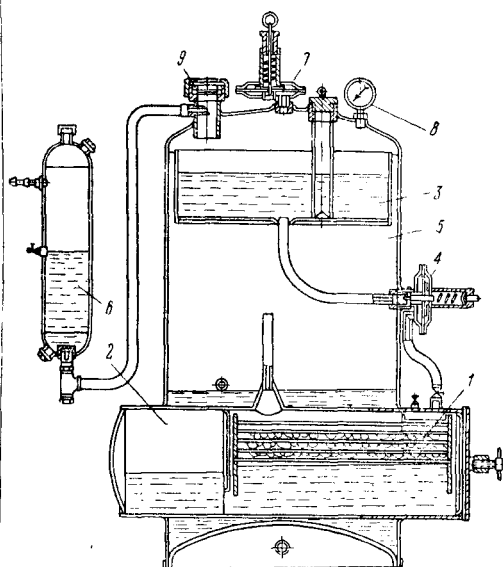
Характеристики современных кислородных редукторов приведены в табл. 28, а схемы их действия—на фиг. 55.

Для газовой сварки при ремонте подвижного состава применяется инжекторная горелка типа СУ-48 (фиг. 56). Она предназначена для сварки металла толщиной от 0,5 до 30 мм. Горелка поставляется с комплектом наконечников № 2, 3, 4 и 6, но может быть доукомплектована также наконечниками № 0, 1,5 и 7.

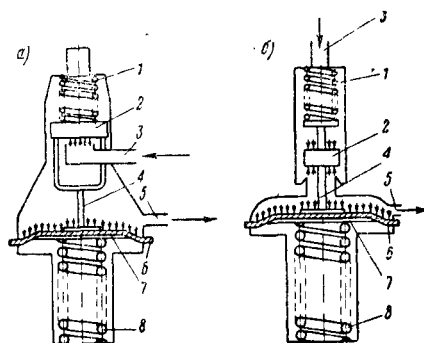
Эксплуатационная характеристика горелки дана в табл. 29.



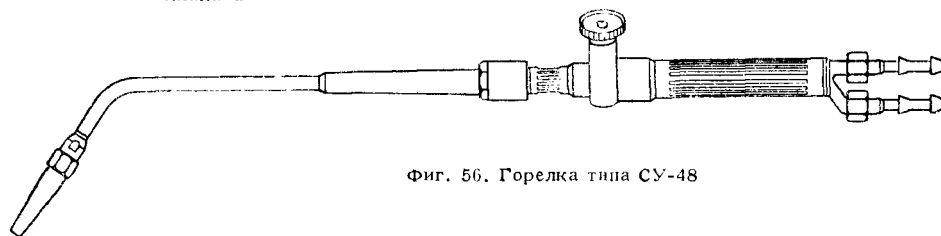
Фиг. 53. Холодный газификатор



Фиг. 54. Газогенератор ГВР-1,25: 1 — рабочая камера (реторта); 2 — камера вытеснения воды; 3 — бачок с запасом воды; 4 — регулятор подачи воды; 5 — азосборник; 6 — предохранительный иоляной затвор; 7 — регулятор давления ацетилена; 8 — манометр; 9 — мембрана предохранительного клапана



Фиг. 55. Схемы действия редукторов: а — прямого действия; б — обратного действия; 1 — обратная пружина; 2 — клапан; 3 — вход газа; 4 — стойка; 5 — выход газа; 6 — мембрана; 7 — нажимной диск; 8 — главная пружина



Фиг. 56. Горелка типа СУ-48

Ручная кислородная резка производится резаками типа УР (фиг. 57), характеристика которых приведена в табл. 30, а также керосинорезами (фиг. 58, табл. 31).

Автоматическая резка (например вырез-

ка головок паровозных дышел) ведётся по копирам на автоматах типа АС.

Автомат типа АС является универсальным и может применяться для резки по любой кривой. Максимальная толщина разрезаемого

Т а б л и ц а 27

Характеристики переносных ацетиленовых генераторов [15]

Марка генератора	Принцип действия (система)	Производительность в л/час		Единоременная загрузка карбида кальция в кг	Грануляция карбида кальция в мм	Давление газа в корпусе в мм вод. ст. или в ати	К. п. д. в %	Количество воды в генераторе в л	Вес генератора без воды и карбида в кг	Высота в мм	Диаметр в мм	Примерный расход материалов на 1 м ² ацетилена		
		нормальная	максимальная									карбида в кг	воды в л	генератора в кг
РА	«Вода на карбид»	1 000	1 200	2×2	15×25 25×50 50×80	140	75—92	65	50	1 280	455	5	14	30
МГ	То же	2 000	2 500	2×2,5	25×50 50×80	300—350	90—95	180	65	1 135	590	4,5	16,5	30
ГВР-1,25	«Вытеснение воды» в сочетании с «вода на карбид»	1 250	—	4	25×50 50×80	0,15—0,3 ати	86	52	50	935	480	—	—	—
ГВР-3	То же	3 000	—	2×4	25×50 50×80	0,15—0,3 *	—	107	110	1 260	630	—	—	—

Т а б л и ц а 28

Характеристики кислородных редукторов

Тип редуктора	Пропускная способность в м ³ /час при давлении в ати			Число ступеней (камер) редуцирования	Наибольшее рабочее давление в ати	Чувствительность в ати на 1 оборот винта	Действие
	3	12	15				
РДС	24	70	—	2	12	6	Прямое
РК-48	—	—	60	1	15	5	Обратное

Т а б л и ц а 29

Эксплуатационная характеристика горелки типа СУ-48 [8]

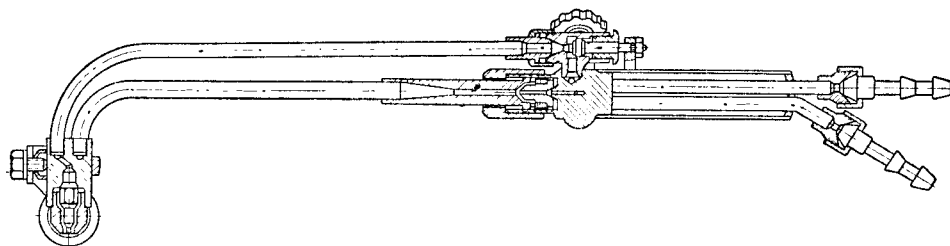
Элементы характеристики	Номер наконечника							
	0	1	2	3	4	5	6	7
Толщина свариваемого металла в мм	0,3—1	1—2	2—4	4—6	6—9	9—14	14—20	20—30
Часовой расход ацетилена в л	75	150	300	500	750	1 200	1 700	2 500
» » кислорода » »	85	165	330	550	825	1 320	1 870	2 750

Т а б л и ц а 30

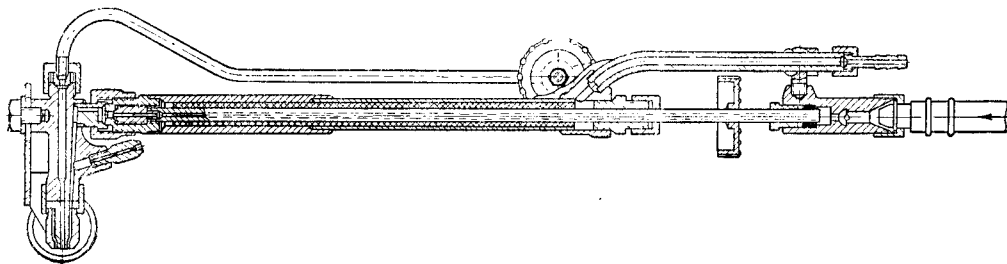
Эксплуатационная характеристика резака типа УР-49

Элементы характеристики	Толщина разрезаемого металла в мм					
	5	25	50	100	200	300
№ наружного сопла	1	1	1	2	2	2
№ внутреннего сопла	1	2	3	4	5	5
Рабочее давление кислорода в ати	3	4	6	8	11	14
Скорость резки в мм/мин	550	370	260	165	95	80
Расход кислорода в м ³ /час	2,6	5,2	8,5	18,5	33,5	42
» ацетилена » »	0,8	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2

П р и м е ч а н и е. Данные таблицы соответствуют резке среднеуглеродистой стали при чистоте кислорода не ниже 99%.



Фиг. 57. Резак типа УР-49



Фиг. 58. Керосинорез

Т а б л и ц а 31
Техническая характеристика керосинореза [15]

Элементы характеристики	Толщина разрезаемой стали в мм				
	10	25	50	100	200
№ внутреннего сопла	1	1	2	3	4
Давление кис- лорода в <i>ати</i> . .	3	4	7	9	14
Давление в бач- ке с горючим в <i>ати</i>	0,5	0,5	1	1,5	2
Скорость резки в мм/мин	450	225	150	100	75
Расход кисло- рода (суммарный) в м³/час	2,6	3,2	10	16	36
Расход кероси- на в г/час	900	900	1 200	1 500	2 000

П р и м е ч а н и е. Данные являются ориентировочными и относятся к резке малоуглеродистой стали при чистоте кислорода 99%.

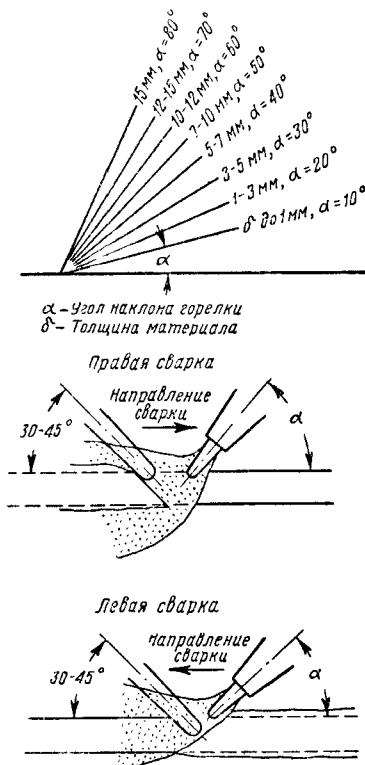
этим автоматом металла 300 мм. Применяют ацетилено-кислородный резак или керосинорез.

Технология газовой сварки и резки

Для газовой сварки стали применяются прутки, изготовленные из проволоки марок Св-I, Св-IA, Св-II по ГОСТ 2246-51. В практике газовой сварки применяют правый и левый способы сварки (фиг. 59).

При левом способе горелку перемещают справа налево, присадочная проволока находится впереди горелки; при правом способе горелка движется слева направо и присадочная проволока находится между швом и горелкой.

Для лучшего перемешивания ванны расплавленного металла и правильного формирования шва обычно горелкой и прутком делают колебательные движения поперёк шва

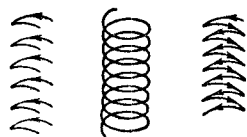


Фиг. 59. Техника управления горелкой и прутком при газовой сварке

(фиг. 60). При этом пруток движется в направлении, обратном перемещению горелки.

Правую сварку применяют при толщине свариваемого металла более 5 мм. При правой сварке механические свойства сварного соединения выше, чем при левой, использование тепла лучше, вследствие чего увеличивается производительность (до 25%) и сокращается расход горючего (до 20%).

При сварке в наклонном положении горелка должна быть расположена под углом



Фиг. 60. Виды поперечных сечений горелки и прутка

45° к поверхности детали. Направление сварки может быть как снизу вверх, так и обратное.

Сварка чугуна.

При ремонте чугунных деталей подвижного состава часто применяют ацетилено-кислородную сварку. Состав прутков приведен в табл. 10.

Перед сваркой кромки свариваемых частей скрывают под углом 80—90° и в необходимых случаях производят формовку места сварки.

Сложные отливки с различной толщиной стенок, приливами и рёбрами предварительно равномерно подогревают до температуры 650—700°. Наконечник горелки выбирается в соответствии с расходом ацетилена, который должен составлять 125—150 л/час на каждый миллиметр толщины свариваемых частей.

Пламя горелки должно быть нормальным или с небольшим избытком ацетилена. В процессе сварки в качестве флюса применяют переплавленную толчёную буру.

При пайке латунью скос кромок 90—95°. Предварительный подогрев детали может быть ограничен температурой 300—350°. Прутки включают (в %): Zn 38—40; Sn 0,9—1,1; Fe 0,5—1,0; Mn 0,4—0,8; Cu — остальное (латунные прутки марки Л-59).

Процесс заполнения шва ведётся участками и заключается в подогреве кромок шва горелкой в месте пайки до 880—900°, облуживания кромок и заполнения шва по возможности за один проход.

При облуживании графит выжигают слегка окислительным пламенем (отношение кислорода к ацетилену 1:3). Наконечник горелки подбирается с учётом расхода ацетилена 60—75 л/час на 1 мм толщины детали в месте пайки.

После газовой сварки и пайки сложные отливки медленно и равномерно охлаждают.

Сварка цветных металлов и сплавов. При ремонте подвижного состава приходится восстанавливать сваркой детали из бронзы (паровозные подшинники) и из алюминия (детали цельнометаллических пассажирских вагонов).

Трещины в бронзовых деталях заваривают обычно латунной проволокой (Cu — 60% и Zn — 40%) после подогрева до 350—400°. В качестве флюса употребляют толчёную переплавленную буру. Разделка трещин — как и при дуговой сварке стали. Пламя горелки поддерживают нормальным. Номер наконеч

ника выбирается из расчёта 120—170 л/час ацетилена на 1 мм толщины детали.

Для растворения плёнки окислов при сварке алюминия в ванну расплавленного металла добавляют флюс (табл. 32).

Таблица 32
Флюсы для сварки алюминия [18]

Состав флюса в % по весу				
KCl	NaCl	LiCl	KF	NaF
45	33	15	7	—
30	45	10	15	—
48	35	8	—	9

В качестве прутка используют алюминиевую проволоку.

Кислородная резка. Кислородная резка стали с содержанием углерода до 0,7% производится без затруднений; при большем содержании углерода, так же как при резке чугуна, применяют специальные приёмы и аппаратуру [20].

Поверхность разрезаемой стали должна быть очищена от грязи и ржавчины. Когда край детали, от которого начинается резка, подогрет пламенем резака до температуры воспламенения стали в кислороде (1050—1150°), пускают режущую струю кислорода, и после того как режущая струя пробьёт металл на всю толщину, начинают продвигать резак в направлении резки.

При резке с середины листа режущей струёй кислорода пробивают отверстие. При толщине листа свыше 20 мм отверстие рекомендуется предварительно просверлить.

Расстояние от мунштука до поверхности металла может быть определено по формуле $L = l + 1,5$ мм, где l — длина ядра пламени резака. Положение мунштука при резке обычно вертикальное.

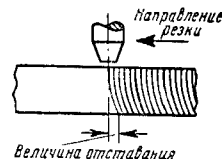
Скорость резки ограничивается отставанием в прорезании нижних слоёв металла (фиг. 61).

В табл. 33 приведены величины «отставания» при резке малоуглеродистой стали.

Таблица 33
Зависимость величины «отставания» от толщины разрезаемого металла при кислородной резке

Толщина металла в мм	Приблизительная величина «отставания» в мм	Примечание
13	2,4	Предполагается, что кромка реза перпендикулярна линии перемещения резака
25	5,5	
50	5,6	
50—150	6,5	

Ориентировочные данные о нормальной ширине реза и глубине бороздок (неровностей) при газовой резке по прямой приведены в табл. 34.



Фиг. 61. Схема отставания в прорезании нижних слоёв металла

Т а б л и ц а 34
Ширина реза и глубина бороздок [15]

Способ резки	Толщина стали в мм	Параметры реза в мм	
		ширина	глубина бороздок
Ручная	5—25	3—4	0,5—1,0
	25—50	4—5	1,0—1,5
	50—100	5—6	1,5—2,0
	100—200	6—8	2,0—3,0
	200—300	8—10	3,0—4,0
Автоматическая	5—25	2—3	0,1—0,2
	25—50	3—4	0,2—0,3
	50—100	4—5	0,3—0,4
	100—200	5—6,5	0,4—0,6
	200—300	6,5—8	0,6—0,8

В последнее время ВНИИ Автоген разработал метод кислородной резки с наклонном оси мунштука в сторону, обратную направлению резки. При этом существенно повышается скорость резки.

Газовая сварка и резка при ремонте подвижного состава

Организация рабочего места. Рабочее место сварщика должно удовлетворять условиям удобной и безопасной работы.

В помещениях, предназначенных специально для газопламенной обработки, на каждое рабочее место отводится не менее 4 м², кроме площади, занимаемой оборудованием, и проходов. Ширина проходов должна быть не менее 1 м, а высота помещения не менее 2,5 м.

Помещение должно удовлетворять требованиям пожарной безопасности: стены обиваются кровельным железом по асбесту, пол должен быть огнестойким и т. п. В закрытых помещениях обязательно устройство вентиляции, достаточной для предупреждения образования взрывоопасных и опасных для здоровья концентраций газов.

Рабочий стол должен иметь высоту 500—800 мм. Стул желательно иметь винтовой. У рабочего места должен всегда находиться сосуд с водой для периодического охлаждения наконечника горелки или резака и стойка с крючком, на который горелку или резак вешают при перерывах в работе. Целесообразна установка непосредственно возле рабочего места вентиля, перекрывающего подвод газов.

При систематическом ремонте деталей большого веса рабочее место оборудуют соответствующим подъемным устройством.

Баллоны со сжатыми газами вблизи рабочего места должны быть надёжно укреплены у стен или колонн, на тележке и т. п. вертикально или в наклонном положении вентилями вверх. Расстояние баллонов от нагревательных приборов должно быть не меньше 1 м, а от источников тепла с открытым огнём и от работающего сварщика или резчика не менее 10 м.

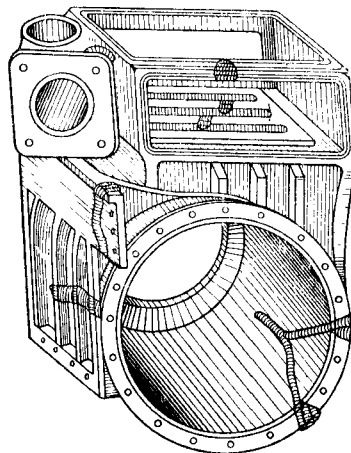
Из часто встречающихся работ, выполняемых газовой сваркой и резкой при ремонте паровозов и вагонов, необходимо отметить следующие.

Ремонт паровозных чугунных цилиндров. Паровозный цилиндр с различными поврежде-

ниями, отремонтированный газовой сваркой, показан на фиг. 62.

Перед сваркой кромки трещин скашивают, отбитые части пригоняют по месту и прихватывают дуговой сваркой холодным способом. Кромки в местах пригонки также скашивают.

