

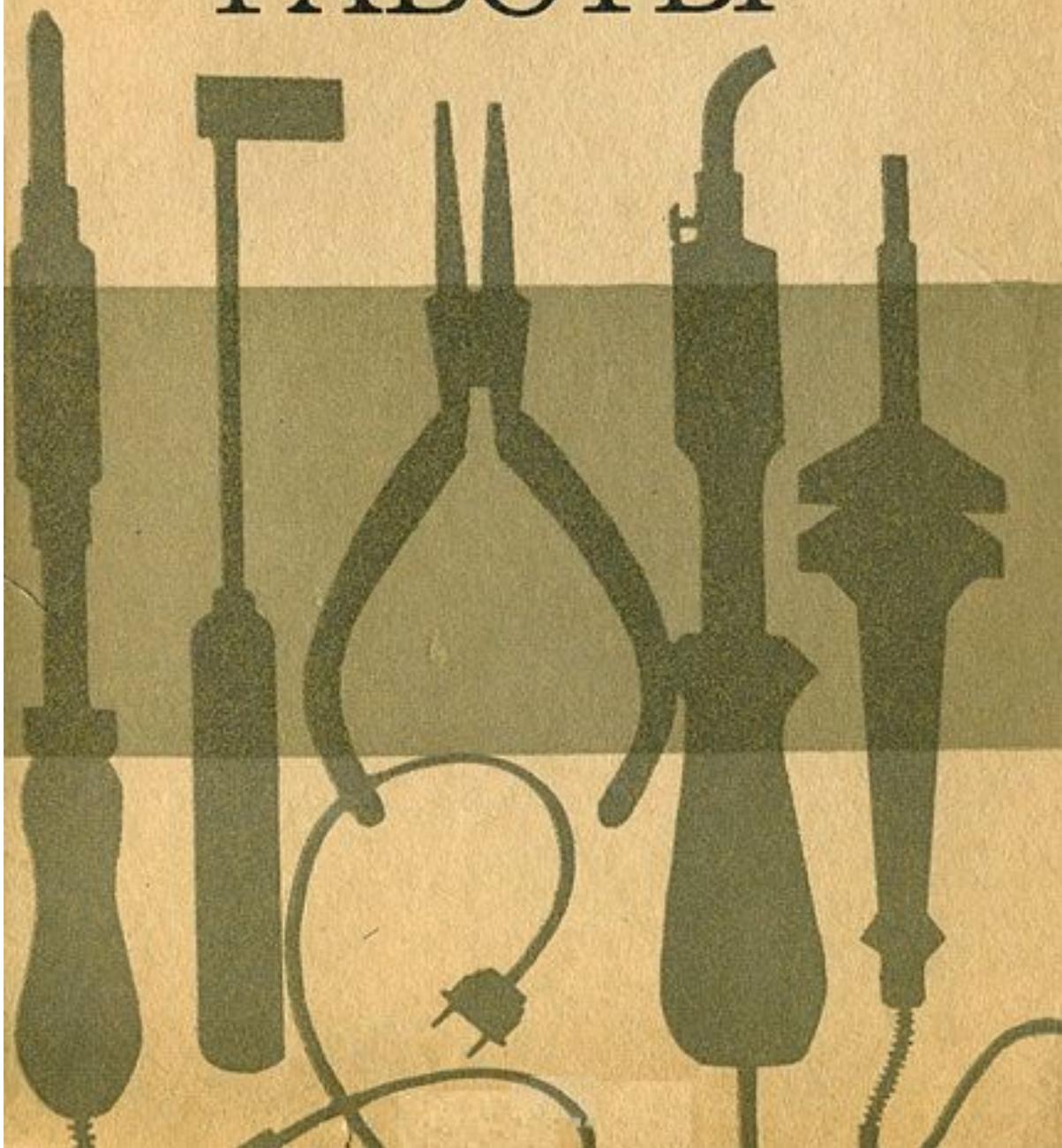
ОФТЕХОБРАЗОВАНИЕ



ПАЙКА

И.З. ВИННИКОВ

# ПАЯЛЬНЫЕ РАБОТЫ



И. З. ВИННИКОВ

# ПАЯЛЬНЫЕ РАБОТЫ

ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ, ПЕРЕРАБОТАННОЕ

ОДОБРЕНО УЧЕНЫМ СОВЕТОМ ГОСУДАРСТВЕННОГО КОМИТЕТА СССР  
ПО ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБРАЗОВАНИЮ В КАЧЕСТВЕ  
УЧЕБНОГО ПОСОБИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ РАБОЧИХ НА ПРОИЗВОДСТВЕ



МОСКВА «ВЫСШАЯ ШКОЛА» 1979

**ББК 34.643**  
**В48**  
**УДК 621.791.3**

Отзывы и замечания просим направлять по адресу:  
101430, Москва, К-51, Неглинная ул., 29/14, издательство  
«Высшая школа».

**Винников И. З.**

**В48** Паяльные работы: Учеб. пособие для подготовки рабочих на пр-ве.— 2-е изд., перераб.— М.: Высш. школа, 1979.— 144 с., ил. (Профтехобразование. Пайка).

15 к.

В книге описаны способы пайки металлов и сплавов, изложены сведения о нагревательных устройствах, инструментах, приспособлениях, применяемых при пайке, даны рекомендации по использованию припоев и флюсов, контролю паяных соединений, приведены сведения о механизации и автоматизации паяльных работ.

Книга предназначена для подготовки рабочих на производстве.

**В**  $\frac{31206-448}{052(01)-79}$  **БЗ-33-5-79** **2704060000** **6П4.3**  
**ББК 34.643**

© Издательство «Высшая школа», 1979

## ВВЕДЕНИЕ

Создание материально-технической базы коммунизма в нашей стране основывается на широком внедрении во все отрасли народного хозяйства новейших достижений науки и техники, комплексной механизации и автоматизации производственных процессов, повышении технического уровня и эффективности общественного производства, увеличении производительности труда и улучшении качества выпускаемых изделий.

Производство изделий в таких важных отраслях промышленности, как радиоэлектроника, авиастроение, электротехника, приборостроение и др., требует совершенствования и создания новых производительных технологических процессов, обеспечивающих высокое качество продукции. Одним из таких технологических процессов является пайка.

Преимуществом пайки является возможность соединения в единое целое материалов без их расплавления. Пайка позволяет прочно соединять разнородные металлы, а также металлы со стеклом, керамикой, графитом и другими неметаллическими материалами.

В настоящее время пайка завоевала прочное место как в промышленности, так и в быту. Современные радиоэлектронные устройства содержат более миллиона паек. Паяные соединения применяют в ядерной технике, постройке космических кораблей, жилищном строительстве и во многих других отраслях промышленности.

Пайка является перспективным технологическим процессом, значение которого будет возрастать с расширением применения леги-

рованных сталей, специальных сплавов и неметаллических материалов.

Широкое применение процесса пайки при изготовлении различных изделий требует специальной подготовки квалифицированных рабочих-паяльщиков, сочетания теоретических и практических знаний.

Книга создана на основе программы для индивидуальной и бригадной подготовки паяльщиков на производстве, утвержденной Государственным комитетом СССР по профессионально-техническому образованию, и содержит сведения о материалах, инструментах, приспособлениях и нагревательных устройствах, с которыми молодому паяльщику приходится встречаться при выполнении паяльных работ.

В книге даны рекомендации по выбору припоев, флюсов, инструментов и приспособлений для каждого способа пайки, приведены примеры механизации и автоматизации паяльных работ, осуществленных на ряде заводов.

Последовательность изложения материала соответствует расположению тем учебной программы. Общие сведения по технике безопасности и описание организации рабочего места даны в начале книги, а меры предосторожности указаны при выполнении паяльных работ на определенном оборудовании с использованием различных инструментов.

# ГЛАВА I

## ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О ПАЙКЕ МЕТАЛЛОВ

### § 1. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ПАЙКИ

Пайка как способ соединения металлов известна с древних времен. Несколько тысяч лет назад в Египте, Риме, Греции и Китае ее применяли при изготовлении украшений и различных предметов домашнего обихода. При археологических раскопках в разных частях земного шара были обнаружены паяные металлические изделия (рис. 1), свидетельствующие о том, что за много столетий до н. э. люди умели паять.



Рис. 1. Паяные золотые сосуды, обнаруженные в гробнице вавилонской царицы Шубад

Русские кузнецы Верхнего Поволжья в IV—V вв. н. э. широко применяли при изготовлении стальных вещей пайку медью, а в Киевской Руси медью и медными сплавами паяли замки, ключи и другие изделия из железа и стали.

Развитие пайки металлов и неметаллических материалов за годы Советской власти связано в первую очередь с созданием новых отраслей производства, разра-

боткой новых образцов техники, применением новых материалов.

Резкое повышение интереса к пайке произошло в годы первых пятилеток, когда промышленность освоила массовый выпуск различных изделий и переходила на поточную пайку ответственных деталей.

Во время Великой Отечественной войны пайка нашла широкое применение в производстве оружия, боеприпасов, в самолетостроении, автомобилестроении, кораблестроении и т. д.

В послевоенные годы дальнейшее развитие пайка получает в ракетостроении, атомной технике, электронике, радиоэлектронике, приборостроении и многих других отраслях народного хозяйства.

Многие современные конструкции удалось сделать более технологичными и значительно улучшить их эксплуатационные характеристики в результате применения пайки.

## § 2. СУЩНОСТЬ ПРОЦЕССА ПАЙКИ

Пайкой называется процесс получения неразъемного соединения материалов с нагревом ниже температуры их автономного расплавления путем смачивания, растекания и заполнения зазора между ними расплавленным припоем и сцепления их при кристаллизации шва.

Пайка отличается от родственного процесса сварки плавлением тем, что при сварке кромки соединяемых деталей обязательно расплавляются, а при пайке происходит лишь поверхностное растворение соединяемых материалов в припой при температуре ниже температуры их плавления.

Для образования паяного соединения необходимо привести атомы расплавленного припоя в тесный контакт с атомами поверхностных слоев твердого металла. Это условие обеспечивается, если жидкий припой хорошо смачивает разогретый основной металл.

Заполнение соединительного зазора припоем происходит под действием капиллярных сил.

Чтобы уяснить значение капиллярности при пайке, сделаем следующий опыт (рис. 2). Возьмем шесть пластинок из органического стекла и сложим их попарно таким образом, чтобы образовать между ними соот-

ветствующие зазоры, равные  $x = 0,03$  мм (рис. 2, *а*),  $y = 0,15$  мм (рис. 2, *б*),  $z = 0,5$  мм (рис. 2, *в*). Затем опустим все три пары пластин в сосуды с окрашенной жидкостью, например чернилами. Допустим, что пластины представляют собой поверхности, которые нужно соединить пайкой, а чернила — припой.

В результате проведенного опыта в первом образце, имеющем капиллярный зазор между сопрягаемыми поверхностями, чернила поднимутся почти до верха,

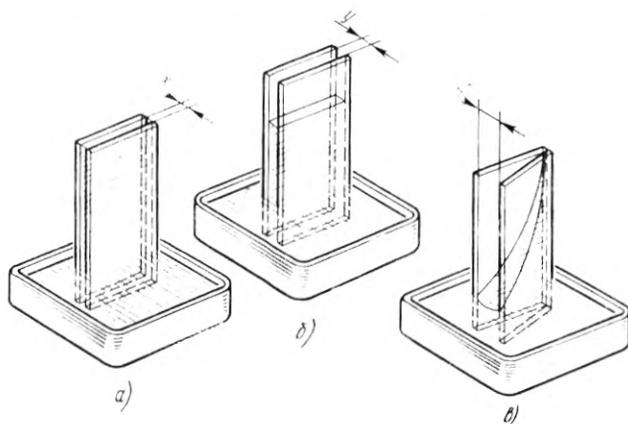


Рис. 2. Смачиваемость стеклянных пластин с зазорами, мм:  
 $a - 0,03$ ,  $b - 0,15$ ,  $v - 0,5$

во втором с большим зазором — на меньшую высоту, в третьем — с правой стороны поднимется до верха, а с левой — на незначительную высоту. Следовательно, чем меньше зазор между соединяемыми поверхностями при пайке, тем лучше затекает в зазор припой под действием капиллярных сил.

Для образования прочного соединения основного металла с припоем необходимо, чтобы жидкий припой хорошо смачивал поверхность основного металла и обеспечивал хорошее прилипание.

Не каждая жидкость обладает способностью хорошо смачивать твердое тело. Ртуть, например, не смачивает стекло. Если в чистый стакан налить, а затем вылить воду, то на стенках стакана останутся капли воды. Следовательно, вода смачивает чистое стекло.

Если повторить тот же опыт, но при этом предварительно смазать внутреннюю поверхность стакана жиром, на стенках стакана капля воды не будет, так как вода не смачивает поверхность, покрытую жиром. Чтобы произошло смачивание, необходимо очистить внутреннюю поверхность стеклянного стакана от жира.

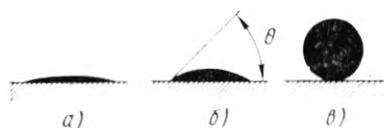


Рис. 3. Капли жидкого металла на поверхности твердого металла:  
*a* — хорошее смачивание, *б* — удовлетворительное, *в* — смачивание отсутствует

смачивании капля жидкого металла полностью растекается по поверхности твердого металла (рис. 3, *a*), при удовлетворительном смачивании наблюдается частичное растекание (рис. 3, *б*), если смачивание отсутствует, капля жидкого металла не растекается и сохраняет свою сферическую форму (рис. 3, *в*).

Показателем качества смачивания служит краевой угол смачивания  $\Theta$ . При хорошем смачивании  $\Theta$  близка к  $0^\circ$  (рис. 3, *a*). Если  $\Theta = 45^\circ$  — смачивание удовлетворительное (рис. 3, *б*), когда смачивание отсутствует,  $\Theta = 180^\circ$  (рис. 3, *в*).

Для обеспечения надежного контакта между основным металлом и припоем, т. е. хорошего смачивания, спаиваемые поверхности перед пайкой зачищают механическим способом — металлическими проволочными щетками, напильниками, шлифовальной шкуркой, гидросекаструйной и дробеструйной обработкой, а также химическим способом — обезжириванием и травлением.

Для удаления окисной пленки и загрязнений с поверхности соединяемых металлов и припоя, а также для защиты поверхности от новых образований при нагреве места пайки покрывают специальными химически активными веществами, называемыми флюсами. Флюсы способствуют лучшему затеканию расплавленного припоя в зазор между соединяемыми деталями.

Некоторые металлы также не смачиваются другими металлами подобно тому, как ртуть не смачивает стекло. Если припой не смачивает металл, соединение пайкой между ними выполнить нельзя.

На рис. 3 изображены три капли жидкого металла. При хорошем

В качестве флюсов применяют смеси солей, а также растворы некоторых солей, кислот и органических соединений. Роль флюсов могут также выполнять специальные газовые среды.

### **§ 3. КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ ПАЙКИ**

Пайка, нагрев при которой в месте контакта паяемых материалов и припоя не превышает  $450^{\circ}\text{C}$  ( $723\text{ K}$ ), называется пайкой низкотемпературной. Если нагрев в месте контакта паяемых материалов и припоя превышает  $450^{\circ}\text{C}$  ( $723\text{ K}$ ), пайка носит название высокотемпературной.

По условно заполнения зазора пайка подразделяется на капиллярную и некапиллярную.

Капиллярная пайка — пайка, при которой расплавленный припой заполняет паяльный зазор и удерживается в нем под действием капиллярных сил.

Некапиллярная пайка — пайка, при которой расплавленный припой заполняет паяльный зазор под действием силы тяжести без заметного участия капиллярных сил.

Способы пайки согласно ГОСТ 17 349—71 подразделяются по источнику нагрева и по методу удаления окисной пленки. Схема классификации способов пайки приведена на рис. 4.

## **ГЛАВА II**

### **ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА ПАЯЛЬЩИКА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ**

#### **§ 4. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА ПАЯЛЬЩИКА**

Рабочим местом паяльщика называется определенный участок производственной площади цеха, оснащенный необходимым оборудованием, инструментом и приспособлениями для выполнения паяльных работ.

От правильной организации рабочего места зависит производительность труда, качество выпускаемой продукции, безопасность работы и степень утомляемости работающего.

На рабочем месте не должно быть ничего лишнего. Необходимые инструменты и приспособления, припой и

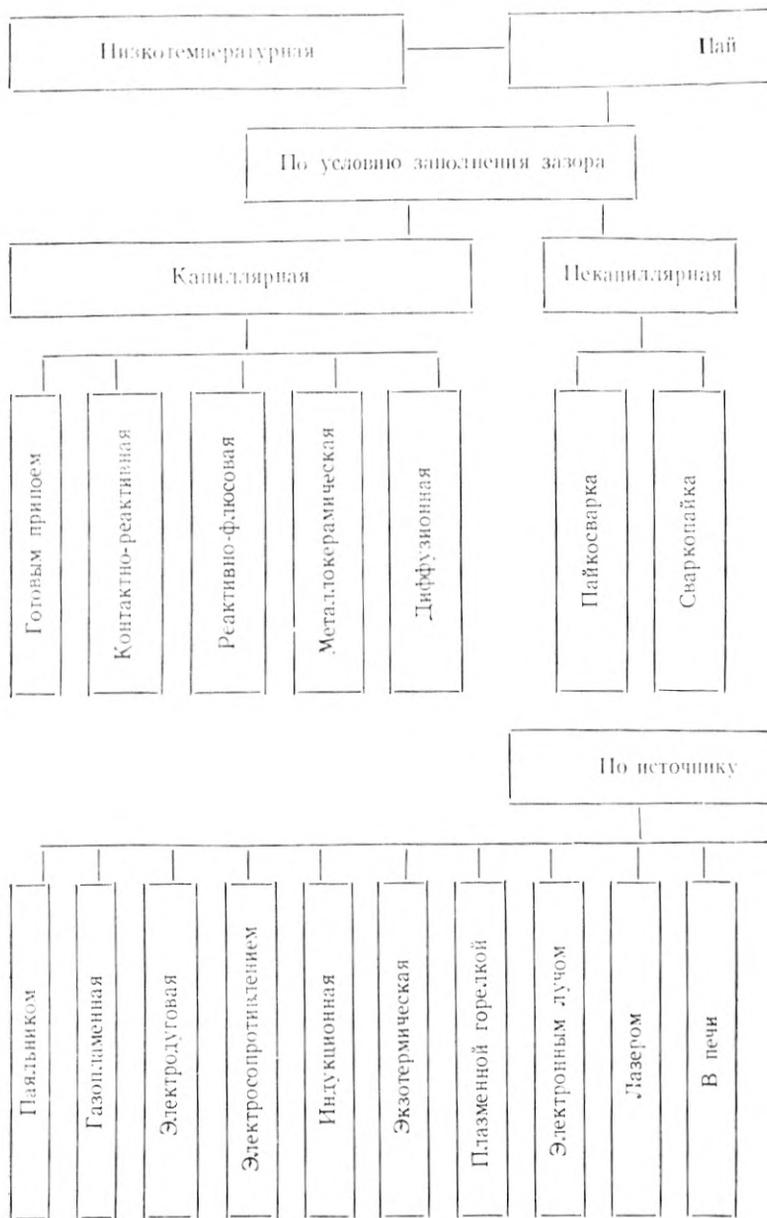
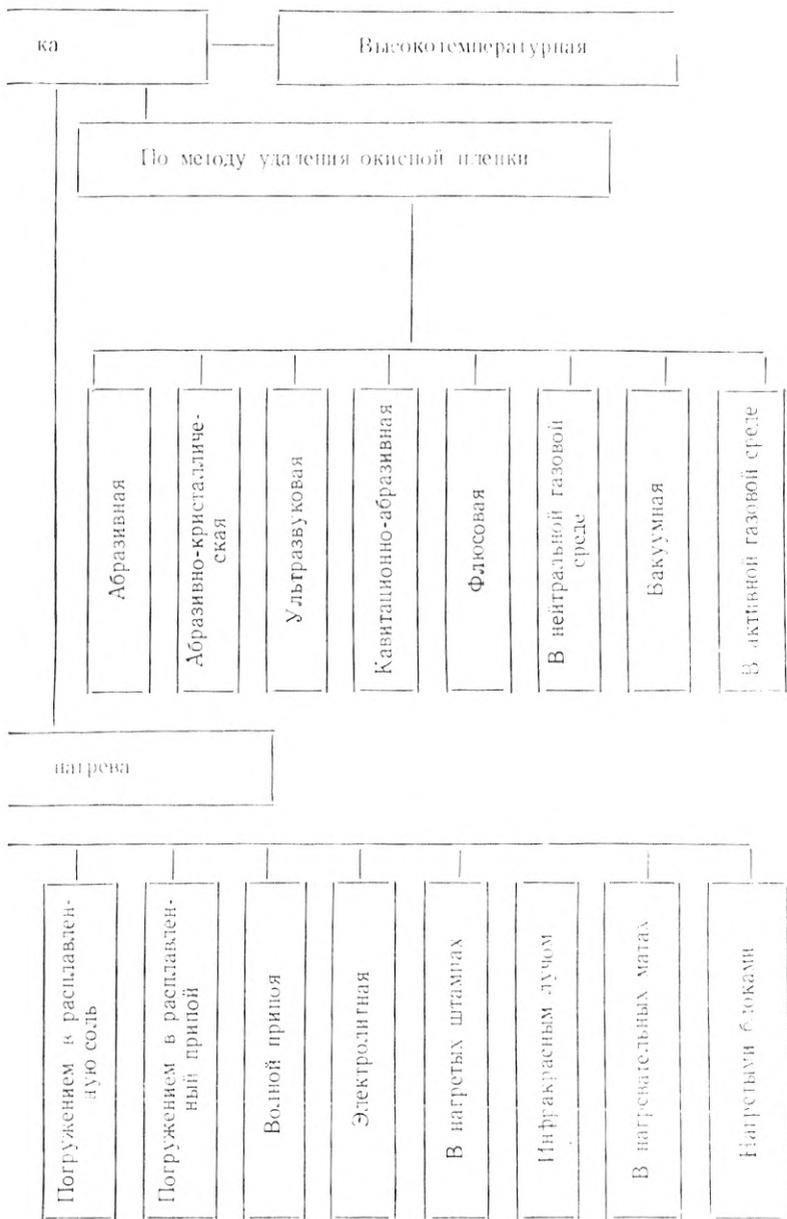


Рис. 4. Схема классификации



способов пайки (по ГОСТ 17349-74)

флюсы нужно располагать на определенных местах и так, чтобы их можно было брать быстро, без лишних движений. Инструменты и приспособления, не требующиеся для выполнения данной работы, необходимо хранить на стеллажах или в инструментальном шкафчике.