Цилиндр устанавливают на кирпичи (подложенные в различных местах под цилиндром)



фиг. 62. Паровозный цилиндр, отремонтированный газовой сваркой

во избежание коробления от собственного веса при нагреве. В необходимых случаях производят формовку места сварки.

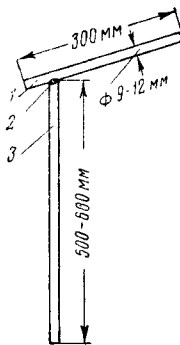
Вокруг цилиндра выкладывают кладку из огнеупорного кирпича. Если дефект имеется в верхней части, то кирпичи до половины цилиндра укладывают вплотную к его стенкам, а далее на расстоянии 60 мм от них. Если имеется дефект также внизу, то расстояние 60 мм выдерживают по всей высоте цилиндра. В местах выполнения сварки в стенах кладки оставляют отверстия, временно закладываемые кирпичами.

Пространство между кладкой и цилиндром заполняют древесным углём и накрывают асбестовым картоном и листовым железом. Уголь зажигают сверху, и после того, как он разгорится, все неплотности кладки замазывают глиной, смешанной с асбеститом.

При наличии дефектов в нижней части цилиндра кладку выкладывают под цилиндром, в бочку которого насыпают немного древесного угля.

Нагревание должно быть медленным и равномерным. При температуре 600—700° приступают к сварке.

Для удобства манипулирования чугунный прутки приваривают к державке (фиг. 63).



Фиг. 63. Составной чугунный прутки: 1—чугунный присадочный прутки; 2—прихватка сваркой; 3—чугунный прутки державки

Кончик прутка перед опусканием во флюс и сварочную ванну подогревают горелкой. Горелку не отводят в сторону от ванны до тех пор, пока заварка дефекта не закончится, если же нагрев в месте сварки слишком большой, горелку отдают.

Процесс сварки должен протекать быстро. По окончании сварки кладку необходимо плотно закрыть и замазать все щели. Остывание цилиндра должно быть медленным.

При пайке латунию подогрев углём ведут до температуры 300—350°, а в месте пайки—горелкой до 880—900°, после чего кромки облуживают латунным прутком и заполняют угол разделки. Шов накладывают участками.

Заварка трещин в вагонных буксах и наплавка подшипников. После вырубки трещин буксу укладывают в кузнечный горн, причём ремонтируемую часть нагревают до красна.

Нагретую буксу ставят на сварочную плиту, укрывают асбестовым картоном с прорезами в местах сварки и трещины заваривают чугунными прутками.

Затем буксу снова подогревают в горне, после чего засыпают горячей золой и оставляют до полного остывания.

Чугунные корпуса вагонных подшипников наплавляют по яблоку.

При исправном слое заливки наплавка латунию может производиться без предварительного подогрева корпуса в горне и выплавки баббита, для чего подшипник погружают в ванну с проточной водой так, чтобы на поверхности оставалось только яблоко.

При ремонте букс и подшипников применяют также способы холодной дуговой сварки стальными и медными прутками.

Вырезка паровозных дышел на автомате. Кузнечную заготовку паровозного дышла размечают по шаблону и устанавливают в правильное положение относительно копира.

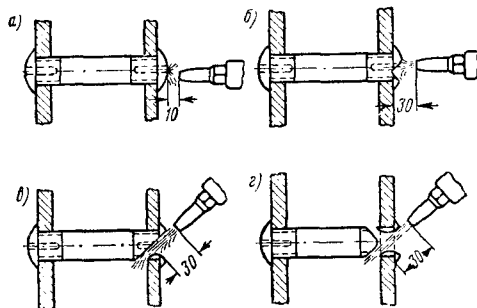
Руководствуясь разметкой, резчик делает пробивку сквозного отверстия на расстоянии не более 50 мм от линии разметки, ставит головку автомата на копир и устанавливает давление кислорода; мундштук резака и скорость резки подбираются по паспортным данным автомата.

Резку по наружному контуру начинают от края заготовки, а вырезку рамки — от пробитого отверстия. После окончания резки дышло подвергается нормализации, после чего его обрабатывают на фрезерном станке по альбомным размерам.

Вырезка связей. Связи в паровозных топках вырезают вручную (фиг. 64) при давлении кислорода 4—5 атм. Резку начинают с подогрева головки связи у края контрольного отверстия (фиг. 64, а). Как только края отверстия начнут оплавляться, пускают струю режущего кислорода, а мундштук несколько отдают (фиг. 64, б). Когда образующееся в головке связи углубление станет равным толщине стенки топki, резак наклоняют под углом 35—45° (фиг. 64, в) и пробивают отверстие в теле связи позади стенки топki.

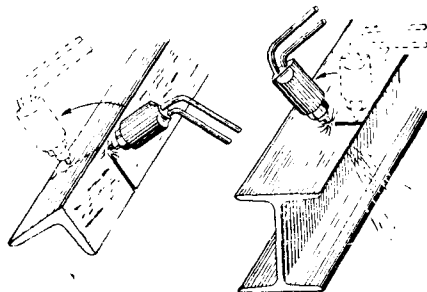
Процесс вырезки заканчивается поворотом резака вокруг оси связи (фиг. 46, г). Остав-

шееся после вырезки связи кольцо удаляется из отверстия при помощи пневматического зубила.

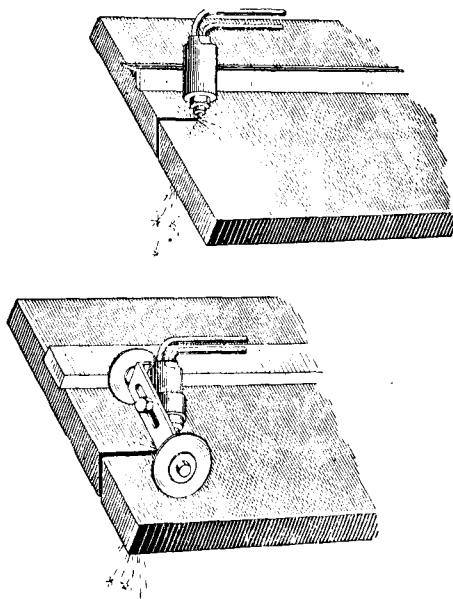


Фиг. 64. Процесс вырезки топочных связей

Резка профильного и листового металла. Резку угловой стали начинают от края одной из полок (фиг. 65). Резак ведут к ребру, постепенно меняя его положение при подходе к вершине угла и уменьшая по мере приближения к ней скорость резки. При резке полок



Фиг. 65. Резка угольника и двутавровой балки



Фиг. 66. Резка листовой стали под острым углом

мундштук резака должен быть перпендикулярен разрезаемой поверхности. Резку швеллеров ведут в два приёма.

Помимо указанных случаев, газовую резку широко применяют для вырезки негодных частей котлов и заготовки вставок, накладок и заплат из листового металла.

При вырезке частей под сварку резак следует держать под углом, чтобы кромки были скошены (фиг. 66).

КОНТАКТНАЯ И ГАЗОПРЕССОВАЯ СВАРКА

При контактной сварке соединение металлов достигается сжатием свариваемых частей после нагрева их электрическим током до пластического состояния или оплавления. При газопрессовой сварке стык свариваемых частей нагревается до пластического состояния или оплавления газовым пламенем, после чего производится сжатие частей под значительным давлением. В паровозном и вагонном хозяйстве в основном применяется стыковая и точечная контактная сварка и газопрессовая сварка встык.

Оборудование и аппаратура для контактной сварки

Контактная сварка производится сварочным током силой от 1 000 до 50 000 а при напряжении сварочной цепи 2—8 в и давлении на свариваемые детали от 1 до 5 кг/мм².

Машины для контактной сварки делятся на 3 группы:

- 1) машины стыковой сварки;
- 2) машины точечной сварки;
- 3) машины шовной сварки.

На железнодорожном транспорте применяются главным образом стыковые машины типа СКМ и РСМК завода «Ревтруд». Техническая характеристика машины СКМ-100 приведена в табл. 35. Машины РСМК см. ТСЖ, том 5, стр. 379. Характеристики других машин для электроконтактной стыковой сварки приведены в табл. 36.

Т а б л и ц а 35

Техническая характеристика машины СКМ-100
(по данным завода «Ревтруд» ЦУМЗ МПС)

Элементы характеристики	Единица измерения	Показатели
Длительная мощность . . .	квa	36
Мощность при ПВ 20 % . .	»	80
Первичное напряжение . .	в	380 или 220
Число ступеней регулирования	—	5
Свариваемое сечение:		
2-я ступень	мм ²	500—1 000
3-я »	»	1 500—2 000
4-я »	»	2 500
5-я »	»	3 000
Количество сварок в час при сечении свариваемых частей в мм ² :		
1 600	—	14
2 500	—	8
3 000	—	6
Расстояние между губками:		
минимальное	мм	35
максимальное	»	185
Расход охлаждающей воды .	л/час	700
Вес	т	2,5
Размеры:		
длина	мм	1 925
ширина	»	1 735
высота	»	1 925

Для точечной сварки применяют машины, технические данные которых даны в табл. 37.

Характеристика машин шовной сварки типа АШП-25 приведена в табл. 38.

Газопрессовая сварка в вагонном хозяйстве осуществляется на станках типа СГП-1 и СГП-УМ (табл. 39). В последнее время внедряются станки СГП-1р [21].

Станки СГП-1 с ручным приводом зажатия деталей предназначены для депо с небольшим объёмом работ и имеют невысокую производительность.

Станки СГП-УМ (фиг. 67) полностью механизированы, производительность их в 2 раза выше, чем станков СГП-1. Станки СГП-7У наиболее мощны, и на них производится сварка паровозных дышел и штоков.

Т а б л и ц а 36

Технические данные машин стыковой сварки [4]

Элементы характеристики	Единица измерения	АСА-5. АСИФ-5	АСА-10	МСР-100	АСИФ25-У	АСИФ50-У	АСИФ75-У
Первичное напряжение	в	120, 220, 330	220, 380, 500	220, 380, 500	220, 380	220, 380	220, 380
Номинальная мощность	квa	5	10	100	25	50	75
Номинальный коэффициент ПВ	%	25	25	20	25	25	25
Номинальный ток в первичной цепи	а	42, 23, 13	46, 26, 20	263	113, 66	226, 132	399, 198
Наибольшее свариваемое сечение при непрерывной работе	мм ²	60	120	1 000	120 или 200	400	800
Число ступеней регулирования трансформатора	—	8	7	8	6	6	6
Пределы регулирования вторичного напряжения	в	1,16—1,74	1,6—2,75	4,5—7,6	2,0—3,5	2,9—5,0	3,5—7,0
Действие машины	—	Автоматическое		Неавтоматическое	Автоматическое или неавтоматическое	Неавтоматическое	

Таблица 37

Технические данные машин точечной сварки [4]

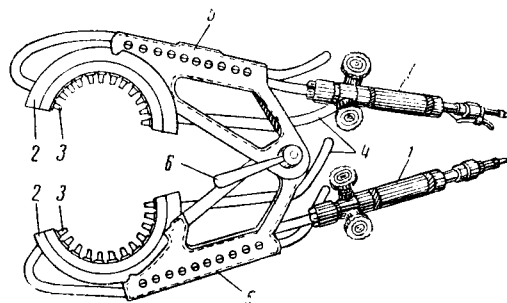
Элементы характеристики	Единица измерения	АТП-10	АТП-25	АТП-50	АТП-75	МТМ-50
Первичное напряжение	в	220, 380	220, 330	220, 330	220, 380	220, 380
Номинальная мощность	квa	10	25	50	75	50
Номинальный коэффициент ПВ	%	30	25	12,5	12,5	12,5
Номинальный ток в первичной цепи	а	45, 26	115, 85	230, 131	345, 197	230, 131
Число ступеней регулирования трансформатора	—	8	6	6	8	6
Пределы регулирования вторичного напряжения холостого хода	в	1,6—2,6	2,0—3,5	2,9—5,0	3,5—7,0	2,5—5,0
Максимальный сварочный ток при номинальной мощности	а	~6 000	~9 000	~11 500	~14 000	~10 000
Число сварок в час	—	1 000—2 000	800—2 000	800—2 000	800—2 000	450—2 000

Таблица 38
Технические данные машин шовной сварки
типа АШП-25

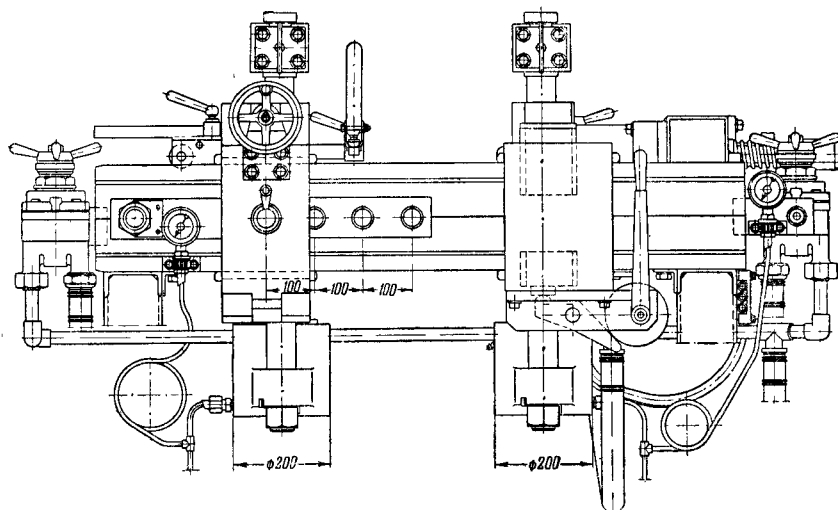
Элементы характеристики	Единица измерения	Показатели
Первичное напряжение	в	380
Номинальная мощность	квa	25
Номинальный коэффициент ПВ	%	50
Номинальный ток в первичной цепи	а	66
Число ступеней регулирования трансформатора	—	8
Пределы регулирования вторичного напряжения холостого хода	в	2,2—4,5
Скорость сварки	м/мин	0,75—3,0
Максимальный сварочный ток при номинальной мощности	а	~8 000
Максимальная толщина свариваемых деталей	мм	1+1
Мощность электродвигателя	квт	0,07

В зависимости от формы и размеров свариваемых частей пользуются различными горелками (табл. 40).

Горелки для газопрессовой сварки отли-



Фиг. 68. Многопламенная горелка для газопрессовой сварки стержней диаметром 40—52 мм: 1—ствол горелки; 2—многопламенные наконечники; 3—сопла; 4—водоподводящие трубки; 5—кожухи; 6—шаровая рукоятка



Фиг. 67. Станок типа СГП-УМ для газопрессовой сварки

При газопрессовой сварке концы свариваемых частей нагревают специальными ацетилено-кислородными многопламенными горелками.

чаются от горелок для газовой сварки формой и конструкцией наконечников. Они имеют много сопел, более мощны и снабжены водяным охлаждением (фиг. 68).

Технические данные станков для газопрессовой сварки

Таблица 39

Элементы характеристики	Единица измерения	Тип станка		
		СПП-1	СПП-УМ	СПП-7У
Привод зажатия деталей	—	Ручной	Гидропневматический	Пневматический
Привод осадки	—	Пневматический	Гидропневматический	Пневматический
Давление воздуха в магистрали	атм	4—5	4—5	6
Максимальное усилие зажатия деталей	т	20	35	40
Максимальное усилие осадки	»	10	14	17
Максимальное свариваемое сечение	мм ²	4 500	6 000	11 000
Рабочий ход подвижной каретки	мм	До 50	До 50	До 60
Габариты:				
длина	»	1 540	1 750	1 630
ширина	»	600	1 170	1 150
высота	»	1 350	1 410	1 330
Начальное расстояние между зажимными колодками	»	330	От 50 до 400	400
Вес	кг	800	1 500	2 200

Таблица 40

Технические данные горелок для газопрессовой сварки деталей подвижного состава

Тип горелки	Расход ацетилена в л/час	Расход кислорода в л/час	Число инжекторов и их номера	Форма наконечника	Число сопел	Диаметр выходного отверстия сопла в мм	Вес горелки в кг	Назначение горелки
МГ-75	2×2 300	2×2 500	2 нестандартных 2 № 6	Полукруглая	2×23	0,8	4,9	Сварка стержней диаметром 65—75 мм
МГ-52	2×1 700	2×1 900	2 № 6	»	2×12	0,9	4,8	Сварка стержней диаметром 40—52 мм
МГ-40	1×1 700	1×1 900	1 № 6	»	2×15	0,6	3,3	Сварка стержней диаметром 25—35 мм
МГ-Р	1×1 900	1×2 100	1 нестандартный	Прямая	2×19	0,6	2,4	Сварка полосовой стали 13×100 мм
МГ-Д	2×3 500	2×3 850	2 нестандартных	Специальная (Г-образная)	2×42	0,7	6,5	Сварка паровозных дышел
МГ-100	2×3 900	2×4 290	2 нестандартных	Полукруглая	2×26	—	6,6	Сварка паровозных штоков

Таблица 41

Припуски на оплавление и осадку стальных заготовок круглого и квадратного сечения при контактной сварке (на 2 детали)

Размеры заготовок в мм	Сторона квадрата .	5	9	12	16	20	25	32	40	50
	Диаметр	6	10	14	18	22	28	36	45	55
Величина припуска в мм	Ручная сварка . . .	6	8	8	10	12	14	18	22	24
	Автоматическая сварка	6	8	12	16	18	22	23	34	40

Технология контактной и газопрессовой сварки

Стыковая контактная сварка по методу оплавления. При неавтоматической сварке торцы деталей могут обрабатываться любым способом. Наличие местных зазоров в стыке до 10% суммарного припуска на оплавление на результаты сварки не влияет. При автоматической сварке местные зазоры в стыке свыше 0,5 мм не допускаются и торцы должны быть механически обработаны.

Неавтоматическая сварка ведётся с прерывистым подогревом, который осуществляют повторным замыканием путём сближения свариваемых частей до соприкосновения и разведения на некоторое расстояние.

Через определённое время после возникновения процесса непрерывного оплавления свариваемые части сжимают, а сварочный ток выключают.

Автоматическая сварка может производиться без прерывистого подогрева с непрерывным оплавлением.

Припуски на оплавление и осадку при контактной сварке приведены в табл. 41.

Удельная мощность при сварке может колебаться в пределах 0,08—0,2 ккал/мм² в зависимости от скорости сварки.