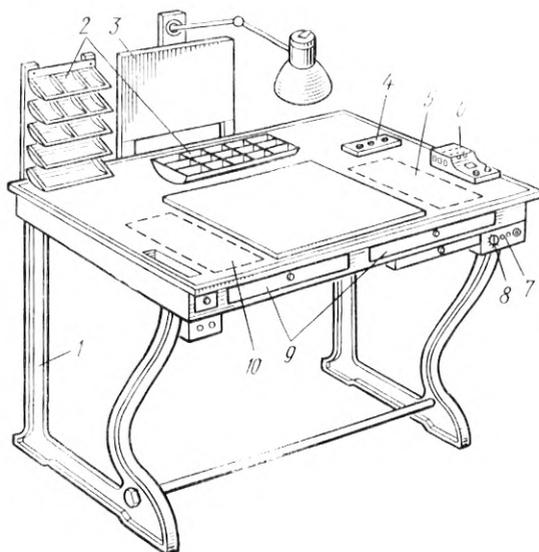


Рис. 5. Рабочее место монтажника-паяльщика:

1 — монтажный верстак, 2 — кассы для деталей, 3 — рамка для технологической карты, 4 — подставка для флюса и смывки, 5 — место расположения инструментов, 6 — подставка для паяльника, 7 — гнезда для включения паяльника, 8 — регулятор нагрева паяльника, 9 — ящики для инструмента, 10 — место расположения трубчатого припоя

Рабочее место паяльщика должно быть оборудовано необходимой вентиляцией и иметь хорошее освещение.

Рабочим местом монтажника-паяльщика (рис. 5), занимающегося сборкой и пайкой радио- и электроаппаратуры, различных приборов, является монтажный стол или верстак. Он оснащен необходимыми приспособлениями, инструментом и деталями. Инструмент должен быть разложен по ящикам в строгом порядке по группам и типоразмерам. Каждое приспособление имеет свое определенное место. Рабочее место монтажника должно быть обеспечено хорошим искусственным и

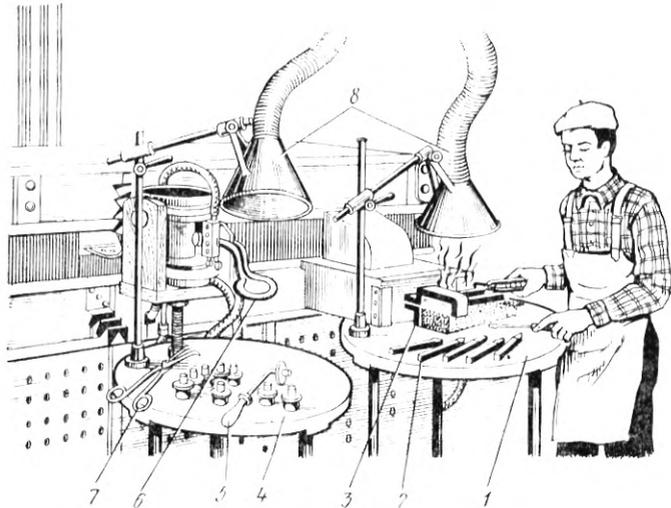


Рис. 6. Рабочее место паяльника высокочастотной установки:  
 1, 4 — места пайки, 2 — паяные резцы, 3, 6 — индукторы, 5 — приспособление,  
 7 — клещи, 8 — вентиляция

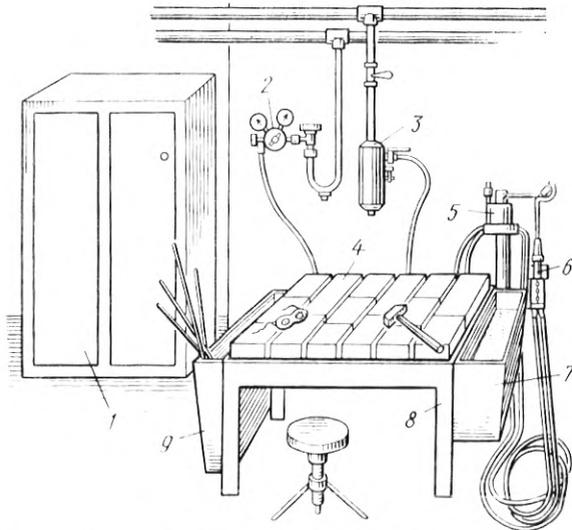


Рис. 7. Рабочее место паяльника газопламенной пайки:  
 1 — шкаф для хранения инструмента, 2 — кислородный редуктор, 3 — предо-  
 хранительный затвор, 4 — огнеупорный кирпич, 5 — экономизатор, 6 — горелка,  
 7 — сосуд с водой для охлаждения горелки, 8 — металлический стол, 9 — ящик  
 для прутков приноя

естественным освещением, а также вытяжной вентиляцией.

Рабочим местом паяльщика, использующего для нагрева и пайки высокочастотную установку (рис. 6), является часть производственной площади вблизи этой установки, на которой установлены стол и шкаф для хранения инструментов, приспособлений, припоя и флюса. Рабочее место должно быть оборудовано надежной вентиляцией и хорошим освещением.

Рабочее место паяльщика, выполняющего газопламенную пайку (рис. 7), должно быть расположено в специально отведенном помещении. Площадь рабочего места каждого паяльщика должна быть не менее 4 м<sup>2</sup>. На рабочем месте располагается железный стол, выложенный огнеупорным кирпичом, ящик для хранения прутков припоя и флюса, шкаф для инструментов и приспособлений и другое оборудование. Рабочее место должно быть обеспечено хорошей вытяжной вентиляцией с местными отсосами и оборудовано освещением.

## § 5. ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ

В социалистическом государстве труд человека ценится высоко и охране здоровья трудящихся уделяется большое внимание. Все достижения науки и техники в СССР поставлены на службу трудящимся, подчинены интересам улучшения условий их труда и быта. На охрану труда и создание условий для безопасной работы ежегодно тратятся огромные средства. В результате на промышленных предприятиях количество несчастных случаев снижается из года в год.

Охрана труда включает в себя технические, санитарно-гигиенические и правовые мероприятия, направленные на обеспечение безопасных для жизни и здоровья человека условий труда.

Мероприятия по технике безопасности способствуют выявлению опасных моментов, которые могут возникнуть в процессе выполнения той или иной работы, изысканию и внедрению эффективных средств, исключающих возможность возникновения несчастных случаев.

Создание благоприятных условий для высокопроизводительного и безопасного труда на производстве осуществляется в нашей стране на основе Конституции и

законоположений, включенных в законодательство о труде Союза ССР и союзных республик.

Обеспечение безопасных и благоприятных условий труда возлагается на администрацию предприятия, которая обязана осуществлять мероприятия, направленные на предупреждение несчастных случаев на производстве, улучшение условий труда рабочих, а также на обучение рабочих безопасным приемам работы.

Однако полная безопасность работы во многом зависит от знаний рабочими основных правил техники безопасности и строгого их выполнения. Поэтому при поступлении на работу каждый рабочий должен пройти инструктаж по технике безопасности.

Необходимо помнить, что дисциплинированность и соблюдение правил техники безопасности в цехе и на территории завода являются важнейшими условиями сохранения жизни и здоровья трудящихся.

Каждому паяльщику необходимо хорошо усвоить основные правила техники безопасности при производстве паяльных работ и меры предосторожности при пайке. Неумелое обращение с электропаяльником, газовыми горелками, паяльными лампами, электронагревательными устройствами и соляными ваннами может привести к тяжелым несчастным случаям.

Правила техники безопасности при производстве паяльных работ и меры предосторожности при пайке подробно изложены в последующих главах.

## **§ 6. ПРОМЫШЛЕННАЯ САНИТАРИЯ И ГИГИЕНА ТРУДА**

Гигиена труда — отрасль медицины, изучающая воздействие трудовых процессов и окружающей производственной среды на организм работающего и разрабатывающая мероприятия для обеспечения благоприятных условий труда и предупреждения профессиональных болезней.

Производственная санитария — система практических мероприятий, разрабатываемых гигиеной труда с целью охраны здоровья трудящихся и предусматривающая создание благоприятных условий труда, к которым относятся надлежащая температура в производственных цехах, хорошая вентиляция, достаточная освещенность рабочих мест, отсутствие сквозняков, на-

личные необходимых вспомогательных и бытовых помещений.

Температура зимой в цехе должна быть 16—20°C.

Вентиляция производственных помещений осуществляется подачей свежего воздуха и удалением вредных газов, паров и пыли из помещения.

Хорошее освещение уменьшает утомление глаз, облегчает работу, уменьшает опасность травматизма, способствует повышению производительности труда и улучшению качества продукции.

Освещение может быть естественным (дневной свет) и искусственным (люминесцентные лампы, лампы накаливания и др.). Для обеспечения нормального естественного освещения цех должен иметь большие верхние световые фонари и достаточно большие окна.

Подготовка металлов к пайке и процесс пайки связаны с выделением пыли, вредных паров цветных металлов и солей, которые, попадая в организм человека через дыхательные органы, пищевод или кожу, могут вызывать отравление организма, раздражение слизистой оболочки глаз, поражение кожи и т. п. Поэтому опытным путем определены предельно допустимые концентрации ядовитых веществ, поступление которых в организм не вызывает болезненных явлений или отравления при ежедневной работе. Превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных газов, пыли, аэрозолей в воздухе рабочей зоны производственных помещений недопустимо.

Большое значение имеет также личная гигиена. Во время работы пыль, грязь и масло могут попасть на лицо, руки и другие части тела. Пот и грязь забивают поры, кожа грубеет, трескается, поэтому после рабочего дня надо принимать душ.

Для лучшего восстановления сил и для борьбы с утомлением рекомендуется заниматься физической культурой. Ежедневная производственная гимнастика придает силы и поддерживает работоспособность человека.

## **§ 7. ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ**

Возникновение пожаров на производстве можно предупредить, выполняя правила противопожарной безопасности.

Запрещается выполнять паяльные работы вблизи легковоспламеняющихся или огнеопасных материалов.

Легковоспламеняющиеся вещества — керосин, бензин, ацетон и др.— необходимо хранить только в закрытых сосудах, металлических шкафах и специальных помещениях.

Курить разрешается только в специально отведенных для этого местах.

Причиной пожара может быть короткое замыкание и воспламенение электрических проводов. Поэтому необходимо следить за исправностью электропроводки, после работы необходимо выключать электрический свет, а тряпки, концы, куски ветоши надо убирать в специальные металлические ящики.

В цехах устанавливают противопожарные посты, снабженные огнетушителями, ящиками с песком и щитами с инструментом (лопаты, топоры и т. п.), вывешивают предупредительные плакаты.

В случае возникновения пожара необходимо вызвать по телефону пожарную команду, а до ее прибытия предпринять меры к ликвидации огня, используя огнетушители, песок, брезент, воду.

## ГЛАВА III

### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МАТЕРИАЛАХ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ПАЙКЕ

#### § 8. СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ

Металлы представляют собой вещества, обладающие специфическим блеском, ковкостью и электропроводностью.

Металлы могут взаимно соединяться друг с другом и с некоторыми металлоидами (углеродом, кремнием и др.), образуя сплавы, которые обладают более ценными свойствами, чем чистые металлы, и поэтому широко применяются. Металлы и сплавы являются важнейшими материалами современной техники и играют большую роль в народном хозяйстве.

Свойства металлов подразделяются на физические, химические, механические и технологические.

К физическим свойствам металлов относятся плотность, теплопроводность, электропроводность, температура плавления.

*Плотность* — количество вещества, содержащееся в единице объема.

*Плавление* — способность металла переходить из твердого состояния в жидкое при определенной температуре.

*Теплопроводность* — способность металла передавать тепло от более нагретых частиц к менее нагретым.

*Электропроводность* — способность металла проводить электрический ток.

*Тепловое расширение* — способность металла увеличивать свой объем при нагревании.

Химические свойства металлов характеризуют отношение их к химическим воздействиям различных активных сред. Каждый металл обладает определенной способностью сопротивляться этим воздействиям. Основными химическими свойствами металлов являются способность окисляться и коррозионная стойкость.

*Окисление* — способность металла вступать в реакцию с кислородом под воздействием окислителей.

*Коррозионная стойкость* — способность металла сопротивляться коррозии, т. е. разрушению (ржавлению) под действием внешней (окружающей) среды.

К механическим свойствам металлов относят твердость, прочность, вязкость, упругость и пластичность.

*Твердость* — способность металла сопротивляться проникновению в него более твердого тела.

*Прочность* — способность металла сопротивляться разрушению под действием внешних сил.

*Вязкость* — способность металла сопротивляться ударным нагрузкам.

*Упругость* — способность металла восстанавливать свою первоначальную форму и размеры после снятия действующей нагрузки.

*Пластичность* — способность металла, не разрушаясь, изменять свою форму под действием нагрузки и сохранять полученную форму после снятия нагрузки.

Технологические свойства металлов определяют их пригодность к различным видам обработки. Основными технологическими свойствами металлов являются ковкость, свариваемость, жидкотекучесть, прокаливаемость, обрабатываемость резанием.

*Ковкость* — способность металла изменять свою форму в нагретом или холодном состоянии под действием внешних сил.

*Свариваемость* — способность металла образовывать прочное сварное соединение, свойства которого близки к свойствам основного металла.

*Жидкотекучесть* — способность расплавленного металла легко растекаться и хорошо заполнять литейную форму.

*Обрабатываемость резанием* — способность металла подвергаться механической обработке режущим инструментом.

## § 9. ЧЕРНЫЕ МЕТАЛЛЫ

К черным металлам относят чугуны и стали, представляющие собой сплавы железа с углеродом, в состав которых входят также кремний, фосфор, марганец, сера и другие элементы.

*Чугун* — железоуглеродистый сплав, в котором содержание углерода превышает 2%. Чугун — первичный продукт переработки железных руд путем их плавки в доменных печах.

*Сталь* — сплав железа с углеродом, содержащий углерода не более 2%.

По сравнению с чугуном сталь обладает значительно более высокими физико-механическими свойствами. Она имеет высокую прочность, хорошо обрабатывается резанием, ковкой, прокаткой, поэтому широко применяется во всех областях народного хозяйства, особенно в машиностроении.

Сталь получают из белого (пердеельного) чугуна путем его переплавки и удаления избытка углерода, кремния, марганца и других примесей.

Наиболее распространенным способом получения многих марок стали является мартеновский, высококачественные стали выплавливают в электрических печах.

Сталь, выплавленная из чугуна на металлургических заводах, в виде слитков поступает в прокатные, кузнечные или прессовые цехи, где перерабатывается на фасонный и листовой прокат, а также в поковки различных форм и размеров.

По химическому составу стали подразделяют на углеродистые и легированные.

Механические и другие свойства углеродистой стали определяет углерод, увеличение содержания которого повышает прочность и твердость стали, но уменьшает вязкость и увеличивает ее хрупкость.

По назначению углеродистую сталь делят на конструкционную и инструментальную. В свою очередь конструкционная сталь делится на сталь обыкновенного качества и качественную.

В состав легированной стали кроме углерода входят некоторые так называемые легирующие элементы, которые повышают ее качество и придают ей в зависимости от назначения необходимые свойства. К таким элементам относятся хром, никель, вольфрам, марганец, ванадий, кобальт и др. По вводимым легирующим элементам стали делят на хромистые, никелевые, хромоникелевые, хромованадиевые и др.

Легирующие элементы, вводимые в состав стали, имеют следующее обозначение: Х — хром, Н — никель, Г — марганец, М — молибден, В — вольфрам, Ф — ванадий, Ю — алюминий, С — кремний, Т — титан, Р — бор.

## § 10. ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ

Цветными называют все металлы, кроме железа и его сплавов. Они обладают свойствами, которые отсутствуют у черных металлов. К цветным металлам относятся медь, олово, свинец, цинк, магний, алюминий, кадмий, серебро, золото и др.

Медь — металл красноватого цвета. Добывается из руд, в которых она химически соединена с серой, железом и другими элементами. Медь устойчива против коррозии, обладает высокой пластичностью, ковкостью, хорошо поддается прокатке в тонкие листы, волочению и т. д., легко образует сплавы с другими металлами. Высокая электропроводность и теплопроводность меди (уступает только серебру) определяют ее широкое применение в электротехнике. Медь является незаменимым материалом для изготовления паяльников. Кроме того, она в значительном количестве применяется для производства различных сплавов — латуней, бронз, припоев и др.

Плотность меди  $8,9 \text{ г/см}^3$ , температура плавления  $1083^\circ\text{C}$ .

Основные марки меди: М0, М1, М2, М3, М4.

**О л о в о** — серебристо-белый металл плотностью  $7,3 \text{ г/см}^3$  и температурой плавления  $231,9^\circ\text{C}$ . В природе оно встречается в виде окиси, соединенной с серой, мышьяком, сурьмой, медью, железом и другими примесями. Олово очень мягкий и пластичный металл, хорошо плавится и прокатывается в тонкие листы и фольгу.

Олово существует в двух разновидностях: альфа-олово, или серое олово, и бета-олово, или белое олово, которым пользуются в практике.

Олово отличается высокой стойкостью к воздействию органических кислот (нерастворимо), находящихся в пищевых продуктах. Этим объясняется широкое его применение в пищевой промышленности (производство жесты для приготовления консервных банок, лужение пищевых котлов и посуды и др.). Кроме того, олово применяется для приготовления припоев, входит в состав баббитов и бронз.

Основные марки олова (ГОСТ 860—75): ОВЧ-000; 01 п.Ч; 01; 02.

**С в и н е ц** — голубовато-серый мягкий металл плотностью  $11,3 \text{ г/см}^3$  с температурой плавления  $327,4^\circ\text{C}$ . Он хорошо куется и прокатывается в очень тонкие листы при нормальной температуре, но становится хрупким при температурах, близких к его точке плавления. Из него изготавливают различную аппаратуру, трубы для перекачки кислот, пластины для аккумуляторов и т. п.

Свинец — основной металл для защиты от рентгеновского излучения. Его также применяют для получения бронзы, баббитов, припоев, типографских шрифтов.

Согласно ГОСТ 3778—74 имеется семь марок свинца: С0000; С000; С00; С0; С1; С2; С3.

**Ц и н к** — белый металл с синеватым оттенком. При комнатной температуре цинк малопластичен. Однако при температурах от  $100$  до  $150^\circ\text{C}$  его твердость понижается, увеличивается пластичность, он поддается прокатке в листы, ковке и волочению.

На воздухе и в воде цинк устойчив против коррозии, покрывается тонким, плотным и непроницаемым слоем окиси, который предохраняет его от дальнейшего окисления. Поэтому цинк широко применяют в качестве защитного антикоррозионного покрытия (горячее и электролитическое цинкование).

Из числа солей цинка хорошо известен хлористый цинк  $\text{ZnCl}_2$ , имеющий температуру плавления  $313^\circ\text{C}$  и

кипения  $730^{\circ}\text{C}$ . Это соединение применяется в качестве флюса при пайке. Сплавы цинка с оловом, медью и кадмием широко применяются в качестве припоев для пайки различных металлов. Плотность цинка  $7,13 \text{ г/см}^3$ , температура плавления  $419,4^{\circ}\text{C}$ .

Основные марки цинка (ГОСТ 3640—75): ЦВ, Ц0, Ц1, Ц2, Ц3.

**Алюминий** — легкий серебристо-белый металл плотностью  $2,7 \text{ г/см}^3$  и температурой плавления  $660^{\circ}\text{C}$ . Он обладает высокой электропроводностью, хорошей пластичностью и коррозионной стойкостью, поддается обработке давлением и прокатывается в тонкую ленту (фольгу).

Алюминий служит для изготовления электропроводов, посуды, фольги, а также получения многих сплавов, широко применяемых в промышленности. В чистом виде алюминий используется мало, так как он имеет невысокие механические свойства.

Основные марки алюминия (ГОСТ 11069—74): А999, А995, А99, А95 и др.

**Магний** — блестящий белый металл плотностью  $1,7 \text{ г/см}^3$ , температурой плавления  $651^{\circ}\text{C}$ , обладает ковкостью. Он легко воспламеняется, и при его горении возникает высокая температура. Механические свойства магния низкие, поэтому он в чистом виде находит ограниченное применение в технике. Чаще всего магний используют для получения легких сплавов, обладающих высокими механическими свойствами (сплавы с алюминием, марганцем, цинком). Некоторые из таких сплавов применяют в качестве припоев для пайки металлов.

**Кадмий** — белый металл с серебристым оттенком, на воздухе не окисляется. В природе встречается в рудах вместе с цинком, извлекается из отходов цинкового производства. Медленно растворяется в разбавленных соляной и серной кислотах, с водой не реагирует, так как покрывается пленкой окисла.

Кадмий применяют для изготовления легкоплавких и подшипниковых сплавов, припоев для получения защитных покрытий (кадмирование) и других целей.

Плотность кадмия  $8,65 \text{ г/см}^3$ , температура плавления  $320,9^{\circ}\text{C}$ .

**Серебро** — металл белого цвета, обладает наивысшей среди металлов электропроводностью и тепло-

проводностью, устойчив против коррозии. Плотность серебра  $10,5 \text{ г/см}^3$ , температура плавления  $960,8^\circ\text{C}$ . В сплавах с медью и цинком применяется как припой.

## § 11. СПЛАВЫ

**Сплавы цветных металлов.** Сплавы из цветных металлов (латуни, бронзы, баббиты и др.) по сравнению с чистыми цветными металлами обладают высокими механическими, технологическими и другими свойствами.

Лату́нь — сплав меди с цинком. Латуни дешевле, прочнее, пластичнее и тверже меди, к тому же они более жидкотекучи и коррозионностойки. По прочности некоторые латуни не уступают углеродистой стали.

Латуни разделяются на простые и специальные. Специальные латуни содержат железо, марганец, никель, олово и некоторые другие металлы.

Лату́нь обозначается буквой Л и цифрой, указывающей процент содержания меди в сплаве. Например, марка латуни Л63 означает, что в ней содержится около 63% меди (ГОСТ 15527—70).

Специальная лату́нь кроме буквы Л маркируется условными обозначениями легирующих элементов: Ж — железо, Мц — марганец, Н — никель, О — олово, К — кремний, С — свинец, А — алюминий. Количество элементов указывается цифрами. Например, марка ЛКС80-3-3 обозначает кремнисто-свинцовую лату́нь, в которой содержится, %: меди — 80, кремния — 3, свинца — 3.

Латуни применяют для изготовления коррозионностойких деталей, арматуры, подшипников, зубчатых колес, гаек и авиадеталей, а также листового материала и труб.

Бро́нза — сплав меди с оловом, свинцом, кремнием, марганцем и некоторыми другими элементами. Бронзы обладают высокой коррозионной стойкостью, жидкотекучестью и высокими антифрикционными свойствами. В зависимости от легирующих элементов, входящих в сплав, бронзы делят на оловянистые, алюминиевые, марганцовистые, кремнистые, свинцовистые и др.

Бронзы маркируют следующим образом: Бр.— бронза, последующие буквы означают легирующие элементы, цифры — процентный состав олова и других элементов. Например, марка БрОЦС4-4-4 означает, что в бронзе

содержится, %: олова — 4, цинка — 4, свинца — 4, остальное (88) медь.

Бронзы широко применяют в промышленности для фасонного литья, арматуры, зубчатых колес и других деталей.

Баббиты — сплавы на свинцовой или оловянной основе, имеющие малый коэффициент трения при работе в паре с другими металлами. Эти сплавы называются антифрикционными и применяются в основном для изготовления подшипников скольжения. Наиболее распространенные баббиты маркируют следующим образом (ГОСТ 1320—74): Б88, Б83 и т. д. Буква Б указывает на название сплава, а цифра — на среднее содержание в нем олова в процентах.

**Твердые сплавы.** Они широко применяются в промышленности, особенно в металлообрабатывающей (инструмент для резания, штамповки, волочения и правки шлифовальных кругов, а также для наплавки быстрознашивающихся поверхностей).

Твердые сплавы по структуре представляют собой тончайшие зерна карбидов тугоплавких металлов — вольфрама и титана, сцепленные кобальтом. Твердые сплавы получают прессованием и последующим спеканием при температуре 250—450°С.

Твердые сплавы разделяют на металлокерамические и литые.

**Металлокерамические твердые сплавы** применяют в виде пластины к режущим инструментам — резцам, сверлам, разверткам, фрезам и др., а также для высочного инструмента и армирования штампов, для правки шлифовальных кругов, при обработке и резке стекла и т. д.

Металлокерамические твердые сплавы обладают высокой твердостью (HRA 87÷91) и способностью сохранять режущие свойства при температуре 1000—1100°С без заметного износа. Ими можно обрабатывать закаленную сталь, отбеленный (твердый) чугун, гранит и пр. К державкам инструмента пластинки твердого сплава обычно приплавляют медью или латуной.

Применение этих сплавов в машиностроении позволило повысить скорость резания до 2000 м/мин, что значительно увеличило производительность труда на металлорежущих станках.

Маркируют сплавы следующим образом: вольфрамкобальтовые — ВК, титановольфрамкобальтовые — ТК. Цифры, стоящие за буквами, указывают на содержание кобальта, карбида вольфрама и карбида титана в процентах. Например, твердый сплав ВК8 содержит 8% кобальта и 92% карбида вольфрама, твердый сплав Т15К6 содержит, %: кобальта — 6, карбида титана — 15 и карбида вольфрама — 79.

Сплавы ВК в основном применяют для обработки материалов с хрупкой сыпучей стружкой (чугунов, цветных металлов и их сплавов и неметаллических материалов). Сплавы ТК — для обработки углеродистых и легированных сталей.

Вольфрамкобальтовые сплавы выпускают следующих марок: ВК2, ВК3М, ВК3, ВК6М, ВК6, ВК8 и др. Титановольфрамкобальтовые сплавы — Т5К10, Т14К8, Т15К6 и др.

Литые твердые сплавы в основном состоят из хрома, никеля, кобальта и обладают высокой твердостью и износостойкостью. Сплавы выпускают в виде литых прутков и стержней, которые ацетилено-кислородным пламенем наплавляют на поверхность деталей и инструмента, штампов и центров токарных станков, подвергающихся сильному износу.

Основными марками литых сплавов являются сормайт № 1 и № 2, а также стеллит.

Стойкость деталей и инструмента, наплавленных литыми сплавами, в 8—10 раз выше по сравнению со стойкостью закаленной легированной стали.

## § 12. ПРИПОИ

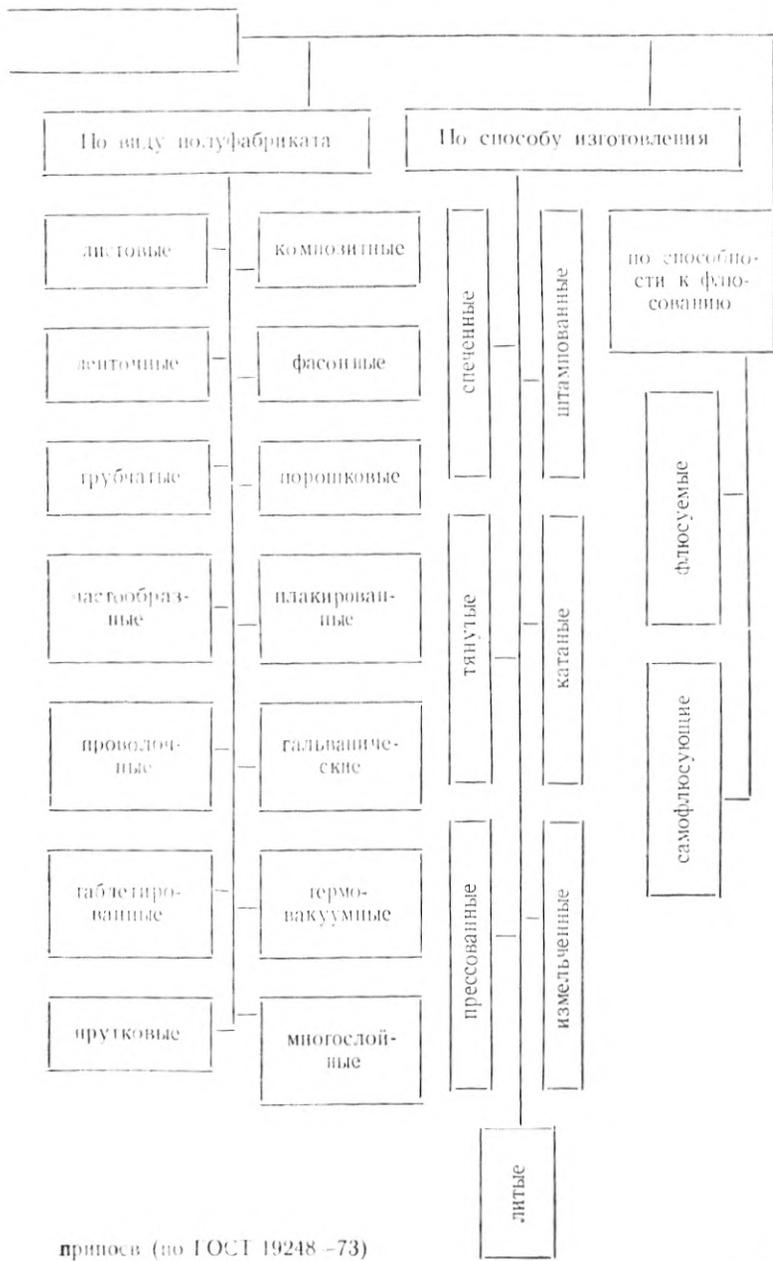
*Припоями* называют металлы или сплавы, вводимые в зазор между соединяемыми деталями или образующиеся между ними в процессе пайки, имеющие более низкую температуру начала автономного плавления, чем паяемые материалы.

Для получения высокого качества паяных соединений припои должны удовлетворять следующим основным требованиям:

температура плавления припоя должна быть ниже температуры плавления соединяемых материалов;

при температуре пайки расплавленный припой должен хорошо смачивать поверхности соединяемых мате-





прилов (по ГОСТ 19248 -73)

риалов и обладать достаточной жидкотекучестью, чтобы хорошо заполнять соединительные зазоры;

припой должен взаимодействовать с паяемыми материалами и образовывать с ними прочные и коррозионностойкие соединения;

припой должен иметь прочность и пластичность, близкую к прочности и пластичности соединяемых материалов;

припой не должен выделять в процессе пайки вредных газов и оказывать химического воздействия на материалы, соединяемые пайкой;

припой, в зависимости от его использования, должен также обладать необходимой электропроводностью, теплопроводностью и т. д.

Существующие припои согласно ГОСТ 19248—73 классифицируются по следующим признакам:

по температуре плавления — особолегкоплавкие ( $\leq 145^\circ\text{C}$ ), легкоплавкие ( $> 145 \leq 450^\circ\text{C}$ ), среднетемпературные ( $> 450 \leq 1100^\circ\text{C}$ ), высокоплавкие ( $> 1100 \leq 1850^\circ\text{C}$ ), тугоплавкие ( $> 1850^\circ\text{C}$ );

по основному компоненту — оловянные, цинковые, серебряные, медные и др.;

по способу изготовления — литые, штампованные, канатные и др.;

по виду полуфабриката — листовые, прутковые, пастообразные и др.;

по способу образования — готовые, образующиеся при пайке;

по способности к флюсованию — флюсуемые, самофлюсующие.

Подробное подразделение припоев по всем этим признакам показано на рис. 8.

### **Особолегкоплавкие припои**

К особолегкоплавким припоям относятся галлиевые, индиевые и висмутовые. Температура полного расплавления этих припоев не превышает  $145^\circ\text{C}$ .

**Галлиевые припои.** Галлий имеет низкую температуру плавления ( $29,8^\circ\text{C}$ ), обладает хорошей смачиваемостью и большой способностью проникать в капиллярные зазоры. Сплавы галлия с различными элементами получают смешиванием жидкого галлия с порошками металлов, при затвердевании (при комнатной темпера-

туре) образуется соединение с высокими механическими свойствами.

**Индиевые припой.** Индий относится к числу благородных металлов, температура плавления  $156,2^{\circ}\text{C}$ . Он считается одним из самых мягких и пластичных металлов, обладает хорошей электро- и теплопроводностью, стоек к окислению. Как припой индий применяют сравнительно редко, однако припои на его основе при пайке стеклянных и кварцевых изделий, полупроводниковых материалов, вакуумных соединений применяются довольно широко. Припои обладают высокой коррозионной стойкостью в щелочных растворах.

**Висмутовые припои.** Висмут — очень хрупкий металл, имеет низкую пластичность и прочность, поэтому как припой самостоятельно не используется. Однако сплавы висмута с кадмием, индием, оловом, ртутью и галлием используют в качестве припоев. Висмутовые припои применяют в тех случаях, когда необходимо иметь низкую температуру плавления, например при пайке автоматически действующих противопожарных установок и плавких предохранителей.

### Легкоплавкие припои

К легкоплавким припоям относятся оловянно-свинцовые, оловянные, свинцовые, кадмиевые и цинковые. Температура полного расплавления легкоплавких припоев не превышает  $450^{\circ}\text{C}$ .

Большинство легкоплавких припоев представляют собой сплавы, основой которых являются олово, свинец и кадмий (а для пайки алюминия — цинк). Чтобы придать припоям специальные свойства, в их состав вводят висмут, кадмий, сурьму, серебро и другие металлы.

Припои этой группы вследствие низкой температуры плавления широко распространены в промышленности и быту. Их целесообразно применять для пайки изделий, которые не подвергаются воздействию высоких температур и больших механических нагрузок.

**Оловянно-свинцовые припои.** Олово и свинец в отдельности редко применяют в качестве припоев. Наиболее широкое применение в различных отраслях промышленности при низкотемпературной пайке стали, никеля, меди и ее сплавов имеют припои на оловянно-свинцовой основе. Они обладают высокими технологическими

свойствами, пластичны и при выполнении пайки не требуют дорогостоящего оборудования. Пайку оловянно-свинцовыми припоями обычно выполняют паяльником.

Химический состав, температура плавления, а также область применения оловянно-свинцовых припоев некоторых марок приведены в табл. 1.

По ГОСТ 1499—70 припой оловянно-свинцовые обозначают сокращенно ПОС. Цифры, стоящие после букв, указывают содержание олова в припое, например ПОС 90 означает припой оловянно-свинцовый, содержащий 90% олова. Припой оловянно-свинцовые сурьмянистые обозначаются сокращенно ПОССу, а цифры, стоящие после букв, указывают на содержание олова и сурьмы. Например, ПОССу 50—0,5 означает припой оловянно-свинцовый, содержащий 50% олова и 0,5% сурьмы.

**Оловянные припой.** Олово применяют не только в оловянно-свинцовых припоях, но и в виде сплавов с другими металлами, например цинком, кадмием и серебром. Оловянно-цинковые припой нашли широкое применение для низкотемпературной пайки изделий из алюминиевых и магниевых сплавов.

Добавка 7% цинка к олову снижает температуру плавления припоя до 199°C. Дальнейшее повышение содержания цинка в припое повышает его температуру плавления.

Припой с содержанием 10—40% Zn применяют для пайки алюминия ультразвуком и абразивным методом.

Оловянные припой, содержащие серебро, сурьму, медь, обладают высокой коррозионной стойкостью и применяются для пайки медных, латунных электропроводов, работающих в разных климатических условиях.

К оловянным относятся припой П150А, П170А, П200А, П250А, ВПр6, ВПр9, ПОСр3.

**Свинцовые припой.** Свинец в чистом виде в качестве припоя почти не применяется из-за недостаточной прочности паяных соединений. Однако его сплавы с другими металлами используют в качестве припоев для пайки изделий из стали, меди, никеля, алюминия.

На основе свинца применяют припой с содержанием висмута, кадмия, олова, серебра. Висмут и кадмий снижают температуру плавления и способствуют повышению твердости и коррозионной стойкости припоев.

**1. Химический состав, температура плавления  
и назначение некоторых оловянно-свинцовых припоев  
(ГОСТ 1499—70)**

Марка	Химический состав (%), остальное свинец		Температура, °С		Назначение припоев
	олово	другие элементы	начала плавления	полного расплавления	
ПОС 90	89—91	0,293	183	220	Лужение и пайка внутренних швов пищевой посуды и медицинской аппаратуры
ПОС 61	60—62	0,294	183	190	Лужение электро- и радиоаппаратуры, печатных схем, точных приборов, где недопустим перегрев
ПОС 40	39—41	0,294	183	238	Лужение и пайка электроаппаратуры, деталей из оцинкованного железа с герметичными швами
ПОС 10	9—10	0,294	268	299	Лужение и пайка контактных поверхностей электрических аппаратов, приборов, реле
ПОС 61М	60—62	2,244	183	192	Лужение и пайка медной проволоки в кабельной промышленности, в электроприборостроении и ювелирной технике
ПОСК50-18	45—51	17,444	142	145	Пайка деталей, чувствительных к перегреву, металлизированной керамики и конденсаторов

Свинцовые припой с добавкой серебра до 3% обладают хорошими технологическими свойствами, их широко используют при пайке паяльником меди, латуни и никеля со стекломалью и керамикой.

Для паяльных работ применяют свинцовые припой ПСр3; ПСр2,5; ПСр1,5; ПСр1.

**Кадмиевые припой.** В чистом виде кадмий в качестве припоя имеет ограниченное применение. Однако на его основе используют двойные и многокомпонентные сплавы с цинком, серебром, оловом, магнием, никелем, свинцом и индием для пайки меди, латуни, алюминия и других металлов.

Кадмиевые припой с магнием и никелем применяют для пайки изделий, работающих до температуры 280—300°C.

Для ультразвуковой пайки и лужения изделий из алюминия применяют кадмиевые припой с добавкой олова. Сплавы кадмия с серебром обеспечивают теплоустойчивость соединений на меди до 250°C, а добавка в эти припой цинка увеличивает теплостойкость до 300°C.

Температура плавления кадмиевых припоев 285—400°C.

Наиболее широко применяемые марки кадмиевых припоев — ПСр 3Кд; ПСр 8КЦН; ПСр 5КЦН и др.