Выпуск из губок машины для заготовок из малоуглеродистой стали равен 0,75 d, где d — диаметр заготовок, для заготовок из углеродистой стали (0,45%С) — 0,5 d, а при

сварке малоуглеродистой стали с углеродистой соответственно 1,0 d и 0,5 d .

Удельное давление осадки при ручной сварке 3—5 кг/мм^2 , при автоматической 6—7 кг/мм^2 .

Точечная сварка. При точечной сварке поверхности листов в месте сварки тщательно очищают (травлением, пескоструйным аппаратом и т. п.) от окалины, ржавчины, грязи и жира.

Время сварки одной точки около 1 сек. на каждый миллиметр толщины свариваемых листов.

Сила тока 80—160 a на квадратный миллиметр контактной поверхности электрода. Диаметр контактной поверхности электрода

$$d_s = 2S + 3 \text{ мм},$$

где S — толщина более тонкого листа в мм.

Удельное давление 2—6 кг/мм^2 . Диаметр ядра точки

$$d = (1,0 \div 1,25) d_s.$$

Газопрессовая сварка. При сварке в пластическом состоянии торцы свариваемых частей очищают от ржавчины, грязи, жира и окалины и хорошо пригоняют друг к другу. Нагрев стыка до сварочной температуры осуществляется путём колебаний горелки по обе стороны стыка. Амплитуда колебаний равна примерно $(0,8 \div 1,0)d$, где d — диаметр свариваемых частей, частота 50—80 колебаний в минуту. Начальное удельное сжатие (около 1 кг/мм^2) после нагрева до сварочной температуры (1200—1250°) увеличивается до 2,5—3 кг/мм^2 и выдерживается, пока осадка не станет равной 0,3—0,4 диаметра свариваемых частей. Утолщение в месте сварки обычно проковывают, в результате чего размер сваренной детали по длине сохраняется равным сумме начальных размеров заготовок.

При комбинированной газопрессовой сварке с оплавлением [22] способ подготовки торцов свариваемых частей не имеет существенного значения, не требуется также тщательной зачистки и пригонки свариваемых частей. Торцы свариваемых частей вначале могут соприкасаться (без давления), но при достижении сварочного жара их разводят на расстояние 8—20 мм (в зависимости от сечения заготовок) и нагрев продолжают до равномерного оплавления. Затем следует сжатие и осадка при удельном давлении 3—3,5 кг/мм^2 для малоуглеродистой стали и 4—5 кг/мм^2 для углеродистой (0,5—0,6% С). После сварки деталь выдерживают в течение 1—2 мин., затем обрезают грат (выступившие окислы и шлак) и стык проковывают в нагретом состоянии. Общий припуск на оплавление и осадку принимается 10—20 мм.

Контактная и газопрессовая сварка при ремонте деталей подвижного состава

В паровозном хозяйстве стыковая контактная сварка имеет массовое применение для приварки концов дымогарных и жаровых труб. При выполнении этой работы негодный

конец трубы отрезают и приваривают новый. Для обеспечения надёжного электрического контакта свариваемые трубы в местах зажатия в губки машины очищают.

Зажатые трубы сваривают встык по методу оплавления с прерывистым подогревом. При ручном процессе после нескольких замыканий начинают оплавление, продолжаящееся несколько секунд, после чего делают осадку.

Находящийся внутри трубы грат удаляют после сварки, пока стык находится в разогретом состоянии. Для этого со стороны привариваемого конца в трубу вводят стальной стержень диаметром на 1—2 мм меньше, чем диаметр трубы, с укреплённым на его конце дорном с заостренными краями. Грат срезается ударами по дорну. Снаружи грат зачищают наждачным кругом.

В вагонном хозяйстве для приварки новых головок упругих крюков применяют стыковую контактную сварку с оплавлением и газопрессовую сварку.

Процесс контактной сварки протекает в следующем порядке: негодную головку отрезают или обрубают (кузнечным способом), чтобы остающаяся штанга имела припуск на оплавление и осадку (20—25 мм). Конец штанги и новую головку зачищают с торцов и в местах зажатия губками машины. При установке путём подкладок производят центрирование зажимаемых частей.

Зажатые заготовки сваривают по методу сплавления с прерывистым подогревом. Когда неровности торцов оплавятся и в стыке возникнет сплошное искрение, свариваемые части постепенно сближают, а через небольшой промежуток времени сжимают и осаживают. Выдавленные на поверхность окислы обрубуют, после чего место сварки проглаживают под механическим молотом.

Помимо указанных работ, при ремонте подвижного состава производится электроконтактная сварка сцепных паровозных дышел, различных тяг, валов, рычагов, а также рессорных листов, аппаратных болтов, буферных стержней, колоночных и буксовых болтов тележек и т. п. Контактную точечную сварку иногда применяют для сварки флюгарок, пепельниц и других мелких деталей пассажирских вагонов.

Газопрессовую сварку применяют при недостатке электроэнергии.

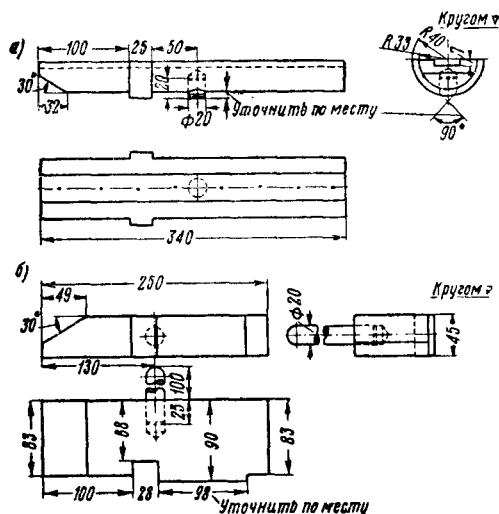
В табл. 42 и 43 приведены операционные карты газопрессовой сварки буферных стержней грузовых вагонов в пластическом состоянии и комбинированной с оплавлением.

Газопрессовую сварку рессорных листов производят после их обрубки по заданным размерам под молотом в нагретом состоянии. При комбинированной газопрессовой сварке обрубка их может производиться без нагрева. При сварке рессорных листов на станках СГП-1 применяют специальные вкладыши (фиг. 69), так как расстояние между зажимными колодками у этих станков велико и может произойти смещение листов во время осадки.

При сварке на станках СГП-1рп и СГП-УМ расстояние между каретками можно регулировать, поэтому вкладышей не требуется. После сварки удаляют грат, а утолщение проко-

Оперативная карта газопрессовой сварки в пластическом состоянии
буферного стержня в толстой части

№ детали	Наименование операции	Эскиз детали	Необходимое оборудование
1	Обрезка под сварку		Ножовочный или токарный станок
2	Заготовка хвостовика		Ножовочный или токарный станок
3	Подсадка заготовки хвостовика		Газопрессовый станок
4	Обрезка после подсадки		Токарный станок
5	Приварка к буферному стержню		Газопрессовый станок
6	Нормализация после сварки		Газопрессовый станок
7	Механическая обработка		Токарный станок



Фиг. 69. Вкладыши для газопрессовой сварки рессорных листов на станках СГП-1

выывают в штампе. Затем лист сгибают и термически обрабатывают.

Газопрессовая сварка паровозных дышел и поршневых штоков. В последнее время газопрессовая сварка начинает применяться

для восстановления паровозных дышел и штоков.

Для этой цели используются станки типа СГП-7У (см. табл. 39) и многопламенные горелки типов МГ-Д (для дышел) и МГ-100 (для штоков) (см. табл. 40).

Часть дышла или штока, имеющая трещины, отрезается на ножовочном станке перпендикулярно оси, годная оставшаяся часть дышла или штока и заранее изготовленная заготовка новой головки зажимаются в захваты станка и центрируются. Сварку производят в пластическом состоянии металла, причём вначале для защиты места соединения от окисления горелке сообщают небольшие колебания. Когда свариваемые концы нагреются и под влиянием осевого усилия осадки их торцы плотно соединятся, амплитуду колебаний горелки увеличивают до нормальной и нагрев продолжают до момента, когда осадка достигнет заданной величины и произойдет сварка. В течение всего процесса нагрева пламя поддерживают с небольшим избытком ацетиленом.

Оптимальные режимы сварки ведущих дышел и поршневых штоков паровозов серии Э даны в табл. 44.

После сварки производится нормализация стыка при помощи повторного нагрева горелкой и обработка до альбомных размеров.

Таблица 44

Оптимальные режимы газопрессовой сварки поршневых штоков и ведущих дышел паровозов серии Э [21]

Наименование деталей паровозов	Среднее поперечное сечение в мм ²	Удельное осевое давление при сварке в кг/мм ²	Ход горелки	Величина осадки	Средний расход ацетилена на 1 стык в л	Среднее время сварки в мин.
			в мм			
Редущие дышла .	6 750	1,5	60	20	610	340
Поршневые штоки	7 850	1,5	100	30	1 373	660

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

- Алов А. А. Электроды для дуговой сварки и плавки. Машгиз, Свердловск—М., 1947.
- Владимирский Т. А. и Никитин М. С. Технология газопрессовой сварки. Машгиз, М., 1950.
- Владимирский Т. А. и др. Новое оборудование для газопрессовой сварки. Журнал «Автогенное дело» № 2, Машгиз, М., 1953.
- Гельман А. С. Технология контактной электросварки. Машгиз, М., 1952.
- Журавлёв В. С. и Мадатов Н. М. Оборудование для электродуговой сварки. Изд. Наркомвсморфлота, М., 1944.
- Зеленов А. И. Холодная электросварка чугуна чугунными электродами с гранулированной шихтой. Журнал «Автогенное дело» № 4, Машгиз, М., 1953.
- Инструкция по производству сварочных работ при ремонте паровозов. Трансжелдориздат, М., 1942.
- Клебанов Н. Н. Технология газовой сварки и резки металлов. Машгиз, М., 1947.
- Михайлов Г. П. Сварка трёхфазной дугой. Машгиз, М.—Свердловск, 1950.
- Назаров А. Г. Холодная сварка чугуна комбинированным пучком электродов. Трансжелдориздат, М., 1951.
- Обухов А. В., Вельнин А. А. и Бродович Н. В. Электродуговая сварка пучком электродов. Трансжелдориздат, М., 1949.
- Погодин-Алексеев Г. И. и др. Методы испытаний сварных соединений и конструкций. Машгиз, М., 1952.
- Севбо П. И. Аппараты института электросварки для автоматической и полуавтоматической сварки под флюсом. Изд. АН УССР, Киев, 1951.
- Сороковский В. Е. Новый метод заварки котлов. Гостехиздат Украины, Киев—Львов, 1949.
- Справочные материалы для сварщиков. Машгиз, М., 1951.
- Технические условия на производство сварочных работ при ремонте вагонов. Трансжелдориздат, М., 1953.
- Технические указания по газопрессовой сварке вагонных деталей. ЦНИИ МПС, М., 1949.
- Фалькевич А. С. и Черняк В. С. Сварка и обработка металлов газокислородным пламенем. Машгиз, М., 1950.
- Хренов К. К. и Борт М. М. Прочность металла шва при газовой сварке малоуглеродистой стали. Журнал «Автогенное дело» № 6, Машгиз, М., 1953.
- Гузов С. Г. и Спектор О. Ш. Кислородно-флюсовая резка чугуна. Журнал «Автогенное дело». Машгиз, М., 1951.
- Владимирский Т. А. Газопрессовая сварка деталей подвижного состава. Трансжелдориздат, М., 1953.
- Мозбенева А. Г., Бродович Н. В. Комбинированный метод газопрессовой сварки металлов. Трансжелдориздат, М., 1952.

ТЕРМИЧЕСКАЯ И ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА



ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

ВИДЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Виды термической обработки и их главные характеристики указаны в табл. 1. На фиг. 1 представлена диаграмма состояния «железо-углерод», которая графически изображает состояние сплава железа с углеродом при различных температурах в условиях равновесия.

ПЕЧИ ДЛЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

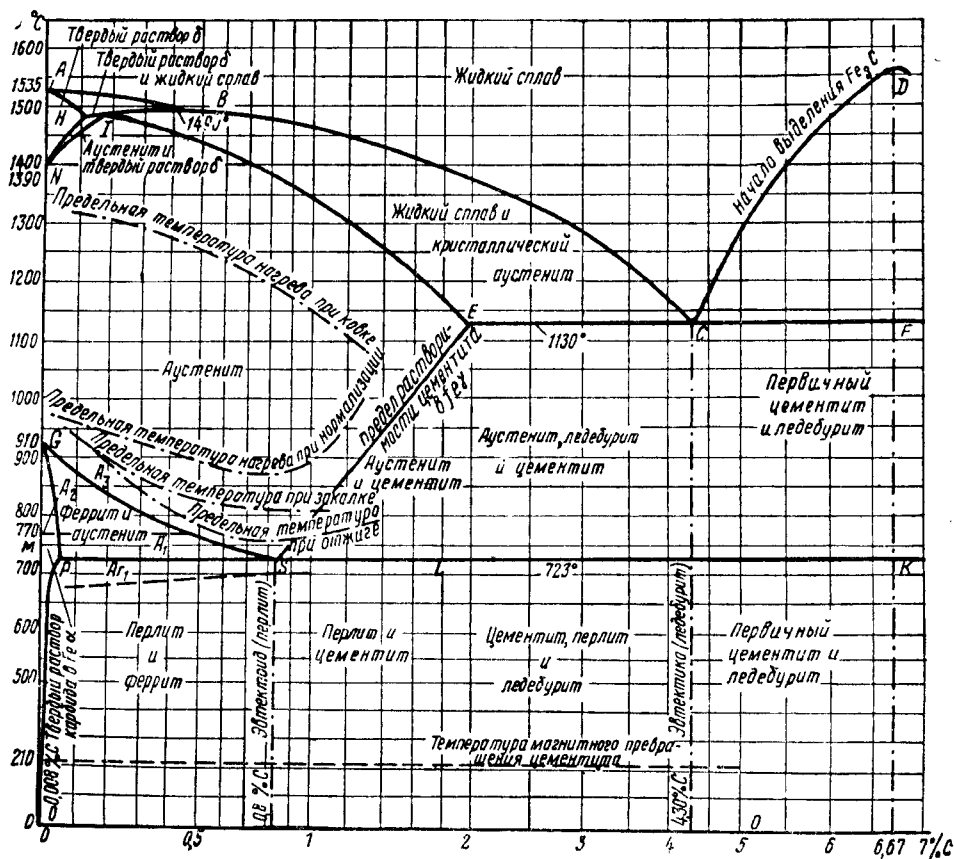
Для термической обработки применяют камерные печи, работающие на твёрдом, газовом и жидком топливе, а также электриче-

ские печи и ванны. Подробнее о нагревательных печах см. стр. 150—168.

Характеристики термических печей на твёрдом топливе приведены в табл. 2. В табл. 3 приведены данные о составах соляных нагревательных ванн. На фиг. 2—6 представлены типы этих печей.

Характеристики форсунок и газовых горелок приведены на стр. 154—163 в табл. 11—15.

Характеристики электрических печей приведены на стр. 154 в табл. 10. Электрическая печь для нагрева рессор под закалку показана на стр. 159 на фиг. 15.



Фиг. 1. Диаграмма состояния «железо-углерод»

Таблица 1
Виды термической и химико-термической обработки (см. фиг. 1)

№ по- пор.	Наименование термообработки	Температура нагрева в °С	Способ охлаждения	Применение	Выдержка в печи (в ванне)	Структура	Назначение
1	Полный (нормальный)	На 30–50° выше A_{C_1}	Медленное вместе с печью (в горячем песке, горячей золе) или до 400–500°	Для доэвтектоидных углеродистых и легированных сталей	При температуре нагрева	Мелкопластинчатый перлит с мелкими зёрнами феррита	Понижение твердости, уменьшение структурной неоднородности
2	Неполный (нормальный)	Между A_{C_1} – A_{C_2}	То же	Для эвтектоидных сталей и для сортового проката и поковок из доэвтектоидных сталей	При температуре нагрева	Мелкопластинчатый перлит с зёрнами феррита или с зёрнами цементита	Снятие внутренних напряжений
3	Низкий	Ниже A_{C_1} , до 680–700°	На воздухе	Для эвтектоидных и эвтектоидных сталей	Длительная	Зернистый перлит	Снятие внутренних напряжений и наклепа, восстановление пластичности и вязкости
4	Диффузионный (гомогенизация)	До 1000–1100°	Медленное с печью ниже A_1 (700–680°)	Для стальных слитков или фасонных литых деталей	12–15 час. и нормальный отжиг	Крупное зерно	Выравнивание химической неоднородности зёрен твердого раствора
5	Изотермический	Как в п. 1	Медленное с печью до 700–600° выдержка, медленное с печью или на воздухе	Для легированных сталей	При температуре наименьшей устойчивости austenita до полного его распада (~600–700°С)	Дифференцированный перлит и зёрна феррита или цементита	—
6	Светлый	Как в п. 1, 2 или 3	—	Для листов или деталей, упакованных в ящики, нагреваемых в печах с нейтральной атмосферой, т. е. в среде газов, не образующих оксидных плёнок на поверхности	—	—	—
7	Нормализация	На 30–50° выше A_{C_1}	На воздухе	—	—	Более мелкозернистая, чем при полном отжиге	Несколько большее повышение прочности, чем при полном отжиге
8	Полная закалка	На 30–50° выше A_{C_1}	Быстрое с различной скоростью в различных охлаждающих средах	Для доэвтектоидных сталей	—	Мартенсит	Повышение твердости и прочности стали

Продолжение табл. 1

№ по порядку	Наименование термообработки	Температура нагрева в °С	Способ охлаждения	Применение	Выдержка в печи (в ванне)	Структура	Назначение
9	Неполная	Между A_{C_1} и A_{C_2}	Быстрое	Для заэвтектоидных сталей	—	Мартенсит + карбиды	Получение высокой твердости
10	Изотермическая	На 30–50° выше A_{C_2}	Ускоренное, в нагретых средах с температурой выше начала мартенситного превращения	Для деталей с небольшим содержанием из легированных и высоколегированных сталей	1. При температуре нагрева. 2. При температуре охлаждения до полного распада аустенита	Игольчатый троостит	Получение лучшей однородности структуры, меньших внутренних напряжений, высокой твердости
11	Ступенчатая	Как в п. 10, выдержка в этой среде для выравнивания температуры по всему сечению, затем окончательное (медленное) охлаждение	Как в п. 10, выдержка в этой среде для выравнивания температуры по всему сечению, затем окончательное (медленное) охлаждение	Для сложных изделий из углеродистой и легированной стали диаметром 8–15 мм	Меньшая, чем в п. 10	Мартенсит	—
12	Поверхностная	Как в п. 10, но только на поверхности	Быстрое в воде или эмульсии с применением дутьевых устройств	На небольшой глубине (0.5 ÷ 5 мм) детали из углеродистой стали	—	Мартенсит (в закаленном слое)	Получение высокой твердости на поверхности
13	Патентирование	Как в п. 10	Как в п. 10	Для проволоки	—	—	Улучшение обрабатываемости при волочении
14	Низкий	150–180°	С любой скоростью	Для режущих инструментов или цементуемых деталей	При температуре нагрева	—	Уменьшение внутренних напряжений
15	Средний	300–350° для углеродистой стали и 550° для рессорной	—	Для рессор и пружин	То же	Троостит	Уменьшение твердости и внутренних напряжений
16	Высокий	500–550°	С требуемой скоростью	Для деталей, работающих на изгиб, кручение, удар, со значительными нагрузками	То же	Троостит или сорбит	Уменьшение твердости и внутренних напряжений, повышение вязкости
17	Полный (улучшение)	600–650°	—	Для улучшения обрабатываемости (режущим инструментом) стали	—	Сорбит	Уменьшение твердости и внутренних напряжений, возникающих при закалке, повышение вязкости

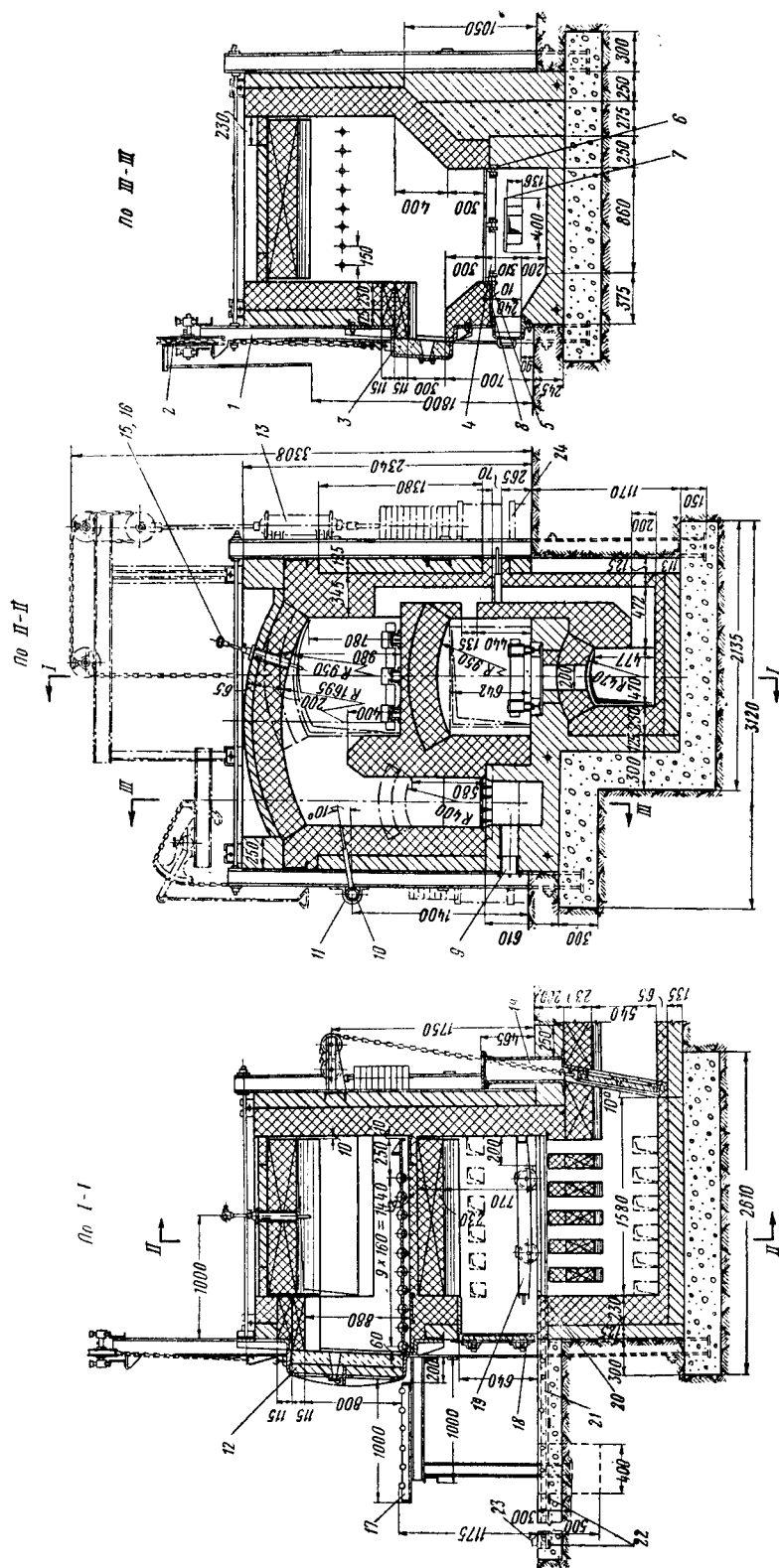
Продолжение табл. 1

Наименование термообработки	Температура нагрева в °C	Способ охлаждения	Применение	Выдержка в печи (в ванне)	Структура	Назначение
18 Цементация	890 ÷ 930 в науглероживающей среде	На воздухе до полного охлаждения, после чего нагрев для закалки или непосредственная закалка после цементации	Для деталей из малоуглеродистых сталей с 0,1 ÷ 0,25% C (марки: 10, 15, 20, 25, 15X, 15XФ, 15НМ, 12ХН2, 12ХН3, 12Х2Н4, 15ХА, 12ХН2А, 12ХН3А, 12ХН4А, 12ХНВА)	После цементации необходима закалка с температурой 750° и отпуск при 150 ÷ 170°	Перлит + цементит после медленного охлаждения; крупноглыбчатый мартенсит после закалки; мелкоглыбчатый мартенсит после двойной закалки	Науглероживание поверхностного слоя детали до 0,8 ÷ 0,9% C. Повышение прочности при растяжении и изгибе, усталостной прочности, твердости и износостойчивости
19 Цианирование: высокотемпературное низкотемпературное	750 ÷ 850 500 ÷ 560	На воздухе до 780°, затем закалка с охлаждением в воде	Для деталей машин из конструкционной стали 10, 20, 35, 40X, 45X, 15XФ, 40ХН Для режущих инструментов из быстрорежущей стали	Продолжительность выдержки в зависимости от требуемой глубины цианирования. После цианирования закалка, затем отпуск при 150 ÷ 170°. Цианирование быстрорежущей стали производят после закалки	—	Насыщение поверхностного слоя (до 0,3 мм) стали углеродом (частично азотом) до 0,8% C. Повышение пределов прочности при растяжении и изгибе усталостной прочности и износостойчивости
20 Газовое цианирование	500 ÷ 850	—	Для деталей из углеродистой и легированной цементруемой и улучшаемой стали	1 ÷ 8 час.	—	Насыщение поверхностного слоя стальной детали углеродом и азотом в газовой среде
21 Азотирование	480 ÷ 650 (пропускается аммиак)	Предварительная закалка с последующим отпуском; при температуре 550° охлаждение медленное	Марки стали 35ХЮА, 35ХМЮА	3 ÷ 90 час. (в зависимости от требуемой глубины азотирования слоя)	—	Получение большей поверхностной твердости при вязкой обработке. Повышение износостойчивости, усталостной прочности и коррозионной устойчивости
22 Старение	150 ÷ 180	На воздухе	Нагрев закаленных изделий	5 ÷ 25 час.	—	Улучшение качества мерительных инструментов и снятие внутренних напряжений
23 Хромирование (диффузионное)	900 ÷ 1050	—	Для поверхностного насыщения хромом	—	—	Повышение коррозионной устойчивости и износостойчивости
24 Алитирование	900 ÷ 1050	—	—	—	—	Повышение жаростойкости
25 Силицирование	950 ÷ 1100	—	—	—	—	Повышение жаростойкости, кислотостойкости и износостойчивости

Таблица 2

Основные характеристики некоторых термических печей на твёрдом топливе для предприятий МПС
(по материалам Трансзаводпроекта)

Назначение печи	Тип печи	Размеры пода			Размеры колосниковой решетки			Производительность печи в кг/час	Отвод продуктов горения	Разрешение у шиберов в мм вод. ст.	Количество отходящих газов в м³/час	Напряжение колосниковой решетки в м²/час	Средний расход топлива в кг/час		Расход вентиляционного воздуха в м³/час		Габариты печи над полом в мм	Вес печи в т
		длина	ширина	площадь в м²	длина	ширина	площадь в м²								первичный	вторичный		
Термообработка крупных деталей, изделий и отливок	Однокамерная тупиковая с движимым подом	1,25 1,15 1,25	4,155 2,0 1,61	5,2 3,0 2,0	0,64 2 (0,8×0,6) 2 (0,6×0,45)	0,45 0,96 0,62	1,24 0,96 0,62	875 400 300	В боров » »	5,0 5,0 5,0	1 050 490 370	93 60 65	115 53 40	700 320 195	300 140 85		5 800×3 550×3 510 4 000×3 500×3 410 3 300×3 550×3 410	86,4 60,4 46,8
	Однокамерная садочная с валковыми подом	1,7 1,3	1,0 0,95	1,7 1,25	1,2 0,9	0,6 0,4	0,72 0,36	210 130	» » »	4,3 4,3	370 290	55 80	40 28	240 170	110 70		4 865×3 075×3 400 4 300×2 600×3 308	34,4 26,8
	Подогрев и нормализация автоцепок	1,3×0,95	2,47	0,9	0,4	0,36	170	»	»	4,6	295	90	32	—	—		3 800×3 300×3 308	30,0
Нагрев рессорных листов под закалку и отпуск	Двухкамерная садочная	1,9×1,02 (1,41×1,02) (1,41×0,77)2	3,8 2,86 2,0	0,60×0,62 1,21 (0,45×0,6) 2	0,6 0,6 0,54	0,78 0,78 0,54	340 320 200	» » »	» » »	4,5 4,5 4,6	500 470 300	80 75 65	59 5 35	282 265 245	188 175 105		4 560×3 460×3 150 4 350×3 000×3 150 4 050×3 000×3 100	56,0 47,88 54,0
Нагрев деталей до и после электросварки	Двухкамерная с одним муфелем	1,47 1,47	0,9 0,6	0,6 0,4	0,54 0,6	0,54 0,6	160 160	» » »	» » »	5,0 5,0	325 325	65 60	35 35	215 215	95 95		3 900×2 460×3 088 4 100×2 530×3 088	38,0 39,0
	Однокамерная проходная	2,35	1,035	2,43	(0,7×0,4)3	0,84	300÷350	»	»	4,7	295	57	32	195	85		3 800×2 460×3 020	31,6
Термообработка инструмента и мелких деталей	Однокамерная рекуперативная	0,7	0,9	0,63	0,4	0,45	0,1	100	Под зонг	—	115	75	13,5	65	45		2 950×1 970×3 317	15,3
	Щелевая	0,6	0,6	0,36	0,4	0,6	0,24	Жаровых 75, дымогарных 120	»	—	180	80	19	100	65		2 120×2 200×3 255	10,8
Отжиг концов жаровых и дымогарных труб																		
	Нагрев резцов под наварку и закалку	Очко 65×65 мм	—	—	0,4	0,45	0,18	30	»	—	140	85	15	85	35		2 380×1 340×2 858	6,33



Фиг. 2. Термическая двухкамерная печь с валковым подом и выкатной тележкой для подогрева и нормализации автоцелок: 1 — каркас печи; 2 — механизм подъема заслонки топочного окна; 3 — фронт топочного и зольникового окна; 4 — колосник плитчатый; 5, 6 — балки подколосниковые; 7, 8 — листы; 9 — патрубок; 10 — коллектор; 11 — хомут коллектора; 12 — фронт рабочего окна; 13 — механизм подъема заслонки рабочего окна; 14 — шиббер футерованный; 15 — термомпара; 16 — вертикальная установка термомпары; 17 — ролик; 18 — опорная рейка; 19 — валик; 20 — плита; 21 — дверь; 22 — тележка; 23 — рельс; 24 — шпалы

Таблица 3
Состав соляных и металлических нагревательных ванн

Состав в % по весу	Температура в °С		Назначение
	плав-ления	приме-нения	
55% KNO ₃ +45% NaNO ₃	137	150—500	Для нагрева при отпуске, при изотермической закалке; для охлаждения при патентовании
55% NaNO ₃ +45% NaNO ₃	221	230—550	
55% NaNO ₃ +45% KNO ₃	228	230—550	
55% KNO ₃ +45% NaNO ₃	218	230—550	
NaNO ₃	317	325—600	
KNO ₃	337	350—600	
28% NaCl+72% CaCl ₂	500	540—870	Для нагрева под закалку
50% Na ₂ CO ₃ +50% KCl	560	580—820	
50% NaCl+50% K ₂ CO ₃	560	580—820	
35% NaCl+65% Na ₂ CO ₃	620	650—820	
50% CaCl ₂ +50% BaCl ₂	600	650—900	
22% NaCl+78% BaCl ₂	654	675—900	
44% NaCl+56% KCl	663	700—870	
NaCl	803	850—1100	
BaCl ₂	960	1100—1350	
33,3% CaCl ₂ + +33,3% BaCl ₂ + +33,3% NaCl	570	600—870	
55% Sn+35,6% Pb+ +9,4% Cd	150	160—600	Для нагрева при отпуске
50,5% Sn+47,0% Pb+ +2,5% Cd	175	185—600	
40,5% Sn+59,5% Pb	200	210—600	
32,5% Sn+67,5% Pb	225	235—600	
15% Sn+85% Pb	280	290—600	

ПОВЕРХНОСТНАЯ ЗАКАЛКА ТОКАМИ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

Сущность метода поверхностной закалки токами высокой частоты заключается в том, что закаливаемую деталь помещают, как правило, внутри спирали индуктора, по которому пропускается ток высокой частоты. В детали индуцируется ток, который концентрируется преимущественно на поверхности детали в силу так называемого «поверхностного эффекта» и резко падает при проникновении в глубь детали. Поверхность детали нагревается за очень короткий промежуток времени до температур выше верхней критической точки A_c ; при последующем быстром охлаждении происходит закалка поверхностных слоёв стальных изделий. Глубина закалки зависит от глубины проникновения тока. Глубина проникновения тока в нагреваемую деталь зависит от частоты тока и равна

$$\delta = 5,03 \cdot 10^{-4} \sqrt{\frac{\rho}{\nu f}},$$

где ρ — удельное сопротивление;
 μ — магнитная проницаемость;
 f — частота тока.

Для практических целей пользуются приближённой формулой

$$\delta = \frac{500}{\sqrt{f}} \text{ мм};$$

δ ориентировочно принимается равной глубине закалки.

Из предыдущего следует, что чем выше частота, тем меньше глубина прогрева. Глубина проникновения тока для стали при 850°С при частоте тока 2000 гц равна 14 мм, 10 000 гц — 6,5 мм, 20 000 гц — 1,4 мм и 1 000 000 гц — 0,6 мм.

Наиболее распространённым видом оборудования для поверхностной высокочастотной закалки являются ламповые генераторы. Ламповые генераторы мощностью 5—1000 кВт с диапазоном частот 10 000—10 000 000 гц применяют для закалки деталей сложной формы на глубину 3—5 мм. Ламповый генератор типа ГЗ-46 (60 кВт) получил широкое применение в депо и паровозоремонтных заводах. Некоторые заводы приобретают и машинные генераторы.

В табл. 4 приведены характеристики высокочастотных генераторов. Эти генераторы мощностью 20—500 кВт с диапазоном частот 500—10 000 гц применяют для закалки на глубину 2 мм и выше деталей, имеющих форму тела вращения.

Таблица 4
Машинные высокочастотные генераторы для поверхностной закалки

Тип генератора	Мощность в кВт	Напряжение в в	Рабочая частота f в гц
МГЗ-52	50	375/750	2 500
МГЗ-102	100	375/750	2 500
МГЗ-108	100	375/750	8 000
МГЗ-252	250	750/1 500	2 500

Для поверхностной закалки токами высокой частоты рекомендуют среднеуглеродистые стали марок Ст. 40 и Ст. 45, а также легированные стали марок 40Х, 45Х. ЦНИИ МПС разработал режимы высокочастотной закалки деталей паровоза, изготовленных из стали обычного качества марки Ст. 5. В депо Москва-сортiroвочная М.-Рязанской ж. д. производится поверхностный нагрев токами высокой частоты на ламповом генераторе ГЗ-46 (60 кВт) ряда деталей, изготовленных из Ст. 5. На ламповом генераторе типа ГЗ-46 (60 кВт) можно обрабатывать детали диаметром до 60—70 мм. В депо подвергаются поверхностной закалке около сорока различных деталей паровоза (валики и втулки рессорного подвешивания, валики тормозной передачи и др.).

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА И ИНСТРУМЕНТОВ

В табл. 5 приведены типовые режимы термической обработки ряда деталей подвижного состава железнодорожного транспорта в зависимости от химического состава и веса деталей, в табл. 6—данные об охлаждающей способности различных жидкостей при закалке, в табл. 7—12—типовые режимы термической обработки инструментов и штампов.

Химический состав приводимых в таблицах марок сталей указан в ТСЖ, том 2-й, раздел «Материалы» (стр. 640—676).