**Цинковые припой.** Для пайки изделий из алюминия и цинка применяют припой на цинковой основе с добавкой олова. Наиболее высокую прочность и пластичность имеют сплавы цинка, содержащие более 30% олова. Для увеличения коррозионной стойкости и улучшения технологических свойств в состав цинковых припоев вводят алюминий, кадмий и другие металлы. К цинковым припоям относятся П300А, П425А, П480А и др.

### Среднеплавкие припой

К среднеплавким припоям относятся серебряные, медно-цинковые, медные, алюминиевые, никелевые, золотые и германиевые. Температура плавления этих припоев выше 450°C и не более 1100°C.

**Серебряные припой.** Припой на основе серебра отличаются высокой прочностью, пластичностью, коррозионной стойкостью, повышенной тепло- и электропроводностью. Серебряные припой хорошо смачивают металлы и заполняют зазоры, дают прочные и коррозионностойкие соединения.

2. Химический состав, температура плавления  
и область применения серебряно-медных припоев  
(ГОСТ 19738—74)

Марка припоя	Химический состав, %			Температура, °С		Область применения
	серебро	медь	примесей, не более	начала плавления	полного расплавления	
ПСр 72	72 ± 0,5	Остальное	0,15	779	779	Для пайки сталей, меди и ее сплавов, для пайки соединений с высокопрочной электропроводностью
ПСр 50	50 ± 0,5	Остальное	0,15	779	860	То же

Благодаря своим хорошим технологическим свойствам серебряные припой получили широкое применение при пайке изделий в радиотехнической промышленности, вакуумной технике, электронной промышленности и при пайке изделий, работающих при высоких температурных и механических нагрузках.

Основой серебряных припоев обычно является система серебро—медь. Эти припой широко используют при вакуумной пайке многих металлов и сплавов. В табл. 2 приведены химический состав, температура плавления и область применения наиболее широко используемых серебряно-медных припоев.

При пайке этими припоями применяют существующие виды нагрева, флюсы, газовые среды и вакуум.

Для снижения температуры плавления в серебряно-медные припой добавляют цинк. Припой системы серебро—медь—цинк обладают высокой прочностью и пластичностью. Наибольшее применение имеют припой

3. Химический состав, температура плавления  
и область применения серебряно-медно-цинковых припоев  
(ГОСТ 19738—74)

Марка припоя	Химический состав, %			Примесей, не более, %	Температура, °С		Область применения
	серебро	медь	цинк		начала плавления	полного расплавления	
ПСр 70	70,0±0,5	26,0±0,5	Остальное	0,20	715	770	Для пайки меди и ее сплавов, сталей, обладает высокой электропроводностью
ПСр 65	65,0±0,5	20,0±0,5	То же	0,20	695	722	То же, но менее электропроводен
ПСр 45	45,0±0,5	30,0±0,5	»	0,30	665	730	Для пайки меди и ее сплавов, а также сталей
ПСр 25	25,0±0,3	40,0±1,0	»	0,30	740	775	То же
ПСр 12М	12,0±0,5	52,0±1,0	»	0,30	793	830	»
ПСр 10	10,0±0,3	53,0±1,0	»	0,30	822	850	»

ПСр 25 и ПСр 45. Они употребляются для пайки стали, меди и ее сплавов и обеспечивают высокие механические свойства соединения. Пайку серебряно-медно-цинковыми припоями выполняют газопламенными горелками, в соляных ваннах, индукционным нагревом и в печи.

Химический состав, температура плавления и область применения серебряно-медно-цинковых припоев приведены в табл. 3.

Для снижения температуры плавления и увеличения жидкотекучести в состав серебряно-медно-цинковых припоев добавляют кадмий.

Припой этой группы по сравнению с другими серебряными припоями обладают более низкой температурой плавления, жидкотекучестью и пластичностью. Они обеспечивают достаточно прочные соединения.

К припоям серебро — медь — цинк — кадмий относятся ПСр 50Кд, ПСрМЦКд, ПСр 40.

Наибольшее распространение из них имеет припой ПСр 40, он имеет более низкую температуру плавления и применяется в тех случаях, когда необходимо сохранить прочность соединений из закаленной стали или избежать коробления в процессе пайки.

**Медные припои.** Медь в чистом виде широко применяется в качестве припоя. В расплавленном состоянии она отличается высокой жидкотекучестью, хорошо смачивает поверхность сталей, твердых сплавов, никеля и никелевых сплавов, хорошо затекает в капиллярные зазоры и дает прочные и пластичные паяные соединения. Однако вследствие высокой температуры плавления (1083°C) медь применяют в качестве припоя при пайке с индукционным нагревом, в печах с защитной атмосферой и вакууме.

Химический состав меди и область применения указаны в табл. 4.

**Медно-цинковые припои.** В качестве припоев используют обычно сплавы, в которых содержится менее 39% цинка. С увеличением содержания цинка сплав становится хрупким и малопрочным.

Основные трудности при пайке этими припоями заключаются в частичном испарении цинка при пайке, что приводит к повышению температуры плавления самого припоя и к образованию трещин в паяном шве.

Для улучшения технологических свойств и снижения температуры плавления в состав медно-цинковых при-

#### 4. Химический состав и область применения медных припоев (ГОСТ 859—66)

Марка припоя	Содержание меди, %, не менее	Всего примесей, %, не более	Область применения
М0	99,95	0,05	Для пайки ответственных деталей из углеродистых и легированных сталей, а также твердых и никелевых сплавов
М1	99,90	0,1	То же
М2	99,70	0,3	Для пайки менее ответственных деталей из тех же материалов
М3	99,50	0,5	То же
М4	99,0	1,0	»

поев вводят до 1% олова и кремния. К этим припоям относят латуни ЛОК 62-0,6-0,4 и ЛОК 59-1-0,3.

Химический состав, температура плавления и область применения основных марок медно-цинковых припоев приведены в табл. 5.

**Медно-фосфорные припои.** Припои представляют собой двойные сплавы, состоящие из меди и фосфора. Они обладают хорошей смачивающей способностью и большой жидкотекучестью. Медно-фосфорные припои характеризуются способностью к самофлюсованию при пайке меди и некоторых ее сплавов, так как присутствующий в припое фосфор при температуре пайки обладает флюсующими свойствами. Эти припои имеют высокую электропроводность и теплопроводность и поэтому находят применение в электропромышленности. Недостатком медно-фосфорных припоев является их невысокая пластичность. Пайка черных металлов медно-фосфорными припоями не рекомендуется, так как при этом образуются хрупкие паяные швы. Эти припои нашли применение при пайке медных и бронзовых деталей.

5. Химический состав, температура плавления и область применения медно-цинковых припоев

Марка припоя	Химический состав, % по массе						Температура, °С		Область применения
	медь	цинк	олово	кремний	примесей, не более		пачка плавления	полного расплавления	
					железо	свинец			
ПМЦ 36	66±2	Остальное	—	—	0,1	0,5	800	825	Для пайки меди, обычных и специальных латуней, содержащих до 68% меди
ПМЦ 48	48±2	То же	—	—	0,1	0,5	850	865	Для пайки меди и латуней, содержащих более 68% меди
ПМЦ 54	54±2	»	—	—	0,1	0,5	876	880	То же
Л 63	62±1,5	»	—	—	0,15	0,08	900	905	Для пайки углеродистых сталей и меди
ЛОК 62-06-04	62±1,5	»	0,4—0,6	0,3—0,4	0,2	0,1	900	905	Для пайки меди и сталей
ЛОК 59-1-03	60±1	»	0,7—1,1	0,2—0,4	0,1	0,08	—	905	То же

**Медно-никелевые припои.** Эти припои применяются в основном при пайке нержавеющей и жаропрочных сталей, режущего инструмента и изделий, работающих при высоких температурах. Высокое качество соединения обеспечивают припои ВПр 1, ВПр 2 и ВПр 4. Изделия из нержавеющей сталей паяют в среде нейтральных газов и в вакууме без применения флюса припоями ВПр 1 и ВПр 2. Наличие в припое ВПр 4 небольших количеств натрия, калия, лития и фосфора позволяет применять его для пайки нержавеющей и жаропрочных сталей без защитных газов и флюсов.

**Алюминиевые припои.** Припои на основе алюминия применяют для пайки изделий из алюминия и его сплавов. Чтобы понизить температуру плавления, увеличить механическую прочность и коррозионную стойкость, в состав этих припоев добавляют кремний, медь, цинк и другие металлы.

Наибольшее применение имеет припой марки 34А с температурой плавления 525°C.

К алюминиевым припоям относятся П550А, П575А, П590А, 34А и др.

**Никелевые припои.** Применяют для пайки нержавеющей, жаропрочных сталей и сплавов. Паяные соединения при этом получают высокопрочные и коррозионно-стойкие как при нормальной, так и при повышенной температуре. Основной никелевых припоев обычно является двойной сплав никель — хром, для снижения температуры плавления и улучшения растекаемости и пластичности добавляют железо, кобальт и титан. Такие припои могут быть использованы для пайки тонкостенных изделий из высоколегированных сплавов.

### **Высокоплавкие припои**

К этой группе припоев относятся титановые, кобальтовые, марганцевые, палладиевые, железные и циркониевые.

**Титановые припои.** Обладают повышенной способностью смачивать поверхности тугоплавких металлов, а также минералокерамику. Их применяют для пайки тугоплавких металлов, титана и его сплавов. Остальные припои этой группы имеют весьма ограниченное применение.

## Тугоплавкие припой

К ним относятся платиновые, ниобиевые, молибденовые и ванадиевые.

**Платиновые припой.** Хорошо смачивают металлы и обладают высокой сопротивляемостью к окислению. В качестве припоев применяют сплавы платины с золотом, иридием, радием, медью, никелем и другими металлами. Платиновые припой используют для изготовления изделий, работающих при высоких температурах, особенно для пайки нержавеющей, жаропрочных сталей и сплавов.

Применение платиновых припоев для пайки металлов ограничивается их высокой стоимостью, поэтому их используют для соединения труднопаяемых изделий, например электронных трубок. Остальные припой этой группы имеют весьма ограниченное применение.

### § 13. ФЛЮСЫ

Получение доброкачественного паяного соединения возможно, если поверхности соединяемых деталей перед пайкой будут тщательно очищены от окислов, жира и других загрязнений.

Но даже при хорошей очистке в процессе пайки поверхности деталей и припоя могут окисляться, и образовавшаяся окисная пленка препятствует получению прочного и плотного шва. Поэтому необходимым условием получения высококачественного паяного соединения является удаление окислов с поверхности обрабатываемых деталей и припоя в процессе пайки. Для этой цели применяются флюсы.

*Паяльными флюсами* называются неметаллические вещества, применяемые для удаления окисной пленки с поверхности паяемого материала и припоя и для предотвращения ее образования при пайке. Паяльные флюсы должны удовлетворять следующим требованиям: температура плавления флюса должна быть ниже температуры начала плавления припоя;

расплавленный флюс при температуре пайки должен обеспечить полное удаление окислов с поверхностей основного металла и припоя и защиту их от окисления;

флюсы к моменту начала плавления должны обеспечить хорошее смачивание основного металла и обладать

способностью полностью заполнять зазоры в соединениях;

при нагреве флюсы не должны выделять токсичных веществ;

остатки флюса не должны оказывать коррозионного действия на паяемый металл.

Паяльные флюсы согласно ГОСТ 19250—73 подразделяются:

в зависимости от температурного интервала на низкотемпературные ( $\leq 450^\circ\text{C}$ ) и высокотемпературные ( $> 450^\circ\text{C}$ );

по природе растворителя — водные и неводные;

по агрегатному состоянию — твердые, жидкие и пастообразные;

по механизму действия — защитные, химического действия, электрохимического действия и реактивные;

низкотемпературные паяльные флюсы по природе активаторов определяющего действия подразделяются на канифольные, кислотные, галогенидные, гидразиновые, фторборатные, анилиновые, стеариновые. Высокотемпературные паяльные флюсы по природе активаторов определяющего действия подразделяются на галогенидные, фторборатные, боридные и боридно-углекислые.

Схема классификации паяльных флюсов представлена на рис. 9.

### **Флюсы для низкотемпературной пайки**

Для низкотемпературной пайки применяют паяльные флюсы на основе органических и неорганических соединений.

Флюсы на основе органических соединений. Наиболее распространенным флюсом для низкотемпературной пайки является канифоль.

Канифоль, основная составляющая бескислотных флюсов, представляет собой твердое хрупкое стекловидное вещество, получаемое из смолистых веществ хвойных деревьев. При нагревании до температуры  $125^\circ\text{C}$  канифоль переходит из твердого в жидкое состояние, при этом она способна растворять окислы. После затвердевания на паяном соединении остатки флюса не вызывают коррозии, поэтому канифольные флюсы

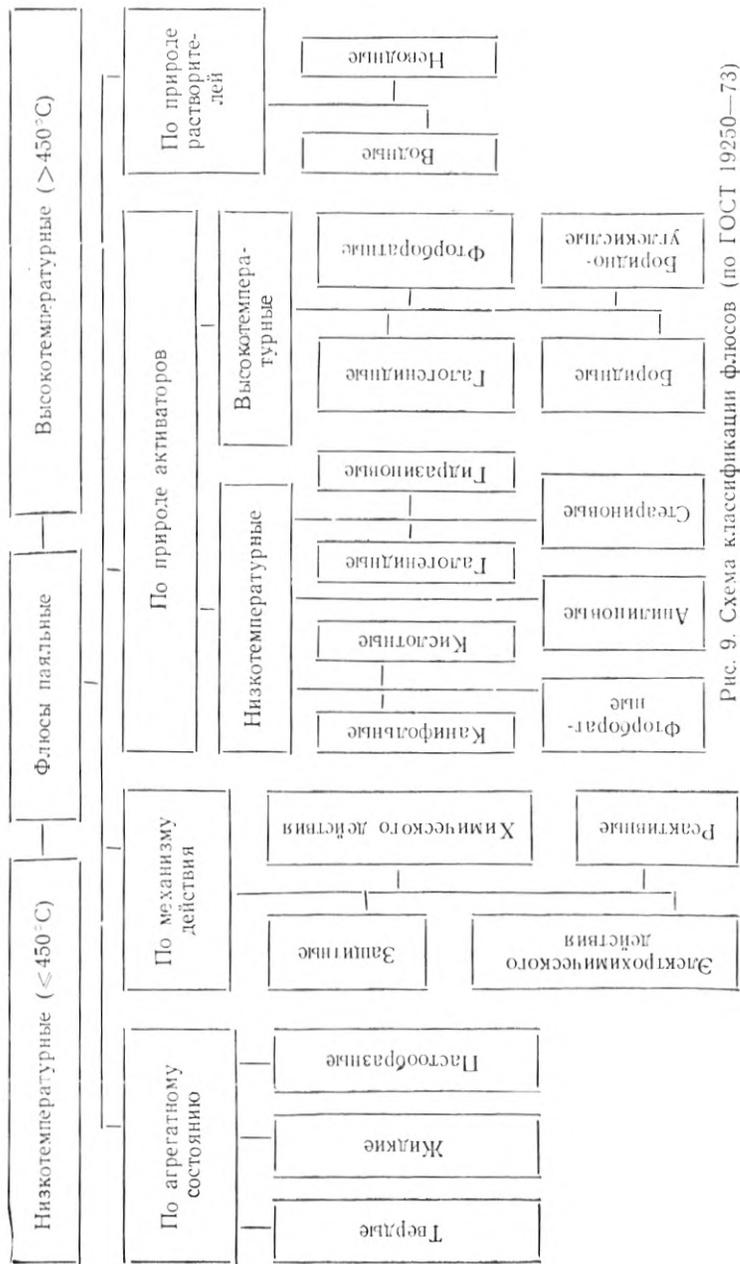


Рис. 9. Схема классификации флюсов (по ГОСТ 19250—73)

## 6. Состав и область применения флюсов на основе канифоли

Марка флюса	Компоненты	Содержание, % по массе	Температурный интервал активности, °С	Область применения
Канифоль	Канифоль	100	150—300	Для пайки оловянно-свинцовыми припоями монтажных соединений и деталей из меди и ее сплавов
КЭ	Канифоль Спирт этиловый	30 70	150—300	Для пайки меди припоями с содержанием олова 30%, для латуней и бронз менее активных
ЛТИ-120	Канифоль Диэтиламин Солянокислый Триэтиламин Спирт этиловый	24 4 2 70	200—350	Для пайки меди и ее сплавов, углеродистой стали и цинка
ЛК-2	Канифоль Хлористый аммоний Хлористый цинк Спирт этиловый	30 1 3 66	200—360	Для пайки меди и ее сплавов и оцинкованного железа
Флюс-паста	Канифоль Цинк хлористый Вазелин	16 4 80	200—300	Для пайки меди и ее сплавов

широко применяют при пайке радиоэлектронной, электрической и телефонной аппаратуры.

Состав и область применения некоторых флюсов на основе канифоли приведены в табл. 6.

Состав и область применения бесканифольных паяльных флюсов на органической основе, состоящих из глицерина, этиленгликоля, триэтиламина, органических кислот и других соединений, приведены в табл. 7.

### 7. Состав и область применения бескани фольных органических флюсов

Марка флюса	Компоненты	Содержание, % по массе	Температурный интервал активности, °С	Область применения
—	Кислота молочная Вода	15 85	180—280	Для пайки меди, латуни, бронзы
—	Солянокислый гидразин Вода	5 95	150—330	
—	Глицерин Гидразин солянокислый Вода	35 5 60	250—350	Для пайки меди и ее сплавов, углеродистых сталей, никеля и серебра
Ф 10	Глицерин Хлористая медь Хлористое олово Вода	47,9 0,1 5,0 47	200—300	Для пайки углеродистых сталей
Ф 25	Глицерин Хлористое олово Хлористый кадмий Соляная кислота Вода	40 5 10 4 41	200—300	Для пайки нержавеющей сталей

Для низкотемпературной пайки алюминия и его сплавов применяют органические флюсы, основу которых составляет триэтаноламин с добавкой фторборатов тяжелых металлов и алюминия.

Для пайки изделий из алюминия применяются флюсы Ф59А, Ф61А, Ф54А и др.

Флюсы на основе неорганических соединений. Большое распространение в качестве флюсов для низкотемпературной пайки металлов получили кислотные флюсы, к которым относятся водные растворы хлористого цинка и хлористого аммония. Они обладают высокой химической активностью и применяют их в тех случаях, когда можно полностью удалить остатки

### 8. Состав и область применения флюсов на основе хлористого цинка

Марка флюса	Компоненты	Состав, % по массе	Температурный интервал активности, °С	Область применения
—	Хлористый цинк Вода	40 60	290—350	Для пайки углеродистых сталей, меди, никеля и их сплавов
—	Хлористый цинк Хлористый аммоний Вода	48 12 40	150—320	То же
—	Хлористый цинк Хлористый аммоний Плавиновая кислота Вода	50 5 2 43	—	Для пайки чугуна легкоплавкими припоями с высоким содержанием свинца
Флюс-паста	Хлористый цинк Вазелин	15 85	Выше 263	Для пайки меди, латуни и сталей
	Хлористый цинк Вазелин Хлористый аммоний Вода	20 65 3,5 11,5	То же	

флюса после пайки, так как они снижают коррозионную стойкость швов.

Для увеличения активности флюса к хлористому цинку добавляют хлористый аммоний (нашатырь), который при нагревании вступает в химическую реакцию с окислами паяемого металла и легко очищает его.

Состав и область применения наиболее распространенных активных неорганических флюсов на основе хлористого цинка приведены в табл. 8.

#### Флюсы для высокотемпературной пайки

Эта группа флюсов разделяется на флюсы, изготовленные на основе буры и борной кислоты, и флюсы на основе хлористых и фтористых солей.

9. Состав и область применения флюсов  
на основе буры и борной кислоты

Марка флюса	Компоненты	Состав, % по массе	Темпера- турный интервал активно- сти, С	Область применения
—	Тетраборнокислый натрий (бура)	100	800—1150	Для пайки сталей, чу- гуна, меди, латуни, брон- зы и твердых сплавов медно-цинковыми и сере- бряными припоями
—	Бура Борная кислота	50 50	800—1150	
№ 200	Борная кислота Бура Фтористый каль- ций	68—72 19—21 8—10	850—1150	Для пайки нержавеющей конструкционных и жаропрочных сталей, а также медных сплавов
—	Борная кислота Бура Фтористый каль- ций	21—21,8 69—73,2 5—10	620	Для пайки твердых сплавов
№ 18B	Фтористый калий (обезвоженный) Борная кислота	40 60	650—850	Для пайки сталей, ни- келевых и медных спла- вов серебряными припо- ями
—	Борная кислота Бор Фтористый натрий Бура Фтористый каль- ций	3—5 0,95—0,4 2—5 6—9 80—85	1200	Для пайки нержавею- щих сталей в вакууме
—	Борная кислота Калий фтористо- водородный	45—55 55—45	—	Для пайки сверхтвер- дых сплавов и высоко- углеродистых инструмен- тальных сталей

Флюсы на основе буры и борной кисло-  
ты. Наиболее распространенным флюсом этой группы  
является тетраборнокислый натрий (бура). По внеш-

нему виду это бесцветные прозрачные кристаллы. Температура плавления буры  $743^{\circ}\text{C}$ , однако активное действие ее начинается с  $800^{\circ}\text{C}$ . При нагревании бура теряет кристаллическую воду, что сопровождается бурным кипением. Чтобы избежать этого в процессе пайки, ее необходимо заранее прокалить при температуре  $400\text{--}450^{\circ}\text{C}$ .

Менее активным флюсом является борная кислота. Чаще всего ее применяют в смеси с бурой и другими солями.

При необходимости удаления окислов с поверхности нержавеющей и жаропрочных сталей и алюминиевых бронз в состав флюсов следует вводить такие активные компоненты, как фториды щелочных и щелочноземельных металлов или фторбораты, которые повышают температурный интервал действия флюсов.

Флюсы на основе буры и борной кислоты успешно применяют при высокотемпературной пайке углеродистых сталей, чугуна, меди, латуни, бронз медными и серебряными припоями при температуре свыше  $800^{\circ}\text{C}$ .

В табл. 9 приведены состав и область применения некоторых флюсов на основе буры и борной кислоты.

Флюсы на основе хлористых соединений. Эти флюсы состоят из смеси хлористых солей с добавками фтористых солей, их применяют в основном для пайки алюминиевых и магниевых сплавов.

Флюсы для пайки алюминиевых и магниевых сплавов должны обладать повышенной активностью и хорошей способностью разрушать прочные окисные пленки. Для этой цели в состав флюсов добавляют фтористые соли калия, натрия, лития, кадмия и др.

Наиболее распространенным при пайке алюминия и его сплавов является флюс 34А. Недостаток этого флюса заключается в сравнительно высокой температуре плавления и большой коррозионной активности, поэтому его рекомендуется применять только для изделий, которые можно после пайки промывать.

На основе хлористых соединений металлов для паяльных работ применяют флюсы 34А, Ф320А, Ф380А, № 5, № 8 и др.

## ГЛАВА IV

### ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИИ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

#### § 14. ЭЛЕМЕНТАРНОЕ ПОНЯТИЕ ОБ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ТОКЕ

Существующие в природе вещества в зависимости от способности проводить электрический ток делятся на проводники, изоляторы (диэлектрики) и полупроводники.

К проводникам относятся все металлы, растворы кислот, уголь и земля. Изоляторами являются пластмассы, лаки, смола, фарфор, мрамор, стекло, резина и другие материалы. К полупроводникам относятся селен, кремний, германий и другие вещества.

Проводники делятся на три группы: проводники первого рода, проводники второго рода и проводники третьего рода. К проводникам первого рода относятся главным образом металлы, к проводникам второго рода — растворы кислот, солей и щелочей. Такие растворы называются электролитами. К проводникам третьего рода относятся газы.

Электрическим током называется упорядоченное движение электрических зарядов.

Электрический ток в данной среде может возникнуть при наличии в этой среде свободных электрических зарядов и электрического поля. Характер электропроводности зависит от природы свободных зарядов.

В металлах свободными зарядами являются электроны, которые имеют слабую связь с ядрами и поэтому отрываются от них, оставляют атом и превращаются в положительные ионы. Свободные электроны, подобно частицам газа, беспорядочно движутся внутри проводника между атомами и ионами.

Под влиянием внешнего электрического поля свободные электроны, не прекращая своего беспорядочного движения, перемещаются в направлении, противоположном направлению электрического поля в проводнике.

В жидких растворах, или электролитах, свободными зарядами являются положительные и отрицательные ионы. Ионами называются заряженные частицы, представляющие собой атомы, потерявшие часть своих электронов или присоединившие к себе лишние электроны.

Если на проводник действует внешнее электрическое поле, то беспорядочное движение свободных электрических зарядов превращается в направленное, упорядоченное движение, т. е. через проводник проходит электрический ток.

Электрический ток может быть постоянным и переменным.

**Постоянный ток.** Постоянным называется электрический ток, который с течением времени не изменяет своего направления и величины при прохождении по замкнутой электрической цепи.

Силой тока называется количество электричества, прошедшее через поперечное сечение проводника в течение одной секунды, и обозначается буквой  $I$ :

$$I = \frac{q}{t},$$

где  $q$  — электрический заряд, проходящий за промежуток времени  $t$  через поперечное сечение проводника.

Единицей величины тока является 1 ампер, равный количеству электричества в 1 кулон, прошедшего через поперечное сечение проводника в 1 секунду, т. е.

$$1 \text{ ампер} = \frac{1 \text{ кулон}}{1 \text{ секунду}}.$$

**Электродвижущая сила.** Разность потенциалов и напряжение. Чтобы электрический ток проходил по цепи продолжительное время, нужно непрерывно поддерживать на полюсах источника напряжения разность потенциалов.

Электродвижущей силой (сокращенно э. д. с.) называется причина, которая устанавливает и поддерживает разность потенциалов, вызывает ток в цепи, преодолевая внешнее и внутреннее сопротивление. Обозначается э. д. с. буквой  $E$ .

Напряжением тока называется разность потенциалов, вызывающая прохождение тока через сопротивление участка электрической цепи.

Электродвижущая сила и напряжение измеряются в вольтах.

**Закон Ома.** При постоянном напряжении ток в цепи будет тем больше, чем меньше сопротивление этой цепи, причем ток в цепи увеличивается во столько раз, во сколько раз уменьшается сопротивление цепи. Ток на

участке цепи прямо пропорционален напряжению на этом участке и обратно пропорционален сопротивлению того же участка. Эта зависимость известна под названием закона Ома:

$$I = \frac{U}{r},$$

где  $I$  — ток в амперах,  $U$  — напряжение в вольтах,  $r$  — сопротивление в омах.

Работа и мощность электрического тока. Работа электрического тока может быть подсчитана по формуле

$$A = U \cdot I \cdot t,$$

где  $A$  — работа в джоулях;  $I$  — ток в амперах;  $t$  — время в секундах;  $U$  — напряжение в вольтах.

Работа, произведенная в единицу времени, называется мощностью и обозначается буквой  $P$ :

$$P = \frac{A}{t}.$$

Единица мощности называется ваттом (Вт):

$$\frac{1 \text{ джоуль}}{1 \text{ секунду}} = \frac{1 \text{ Дж}}{1 \text{ с}} = 1 \text{ Вт}.$$

Источники электрической энергии. Типы соединений проводников. В качестве источника электрической энергии служат генераторы (электрические машины, приведенные в движение каким-либо механическим двигателем).

Генератор создает постоянную разность потенциалов и сообщает свободным электронам проводника энергию, необходимую для их перемещения. Таким образом, э. д. с. является причиной движения зарядов в замкнутой цепи.

Отдельные проводники электрической цепи могут соединяться между собой последовательно, параллельно и смешанно.

Последовательным соединением проводников называется такое соединение, когда конец первого проводника соединен с началом второго, конец второго проводника соединен с началом третьего и т. д.

Параллельным соединением проводников называется такое соединение, когда начало всех проводников соединено в одну, а конец в другую точку.

При смешанном соединении проводники в электрической цепи соединены как последовательно, так и параллельно.

Переменный ток. Электрический ток, величина и направление которого изменяются через равные промежутки времени, называют переменным. Переменный ток в отличие от постоянного изменяется по закону синуса. Такой ток обозначают знаком  $\omega$  (синусоидой).

Время, в течение которого переменный ток совершает полный цикл изменений по величине и направлению, называется периодом и обозначается буквой  $T$ . Число периодов в секунду называется частотой переменного тока и обозначается буквой  $f$ , измеряется в герцах (Гц). Стандартная частота переменного тока в СССР равна 50 Гц.

Максимальное числовое значение э. д. с. переменного тока называется амплитудой. Фаза переменного тока определяет величину и направление э. д. с. и силы переменного тока в данный момент времени.

Переменный электрический ток получают от генераторов переменного тока. Переменный электрический ток бывает однофазный и трехфазный.

Однофазный ток применяется в основном для освещения, а также в промышленности для питания электропаяльников, электро- и радиоизмерительных приборов и т. д. Наиболее широкое применение на промышленных предприятиях находит трехфазный ток для питания электродвигателей металлорежущих станков, электрооборудования нагревательных устройств для пайки и т. д.

Трехфазным током называют систему, состоящую из трех электрических цепей переменного тока одинаковой частоты, сдвинутых по фазе относительно друг друга на одну треть периода.

Для получения трехфазного тока на статоре генератора переменного тока делают три обмотки, сдвинутые одна относительно другой на  $120^\circ$ . Они называются фазными обмотками или просто фазами генератора.

Обмотки генератора и потребителя переменного тока могут соединяться двумя способами: звездой и треугольником. Если фазные обмотки генератора и потребителя соединить так, чтобы концы обмоток были замкнуты в одну общую точку, а начала обмоток подключены к линейным проводам, то такое соединение называется со-

единение звездой. На рис. 10, а обмотки генератора и потребителя соединены звездой.

Точки  $O$  и  $O'$  соединены проводом, который называется нулевым или нейтральным проводом. Остальные три провода трехфазной системы, идущие от генератора к потребителю, называются линейными проводами.

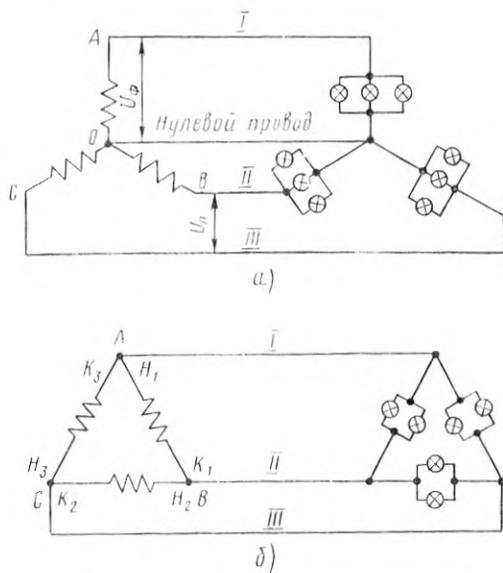


Рис. 10. Соединение звездой (а) и треугольником (б)

Напряжения, измеренные между началами фаз генератора и потребителя и нулевой точкой или нулевым проводом, называются фазными напряжениями и обозначаются  $U_{\phi}$ . Напряжения, измеренные между началами фаз генератора и потребителя, называются линейными напряжениями и обозначаются  $U_{\text{л}}$ .

Зависимость между линейным и фазным напряжением будет иметь вид  $U_{\text{л}} = \sqrt{3}U_{\phi}$ .

Следовательно, при соединении звездой линейное напряжение в  $\sqrt{3}$  раз больше фазного напряжения.

Ток, протекающий по фазной обмотке генератора и потребителя, называется фазным током и обозначает-

ся  $I_{\phi}$ . Ток, протекающий по линейному проводу, называется линейным током и обозначается  $I_{л}$ .

При соединении звездой линейный ток равен фазному току, т. е.  $I_{л} = I_{\phi}$ .

На рис. 10, б показан способ соединения фазных обмоток, называемый треугольником.

Это соединение применяют для осветительной и силовой нагрузок.

Если обмотки генератора соединены треугольником, то линейное напряжение создает каждая фазная обмотка. У потребителя, соединенного треугольником, линейное напряжение подключается к зажимам фазного сопротивления.

Следовательно, при соединении треугольником фазное напряжение равно линейному:  $U_{л} = U_{\phi}$ .

Зависимость между фазными и линейными токами при соединении в треугольник будет  $I_{л} = \sqrt{3} I_{\phi}$ .

Следовательно, при равномерной нагрузке, соединенной треугольником, линейный ток в  $\sqrt{3}$  раз больше фазного тока.

Мощность трехфазного переменного тока.

Активная мощность однофазного переменного тока подсчитывается по формуле

$$P = I_{\phi} \cdot U_{\phi} \cdot \cos \varphi \text{ Вт,}$$

где  $I_{\phi} \cdot U_{\phi}$  — фазные значения тока и напряжения,  $\varphi$  — угол сдвига фаз между ними.

Активная мощность трехфазного тока при соединении звездой подсчитывается по формуле

$$P = \sqrt{3} \cdot I_{л} \cdot U_{л} \cdot \cos \varphi \text{ Вт.}$$

Измеряется активная мощность ваттметром и выражается в ваттах (Вт) или киловаттах (кВт).

Полная мощность трехфазного тока при соединении звездой будет:

$$S = \sqrt{3} \cdot I \cdot U \text{ В}\cdot\text{А,}$$

где  $I \cdot U$  — линейные значения тока и напряжения. Полная мощность  $S$  измеряется в вольт-амперах (В·А) или киловольт-амперах (кВ·А) по показателям вольтметра и амперметра.

Отношение активной мощности к полной называют коэффициентом мощности и обозначают  $\cos \varphi$  (косинус фи):

$$\frac{P}{S} = \cos \varphi.$$

Чем выше  $\cos \varphi$ , тем благоприятнее работа электрической цепи.

Увеличение  $\cos \varphi$  зависит от типа мощности и частоты вращения установленных двигателей, их нагрузки и т. д.

**Электронизмерительные приборы.** Для измерения различных электрических величин (силы тока, напряжения, сопротивления и т. д.) применяют амперметры, вольтметры, омметры и т. д. Электронизмерительные приборы состоят из подвижной и неподвижной частей, к подвижной части прибора прикреплена указательная стрелка, по которой ведется отчет измеряемой величины на неподвижной шкале.

## § 15. ПОНЯТИЕ О ТРАНСФОРМАТОРЕ

Трансформатором называется устройство, служащее для повышения или понижения напряжения в цепи переменного тока. Трансформатор состоит из замкнутого сердечника  $I$  (рис. 11), набранного из листовой стали, и

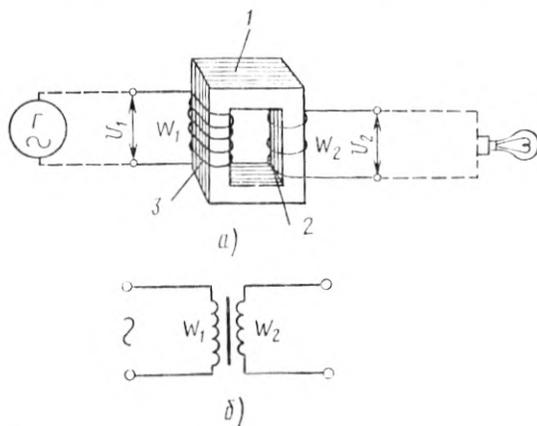


Рис. 11. Принципиальная схема трансформатора (а) и его изображение в электрических схемах (б)

двух обмоток 2 и 3, помещенных на этом сердечнике. Обмотка 3 с числом витков  $W_1$ , называемая первичной, присоединяется к сети, от которой берется электрическая энергия; обмотка 2 с числом витков  $W_2$  называется вторичной, соединяется с потребителем электрической энергии.

Принцип действия трансформатора основан на явлении электромагнитной индукции. Если первичную обмотку трансформатора включить в сеть источника переменного тока с напряжением  $U_1$ , то по ней будет протекать переменный ток  $I_1$ , который в сердечнике трансформатора образует переменное магнитное поле. Силовые линии магнитного потока пересекают витки вторичной обмотки, в результате чего в ней индуцируется электродвижущая сила  $U_2$ . Если вторичную обмотку замкнуть на какой-либо приемник энергии, например лампу накаливания, то под действием индуцируемой электродвижущей силы  $U_2$  по этой обмотке будет протекать ток  $I_2$ . Таким образом, электрическая энергия, трансформируясь (преобразуясь), будет передаваться из первичной сети во вторичную с напряжением, на которое рассчитан приемник энергии, включенный во вторичную сеть.

Трансформатор, служащий для повышения напряжения, называется повышающим, для понижения — понижающим. В повышающем трансформаторе число витков вторичной обмотки больше числа витков первичной, а в понижающем — меньше.

## § 16. ПУСКОРЕГУЛИРУЮЩАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ АППАРАТУРА

Пускорегулирующая аппаратура служит для управления электрическими машинами и приборами. Использование такой аппаратуры значительно упрощает и облегчает работу людей, занимающихся обслуживанием электрических установок и приборов.

К пускорегулирующей электрической аппаратуре относятся рубильники, переключатели, предохранители, магнитные пускатели, реле и др.

Рубильники применяют для размыкания и замыкания электрических цепей в установках напряжением до 500 В и силой до 6 А. Они бывают одно-, двух- и трех-

полюсные. Основными деталями рубильника являются медные ножи, поворачивающиеся на осях, закрепленных в неподвижных контактах. При замыкании цепи медные ножи рубильника входят в щель между пружинящими контактами, к болтам которых присоединены провода от электрической цепи.

Переключатели (они называются также перекидными рубильниками) кроме верхних пружинящих контактов имеют такое же количество нижних контактов, и ножи можно соединить с его верхними или нижними контактами.

С помощью переключателей можно изменять направление вращения электродвигателя в зависимости от включения рубильника в нижнее или верхнее положение.

Для безопасности включения и выключения электрических установок переключатели закрывают защитными кожухами.

Предохранители предназначены для защиты проводов и приемников электрической энергии от перегрева, расплавления и порчи при перегрузках и коротких замыканиях. Предохранители разделяются на пробочные, пластинчатые и трубчатые.

Пробочные предохранители применяют в установках напряжением до 500 В, пластинчатые и трубчатые в установках более высокого напряжения. При прохождении через предохранитель электрического тока, превышающего допустимую величину, предохранитель плавится и размыкает цепь, в которую он включен, раньше, чем успеют нагреться провода и аппаратура.

Предохранитель должен неограниченное время выдерживать ток, на который он рассчитан. Величина допустимого тока (А) указывается на предохранителях и служит основной характеристикой их.

Магнитные пускатели применяют для дистанционного управления электрическими двигателями трехфазного переменного тока. С их помощью можно произвести пуск, остановку и изменение направления вращения электродвигателей.

Магнитный пускатель (рис. 12) представляет собой трехполюсный контактор переменного тока, имеющий тепловую защиту и заключенный в стальной защитный кожух. Контактор имеет тепловое реле *ТР*, защищающее двигатель от перегрузок.

Управление пускателем осуществляется кнопками «Пуск» или «Стоп», устанавливаемыми на рабочем месте.

Магнитные пускатели изготовляют для двигателей мощностью не более 75 кВт при напряжении не выше 500 В.

Реле представляет собой прибор, который под влиянием тока, температуры или света автоматически замыкает и размыкает электрическую цепь. По конструкции и назначению реле подразделяются на защитные, промежуточные, времени и др.

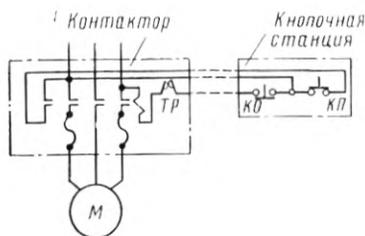


Рис. 12. Схема магнитного пускателя

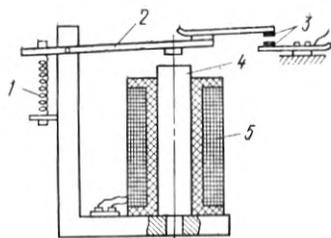


Рис. 13. Устройство электромагнитного реле

Наибольшее распространение имеет тепловое защитное реле. Основным реагирующим элементом этого реле является биметаллическая пластинка, нагревающаяся при перегрузках. Расширяясь при нагреве, пластинка механически воздействует на контакты в цепи управления, в результате чего они размыкаются, а аппаратура, испытывающая перегрузку, выключается.

В электромагнитном реле (рис. 13) регулирующим элементом являются медные контакты 3. Верхний контакт, находящийся на стальном якоре 2, подвижный. При прохождении электрического тока по обмотке 5 электромагнита подвижный контакт притягивается сердечником 4 электромагнита к неподвижному контакту. При размыкании электрической цепи верхние контакты пружиной 1 возвращаются в исходное положение.