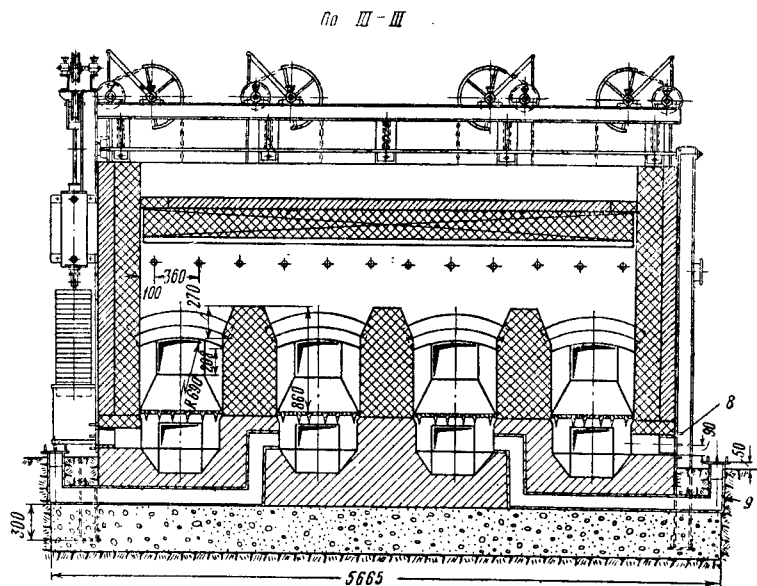
Таблица 5

от химического состава и размеров (веса) деталей (по данным завода имени Л. М. Кагановича)

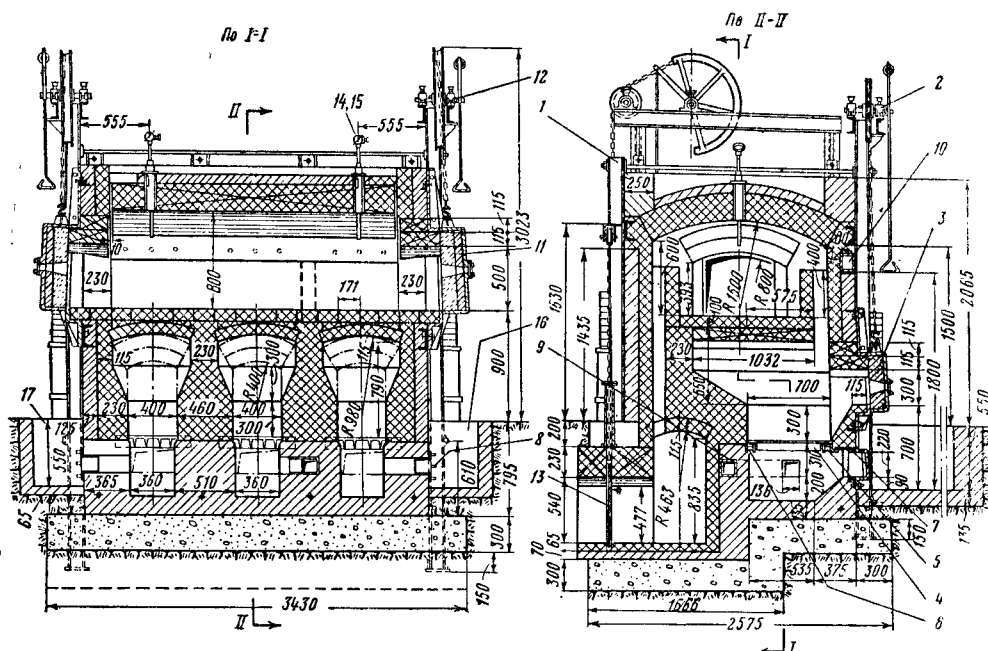
таб			Механические свойства						Вид термообработки	Режим термообработки				
Ni	Cr	Va	$\sigma_{ДЧ}$ в кг/мм ²	σ_s в кг/мм ²	δ_5 в %	ψ в %	a_K в кг/мм ² /с/мм ²	HБ		температура нагрева в °С	часовая скорость нагрева	выдержка в час.	условия охлаждения	температура отпуса
—	—	—	42—50	>25	>22	>30	—	—	Отжиг	900—920	140	3	До 550—620° вместе с печью, затем на воздухе	—
—	—	—	40	—	20	—	—	—						
—	—	—	50	—	18	—	—	—						
—	—	—	40	20	24	—	—	—						
—	—	—	45	23	22	—	—	—						
—	—	—	45	23	22	—	—	—						
—	—	—	40—45	20—23	24—22	—	—	—						
—	—	—	—	—	—	—	—	—	Отжиг	880—900	125 до 700°, затем выдержка 1 час и 150 до 900°	4	До 680° вместе с печью, затем на воздухе	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—						
—	—	—	—	—	—	—	—	—						
—	—	—	—	—	—	—	—	—						
—	—	—	—	—	—	—	—	—						
—	—	—	—	—	—	—	—	—						
—	—	—	42—50 или 50 и более	>25 >27	>22 >20	>30 >27	—	—	Остальное то же, что в первом случае					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	Нормализация	920—940	140	3	На воздухе	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—						
—	—	—	—	—	—	—	—	—						
—	—	—	—	—	—	—	—	—						
—	—	—	—	—	—	—	—	—						
—	—	—	—	—	—	—	—	—						
—	—	—	57,0	35,0	8,0	—	—	180	Нормализация	850—880	240	2	На воздухе	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—						
—	—	—	—	—	—	—	—	—	Закалка и отпуск	30—800	625	0,70	Закалка в воде при 15—30°. Охлаждение после отпуска на воздухе	600—660
—	—	—	—	—	—	—	—	—			625	0,70		
—	—	—	—	—	—	—	—	—			625	0,70		
—	—	—	—	—	—	—	—	—			1 250	0,35		
—	—	—	60	35	15	50	6	170—217			720	0,60		
—	—	—	—	—	—	—	—	—			720	0,60		
—	—	—	—	—	—	—	—	—			560	0,80		
—	—	—	60	35	15	50	6	170—217			560	0,80		
—	—	—	—	—	—	—	—	—			560	0,80		
—	—	—	—	—	—	—	—	—			625	0,70		
—	—	—	—	—	—	—	—	—			720	0,60		

Продолжение табл. 5

состав			Механические свойства							Вид термообработки	Режим термообработки				
Ni	Cr	Va	$\sigma_{лч}$, кг/мм ²	σ_s , кг/мм ²	δ_{11} , %	ψ , %	α_K , кг/мм ² /с/мм ²	НБ	температура нагрева в °С		часовая скорость нагрева	выдержка в час.	условия охлаждения	температура отпуска	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	Нормализация	350—370	300	2,3	На воздухе	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—		830—850	210	3,0			
—	—	—	—	—	—	—	—	—		810—830	190	3,5			
0,50 0,50	<0,30 <0,30	—	130 130	120 120	6 5	30 25	— 25	—	Закалка и отпуск	880—860 —	—	—	Закалка в масле при $t = 15-40^\circ$, охлаждение после отпуска на воздухе	400—510	
—	—	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—			
—	—	—	—	—	—	—	—	—	Закалка и отпуск	790—820	—	—	Закалка в воде при $t = 15-40^\circ$, охлаждение после отпуска на воздухе	400—450	
—	—	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—			
<0,50	0,7—1,10	0,18—0,25	—	—	≥5,5	—	—	400—450	Закалка и отпуск	870—890	—	—	Охлаждение в масле, охлаждение после отпуска в воде	410—450	
—	—	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—			
0,30	<0,3	—	50—53	≥28	≥22	—	≥6	—	Нормализация	—	—	—	—	—	
—	—	—	54—57	≥28	≥20	—	≥6	—		—	—	—			
—	—	—	≥58	≥28	≥19	—	≥6	—		—	—	—			
≥0,15	0,25—0,50	—	—	—	—	—	—	270—310	Закалка и отпуск	830—850	610—820	0,6	Закалка в масле до $t = 150-200^\circ$, в масле не выше 50° , охлаждение после отпуска на воздухе	520—540	
≥0,15	0,25—0,50	—	—	—	—	—	—	277—310		830—850	610—820	0,15			520—540



Фиг. 5. Термическая печь с выдвижным подом для отжига и нормализации деталей подвижного состава (разрез по III-III)



Фиг. 6. Термическая камерная полумуфельная печь на твердом топливе для нагрева пружин под отпуск: 1—каркас печи; 2—механизм подъема заслонок топочных окон; 3—фронт топочного и зольникового окон; 4—колонник плитчатый; 5—балка подколосниковая передняя; 6—балка подколосниковая; 7—лист; 8, 9—патрубки; 10—коллектор; 11—фронт рабочего окна; 12—механизм подъема заслонки рабочего окна; 13—шибер; 14—вертикальная установка термопары; 15—термопара; 16, 17—листы рифленые

Таблица 6

Охлаждающая способность различных жидкостей при закалке

Охлаждающая жидкость	Скорость охлаждения в °С/сек. в интервале		Охлаждающая жидкость	Скорость охлаждения в °С/сек. в интервале	
	550—650	200—300		550—650	200—300
Вода:			Раствор в воде 18°:		
при 18°	600	270	10% едкого натра	1200	300
» 26°	500	270	10% поваренной соли . . .	1100	300
» 50°	100	270	10% соды	800	270
» 74°	30	200	10% серной кислоты . . .	750	300
дистиллированная	250	200	Эмульсия масла в воде . .	70	200
Мыльная	30	200	Масло минеральное машинное	150	30
			Масло трансформаторное . .	125	25

Таблица 7

Типовые режимы термической обработки углеродистых инструментальных сталей

Марка стали	Температура отжига в °С	Температура нагрева при закалке в °С	Охлаждающая среда и ее температура	Марка стали	Температура отжига в °С	Температура нагрева при закалке в °С	Охлаждающая среда и ее температура
У7, У7А	680—720	800—830	Вода при 20°С	У10ГА, У10А, У10Г	680—720	770—800	Вода при 20°С
У8А, У8ГА	680—720	790—820		У12А, У12, У13А, У13	680—720	760—790	
У8, У8Г	680—720	790—820					
У9, У9А	680—720	780—810					

Таблица 8

Типовые режимы термической обработки инструментов, изготавливаемых из легированных сталей

Марка стали	Отжиг		Закалка			Отпуск
	Температура в °С	H_B	Температура в °С	Охлаждающая среда	H_{RC} не ниже	
X12	780—800	269—217	900—950	Масло или струя воздуха	60	220—260
X12M	или 850—870 То же	255—207	870—910 1000—1030	Спокойный воздух или масло	60 58	400
XГ	780—800	241—197	800—850	Масло	62	170—200
X	или 710—730	299—187	780—800	»	62	170—200
9X	или 710—730	217—179	820—840	Масло или вода	64	170—200
X05	или 710—730	241—197	820—840	Масло или вода	64	Кипячение в масле
9XC	или 710—730	217—179	760—780	Вода	63	Кипячение в воде (для выключательных матриц)
4XC	820—840	229—187	840—860	Масло	62	150—260
Ф	840—860	207—170	850—870	Вода	—	220
B1	760—780	217—179	890—920	Масло	62	150—200
B2	или 680—720	229—187	780—820	Вода	63	150—180; для плашек — 220—240
XVB	или 680—720	255—207	820—860	Масло	65	150—180; для ножовок — 240—260
XVBГ	или 700—720	285—229	770—800	Вода	63	150—170
5XBG	или 700—720	255—207	800—820	Масло	62	190—210
3XB	или 730—750	207—170	790—820	Вода	61	220—260
XB5	или 700—720	255—207	800—840	Масло или струя воздуха	46	600—650
4XBC	или 730—750	321—255	780—800	Вода, тонкие инструменты в масле	65	Для простых инструментов — кипячение в воде, для сложных — в масле при 150°
5XBC	700—720	217—179	850—900	Масло	73	200° для инструментов при холодной обработке, 450° для инструментов при горячей обработке
и 6XBC	или 750—780	255—207	800—840	Вода	55	220
XBG	или 750—780	285—229	850—900	Масло	57 для пил	220—300
9XBG	или 700—720	255—207	800—830	»	62	200—260
5XBG	или 760—790	241—197	800—830	»	62	200—260
8CBM	или 760—790	217—179	850—900	»	Ориентировочно 57	200—260
	или 800	255—207	880—920	»	62	180—260

Таблица 9

Типовые режимы термической обработки инструментов, изготавливаемых из быстрорежущей стали

Марка стали	Отжиг	Закалка				Отпуск			Цианиро- вание
		Температура в °C		Охлаждаемая среда	H_{RC} не ниже	Темпера- тура в °C	Число отпу- сков	H_{RC} не ниже	
		резцов	фасонного инстру- мента						
P18 . . .	870—890	1290—1310	1260—1280	Масло до тем- пературы инстру- мента 20—250°, далее на воздухе Селитра при 450—550°, далее на воздухе Охлаждение в масле или в калийной селит- ре 450—600°	62	550—570	2—3	63	550—560
P18 . . .	870—890	1240—1260	1230—1250		62	570—570	2—3	63	550—560
PK5 . . .	850—870	1280—1320	1260—1280		60	550—570	3	62	550—560
PK110 . .	850—870	1280—1320	1260—1280		60	550—570	3	62	550—560
P9	870—900	1230—1270	1220—1260		62	560	2—3	62	—

Примечания. 1. Отжиг: нагрев до температуры 870—890° в течение 3—5 час., выдержка 3—4 часа, охлаждение до 750° в течение 3—5 час. и от 750° до 600° в течение 5—7 час. и далее на воздухе.

2. Изотермический отжиг: нагрев и выдержка, как указано в примечании 1, охлаждение до 720° со скоростью 20—50°/C в час, выдержка 1,5—2 часа и далее охлаждение на воздухе.

3. Закалка: подогрев до 600—650° (температура печи — 650°), подогрев во второй камере от 600 до 900° (температура в камере 900°), затем ускоренный нагрев от 900° до температуры закалки (чаще всего в соляной ванне).

4. Выдержка при однократном отпуске 3—6 час., при многократном — продолжительность каждого отпуска 1 час.

Таблица 10

Типовые режимы термической обработки штампов

Марка стали	Отжиг		Закалка		Отпуск	
	Температура в °C	H_B	Температура в °C	Охлаждающая среда	Температура в °C	H_{RC}
Штампы для обработки давлением заготовок в холодном состоянии						
У10	680—720	163—217	770—800	Вода	200—360	60—44
X	770—790	187—229	820—840	Масло	200—260	59—53
9XC	790—810	197—241	820—850	»	275—320	55—60
6XC	760—780	< 241	840—860	»	180—200	56—54
XГ	790—810	197—241	850	»	200—260	58—55
4XBC	760—780	207—285	860—890	»	240—270	58—54
5XBC	760—780	207—285	860—890	»	220—260	48—41
Ф	740—780	179—217	790—810	Вода	240—260	55—52
5XBG	790	179—217	850—900	Масло	400—450	50—47
X12	860	217—269	950—1000	»	400—525	60—57
X12M	860	207—255	1025—1050	»	400—525	60—57

Штампы для обработки давлением заготовок в горячем состоянии

У7А	680—720	≥ 207	800—830	Вода	200—420	600—321
6XBC	760	229—285	880—900	»	550—600	375—321
5XBC	760	207—255	860—880	»	550—600	364—311
4XBC	760	179—217	850—900	»	550—600	351—302
4XC	800	174—207	890—900	»	600—660	311—277
4XNB	660	229—285	840—870	Воздух	450—550	464—332
35XGCA	820	187—255	900—940	Масло	650—670	311—277
7X3	760	187—229	860—880	»	480—550	418—364
8X3	760	207—255	820—860	»	480—550	444—387
5XBG	790	197—211	810—830	»	540—600	418—321
3XB8	820	187—229	1050—1100	»	600—620	477—364
5XNM	700	197—241	820—860	»	500	418—364
6XNM	700	207—255	820—860	»	525	387—340
5XGM	700	197—241	820—850	»	540	418—364

Примечание. При отжиге штампов для горячей обработки охлаждение со скоростью 50° в час до 350—400°, далее — на воздухе.

Таблица 11

Типовой технологический процесс термической обработки молотовых штампов

Марка стали	Количество загружаемых блоков или штампов в печь	Температура в °C		Продолжительность нагрева в мин.	Выдержка в мин.	Охлаждение
		печи	нагрева			
Отжиг штамповых блоков						
5ХГМ	В зависимости от размеров блоков	Холодная	850—860	2h	—	Вместе с печью со скоростью 50° в час до 300—400°C, далее на воздухе
5ХНМ	То же	То же	850—860	(0,7÷0,8) h	—	То же
Закалка штампов						
5ХГМ	4—8	600—650	650 810—830	1,2h 0,4h	— 0,8h	Воздух до 750—700°C, затем масло до 200—150°C и медленный перенос в отпускную печь
5ХНМ	4—8	600—650	650 810—830	1,2h 0,4h	— 0,8h	То же
Отпуск штампов						
5ХГМ	4—8	250—300	250—300 525—550	— (0,5÷0,7) h	(0,5÷0,6)h	— Воздух
5ХНМ	4—8	250—300	250—300 550—575	— (0,5÷0,7) h	(0,5÷0,6)h	— Воздух

Примечания. 1. Печь камерная — нефтяная, газовая или электрическая.
2. Термическая обработка штампов: для тяжёлых молотов производится до механической обработки штампов; для средних молотов — после грубой механической обработки; для лёгких молотов — после полной механической обработки.
3. Расстояние между штампами в печи должно быть не менее 150—200 мм.
4. При нагреве под закалку штамп загружают фигурой вниз на поддон с отработанным карбюризатором и замазывают смесью шамотной глины с 10—15% молотого асбеста.
5. Размер h — высота штампа в мм.
6. Температура отпуска 325—550°C определена для лёгких штампов, для средних её поднимают до 550—575°C, а для крупных — до 575—600°C.
7. Хвостовику штампа даётся дополнительный отпуск, для чего штамп ставят хвостовиком вниз на плиту, температура которой должна быть 700—720°C, выдержка 1—2 часа.
8. Твёрдость штампа после отпуска: для стали марки 5ХГМ $H_B = 364 \div 418$; для стали марки 5ХНМ $H_B = 340 \div 387$.
Твёрдость хвостовика после отпуска $H_B = 255 \div 300$.

Таблица 12

Термическая обработка деталей штампов для холодной штамповки

Марка стали	Температура в °C				Среда закалки	Твёрдость после отпуска H_{RC}
	ковки	закалки	цементации	отпуска		
10 и 15	1200—950	760—780	880—900	160—180	Вода	62
20	1200—900	760—740	880—900	160—180	»	62
35	1150—900	830—360	—	200—350	Вода, масло	40—45
45	1100—850	820—810	—	300—350	»	40—45
40X	1100—850	840—360	—	400—500	Масло	40—45
6Г	1150—900	800—820	—	400—475	»	40—43
X12M	1050—950	1030—1030	—	220—525	»	53—63
5ХНМ	1100—900	830—860	—	600	»	44—47
5ХГМ	1150—950	820—360	—	450	»	46—49
ЭИ190	1100—900	800—830	—	200	»	44—47
ЭИ103	1100—900	860—880	—	220	»	53—55
У8 и У8А	1050—800	760—740	—	360—550	»	46—55
У10 и У10А	1000—800	760—780	—	180—220	Вода	60—64
				160—180	»	62—64

ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

Химико-термической обработкой называется такой процесс, при котором происходит насыщение поверхностных слоёв стальных деталей элементами, улучшающими свойства деталей в эксплуатации. Этот процесс распадается на три стадии: 1-я — реакция в окружающей стальную деталь среде; 2-я — реакция на границе раздела стальной детали

с внешней насыщающей средой; 3-я — диффузия (проникновение) насыщающего элемента в глубь стальной детали. Все три стадии процесса тесно связаны между собой и зависят от температуры процесса, времени выдержки и концентрации насыщаемого элемента.