Для регулирования времени действия механизмов в схемах управления применяют реле времени, которые делятся на электромагнитные, маятниковые, электронные, моторные и др.

## § 17. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

Для измерения и регулирования температуры при пайке в печах, установках и соляных ваннах используют термометры, термомпары, потенциометры и т. д.

Термометры являются простейшими приборами, которые применяются для измерения температуры до  $600^{\circ}\text{C}$  в жидких и газовых средах. Наибольшее применение имеют жидкостные термометры, в которых температура определяется по высоте столбика ртути или окрашенного спирта.

Термопары используются для измерения температуры выше  $600^{\circ}\text{C}$ . Термопара (рис. 14) имеет два разнородных проводника, спаянных с одного конца. При нагреве места спая в цепи этих проводников возникает термоэлектродвижущая сила (термо-э. д. с.), которая возрастает с увеличением температуры нагрева.

Спаянный конец 1 термопары называют горячим спаем (рабочим концом), а неспаянный конец — холодным спаем 2 (свободным концом). Результирующая термо-э. д. с. равна разности термо-э. д. с., возникающих в горячем и холодном спаях.

О температуре печей, ванн и других устройств, к которым прикреплен рабочий конец термопары, судят по величине термо-э. д. с., фиксируемой специальным прибором, называемым милливольтметром 4, который присоединяется к свободным концам термопары проводами 3. Для правильного измерения температуры в нагревательных печах термопару 2 устанавливают сбоку от нагреваемых деталей 1 (рис. 15, а) и сверху (рис. 15, б). Рабочий конец термопары должен отстоять от стенки печи на 250—300 мм и не должен подвергаться прямому воздействию пламени и электронагревателей.

Термопары изготавливают из различных металлов и сплавов. Наибольшее распространение имеют следующие пары проводников: железо — копель, хромель — копель, хромель — алюмель и платина — платинородий.

Потенциометры используются для определения температуры нагрева с точностью до  $\pm 5^{\circ}\text{C}$ .

Для контроля и автоматического регулирования температуры в электронагревательных устройствах, предназначенных для пайки и термообработки, используют электронные автоматические потенциометры ЭПД (рис. 16).

Рис. 14. Схема устройства термомоля

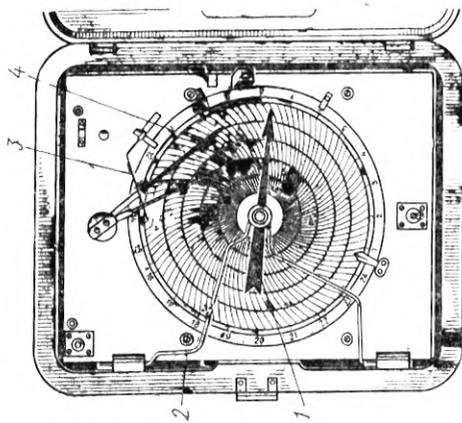
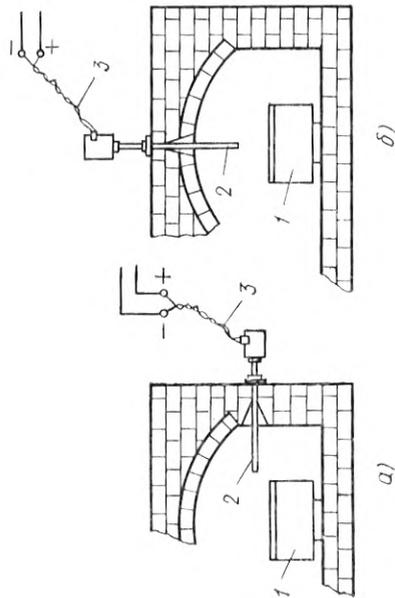
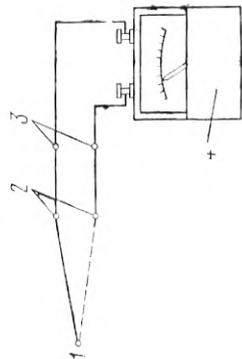


Рис. 16. Электронный автоматический потенциометр ЭПД

Рис. 15. Установка термомоля в печи:  
а — сборку нагреваемых деталей, б — свер-  
ху; 1 — детали, 2 — термомоля, 3 — провода

Эти приборы имеют сопротивление в виде спирали из марганциновой проволоки. В корпусе прибора расположены усилитель, реверсивный двигатель с редуктором, механизм установки рабочего тока, синхронный двигатель и другие узлы.

В потенциометрах ЭПД температура записывается на дисковой диаграмме диаметром 300 мм, полный оборот которой происходит за 24 ч. Диаграмма расположена на передней части откидного кронштейна. Кривая изменения температуры записывается на диаграмме с помощью стрелки-пера 4, имеющей рычаг 3 для отвода пера. Показывающая стрелка 1 закреплена в стрелкодержателе 2. За показаниями и записью наблюдают через застекленное окно крышки прибора.

## ГЛАВА V

### ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ

#### § 18. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС И ЕГО ЭЛЕМЕНТЫ

Любое изделие (станок, машина, прибор и т. д.), изготавливаемое на том или ином предприятии, превращается в готовую продукцию в результате сложного, организованного производственного процесса.

*Производственный процесс* — это совокупность отдельных процессов подготовки производства, приобретения необходимых материалов, изготовления и обработки заготовок, сборки из отдельных обработанных деталей узлов и изделий, окраски, упаковки, транспортировки и т. д.

Успешное выполнение операций на каждом этапе производственного процесса возможно при четком планировании и учете производства, бесперебойном снабжении необходимыми материалами, правильной постановке инструментального хозяйства и ремонтной службы и т. д.

Наиболее важным звеном производственного процесса является технологическая часть, связанная с превращением материалов и полуфабрикатов в готовое изделие.

*Технологическим процессом* называется часть производственного процесса, в результате осуществления которого изменяются форма, размеры, внешний вид или

свойства материалов заготовки. При этом должны обязательно соблюдаться основные условия технологического процесса — изготовление изделия точно по чертежу и в соответствии с техническими условиями, с наименьшими материальными затратами и трудоемкостью.

Технологический процесс изготовления каждой детали состоит из отдельных операций.

*Технологической операцией* называется законченная часть технологического процесса обработки заготовки, выполненная одним или несколькими рабочими (бригадой) непрерывно на одном рабочем месте.

Примерами операций при низкотемпературной пайке стальных деталей паяльником являются подготовка деталей к пайке, подготовка паяльника, пайка.

Операции в свою очередь делятся на переходы.

*Технологическим переходом* называется законченная часть технологической операции, характеризующаяся постоянством применяемого инструмента, оборудования и режима обработки одной и той же поверхности.

Примерами переходов в операции «Подготовка сборочных единиц к пайке» при низкотемпературной пайке деталей из углеродистых сталей погружением в расплавленные соли являются проверка сборочных единиц на соответствие чертежу, обезжиривание припоя и поверхности деталей в местах пайки, нанесение припоя на участки пайки, проfluxировывание сборочной единицы и т. д.

Все действия рабочего, совершаемые им при выполнении технологической операции, расчленяются на отдельные приемы. Под *приемом* понимают законченное действие рабочего, необходимое для выполнения данной операции. Обычно приемами являются вспомогательные действия, например включение и выключение электропаяльника, установка детали в приспособление, снятие детали после пайки и т. д. Понятие прием используется при техническом нормировании операции.

Операциям и переходам в технологической документации присваивают порядковые номера, причем операции обозначаются римскими цифрами, а переходы — арабскими.

## § 19. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ НА ПРОЦЕССЫ ПАЙКИ

Технологический процесс пайки включает комплекс последовательно выполняемых операций, основными из которых являются подготовка поверхностей соединяемых

деталей к пайке, сборка, пайка и обработка деталей после пайки. Этот комплекс операций в том или ином объеме имеет место при всех способах пайки, поэтому, несмотря на их разнообразие, технологический процесс пайки имеет много общего.

Независимо от применяемого способа пайки для получения качественного соединения необходимо тщательно разработать технологический процесс пайки соединяемых деталей и оформить необходимую технологическую документацию.

Правила оформления технологической документации на процессы пайки предусмотрены Единой системой технологической документации (ЕСТД) согласно ГОСТ 3.1417—74.

Указанный стандарт предусматривает правила оформления операционных карт на технологические операции пайки в печи и в ванне, а также газопламенной пайки и пайки паяльником.

В этих картах должны быть указаны эскиз сборочной единицы, наименование операции, содержание переходов, наименование технологического оборудования, приспособлений, инструмента, наименование и марка припоя и флюса, расход припоя и флюса, температура пайки и другие данные.

К технологической документации также относятся рабочие и сборочные чертежи изделий, чертежи приспособлений, специального режущего, вспомогательного и измерительного инструмента и т. д.

Основным условием правильного планирования и ведения производственного процесса, обеспечивающего выполнение производственного задания, является наличие хорошо и подробно разработанной технологической документации и соблюдение строгой технологической дисциплины в отношении выполнения указаний, предусмотренных этой документацией.

Документация, отражающая технологический процесс, способствует освоению производства новых изделий и достижению заданных технико-экономических показателей. Из этого следует, что технологическая документация и точное выполнение ее указаний имеют весьма важное значение для производства.

## ГЛАВА VI ПОДГОТОВКА ИЗДЕЛИЙ К ПАЙКЕ

### § 20. КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ ПОДГОТОВКИ ПОВЕРХНОСТИ К ПАЙКЕ

Для получения прочного паяного соединения необходимо, чтобы жидкий припой хорошо смачивал поверхность твердых паяемых материалов и обеспечивал хорошее прилипание. Для этого при подготовке деталей к пайке разнообразные загрязнения поверхностей должны быть устранены. Чтобы избежать последующих загрязнений, детали после зачистки следует паять как можно быстрее. Иногда бывает необходимым покрыть очищенную поверхность тонким слоем расплавленного чистого олова или припоя, чтобы в последующем обеспечить удовлетворительную смачиваемость.

Значение очистки поверхности в получении доброкачественного паяного соединения, а также в повышении производительности при пайке очень велико.

Лучший контакт припоя с основным металлом можно получить при очистке поверхности паяемых деталей механическим или химическим способом, а также облуживанием.

Классификация различных способов подготовки изделий к пайке показана на рис. 17.

### § 21. МЕХАНИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ

Поверхности деталей очищают перед пайкой от окислов, окалины, ржавчины и других загрязнений напильниками, шаберами, шлифовальной шкуркой, металлическими щетками, гидropескоструйной или дробеструйной обработкой и т. д.

Очистка напильниками, шаберами, шлифовальной шкуркой является способом малопродуктивным и применяется при изготовлении небольшого количества паяных изделий. После зачистки необходимо обработанную поверхность протереть ветошью, смоченной бензином.

Очистка металлическими проволочными щетками является продуктивным способом и может быть использована в серийном и массовом производствах. Очи-



Рис. 17. Схема классификации способов подготовки к пайке

стку выполняют электрическими и пневматическими шлифовальными машинами, а также на специальных станках.

Гидропескоструйная камера, используемая для очистки поверхности мелких и средних деталей, изображена на рис. 18. Устройство состоит из камеры 3 с бункером-смесителем 6, в котором помещается абразивная

смесь, непрерывно перемешиваемая поступающим через барботер 7 сжатым воздухом под давлением 4—5 кгс/см<sup>2</sup>. В камере 3 помещается стальной барабан 2.

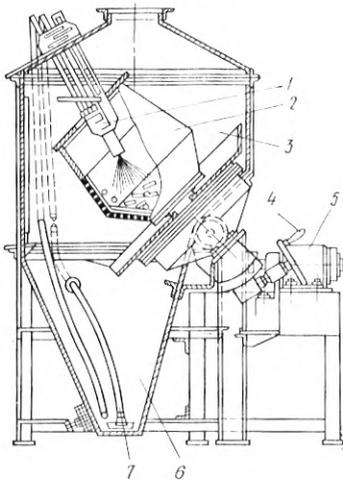


Рис. 18. Гидропескоструйная камера для очистки деталей

В конической обечайке барабана имеются отверстия для стекания отработанной массы на лоток, предохраняющий вращающиеся части от засорения абразивом.

Через отверстие в крышке барабана вставлен струйный аппарат 1. Барабан вращается с помощью электродвигателей 5 с редуктором. Рукоятка 4 служит для изменения угла наклона барабана. К горловине камеры присоединяется труба вытяжной вентиляции. Процесс обработки в камерах указанной конструкции происходит без участия рабочего.

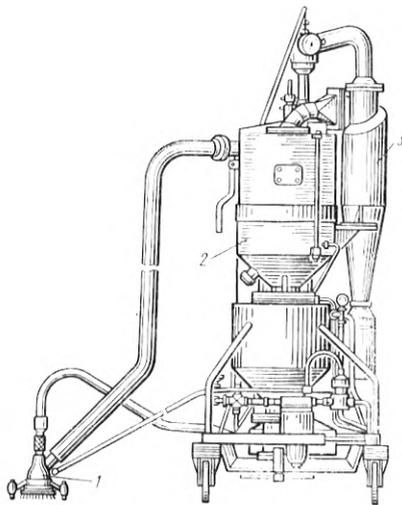


Рис. 19. Дробеструйная установка для очистки деталей

Дробеструйная очистка металлических деталей перед напайкой осуществляется в специальных установках (рис. 19) с помощью чугунной дроби с острыми краями, которая помещается в сепаратор 2. С помощью циклона 3 создается давление, обеспечивающее подачу к сопловой головке 1 струи дроби, которая очищает плоские и цилиндрические наруж-

ные и внутренние металлические поверхности от окалины, ржавчины, краски, масляных пятен и других загрязнений.

Очистка изделий дробеструйным способом высокопроизводительна, воздух при этом не загрязняется, поэтому отпадает необходимость в сооружении специальных камер и обеспечении рабочих защитными скафандрами.

**Галтовка.** Поверхности мелких деталей перед пайкой очищают в галтовочных барабанах. При вращении барабана детали в нем перемещаются, соприкасаясь друг с другом стенками барабана и абразивными и другими материалами (песок, кремний, осколки гранита, отходы шлифовальных кругов и т. п.), в результате чего окалина или ржавчина стираются, поверхность сглаживается, заусенцы отрываются.

## § 22. ХИМИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА ПОВЕРХНОСТИ

Химическая очистка деталей перед пайкой заключается в удалении с поверхности металлов жировых пленок, окислов и других загрязнений. К операциям химической очистки поверхности относятся обезжиривание и травление.

Обезжиривание поверхности металлов осуществляется различными способами: электрохимическим, в органических растворителях, растворах щелочей, ультразвуком.

**Обезжиривание в органических растворителях.** Обезжиривание деталей перед пайкой от минеральных и растительных масел и минеральных смазок (технического вазелина, «пушечного сала» и солидола), а также от других загрязнений часто осуществляют промывкой в органических горючих растворителях — керосине, бензине и негорючих материалах — дихлорэтане, трихлорэтилене и др. Эти вещества вредны для здоровья, поэтому работают с ними только в вытяжных шкафах.

Наиболее эффективными растворителями жиров являются дихлорэтан и трихлорэтилен, особенно когда их применяют в парообразном состоянии.

После обработки органическими растворителями проводят дополнительное обезжиривание в керосине или

бензине. При промывке деталей в керосине или бензине операция проводится последовательно в двух-трех ваннах, причем в последней из них должен находиться чистый растворитель. После промывки для удаления оставшейся тонкой пленки жиров детали протирают тканью или опилками из древесины мягких смолистых пород.

**Обезжиривание в растворах щелочей.** Растительные и животные масла и жиры под воздействием щелочи омыляются, т. е. образуют растворимые мыла. При этом масла отделяются от поверхности металла, и происходит процесс обезжиривания. Мыло, образовавшееся в результате воздействия щелочи, легко смывается с поверхности металла горячей водой.

После обезжиривания детали тщательно промывают сначала в горячей, а затем холодной проточной воде.

**Электрохимическое обезжиривание.** При пропускании постоянного электрического тока через электролит ионы водорода, соприкасаясь с поверхностью изделий, подвешенных на катоде, механически сбивают частицы жира в электролит, перемещают их, превращая жир в мелкоиздробленные частицы. Во время работы в электролите вокруг изделий накапливается щелочь, что ускоряет процесс обезжиривания.

Достоинства электрохимического обезжиривания — быстрота процесса и хорошее качество очистки, недостатки — непригодность для очистки сильно загрязненных изделий сложной формы с глубокими впадинами из-за низкой рассеивающей способности электролитов, опасность поглощения изделиями водорода, делающего металл хрупким.

После электрохимического обезжиривания детали промывают в проточной холодной, а затем горячей (80–100°C) воде.

**Обезжиривание ультразвуком.** Широкое применение получила в последнее время ультразвуковая очистка поверхностей небольших деталей сложной конфигурации. Обезжиривающий раствор с погруженными в него деталями приводят с помощью вибратора в быстрое колебательное движение.

Благодаря колебательному движению происходит очистка деталей сложной формы от жиров, ржавчины, окалин, окисных пленок и остатков абразивных притирочных и полировочных паст. В качестве растворов для

ультразвукового обезжиривания применяют каустическую и кальцинированную соду, тринатрийфосфат и другие вещества.

Схема ванны для ультразвукового обезжиривания показана на рис. 20. Существует два способа обезжиривания с помощью ультразвука. При очистке крупных деталей первым способом (рис. 20, *а*) ванна *1* с моющим раствором *2* соединена через мембрану *3* с магнитоэлектрическим преобразователем *4*, возбуждающим ультразвуковые колебания большой частоты непосредственно в растворе.

Для очистки мелких деталей вторым способом (рис. 20, *б*) ванну *1*, заполненную моющим раствором *2* и деталями, помещают в бак *б* с водой или трансформаторным маслом *5*. На дне бака расположен магнитоэлектрический преобразователь *4*, от которого ультразвуковые колебания передаются через масло и мембрану *3* магнитоэлектрика раствору и деталям.

Применение ультразвуковой очистки деталей перед пайкой значительно повышает производительность и улучшает условия труда, обеспечивает высокое качество очистки и исключает использование бензина и других органических растворителей.

Химическое травление заключается в удалении с помощью кислот с поверхности черных металлов окалины или ржавчины, а с поверхности цветных металлов — окисных пленок. Для ускорения процесса травления детали необходимо предварительно обезжирить, так как жировые загрязнения препятствуют растворению окислов металла.

Травление черных металлов обычно осуществляют в растворе серной или соляной кислоты, иногда с добавками плавиковой, азотной и хромовой кислот. Для травления меди и медных сплавов применяют, как пра-

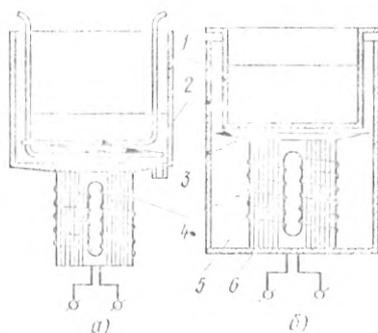


Рис. 20. Схемы ванны для ультразвукового обезжиривания:  
*а* — крупных, *б* — мелких деталей

вило, азотную кислоту в смеси с другими кислотами.

Для химического травления применяют обычно деревянные или бетонные баки, выложенные внутри кислотоупорными плитками.

После травления детали тщательно промывают в проточной холодной, затем горячей воде и окончательно в проточной холодной воде.

**Электрохимическое травление.** Различают анодное и катодное электрохимическое травление. При анодном травлении происходит электрохимическое растворение металлов и механическое отрывание с поверхности пленки окислов выделяющимися пузырьками кислорода. Катодное травление происходит за счет химического восстановления металла из оксида и механического отрывания окислов бурно выделяющимся водородом.

Наиболее распространенным способом является анодное травление, при котором изделия приобретают чистую, слегка шероховатую поверхность. Однако при этом поверхность металла можно легко перетравить, если не выдерживать режима травления.

При катодном травлении опасность перетравливания исключается, но вследствие возможного насыщения поверхности водородом металл может стать хрупким.

Продолжительность электролитического травления зависит от состояния поверхности и колеблется от 0,5 до 5 мин. Подогрев электролита до 50°C значительно ускоряет травление.

Для электрохимического (анодного и катодного) травления стали применяют растворы серной кислоты и хлористого натрия.