Процессы химико-термической обработки

в зависимости от насыщаемого элемента называются: при насыщении углеродом — цементацией, азотом — азотированием, хромом — хромированием, алюминием — алитированием, кремнием — силицированием. В табл. 1 приведена классификация наиболее распространенных в промышленности процессов химико-термической обработки стали.

ЦЕМЕНТАЦИЯ СТАЛИ

Сущность процесса цементации заключается в том, что поверхностные слои стальных деталей насыщаются углеродом. Этот процесс осуществляется в среде углеродосодержащих смесей (карбюризаторах) при температуре выше верхней критической точки для данной стали (практически при температуре 900—950°).

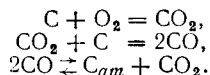
Различают цементацию: в твердом карбюризаторе газовую и жидкостную (цементацию в жидких углеродосодержащих расплавленных средах).

Цементация применяется для получения высокой поверхностной твердости, износостойкости и повышения механических свойств: предела прочности при растяжении и изгибе, а также и усталостной прочности. Эти свойства достигаются насыщением поверхностного слоя стали углеродом и последующей термической обработкой. Цементации подвергаются ответственные детали машин (шестерни, валики, втулки и др.).

Цементация твердым карбюризатором

В настоящее время считается общепризнанной теория, по которой процесс науглероживания производится через газовую фазу при всех случаях цементации. При цементации в твердом карбюризаторе за счет имеющегося воздуха происходит соединение углерода с кислородом.

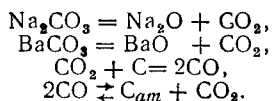
При этом возможны следующие реакции:



В результате последней реакции выделяется активный атомарный углерод, который поглощается поверхностными слоями стали. При цементации карбюризатором, состоящим из угля, насыщение поверхностного слоя углеродом недостаточно, процесс идет медленно.

Для ускорения процесса и увеличения концентрации углерода в цементованном слое к углю прибавляются ускорители (интенсификаторы). Наиболее распространенными ускорителями являются углекислые соли BaCO_3 (углекислый барий), Na_2CO_3 (углекислый натрий).

При высокой температуре происходят следующие реакции солей:



При добавках солей процесс цементации идет быстрее, а концентрация углерода в поверхностном слое детали может достигать значения, намного превышающего эвтектидное за счет дополнительно выделившегося большого количества атомарного углерода.

Твердые карбюризаторы должны обладать:

1) способностью выделять атомарный углерод в достаточном количестве при выбранной температуре цементации;

2) высокой теплопроводностью;

3) малой усадкой, т. е. способностью сохранять первоначальный объем в процессе цементации;

4) достаточной прочностью;

5) отсутствием серы, фосфора и других вредных примесей.

В табл. 13 приведены наиболее распространенные составы твердых карбюризаторов.

Т а б л и ц а 13
Состав твердых карбюризаторов

Составляющие	Количество в % по весу
Древесный уголь	85—80
Na_2CO_3 (сода)	15—20
Древесный уголь	75—80
BaCO_3 (углекислый барий)	25—20
Древесный уголь	65
Кокс	20
BaCO_3 (углекислый барий)	10
Na_2CO_3 (сода)	1
CaCO_3 (углекислый кальций)	1
Патока	3
Древесные опилки	45
Обрезки кожи	45
$\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ (железосинеродистый калий)	10
Шелуха подсолнуха	70
Na_2CO_3 (сода)	30

На многих паровозоремонтных заводах и в депо южных районов страны (Днепропетровский и Полтавский паровозоремонтные заводы, депо Волноваха и др.) применяется в качестве карбюризатора шелуха от подсолнуха (семечек) в смеси с содой, добавляемой в количестве от 20 до 30%.

В этом карбюризаторе отсутствует, равномерное распределение составляющих и при достаточно плотной упаковке при цементации скопляющиеся в ящике (трубе) газы выбивают замазку (крышку) из ящика и тем самым нарушают течение процесса.

Наиболее приемлемым карбюризатором считается смесь древесного угля зернистостью 5—7 мм с ускорителями (углекислыми солями). При этом необходимо тщательно смешивать уголь с содой, углекислым барием и др. В настоящее время промышленность выпускает готовый карбюризатор (Бондюжского и Редьковского заводов). В этих карбюризаторах к углю уже добавлены ускорители. Химический состав готового карбюризатора по ГОСТ 2407-44 приводится в табл. 14.

Т а б л и ц а 14

Химический состав готового карбюризатора

Сорт карбюризатора	Состав карбюризатора в %					
	ВаСО ₃	СаСО ₃	S	SiO ₂	влага	летучих веществ
	не более					
Первый	20—25	3,5	0,06	0,5	5,0	3,0
Второй	20—25	5,0	0,1	1,5	5,0	—

Эти карбюризаторы готовят путём пропитывания угля раствором углекислых солей с последующей просушкой. Этот способ, называемый мокрым, выгодно отличается от механического способа приготовления, при котором ускорители неравномерно распределены в карбюризаторе; они очень часто при упаковке в цементационные ящики просыпаются на дно и служат причиной неравномерной цементации.

Детали, находящиеся на дне ящика, имеют более глубокие слои цементации по сравнению с другими деталями.

Учитывая всё вышесказанное, необходимо рекомендовать применение для цементации в депо и паровозоремонтных заводах готового карбюризатора.

Процесс цементации в твёрдом карбюризаторе производится следующим образом. Стальные детали упаковываются в ящики (трубы). На дно ящика засыпается слой карбюризатора толщиной 15—20 мм, после чего укладываются детали, потом снова насыпается слой карбюризатора и укладываются детали и т. д. Расстояние между деталями оставляется в пределах 5—10 мм. Верхний слой карбюризатора должен быть несколько большим — до 30—50 мм во избежание оголения деталей при усадке карбюризатора. После упаковки деталей ящики закрываются асбестовым листом, крышкой и замазываются огнеупорной глиной. Температура цементации $920 \pm 10^\circ$. Выдержка в зависимости от глубины слоя определяется из расчёта 0,1 мм глубины в час. Глубина слоя контролируется по образцу-свидетелю, закладываемому вместе

с деталями. Свидетель изготавливается из стали той же марки, что и детали, подлежащие цементации.

Для цементации в твёрдом карбюризаторе применяют, как правило, электропечи (табл. 15). В этих печах имеется возможность поддерживать постоянную температуру, необходимую при цементации, в пределах 900—950°. В пламенных печах регулирование температуры осуществляется труднее, часто температура бывает выше, чем требуется, и вследствие этого глубина слоя за тот же промежуток времени цементации, что и в электропечах, получается большей.

Газовая цементация

В настоящее время получает всё большее распространение газовая цементация. Сущность газовой цементации состоит в насыщении поверхностного слоя стали углеродом в среде углеродосодержащих газов (СО, СН₄, С₂Н₂ и др.).

Метод газовой цементации в настоящее время широко применяется в промышленных предприятиях Министерства путей сообщения.

Преимущества этого метода в основном сводятся к следующему:

- 1) сокращается продолжительность процесса и снижается себестоимость производства;
- 2) представляется возможность регулирования как концентрации углерода в цементованном слое, так и глубины слоя;
- 3) устраняются пыль и грязь, сопутствующие цементации в твёрдом карбюризаторе;
- 4) сокращается необходимая производственная площадь, устраняется необходимость в специальном помещении для приготовления цементующей смеси и хранения ящиков для цементации.

Газовая цементация была впервые разработана и применена русским металлургом П. П. Аносовым ещё в 1837 г. Он применял газовую цементацию для получения из железа литой булатной стали. Цементующими газами, получившими применение в промышленности при цементации стальных деталей, являются: природный и светильный газы,

Т а б л и ц а 15

Характеристика электропечей для цементации твёрдым карбюризатором

Тип печи	Мощность в кВт	Напряжение в в	Число фаз	Размеры рабочего пространства печи в мм			Габаритные размеры (площади) в м	Максимальная температура в °С	Назначение
				ширина или диаметр	длина	высота			
Н-14	14	120	1	200	400	180	—	1 150	Нормализация, отпуск, нагрев под закалку
Н-15	15	380/220	1/3	300	650	263	1,0 × 1,36	900	Нормализация от цементации, нагрев под закалку и отпуск
Н-30	30	380/220	1/3	464	1 000	500	1,65 × 2,32	950	То же
Н-45	45	380/220	3	600	1 463	500	—	950	»
Н-60	60	380/220	3	760	1 500	600	—	950	»
Н-75	75	380/220	3	920	1 870	600	2,63 × 3,3	950	»

Т а б л и ц а 16

Химический состав газовых карбюризаторов

Название газа	CO	CO ₂	C ₂ H ₂ n	O ₂	H ₂	CH ₄	N ₂
Естественный (саратовский)	—	0,4	0,8—2,0	0,2—1,0	0,4—0,7	92—96	1—8
Светильный	14—15	6—8	9—11	0,4—0,8	28—32	21—22	15—18
Пиролизный	До 1,0	До 1,0	25	До 1,0	27	40—50	3

а также газы,готавливаемые путём пиролиза керосина в специальных установках. Состав этих газов приводится в табл. 16.

Автомобильный завод ЗИС (Москва) производит газовую цементацию на саратовском газе. Другие заводы производят цементацию пиролизным газом, имея громоздкие установки для пиролиза керосина. Более удобным методом является цементация в специальных шахтных печах при непосредственной подаче жидкого карбюризатора в печь, где происходят одновременно пиролиз (испарение жидкости и разложение образующихся газов) и процесс цементации.

Наиболее распространённым карбюризатором при этом методе цементации является пиробензол, который даёт наилучшие результаты. Помимо пиробензола применяют бензол и керосин, дающие также удовлетворительные результаты при цементации.

Всесоюзным научно-исследовательским институтом железнодорожного транспорта разработан метод газовой цементации, при котором в качестве карбюризатора используют веретённое масло марки «З». Это масло дешевле пиробензола и керосина, доступно любому депо и паровозоремонтному заводу и показало хорошие результаты при цементации стали марок Ст. 2, Ст. 3, Ст. 4 и Ст. 5, которые широко применяются для изготовления деталей железнодорожного транспорта.

Оборудование для газовой цементации должно удовлетворять следующим основным условиям:

- 1) обладать полной герметичностью;
- 2) обеспечивать нагрев до 900—950° и длительное поддержание указанной температуры. Этим условиям удовлетворяют электрические печи треста «Электронпечь» типа Ц-35, а именно шахтные печи с нихромовыми нагревателями. Они поставляются со щитами управления и позволяют поддерживать постоянную заданную температуру в пределах от 100 до 950°.

Характеристика печей для газовой цементации приводится в табл. 17.

На фиг. 7 приведён схематический разрез печи Ц-35. Такая печь установлена в паровозном депо Москва-сортiroвочная. Особенность конструкции печей этого типа состоит в том, что они имеют вертикальную реторту 1 из жаростойкого сплава с плотно прилегающей к ней крышкой 2, которая привинчивается болтами. Электродвигатель 3 смонтирован на крышке реторты и предназначен для привода в действие вентилятора 4, находящегося в камере печи и служащего для постоянной перемешивания образующегося при подаче карбюризатора (масла) цементующего газа. Внутри камеры устанавливается

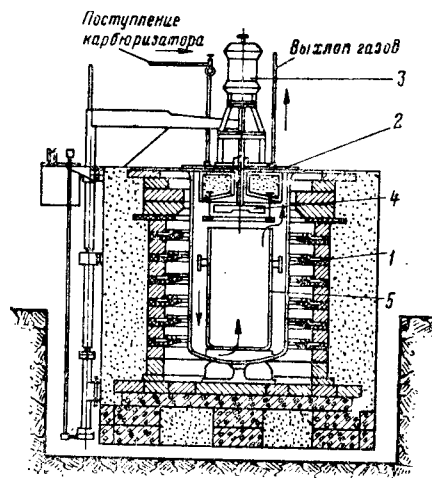
Т а б л и ц а 17

Характеристика печей для газовой цементации

Тип печи	Потребная мощность в кВт	Температура нагрева в °C	Диаметр корзины в мм	Глубина корзины в мм	Габариты в м
Ц-25	25	950	300	450	1,4×1,8×2,0
Ц-35	35	950	300	600	1,4×1,8×2,1
Ц-60	60	950	450	600	1,6×2,0×2,2
Ц-75	75	950	450	900	1,6×2,0×2,6
Ц-95	95	950	600	900	1,8×2,2×2,7
Ц-105	105	950	600	1 200	1,8×2,2×3,0

корзина 5, изготовленная из жаростойкого сплава, в которую закладываются детали для цементации.

При газовой цементации деталей железнодорожного транспорта, когда в качестве карбюризатора применяется веретённое масло,



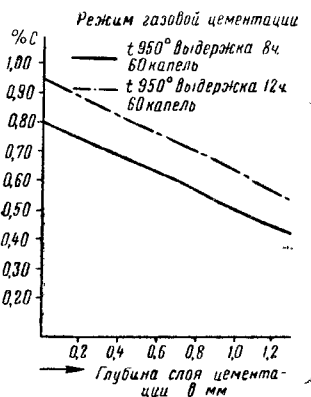
Фиг. 7. Схематический разрез печи для газовой цементации: 1—реторта; 2—крышка; 3—электродвигатель; 4—вентилятор; 5—корзина

наилучшие результаты по механическим свойствам и структуре цементованного слоя и сердцевины обеспечивает следующий режим: температура нагрева 930—950°, подача масла 60—70 капель в минуту, выдержка при температуре цементации в зависимости от требуемой глубины — для получения глубины слоя 1,0—1,2 мм выдержка 3—4 час., для глубины 1,3—1,5 мм выдержка 6—7 час.

Максимальные механические свойства цементованных деталей, согласно последним данным различных исследователей [8], наблюдают-

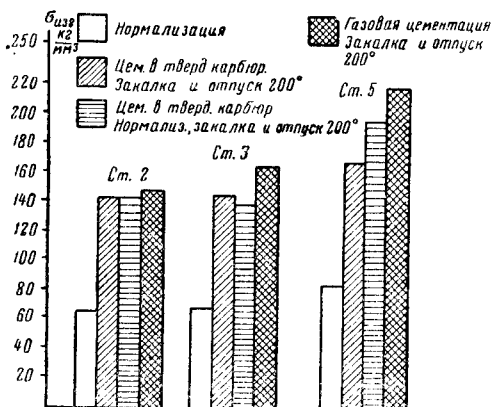
ся в том случае, когда концентрация углерода в цементованном слое будет находиться в пределах 0,7—1,1%. Повышение концентрации углерода обуславливает появление в цементованном слое структурно свободного цементита, который нежелателен, особенно, если он располагается в виде сетки по стыкам зёрен. Подобная структура снижает механические свойства — предел прочности при растяжении и изгибе, а также предел усталостной прочности.

Содержание углерода по глубине слоя после газовой цементации на веретённом масле представлено на фиг. 8.



Фиг. 8. Содержание углерода по глубине цементованного слоя после газовой цементации

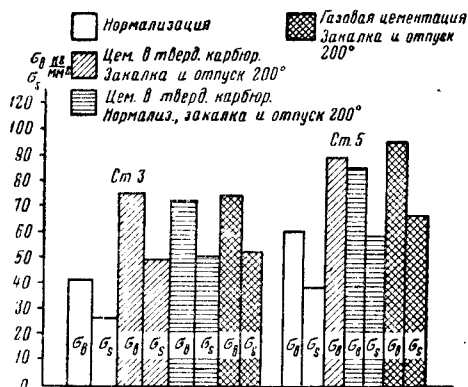
Предел прочности при изгибе образцов стали марок Ст. 2, Ст. 3 и Ст. 5, подвергавшихся цементации на глубину слоя 1,2 мм и затем нормализации, закалке и отпуску при температуре 200°, характеризуется диаграммой, приведённой на фиг. 9.



Фиг. 9. Предел прочности при изгибе образцов стали марок Ст. 2, Ст. 3 и Ст. 5 в зависимости от метода цементации и последующей термообработки

Режим термической обработки после газовой цементации заключается в непосредственной закалке из цементационной печи с подсушиванием до температуры 820—800° и отпуске при температуре 200°.

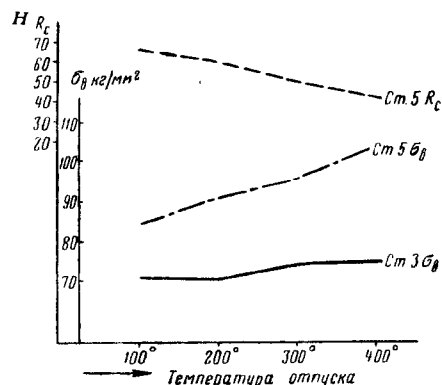
Сравнительная диаграмма значений предела прочности при растяжении и предела текучести для стали Ст. 3 и Ст. 5 приводится на фиг. 10. Из этой диаграммы следует, что ме-



Фиг. 10. Предел прочности при растяжении и предел текучести цементированных образцов в зависимости от метода цементации и последующей термообработки

ханические свойства стали после газовой цементации с последующей закалкой непосредственно после выдачи из цементационной печи превосходят механические свойства после цементации в твёрдом карбюризаторе и двойной термообработки.

Изменение предела прочности при растяжении образцов из стали Ст. 3 и Ст. 5 после газовой цементации, закалки и отпуска на различные температуры приведено на фиг. 11.



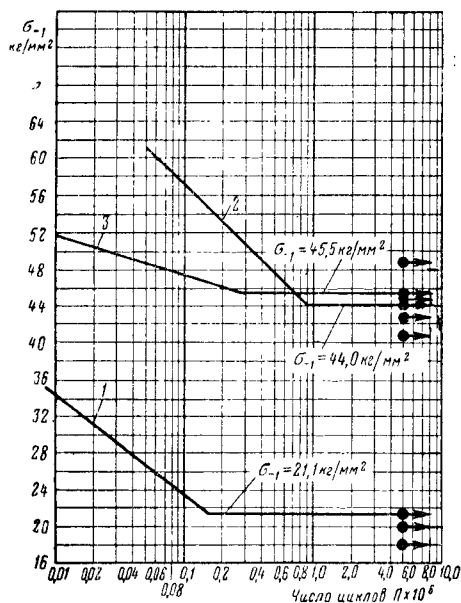
Фиг. 11. Предел прочности при растяжении стали Ст. 3 и Ст. 5 после цементации и закалки в зависимости от температуры отпуска

Предел усталости Ст. 3 представлен на фиг. 12.

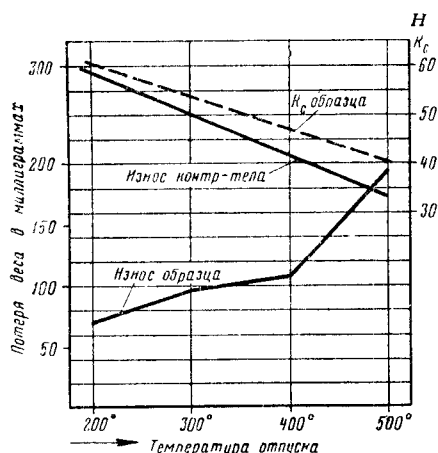
Износостойкость при трении качения с 10%-ным проскальзыванием (фиг. 13) и предел прочности при изгибе при различных температурах отпуска (фиг. 14) свидетельствуют о высоком упрочнении, получаемом при применении этого метода цементации.

Газовая цементация с применением веретённого масла в качестве карбюризатора имеет значительное распространение на предприятиях железнодорожного транспорта.

Так, например, детали цепей эскалатора (валики, ролики и втулки) на механическом заводе Московского метрополитена в течение 3 лет цементируются в шахтных печах Ц-35 и Ц-75 производства Бийского завода.



Фиг. 12. Кривые предела усталости стали Ст. 3: 1—после нормализации; 2—после газовой цементации, закалки и отпуска при 350°; 3—после газовой цементации, закалки и отпуска при температуре 175°; диаметр образцов 15 мм

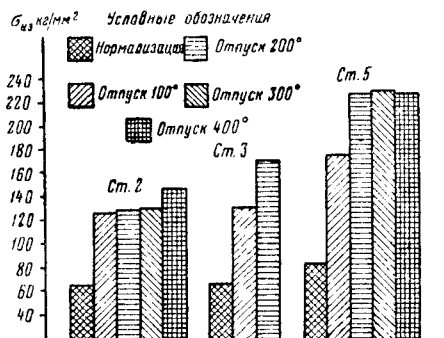


Фиг. 13. Кривая износа цементованных и закалённых образцов в зависимости от температуры отпуска. Испытание производилось на машине Амслера

Если при цементации этих деталей в твёрдом карбюризаторе в электрической печи для получения цементованного слоя 1,3—1,5 мм затрачивалось 14—15 час., то при газовой цементации на веретённом масле такая глубина достигается за 7 час. В депо Москвасортировочная М. Рязанской ж. д. печь Ц-35 работает уже в течение трёх лет и производит цементацию валиков рессорного подвешива-

ния, валиков тормозной передачи, втулок и других деталей, что значительно увеличивает их износостойкость и надёжность в эксплуатации.

На Воронежском паровозостроительном заводе, помимо цементации деталей паровозов, производится также цементация напильников в печи Ц-35. В этой печи обрабатываются



Фиг. 14. Предел прочности при изгибе цементованной и закалённой стали в зависимости от температуры отпуска

напильники всех сортов и размеров. Печь типа Ц-35 по своей мощности, производительности и габаритным размерам очень подходит для цементации деталей паровозов в условиях депо, особенно тех депо, где производится подъёмочный ремонт.

Цементация в жидкой среде

Цементация в жидкой среде разделяется на цементацию в жидких расплавленных солях, содержащих цианистые соединения и не содержащих их.

Последнему методу посвящено много работ ЭНИМС (Морозова, Бобров), а также Института стали (А. Н. Минкевич). Этот вид цементации проводится в смеси расплавленных солей, состоящих из соды Na_2CO_3 , поваренной соли NaCl и карбида кремния SiC , который добавляется в размолотом виде до величины зёрен 0,5—1,0 мм.

При цементации в нейтральных расплавленных солях с добавкой цианистых соединений, помимо насыщения стали углеродом, происходит насыщение и азотом. Этот метод цементации называется также цианированием. Он нашёл применение при цементации деталей автомобилей, мотоциклов (шестерён, болтов, пальцев), изготовленных из углеродистых и легированных марок сталей.

При цементации в жидкой среде возможно производить непосредственную закалку после цементации без дополнительного нагрева. При этом получается меньшая деформация и отсутствует окалина и обезуглероживание на закалённых деталях. Состав ванн, содержащих цианистые соли и не содержащих их, приводится в табл. 18.

Однако надо заметить, что широкого применения метод цементации в жидкой среде, не содержащей цианистых соединений, пока не получил из-за недостатков при работе с солями — быстрое истощение карбюриза-

Т а б л и ц а 18

Состав ванн для цементации в жидкой среде (наименование компонентов в %)

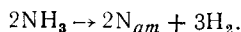
С о с т а в в а н н									
содержащих цианистые соединения				не содержащих цианистые соединения					
BaCl ₂	NaCl	NaCN	Ca(CN) ₂	NaCl	HCl	NaOH	CaC ₂	Na ₂ CO ₃	SiC
35—55	15—25	20—28	—	40	40	10	10	—	—
55—90	—	7—15	—	15	—	—	10	75	—
70—80	10—20	—	1—2	15	—	—	—	75	10
—	—	—	—	80	—	10	—	—	10

тора, частые выбросы солей при загрузке деталей и другие дефекты.

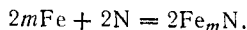
В ваннах с цианистыми солями достигаются хорошие результаты и высокая производительность. Но эти соли ядовиты и работа с ними создаёт целый ряд неудобств, связанных с их хранением. Кроме того, требуется установка соответствующей вентиляции.

АЗОТИРОВАНИЕ СТАЛИ

Сущность процесса азотирования состоит в насыщении поверхностных слоёв стальных деталей азотом. Азотирование разделяется на газовое и в жидкой среде. Газовое азотирование осуществляется в потоке аммиака, который при нагреве разлагается по следующей реакции:



Выделяющийся при этой реакции атомарный азот поглощается стальными деталями и происходит образование нитридов железа по следующей схеме:



Процесс азотирования применяется с двумя целями: 1) для увеличения износостойкости трущихся деталей (шестерни, гильзы цилиндров, клапаны моторов) и 2) для увеличения предела выносливости (усталости) деталей, работающих в сложнопеременном состоянии (коленчатые валы и другие детали).

Для изготовления деталей, подлежащих азотированию, требуются легированные сорта сталей. Ранее была наиболее распространённой сталь марки 38ХМЮА, легированная алюминием, хромом и молибденом. Помимо стали 38ХМЮА, азотированию также успешно подвергаются хромомолибденовые и некоторые хромоникелевые стали. В настоящее время для азотирования применяют легированные стали, не содержащие молибдена. Процесс азотирования практически ведётся в среде диссоциирующего аммиака в интервале температур 480—620°.

Твёрдость азотированной стали, содержащей алюминий, достигает 1 100—1 200 единиц по Виккерсу. Твёрдость азотированного слоя стали, не содержащей алюминия, несколько ниже и находится в пределах 700—900 единиц по Виккерсу. Перед азотированием для улучшения механических свойств детали подвергают закалке и отпуску. Процесс азотирования весьма длителен: для получения слоя глубиной 0,3 мм требуется выдержка при температуре азотирования в течение 30 час.

После азотирования не требуется никакой

последующей термической обработки, азотированные детали подвергаются только шлифовке.

Антикоррозионное азотирование

Азотирование, преследующее цель предохранить изделия от коррозии, называется антикоррозионным. Основное отличие процесса антикоррозионного азотирования от обычного заключается в кратковременной выдержке и в расширенном диапазоне температур при азотизации. Азотированный слой получается небольшой глубины.

Антикоррозионное действие азотированного слоя устойчиво в атмосфере пресной воды (дождя, снега) и неустойчиво при всех других видах коррозии. Глубина слоя, обеспечивающая повышение антикоррозионных свойств, получается при выдержке 2—2,5 часа при низких температурах азотизации (500—550°). С увеличением температуры азотирования время выдержки сокращается. При температурах азотирования 600—700° выдержка сокращается до 25—60 мин. Однако повышение температуры азотирования влечёт за собой уменьшение концентрации азота и уменьшение стойкости против коррозии. Лучшим средством, предохраняющим от коррозии, является получение структурной составляющей ε-фазы. Эта структурная составляющая весьма устойчива против разъедающего действия атмосферных реагентов. Однако практически получить беспористую плёнку нитридов при кратковременной выдержке очень трудно, и антикоррозионное азотирование часто не достигает своей цели.

Антикоррозионному азотированию могут подвергаться углеродистые и легированные марки сталей, причём поверхностный слой, устойчивый против коррозии в атмосфере влажного воздуха, может быть получен у низкоуглеродистых сталей в довольно широком интервале температур. Азотирование при низких температурах порядка 500—550° даёт глубину слоя 0,01—0,03 мм и обеспечивает стойкость против коррозии.

Азотирование в жидкой среде

Азотирование в жидкой среде производится в расплавленных солях. Для этой цели применялись раньше преимущественно ванны, содержащие цианистые соли. При низких температурах происходит насыщение главным образом азотом, особенно если через ванну пропускается аммиак. Благодаря пропускаемому аммиаку в ванне (подводимому при по-

мощи трубок) для антикоррозионного азотирования происходит насыщение азотом в несколько раз больше, чем углеродом. Доказана возможность азотирования в ваннах, не содержащих цианистых соединений (хлористый калий, хлористый натрий и др.), через которые непрерывно пропускается аммиак. Однако при этом имеет место корродирующее действие расплавленных солей.

Для устранения этого недостатка ЦНИИТМаш предложил способ электрохимической защиты от корродирующего действия этих солей, заключающийся в том, что сталь включается в цепь постоянного тока в качестве катода.

ЦИАНИРОВАНИЕ СТАЛИ

Сущность процесса цианирования заключается в одновременном насыщении поверхностных слоёв стальных деталей углеродом и азотом.

Процессы одновременного насыщения стали углеродом и азотом разделяются на два основных вида: в жидкой среде (в расплавленных цианистых солях) и газовое (в газовых средах). И тот и другой вид цианирования в зависимости от температуры процесса разделяется на:

1) низкотемпературное цианирование в расплавленных цианистых солях при температуре 540—560°;

2) высокотемпературное цианирование в расплавленных солях при температуре 800—860°;

3) низкотемпературное цианирование газовое (в газовых средах) при температуре 530—560°;

4) высокотемпературное цианирование газовое в газовых средах — нитроцементация при температуре 720—930°.

Процесс высокотемпературного газового цианирования называется также нитроцементацией. Он имеет ряд преимуществ перед высокотемпературным цианированием в расплавленных солях, а именно: удешевление процесса, так как цианистые соли обходятся дороже аммиака, масла или пиробензола, служащих для приготовления цементующего газа. Содержание аммиака в газовой смеси находится в пределах 25—35% по объёму. Большее количество аммиака нежелательно, так как при этом может образоваться ϵ -фаза.

Низкотемпературное цианирование производится для режущего инструмента. Цель, преследуемая цианированием, заключается в повышении режущих свойств быстрорежущей стали и её заменителей. Температура этого вида цианирования должна быть не выше температуры отпуска быстрорежущей стали во избежание разложения мартенсита, а следовательно, и возможного снижения режущих свойств по этой причине.

Низкотемпературное цианирование может осуществляться как в жидких расплавленных цианистых солях, так и в газообразных средах.

Продолжительность цианирования в расплавленных солях, содержащих около 50—60% NaCN или KCN, и при температуре цианирования 550—560° для некоторых видов инструмента дана в табл. 19.

Т а б л и ц а 19

Продолжительность низкотемпературного цианирования для инструментов из быстрорежущей стали

Наименование инструмента	Размер в мм	Выдержка в мин.
Резцы	6×10	10
	10×16	12
	20×30	17
	30×45	25
Свёрла, развертки и зенкеры	5—10	8
	15—20	12
	20—30	15
	30—40	18
Метчики с шагом резьбы до 1 мм	6—10	5
	15—20	7
	20—30	8
	30—40	10

Глубина цианированного слоя после низкотемпературного цианирования быстрорежущей стали находится в следующих пределах: при выдержке 5 мин. — 0,008—0,006 мм, при выдержке 15 мин. — 0,020—0,015 мм; выдержка в течение 30 мин. обеспечивает получение глубины слоя до 0,035 мм.

Твёрдость цианированного инструмента из быстрорежущей стали — в пределах 950—1100 единиц по Виккерсу.

Низкотемпературное ведение процесса (530—550°) не даёт возможности применить соли с высоким процентом содержания цианистого натрия, температура плавления которого выше (560—580°). Поэтому к чистому цианистому натрию добавляют соли, понижающие температуру плавления; кроме того, при добавке других солей истощаемость (летучесть) цианистых солей уменьшается, что очень важно, учитывая дороговизну этих солей. Наиболее употребительной является следующая смесь солей: 25—50% NaCN, 20—40% Na₂CO₃ и 10—20% NaCl.

При низкотемпературном цианировании быстрорежущей стали происходит насыщение не только азотом, как это предполагалось раньше, но и углеродом.

Однако высокая стоимость цианистых солей, их значительный расход и ядовитость этих солей, требующая оборудования вентиляционных установок, заставляют воздерживаться от этого процесса и перейти на метод газового цианирования.

Газовое цианирование

Сущность этого метода заключается в том, что стальные детали насыщаются с поверхности углеродом и азотом в среде углеродо-содержащих газов и аммиака. Смесь газов состоит из цементующего газа, которым может служить природный (естественный) газ, светильный и пиролизный, служащие для насыщения углеродом, а для насыщения азотом служит аммиак, который добавляется к цементующему газу до 30—40% по объёму. Преимущество низкотемпературного газового цианирования перед цианированием в расплавленных цианистых солях заключается главным образом в устранении вредности

процесса для рабочих, соприкасающихся с цианистыми солями. Кроме этого, достигается удешевление процесса ввиду того, что аммиак и науглероживающие газы обходятся дешевле цианистых солей.

Технология газового цианирования режущего инструмента очень проста. Инструмент из быстрорежущей стали после окончательной термической обработки, шлифовки и заточки загружается в печь, нагретую до температуры процесса. После этого пускают газ и аммиак. Продолжительность выдержки зависит от размеров инструмента и колеблется от 1,0 до 2,0 час. Выдержка при температуре процесса хотя и более продолжительна, чем в цианистых расплавленных ваннах, но в печь может одновременно закладываться гораздо больше инструмента и поэтому производительность не меньше, чем при цианировании в расплавленных ваннах.

Высокотемпературное газовое цианирование (нитроцементация)

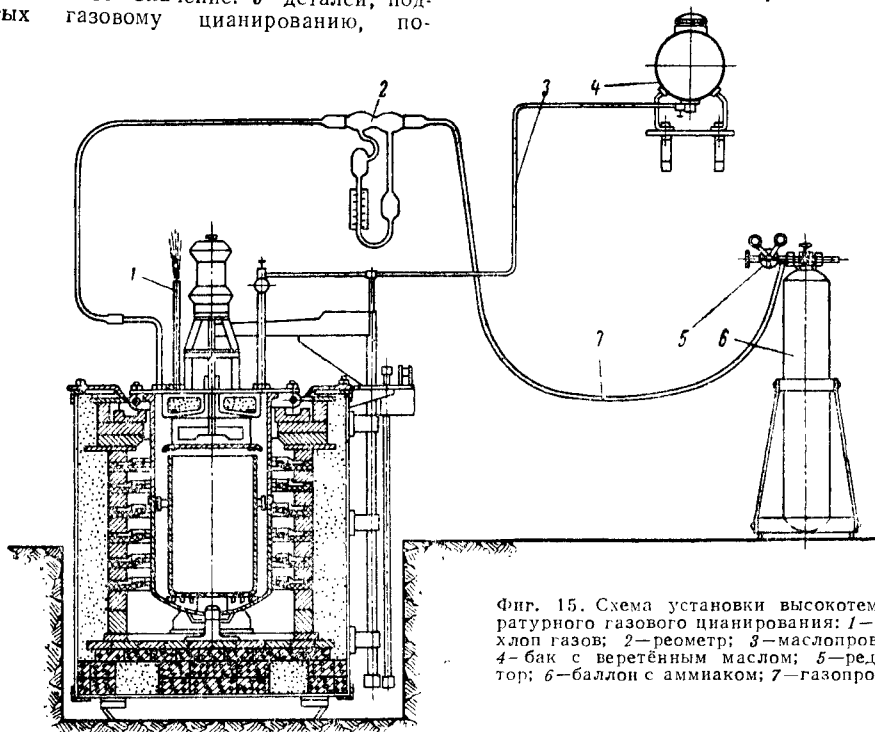
На паровозоремонтных, вагоноремонтных заводах и в депо внедрение процесса высокотемпературного газового цианирования приобретает важное значение. У деталей, подвергнутых газовому цианированию, по-

веретённое масло, которое подаётся в печь в количестве 60—70 капель в минуту; кроме того, в печь добавляется аммиак в количестве 0,5—1,0 л/мин. Температура газового цианирования 930—950°. Помимо веретённого масла, в качестве карбюризатора могут применяться пиробензол, бензол и газы, указанные в табл. 16. На фиг. 15 приведена схема установки, работающей на механическом заводе метрополитена и в депо Москва-сортiroвочная М.-Рязанской ж. д. В этой установке имеется баллон с аммиаком, редуктор к нему и реометр.

Последний служит для измерения количества подаваемого в печь аммиака.

Реометр необходим в пределах измерения от 0,5 до 4,0 л/мин.

Аммиак из баллона через реометр поступает в печь через одно отверстие, а через другое — поступает масло. Масло разлагается с образованием газов, которые смешиваются с аммиаком. В печи происходят реакции, при которых выделяются активные атомы углерода и азота, поглощаемые поверхностными слоями стальных деталей. На фиг. 16 приведены кривые насыщения стали Ст. 3 и Ст. 5 углеродом в зависимости от температуры газового цианирования и глубины слоя,



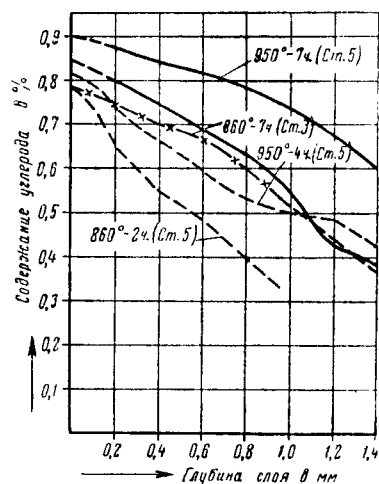
Фиг. 15. Схема установки высокотемпературного газового цианирования: 1—выхлоп газов; 2—реометр; 3—маслопровод; 4—бак с веретённым маслом; 5—редуктор; 6—баллон с аммиаком; 7—газопровод

вышается поверхностная твёрдость, износостойкость и предел усталости, что позволяет увеличить пробег паровозов между ремонтами, сэкономить значительное количество металла и увеличить безопасность движения поездов.