## § 23. ПРОМЫВКА

При обезжиривании и травлении деталей необходимо следить за тем, чтобы растворы не загрязнялись посторонними веществами. Особенно недопустимо перенесение химических реактивов из обезжиривающих ванн в травильные и наоборот. В связи с этим при подготовке деталей к пайке после каждой операции необходимо тщательно промывать их в воде. Промывку осуществляют погружением деталей в ванну с горячей и холодной проточной водой.

Для лучшей промывки деталей применяют ванны с дутьевыми устройствами или специальные моечные машины с разбрызгивающим устройством.

Детали можно промывать в проточной или дистиллированной воде, затем в ацетоне (хорошо поглощает остатки влаги) и окончательно сушить в сушильной камере.

#### § 24. ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ НАНЕСЕНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

Предварительное покрытие металлических поверхностей различных деталей тонким слоем расплавленного припоя называется лужением.

Предварительное лужение облегчает процесс пайки и способствует получению прочного соединения. Лужение применяют также для защиты от окисления деталей из меди, латуни, цинка и железа.

Особенно широкое применение лужение нашло в производстве различных консервных банок, а также деталей и монтажных проводов, используемых в электротехнической, радиотехнической, авиационной и других отраслях промышленности.

Лужение осуществляют различными способами — натиранием, погружением в жидкий припой, гальваническим, ультразвуковым, термовакуумным способами и др.

Способ лужения натиранием состоит в том, что с помощью нагретого паяльника на место пайки, покрытое флюсом, переносят небольшое количество припоя. Поверхность металла прогревают паяльником, а затем, двигая его в разных направлениях, выравнивают наносимый слой припоя. Прогреть поверхность желательно так, чтобы паяльник прилегал к ней не только концом, но и всей рабочей боковой гранью (рис. 21). При таком способе облуживания поверхность нагревается быстро и равномерно.

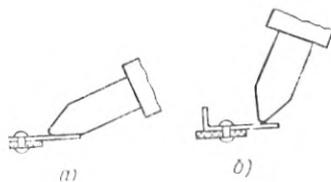


Рис. 21. Положение стержня паяльника при облуживании деталей:

*a* — правильное, *б* — неправильное

При лужении погружением в жидкий припой детали опускают для флюсования в ванну с водным раствором хлористого цинка, а затем быстро погружают в ванну с расплавленным припоем, нагретым до температуры 390—410°C, и выдерживают в нем 10—15 с (рис. 22, а). Излишки незастывшего припоя с поверхностей деталей удаляют обдувкой сжатым воздухом или с помощью центрифуги.

Для лужения относительно небольших деталей пользуются лужением через слой флюса в специальных ваннах (рис. 22, б), при этом детали опускают через флюс в олово или другой припой. Скорость погружения должна быть такой, чтобы детали, проходя флюс, могли

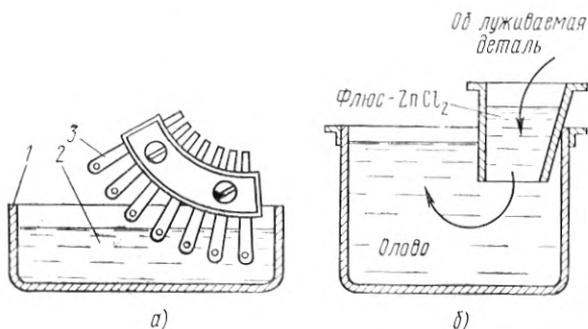


Рис. 22. Облуживание погружением в расплавленный припой (а) и через слой флюса (б):

1 — тигель, 2 — расплавленный припой, 3 — облуживаемые детали

нагреться до температуры, при которой не происходит разбрызгивания олова.

При лужении гальваническим способом в кислых электролитах детали для облуживания помещают в специальную ванну, выложенную с внутренней стороны кислотоупорными материалами.

При лужении гальваническим способом в щелочных электролитах детали помещают в специальную ванну, наполненную щелочными электролитами, состоящими из стannата натрия, едкого натра и перекиси водорода.

Электролит подогревается при помощи парового змеевика, расположенного на дне ванны.

Щелочные электролиты имеют высокую рассеивающую способность, поэтому применяются для лужения изделий сложной формы.

Часто применяют следующие разновидности гальванического способа лужения: меднение, серебрение, никелирование.

Меднение применяют для покрытия изделий из черных металлов под последующее паяние.

Серебрение применяют для изделий, подлежащих пайке серебряными и другими припоями с целью улучшения процесса смачивания.

Чаще всего покрывают серебром изделия из меди, латуни, медных сплавов, реже — стальные изделия.

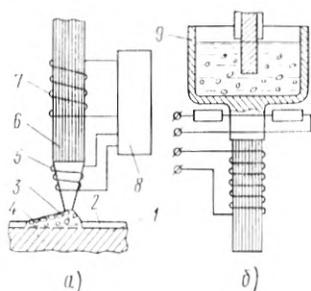


Рис. 23. Схема лужения с применением ультразвука:

*a* — при работе паяльником, *b* — при работе в ванне; 1 — алюминиевая деталь, 2 — окисная пленка, 3 — жидкий припой, 4 — частички окисной пленки, 5 — электронагревательная обмотка, 6 — вибратор, 7 — обмотка возбуждения вибратора, 8 — генератор ультразвука, 9 — ванна

Никелирование применяют для покрытия тонким слоем труднопаяемых металлов с целью улучшения процесса смачивания припоем во время пайки.

Ультразвуковой способ лужения заключается в следующем. Под действием ультразвуковых колебаний вибратора, жестко соединенного с ванной металлическим стержнем, в расплавленном припое и на поверхности металлов происходит разрушение окисной пленки, в результате чего погруженные в ванну детали облуживаются. Лужение с помощью ультразвука можно производить паяльником и погружением в ванну с припоем (рис. 23).

Термовакuumный способ обеспечивает высокое качество покрытий путем нанесения металлов на поверхность деталей в вакууме в результате их испарения. Этот метод дает возможность получать равномер-

ные покрытия малых толщин (2—100 мкм) в условиях, обеспечивающих отсутствие окисления основного металла и металла покрытия.

### § 25. СБОРКА И ЗАКРЕПЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ПОД ПАЙКУ

В зависимости от вида конструкции и ее назначения пайку применяют для соединения плоских, стержневых и трубчатых элементов деталей, а также криволинейных поверхностей.

Тип соединения выбирается в зависимости от условий эксплуатации, способов пайки и способа введения припоя.

Выбор конструкции соединения при пайке имеет большое значение для получения высокой прочности паяного изделия.

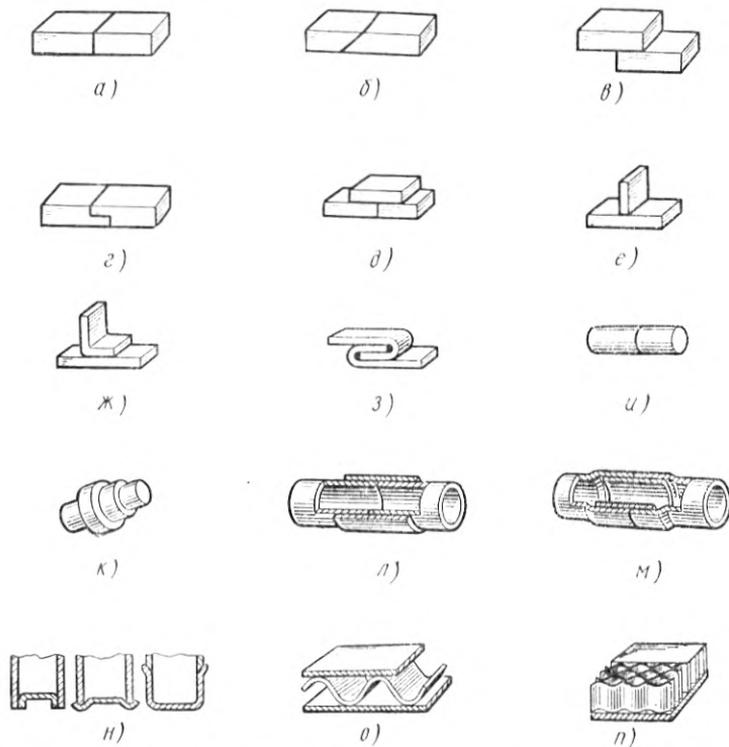


Рис. 24. Типы наиболее распространенных паяных соединений

Паяные соединения подразделяются на следующие типы: встык, вкосо, внахлестку, ступенчатое, встык с накладкой, втавр, в замок.

Схемы наиболее распространенных типов паяных соединений приведены на рис. 24.

Соединение встык (рис. 24, а) и соединение втавр (рис. 24, е) применяют в том случае, когда от паяной конструкции не требуется большой прочности.

Соединение с косыми срезами (рис. 24, б) обеспечивает более высокую прочность, так как увеличивает площадь стыка. Такой тип соединения применяют при сращивании ленточных пил, изготовлении сосудов и т. д.

Соединение внахлестку (рис. 24, в) и ступенчатое соединение (рис. 24, г) позволяют получить паяную конструкцию значительной прочности. Эти соединения имеют широкое применение.

Соединение встык с накладкой (рис. 24, д) и втавр с подгибкой (рис. 24, ж) обеспечивают высокую прочность.

Соединение в замок (рис. 24, з) дает возможность обеспечить высокую герметичность шва.

Прочность стыкового соединения стержней может быть увеличена применением внешней втулки (рис. 24, к), а в стыковом соединении двух частей труб применением внешней или внутренней муфты (рис. 24, л, и, м).

Герметические паяные соединения (рис. 24, н) применяют при изготовлении резервуаров для хранения различных газов и жидкостей.

Соединения пайкой криволинейных поверхностей с плоскими (рис. 24, о, п) применяют при изготовлении сотовых конструкций и паяных панелей с гофрированными деталями — в самолетостроении и теплообменниках.

**Зазоры паяных соединений.** Качество паяных соединений зависит от величины зазора между соединяемыми поверхностями. При очень больших зазорах прочность соединения снижается вследствие усадочной раковины в паяном шве. Величина зазора в производственных условиях, как правило, определяется на основе экспериментальных данных.

В табл. 10 указаны рекомендуемые величины зазоров, которые обеспечивают удовлетворительную проч-

### 10. Рекомендуемые величины зазоров паяных соединений, мм

Припой	Паяемый металл				
	медь и ее сплавы	сталь, низкоуглеродистая	сталь, нержавеющая	алюминий и его сплавы	никелевые сплавы
На основе меди:					
медные	0,04—0,20	0,001—0,05	0,01—0,1	—	—
медно-цинковые	0,04—0,20	0,05—0,25	0,02—0,12	—	—
медно-фосфорные	0,04—0,20	—	—	—	—
На основе серебра:					
серебро — медь — фосфор	0,02—0,15	—	—	—	—
серебро — кадмий — медь — цинк	0,08—0,2	—	—	—	—
серебро — марганец	—	—	0,05—0,1	—	—
Оловянно-свинцовые	0,07—0,20	0,05—0,5	0,20—0,75	—	—
Алюминиевые	—	—	—	0,12—0,25	—
Цинковые	—	—	—	0,1—0,25	—
Никелево-хромовые	—	—	0,65—0,1	—	0,05—0,1

ность паяных соединений. Зазоры в соединении должны быть равномерными. Резкие изменения зазоров недопустимы, это может ухудшить качество шва.

**Фиксирование отдельных деталей под пайку.** После очистки от грязи, жиров и окислов детали, подлежащие пайке, собирают и закрепляют. При этом нужно правильно установить необходимый зазор, а также скрепить друг с другом части сборных конструкций, чтобы устранить смещение. Величину зазора можно проверить с помощью шупа.

Фиксируют детали 1 и 2 различными зажимными приспособлениями, а также используют керненью, плотную посадку, штифтовку (рис. 25, а, б, в), точечную сварку, расклепку, развальцовку (рис. 25, г, д, е).

Способы закрепления навесных элементов и проводов при монтаже радио- или электросхем показаны на рис. 25, ж, з, и, к.

Для пайки твердосплавных пластин к корпусу режущего инструмента рекомендуется при фрезеровании пазов оставлять технологическую перемычку 1, удаляемую затем при шлифовании (рис. 25, л), крепить штифтами 1 (рис. 25, м), технологическими вкладышами (рис. 25, н), чеканкой (рис. 25, о) графитовых стержней 1, обвязкой пластины 2 мягкой проволокой 3 (рис. 25, п).

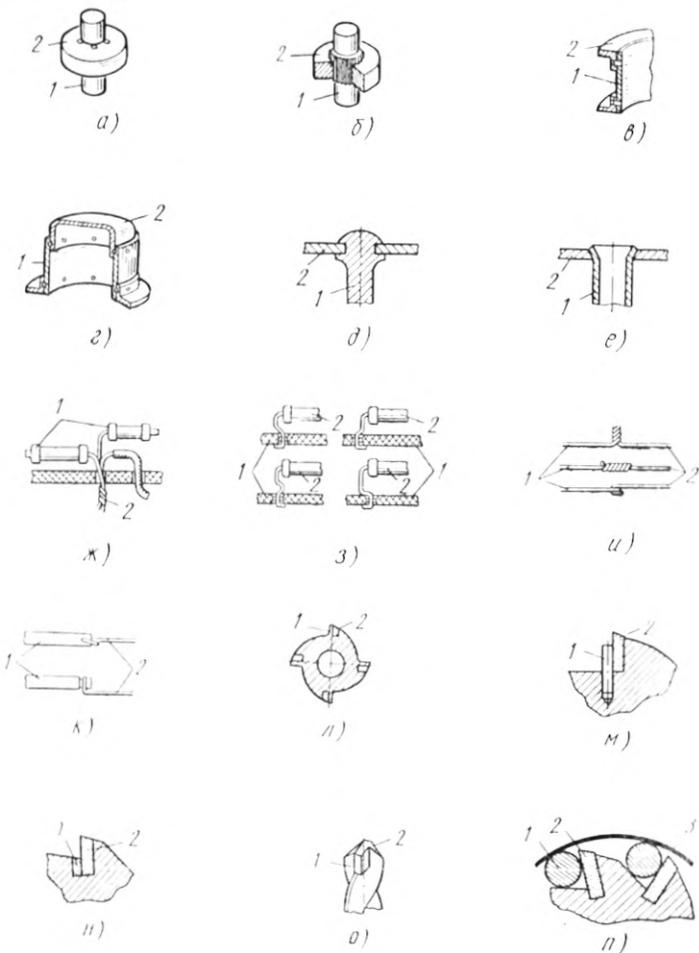


Рис. 25. Способы фиксирования отдельных деталей соединения под пайку

Способ крепления зависит от конструкции изделия и часто подбирается экспериментальным путем.

В тех случаях, когда это возможно, закрепление деталей должно обеспечиваться за счет соответствующего конструирования деталей, т. е. соединение должно быть самозакрепляющимся.

Для улучшения качества пайки и увеличения производительности труда паяльщики применяют различного рода вспомогательные приспособления, что особенно выгодно при массовом производстве.

Правильное фиксирование деталей в приспособлениях и дозировка припоя позволяют почти исключить операции по дополнительной механической обработке паяных швов.

**Расположение припоя в соединениях.** Правильное расположение припоя при пайке способствует лучшему пропайкованию его в зазор под действием капиллярных сил и способствует получению прочного соединения.

При пайке изделий ручными паяльными инструментами припой вводят в зазоры между спаиваемыми деталями одновременно с их нагревом. При пайке в соляных ваннах, электронечах, токами высокой частоты и другими высокопроизводительными способами припоя необходимо вводить заранее, при подготовке изделия к пайке.

В зависимости от назначения применяют припой в виде проволоки, ленты, фольги, штампованных колец, порошков или пасты, смешанной с флюсом. Количество припоя, необходимого для заполнения шва, можно определить опытным или расчетным путем по формуле

$$G = klh\delta\rho,$$

где  $G$  — масса припоя, г;  $k$  — коэффициент, характеризующий степень заполнения галтели паяного шва. Среднее значение принимается равным 1,5;  $l$  — длина паяного шва, см;  $h$  — высота (ширина) нахлестки, см;  $\delta$  — зазор между паяемыми деталями, см;  $\rho$  — плотность припоя, г/см<sup>3</sup>.

При пайке цилиндрических поверхностей используют припой в виде кольца, которое устанавливают по линии шва таким образом, чтобы он при расплавлении лучше заполнил зазоры между паяемыми деталями.

При пайке плоских поверхностей припой следует применять в виде фольги, которую закладывают в зазор

между паяемыми деталями. В этом случае припой изготовляют штамповкой фольги по форме паяемой поверхности.

Наиболее рациональные способы размещения припоя в соединениях перед пайкой показаны на рис. 26.

Припой в виде проволочных колец, заложенных в соединение, необходимо располагать вблизи линии шва, чтобы во время нагрева он под действием капиллярных сил лучше проникал в зазор соединения. Такая простая укладка по линии шва показана на рис. 26, а, б, в.

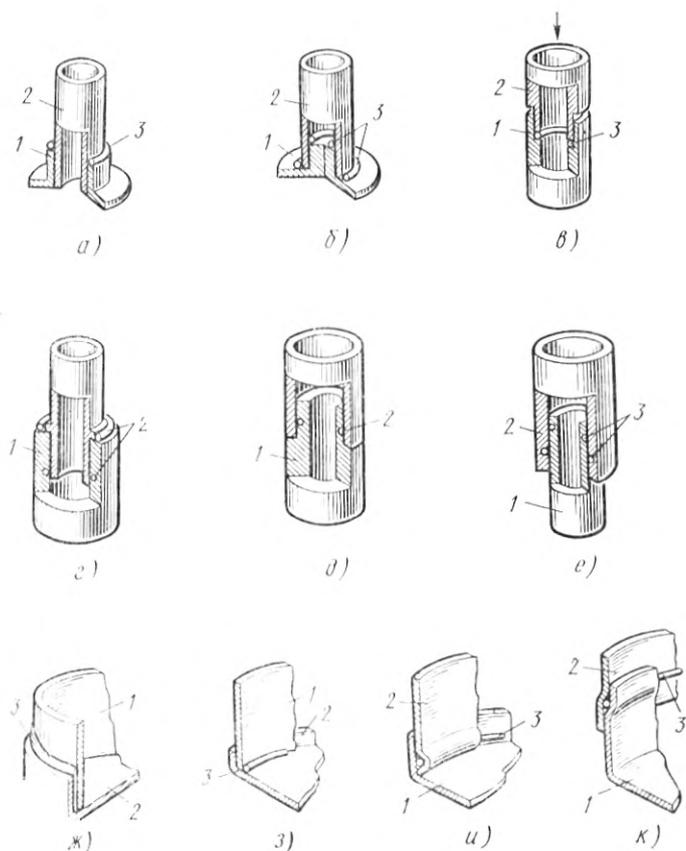


Рис. 26. Способы размещения припоя в соединениях:  
1, 2 — спаиваемые детали, 3 — припой

Чтобы заложённые в соединение кольца припой во время нагрева не смогли сместиться, рекомендуется для них в соединяемых деталях делать специальные кольцевые канавки (рис. 26, *г, д, е*).

Закладка припоя в виде фольги и проволоки в места соединения штампованных деталей из листового материала показана на рис. 26, *ж, з, и, к*.

## ГЛАВА VII

### ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПАЙКИ

#### § 26. ПАЙКА ПАЯЛЬНИКОМ

Паяльники применяются для пайки изделий низкотемпературными припоями. Независимо от способа нагрева и конструкции основное назначение паяльника — нагрев припоя до расплавления, нанесение его на место пайки, прогрев места пайки изделия и удаление излишков расплавленного припоя.

Самый простейший паяльник (рис. 27) состоит из медного заостренного наконечника 3, закрепленного на стальном стержне 2, с ручкой 1. Они бывают молотковые (рис. 27, *а*) и торцовые (рис. 27, *б*). Такие паяльники нагревают в пламени паяльной лампы или в специальных горнах. Иногда для паяльных работ применяют бензиновые и газовые паяльники. В качестве источника для нагрева этих паяльников используют спирт, бензин, городской газ, ацетилен, водород.

Бензиновый паяльник (рис. 28) представляет собой бензиновую горелку, к которой хомутом прикреплен на стержне обычный паяльник из меди. Бензиновый паяльник имеет резервуар 3 и горелку 2. Воздух через край 4 попадает в резервуар 3 и создает в нем повышенное давление. Бензин подается через край 5, распыляется струей сжатого воздуха и через форсунку горелки 2 выходит из горелки, где поджигается и образует пламя, необходимое для нагрева рабочей части 1 паяльника. Расход бензина при работе бензиновым паяльником составляет 0,16–0,2 л/ч.