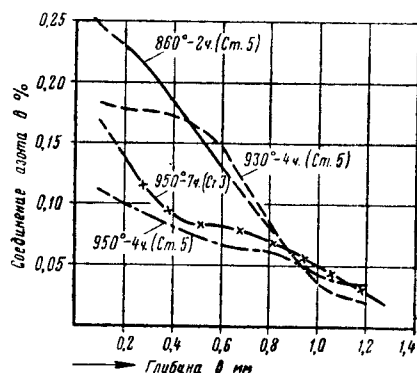
Процесс газового цианирования осуществляется в тех же печах, что и газовая цементация (см. табл. 18). Для насыщения стали углеродом и азотом употребляется также

а на фиг. 17 — кривые насыщения азотом. Оптимальный режим высокотемпературного цианирования, обеспечивающий оптимальное содержание углерода и азота, состоит в следующем.

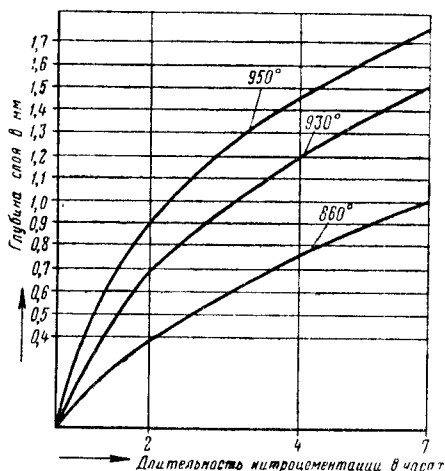
Температура газового цианирования 930—950°, подача веретённого масла 60—70 капель в минуту и аммиака 0,5—1,0 л в минуту. Длительность выдержки в зависимости от требуемой глубины.



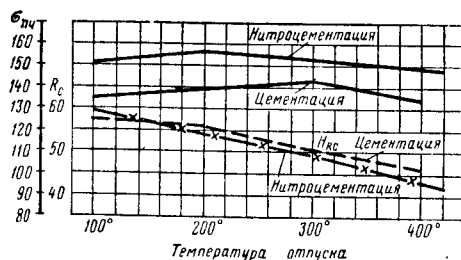
Фиг. 16. Насыщение стали углеродом по глубине слоя в зависимости от режима цианирования



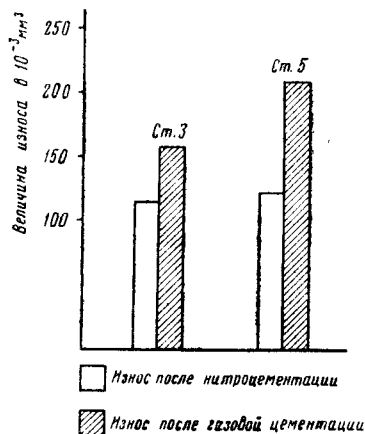
Фиг. 17. Насыщение стали азотом в зависимости от режима цианирования



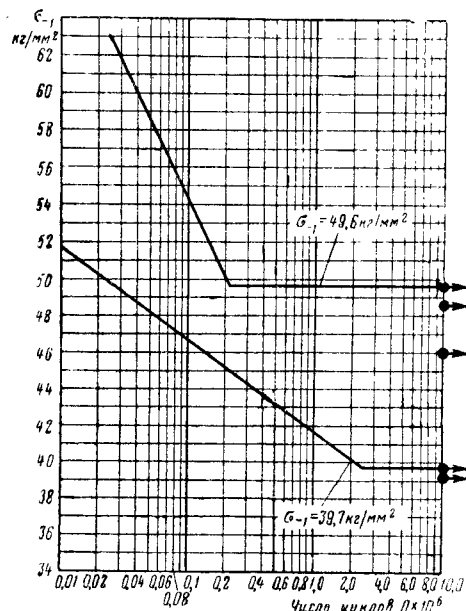
Фиг. 18. Зависимость глубины цианированного слоя от времени выдержки и температуры процесса



Фиг. 19. Влияние температуры отпуска на предел прочности при растяжении и твердость стали 12Х2Н4А после цементации и газового цианирования с последующей закалкой



Фиг. 20. Износостойкость образцов после газового цианирования и газовой цементации с последующей закалкой



Фиг. 21. Предел усталости стали Ст. 3. Верхняя кривая получена на образцах с глубиной слоя 1,0 мм, а нижняя — 1,7 мм; диаметр образцов 15 мм

На фиг. 18 приведены кривые зависимости глубины цианированного слоя от длительности выдержки. За 4 часа цианирования при температуре 950° глубина слоя достигает 1,45 мм, а при температуре 860° — 0,75 мм.

Значения предела прочности и твердости стали 12Х2Н4А после цементации и газового цианирования в зависимости от температуры отпуска представлены на кривых фиг. 19. Из этих кривых следует, что, несмотря на снижение поверхностной твердости, предел прочности не изменяется до температуры отпуска 400° .

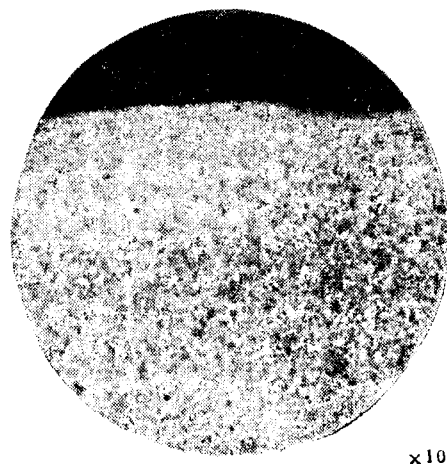
Сравнительная диаграмма износостойкости цементованных образцов и образцов после газового цианирования стали Ст. 3 и Ст. 5 представлена на фиг. 20. Результаты исследования получены при испытании трения скольжения на машине Шкода-Савина. На фиг. 21 приведены кривые усталости стали Ст. 3 после газового цианирования. Верхняя кривая построена по результатам испытания образцов, подвергавшихся газовому цианированию при температуре 950° с глубиной слоя 1,0 мм, а нижняя кривая — при глубине слоя 1,7 мм. Следовательно, увеличение глубины слоя увеличивает предел усталости только до определенного значения. В этом случае надо учитывать отношение глубины слоя к диаметру образца. При цементации это отношение должно быть в пределах 0,1—0,2.

При газовом цианировании это отношение по исследованиям ЦНИИ МПС должно быть меньше, а именно — 0,05—0,10.

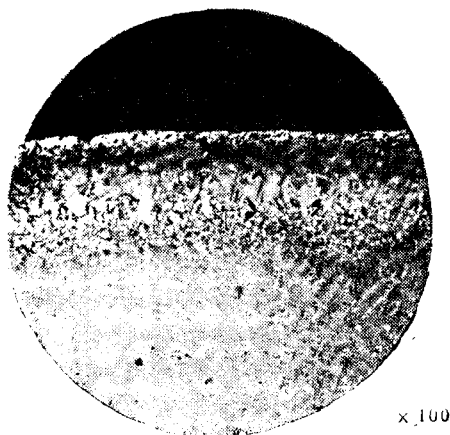
Структура цианированных сталей

На фиг. 22 представлена структура образца стали Ст. 3 после нормально проведенного процесса газового цианирования. На фиг. 23 представлена структура стали 12Х2Н4А с белой нетравящейся каемкой карбонитридной ϵ -фазы на поверхности. Эта структура является нежелательной, так как она хрупкая и свидетельствует о том, что при газовом цианировании поступало слишком большое количество аммиака. На фиг. 24 представлена структура цианированного слоя стали 12Х2Н4А, полученная при непосредственной закалке из цементационной печи. В структуре имеется большое количество аустенита, который не превратился при закалке в мартенсит. Твердость такого слоя колеблется в пределах 48—54 H_{RC} . Для получения более высокой твердости эта сталь подвергается такой обработке: газовое цианирование, быстрое охлаждение до температуры ниже A_{r1} и повторный нагрев до $780—800^{\circ}$ и закалка в масле, отпуск при температуре 200° . При таком режиме твердость цианированного слоя находится в пределах 57—63 H_{RC} .

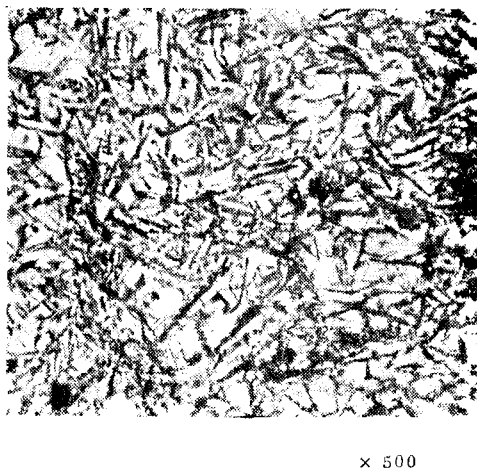
Экономический эффект, получаемый при газовом цианировании, выражается в том, что при добавлении аммиака увеличивается производительность до 20%. Следовательно, при одних и тех же затратах электроэнергии и рабочей силы удешевляется производство 1 т цианированных изделий. Дополнительные затраты на приобретение аммиака очень незначительны. Если принять себестоимость цианирования в твердом карбюризаторе одной



Фиг. 22. Нормальная структура образца стали Ст. 3 после газового цианирования



Фиг. 23. ϵ -фаза на поверхности цианированного образца



Фиг. 24. Структура стали 12Х2Н4А после газового цианирования и непосредственной закалки из цементационной печи

тонны мелких изделий за 100, то себестоимость готовой цементации составит 40%, а газового высокотемпературного цианирования — 34%.

К недостаткам метода газового цианирования относится громоздкость установок вследствие необходимости ставить дополнительно баллон с аммиаком и реометр; кроме того, требуется более тщательный контроль самого процесса.

СТАЛИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ЦЕМЕНТАЦИИ, АЗОТИРОВАНИИ И ЦИАНИРОВАНИИ

Основное назначение процесса химико-термической обработки заключается в повышении твердости поверхностного слоя стальных деталей при вязкой сердцевине после термической обработки. Поэтому для цементации применялись низкоуглеродистые стали, в которых содержание углерода не превышало 0,20%. Однако в настоящее время на основании целого ряда экспериментальных данных, полученных разными исследователями, и опыта промышленности для цементации применяют стали, содержащие повышенный процент углерода, вплоть до 0,35—0,37%.

В табл. 20 приводятся наиболее распространенные стали, применяемые для изготовления цементуемых деталей железнодорожного транспорта.

ТЕРМОДИФфуЗИОННОЕ ХРОМИРОВАНИЕ

Сущность процесса термодиффузионного хромирования состоит в поверхностном насыщении деталей хромом.

Диффузионное хромирование деталей паровоза применяется в целях увеличения коррозионной стойкости против действия агрессивных сред. Некоторые депо (Красноармейское, Волноваха, Ясиноватая и др.) применяют для питания паровозных котлов воду, содержащую значительное количество солей. Детали паровоза (связи, анкерные болты и др.), соприкасающиеся с такой водой, подвергаются корродирующему действию и очень быстро выходят из строя.

Существует три основных способа диффузионного хромирования: твердое, газовое и жидкое.

Твердое хромирование. При этом способе хромирования детали упаковываются в хро-

мизатор — смесь, состоящую из измельченного в порошок феррохрома и глины (каолина) или шамота. К этому составу добавляется хлористый аммоний (нашатырь) или соляная кислота для образования хлоридов хрома.

При взаимодействии хлоридов хрома с поверхностью стальных деталей выделяется атомарный хром, поглощаемый сталью.

Газовое хромирование. При газовом хромировании детали нагревают до температуры 950—1100° в атмосфере паров хлорида хрома CrCl_3 , получаемого пропусканием водорода с парами соляной кислоты HCl . Образующийся хлорид хрома реагирует с поверхностью стальных деталей, в результате чего получается активный атомарный хром, который поглощается сталью.

Жидкое хромирование. Существует два метода жидкого хромирования. При первом методе детали нагревают в ванне с расплавленными солями, в которую добавляется тонкий порошок феррохрома.

По второму методу в расплавленные соли добавляется хлористый хром. По этому методу Минкевич А. Н. рекомендует к смеси из 80% хлористого бария и 20% хлористого кальция добавлять от веса солей 10—15% хлористого хрома.

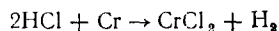
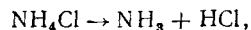
Этот процесс, по литературным данным, очень удобен и производителен. Качество изделий получается хорошим. Но этот метод применим для получения очень тонких слоев.

При хромировании на большую глубину этот метод преимуществ не имеет.

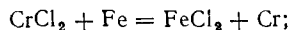
На железнодорожном транспорте в настоящее время большое распространение получает метод диффузионного хромирования в порошкообразных смесях, т. е. твердое хромирование.

Химизм процесса диффузионного хромирования. Насыщение стали хромом осуществляется преимущественно через газовую фазу.

Газовая фаза образуется за счет распада (диссоциации) хлористого аммония по реакции



и далее



образовавшийся атомарный хром диффундирует в поверхностные слои стальных деталей.

Т а б л и ц а 20

Стали для цементации								
Марка стали	Химический состав в %							
	C	Mn	Si	Cr	Ni	S	P	Прочие
Ст. 2	0,09—0,15	0,3—0,5	Следы	—	—	0,05	0,05	—
Ст. 3	0,14—0,21	0,3—0,5	0,17—0,37	—	—	0,055	0,05	—
Ст. 5	0,28—0,37	0,58—0,80	0,17—0,37	—	—	0,055	0,05	—
10	0,05—0,15	0,25—0,50	0,17—0,37	—	—	—	—	—
20	0,15—0,25	0,25—0,50	0,17—0,37	—	—	—	—	—
15X	0,10—0,15	0,3—0,6	0,17—0,37	0,7—1,0	≤0,4	—	—	—
12X2H4A	0,11—0,17	0,3—0,6	0,17—0,37	1,25—1,75	3,25—3,75	—	—	—
12XH3	0,17—0,25	0,3—0,6	0,17—0,37	0,6—0,9	2,75—3,25	0,035	0,035	—
18XГ1*	0,16—0,24	0,8—1,1	0,17—0,37	1,0—1,4	≤0,4	0,035	0,035	Ti 0,03—0,15

* Новая.

Коррозиестойчивость хромированного слоя. Хромированный слой очень длительное время противостоит коррозии в воде, влажном воздухе и в 3%-ном растворе поваренной соли. Он также проявляет высокую стойкость в 25—30- и 50%-ном растворе азотной кислоты. При диффузионном хромировании средне- и высокоуглеродистых сталей очень сильно возрастает твердость хромированного слоя и увеличивается износостойкость (см. табл. 21).

Т а б л и ц а 21

Износостойкость стали после диффузионного хромирования

Марка стали	Вид обработки	Твёрдость по Виккерсу	Износ в мм ² 10 ⁻³
1)	Хромирование в течение 5 час.	191	148,7
	Хромирование в течение 15 час.	313	81,7
45	Хромирование в течение 5 час.	587	68,6
	Хромирование в течение 15 час.	1 030	8,74
У10	Хромирование в течение 5 час.	930	22,3
	Хромирование в течение 15 час.	1 380	5,74

Технология процесса хромирования. Смесь для хромирования состоит из молотого порошка феррохрома с добавлением к нему инертных веществ в виде порошка каолина, шмота и др., которые служат для предотвращения спекания. Помимо этого, добавляется в смесь хлористый аммоний в количестве от 2 до 5% по весу.

Вместо хлористого аммония можно прибавлять соляную кислоту. Все компоненты размалываются на шаровой мельнице, просеиваются через сито и подсушиваются.

Наиболее употребительные смеси приведены в табл. 22.

Составом № 3 при температуре 1150° было произведено хромирование 3 000 связей для паровозов серии ФД. Качество слоя получилось вполне удовлетворительным. Связи имели серебристый цвет и при испытании в 30%-ном

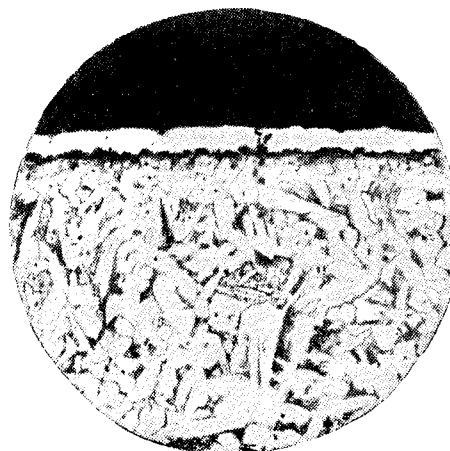
Т а б л и ц а 22

Состав смесей для диффузионного хромирования

Состав смеси	Количество по весу в %
<i>Состав № 1</i>	
Феррохром	60
Каолин	37
Хлористый аммоний	3
<i>Состав № 2</i>	
Металлический хром	65
Каолин	30
Хлористый аммоний	5
<i>Состав № 3</i>	
Феррохром	68
Шамот	30
Хлористый аммоний	2
<i>Состав № 4</i>	
Феррохром	65
Белая глина	30
Соляная кислота (уд. вес 1,19)	5

растворе азотной кислоты показали исключительно высокую стойкость.

Структура хромированного слоя стали Ст.2 представлена на фиг. 25.



×100

Фиг. 25. Структура хромированного слоя

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

- Горбунов Н. С., Юдин И. Д. Диффузионные хромовые покрытия. Изд-во Акад. наук СССР, М.—Л., 1946.
- Гуляев А. П. Металловедение. Оборонгиз, М., 1948.
- Койторович И. Е. Термическая обработка стали и чугуна. Металлургиздат, М., 1950.
- Котов О. К. Информационное письмо № 202. Газовая цементация деталей подвижного состава ЦНИИ, М., 1951.
- Минкевич А. Н. Химико-термическая обработка стали. Машгиз, М.—Л., 1950.
- Поверхностное упрочнение стали методами химико-термической обработки. Сборник. Машгиз, М.—Л., 1949.
- Машиностроение. Энциклопедический справочник, т. 7, Машгиз, М., 1948.
- Чириков В. Т. Газовое цинкование конструкционных сталей. М.—Л., 1949.