Газовый паяльник (рис. 29) по конструкции напоминает бензиновый. В газовом паяльнике вместо бензиновой горелки применена ацетилено-кислородная 2, к которой прикреплен паяльник 1. В горелку по-

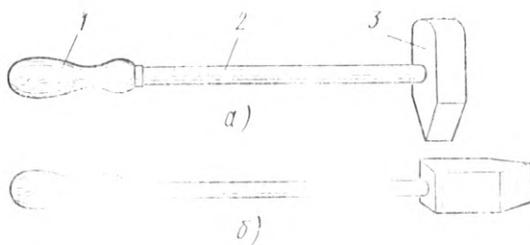


Рис. 27. Паяльники без внешнего нагрева:  
*a* — молотковый, *б* — горючий

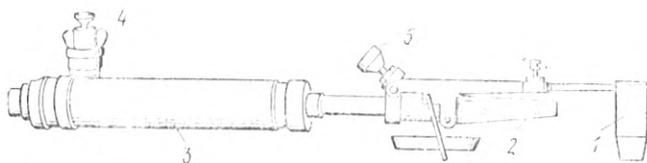


Рис. 28. Бензиновый паяльник

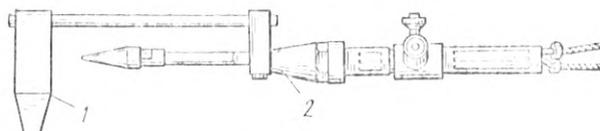


Рис. 29. Газовый паяльник

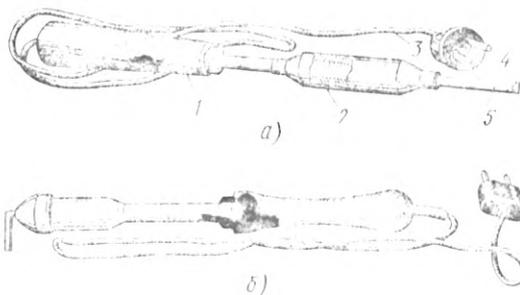


Рис. 30. Электропаяльник с нихромовым нагревателем:  
*a* — с прямым, *б* — Г-образным стержнем

стует ацетилено-кислородная смесь, которую на выходе поджигают, а образовавшееся при этом пламя нагревает рабочую часть паяльника. Температуру нагрева наконечника паяльника регулируют расходом газа.

Электропаяльник широко применяется на монтажных работах в приборостроении, радио- и электротехнике, а также в других отраслях промышленности. Он является одним из основных инструментов паяльщика-монтажника.

Электропаяльник с нихромовым нагревателем (рис. 30) состоит из нагревательного элемента 2, прямого или Г-образного медного стержня 5, шнура 3, штепсельной вилки 4 и рукоятки 1. Нагревательный элемент электропаяльника представляет собой нихромовую проволоку, намотанную на часть металлической трубки, изолированную слюдой и асбестом. Мощность паяльника зависит от количества витков и диаметра нихромовой проволоки нагревательного элемента.

Отечественная промышленность выпускает электропаяльники для бытовых целей по ГОСТ 7219—69, рассчитанные на напряжение 127 и 220 В, мощностью 35, 50, 65, 90, 120 и 220 Вт.

В зависимости от характера выполняемой работы многие предприятия для использования на своем производстве изготавливают электропаяльники различной конструкции, напряжения и мощности.

Электропаяльник со сменным нагревателем (рис. 31) состоит из штампованного стального корпуса 2, нагревателя 4, состоящего из керамического изолятора 3 с нихромовой спиралью, и медного наконечника 1.

Электропаяльник работает от сети напряжением 36 В, мощность его 20, 50 и 80 Вт. По сравнению с паяльниками другой конструкции он прост в изготовлении, долговечен, удобен при ремонте, экономичен в работе и имеет малую массу.

Электропаяльник с внутренним нагревателем (рис. 32) позволяет уменьшить расход электроэнергии в 2—4 раза. Срок службы нагревателей и медного стержня значительно больше, а габариты и масса меньше, чем у паяльников других конструкций. Паяльники могут быть изготовлены напряжением 12, 24, 36, 127 и 220 В и мощностью 5, 10, 15, 20, 30, 40 и 100 Вт.

Электропаяльник состоит из медного стержня 1, внутри которого расположен нагреватель 2, состоящий из фарфоровой трубки с намотанной на ней нихромовой спиралью 3. Нагреватель изолирован от медного стержня слюдой. Стержень 1 крепится тремя стальными спицами к деревянной рукоятке 4. Концы нихромовой спирали нагревателя присоединяются к шнуру с вилкой.

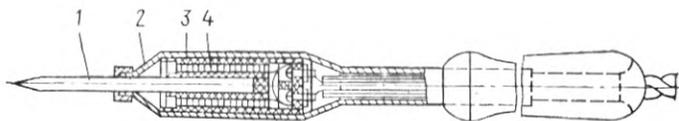


Рис. 31. Электропаяльник со сменным нагревателем

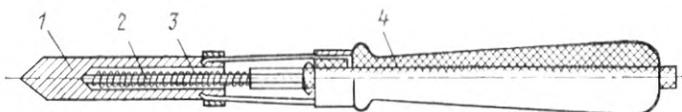


Рис. 32. Электропаяльник с внутренним нагревателем

Электропаяльник молотковый (рис. 33) применяется для пайки массивных изделий, требующих интенсивного нагрева. Обычно они делаются мощностью свыше 150 Вт.

Нагреватель паяльника состоит из массивного медного наконечника 1, на который наматывается нихромовая спираль 2. Нагреватель расположен в металлическом кожухе 4, от которого он изолирован толстым слоем асбеста 3.

Кожух с нагревательным элементом крепится к металлической трубке, на конце которой имеется деревянная рукоятка 5.

Электропаяльник с полуавтоматической подачей припоя (рис. 34) предназначен для пайки оловянно-свинцовыми припоями при объемном и печатном электромонтаже. Паяльник снабжен механизмом для подачи проволочного или трубчатого припоя 4 к рабочей части паяльного стержня 1. Припой подается толкателем. Кнопка 2, приводящая в действие механизм подачи припоя, расположена сверху, на ручке паяльни-

ка 3, и связана с толкателем через рычаг. Регулятор подачи припоя помещен на боковой стороне ручки. Рассчитаны паяльники на номинальное напряжение 36 В. Потребляемая мощность 36 Вт. Температура рабочей части стержня 290—350°C. Диаметр применяемого припоя 1—2 мм, диаметр рабочего стержня — 4 мм.

Электропаяльник абразивный (рис. 35) в отличие от обычного имеет рабочий стержень 5, спрессованный из порошка припоя и асбеста, играющего роль абразива. Стержень вставляется в медную втулку 6, на

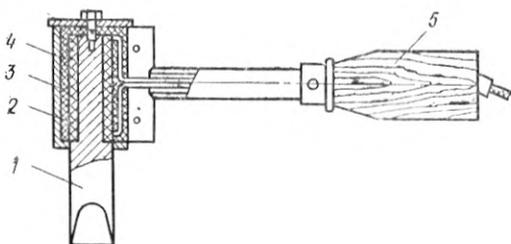


Рис. 33. Электропаяльник молотковый с постоянным нагревом

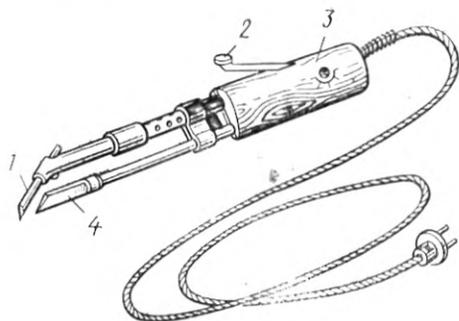


Рис. 34. Электропаяльник с полуавтоматической подачей припоя

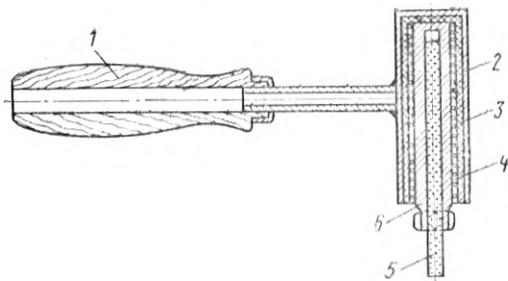


Рис. 35. Абразивный электропаяльник:  
1 — ручка, 2 — кожух,  
3 — изоляционный слой, 4 — вихревая проволока, 5 — рабочий стержень, 6 — медная втулка

которую намотана нихромовая проволока 4, образующая нагреватель паяльника. Абразивный паяльник используется для лужения при пайке алюминия легкоплавкими припоями без флюса. Окисная пленка с поверхности алюминия удаляется в процессе пайки при

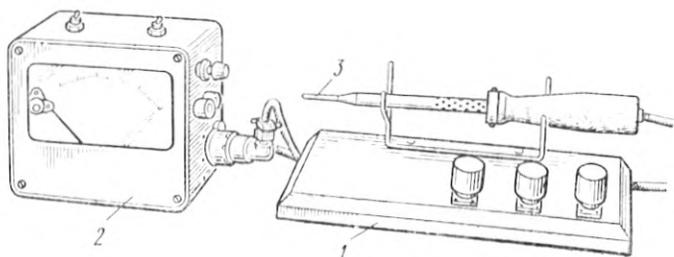


Рис. 36. Автоматический регулятор температуры электропаяльника:

1 — подставка для паяльника, 2 — регулятор температуры, 3 — электропаяльник

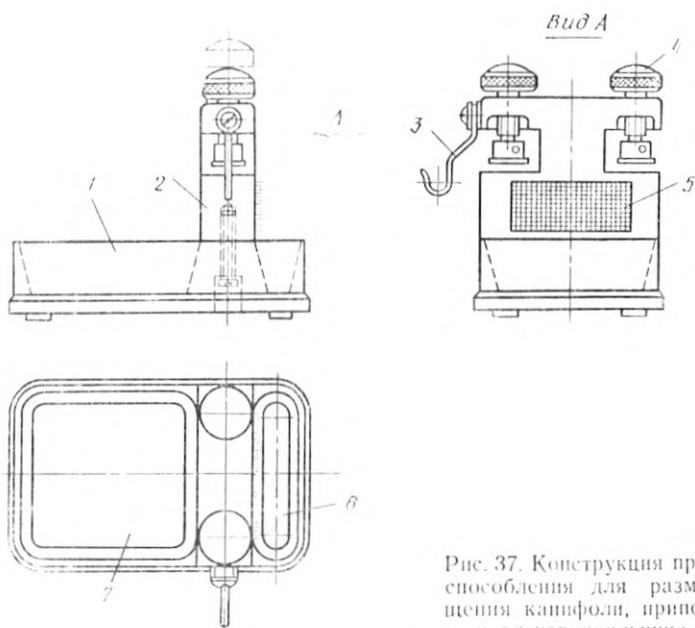


Рис. 37. Конструкция приспособления для размещения канифоли, припоя и электропаяльника

гребни абразивного рабочего стержня паяльника по месту пайки.

**Приспособления для пайки паяльником.** В качестве приспособлений, применяемых при пайке электропаяльниками, служат автоматический регулятор температуры, приспособления для размещения канифоли, припой и зачистки рабочей части паяльника, подставка для электропаяльника, дозатор для спиртово-канифольного флюса, наконечник для отпайки и др.

Регулятор температуры электропаяльника (рис. 36) автоматически поддерживает заданную температуру рабочего стержня электрического паяльника.

Соблюдение оптимального температурного режима пайки обеспечивает высокое качество соединения, предупреждает брак при пайке полупроводниковых приборов, печатных плат и других изделий. Прочность паяных соединений при этом увеличивается в 1,2—1,8 раза.

Диапазоны регулирования температуры 100—360°С. Погрешность измерения температуры  $\pm 3^\circ\text{C}$ , питание от сети переменного тока, напряжение 36 В, частота 50 Гц.

Приспособление для размещения канифоли, припоя и зачистки рабочей части жала паяльника (рис. 37) состоит из основания 1 с двумя ванночками 7 и 6 и стойкой 2 между ними. В ванночке 7 помещается канифоль. Стойка имеет по бокам две прорези, в которых винтами 4 закрепляется прутковый припой. На стойке сбоку над малой ванночкой закреплена металлическая щетка 5 для зачистки жала паяльника. Ванночка 6 предназначена для отходов, образовавшихся при зачистке паяльника. Крючок 3 служит для упора малогабаритного паяльника.

Дозатор (рис. 38, а) предназначен для нанесения жидкого спиртово-канифольного флюса на место пайки. Он состоит из полиэтиленового баллончика 7, ручки 3, пробки 4 и кольца 5. Через отверстие в баллончик вставляется полиэтиленовый наконечник 2 и закрепляется пробкой 4. На конце наконечника внутри баллончика надета хлорвиниловая трубка 6. С наружной стороны в наконечник вставляется изогнутая игла 1 (от медицинского шприца «Рекорд»), кончик иглы необходимо немного срезать, чтобы капли флюса после работы не стекали по наружной поверхности иглы, а всасывались обратно в баллончик. Выступающая часть

иголки с наконечника должна быть длиной не более 20—30 мм. До заполнения дозатора жидким флюсом необходимо проверить его на герметичность. Для этого необходимо снять с наконечника иголку, сдавить баллончик и плотно закрыть отверстие наконечника пальцем (рис. 38, б). При хорошей герметичности баллончик останется в сжатом состоянии.

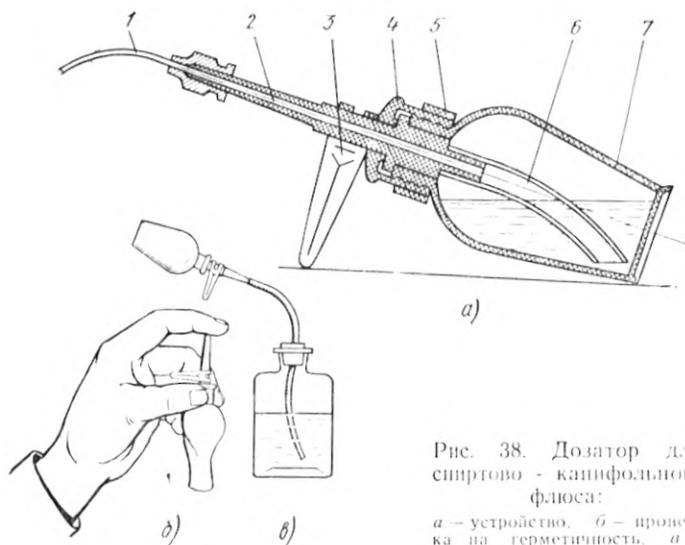


Рис. 38. Дозатор для спиртово-канифольного флюса:  
 а — устройство, б — проверка на герметичность, в — заполнение флюсом

Дозатор заполняют флюсом (рис. 38, в) из стеклянного сосуда, через пробку которого пропущена хлорвиниловая трубка диаметром 3,5—4 мм. Наконечник вставляют в хлорвиниловую трубку (предварительно сняв иголку) и попеременно сжимают и разжимают баллончик дозатора до заполнения его на  $\frac{3}{4}$  объема жидким флюсом. После заполнения наконечник протирают и плотно насаживают иголку.

Использование дозатора дает возможность значительно экономить спиртово-канифольный флюс, а также способствует повышению производительности труда и улучшению качества пайки.

Наконечник для отпайки (рис. 39) применяют для одновременного отсоединения нескольких проводов в печатных схемах при демонтаже.

Он представляет собой медный наконечник с каналами и прорезями для отвода расплавленного припоя.

**Подготовка паяльника к пайке.** Рабочую часть паяльника (конец медного стержня) перед пайкой необходимо очистить от следов окислы. Рабочая часть паяльника должна быть зашпильена с двух сторон под углом  $30-40^\circ$ , а затылочная часть — под углом  $75-80^\circ$

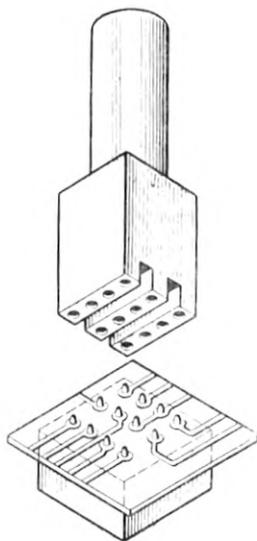
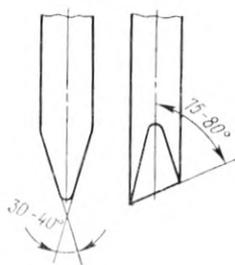


Рис. 39. Наконечник для отпайки

Рис. 40. Форма рабочей части паяльника



(рис. 40). Такая форма рабочей части паяльника облегчает стекание припоя в место соединения.

Затем электропаяльник включают в электросеть и нагревают до температуры плавления канифоли ( $125^\circ\text{C}$ ), после чего рабочую часть паяльника покрывают слоем канифоли для предохранения от окисления при дальнейшем нагреве. Операцию покрытия рабочей части паяльника канифолью периодически повторяют, так как канифоль выгорает и частично стекает.

Когда паяльник нагреется до температуры плавления припоя, его облуживают, т. е. покрывают конец медного стержня тонким слоем припоя. Если паяльник не загрязнен, капля припоя прилипает к нему. Затем конец стержня паяльника быстро протирают на деревянной доске, в результате чего припой должен расположиться

ровным слоем по всей его рабочей поверхности. Слой припоя предохраняет паяльник от окисления в процессе работы.

Для увеличения срока службы паяльников рекомендуется медные стержни проковывать холодным способом, придавая рабочей части требуемую форму. Наклеп уменьшает интенсивность растворения меди в припой. Стойкость наконечников электропаяльников можно значительно увеличить, применяя наконечники из специальных сплавов с добавкой циркония. Стойкость наконечника, изготовленного из бронзы БрЦч—0,1, увеличивается по сравнению с медным в 8 раз, а из бронзы БрХРЦч—0,3—0,3—0,13— в 16 раз.

При пайке мелких деталей температура паяльника должна быть 250—300°C, а при пайке крупных деталей— 350—400°C.

Если паяльник недостаточно нагрет, то припой на спаиваемых поверхностях быстро остывает и превращается в кашеобразную массу. Такая пайка очень непрочна, так как ухудшается смачиваемость металла припоем. С другой стороны, нельзя допускать перегрева паяльника, так как может произойти окисление меди и припоя, который будет покрываться темной пленкой окислов, не прилипая к паяльнику. Признаком перегрева может служить сильное сгорание канифоли с выделением дыма вместо ее плавления. Электрические паяльники нельзя долгое время оставлять включенными, если они не используются, так как при этом они перегреваются и покрываются слоем окалины.

Нагретый паяльник в процессе работы рекомендуется класть на специальную подставку.

**Технологический процесс пайки электропаяльником.** Технологический процесс пайки электропаяльником сводится к следующему. Облуженным паяльником наносят расплавленный припой на место соединения, предварительно покрытое слоем флюса, и прогревают это место паяльником. Припой затекает в зазор между спаиваемыми деталями и сплавляется с основным металлом. Затем паяльник отводят, припой затвердевает, образуется монолитное соединение. При этом спаиваемые детали должны быть неподвижны относительно друг друга до полного затвердения припоя.

Удобнее подавать припой к месту пайки непосредственно от прутка или проволоки. Для этого в левой руке

держат пруток припоя вблизи места пайки, а в правой — нагретый паяльник, которым нагревают одновременно и место спая, и припой, расплавляемый в необходимом количестве.

Соединение должно быть хорошо прогрето паяльником для обеспечения полного покрытия участка пайки расплавленным припоем и затекания его в зазоры между спаиваемыми деталями.

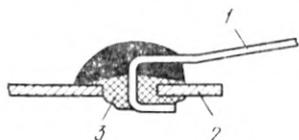


Рис. 41. Фальшивая пайка:

1 — провод, 2 — лепесток, 3 — затвердевший флюс

Подвод тепла к месту пайки должен быть интенсивным, так как обычно детали имеют высокую теплопроводность, быстро поглощают и рассеивают тепло. При пайке деталей разных размеров тепло необходимо подводить к более массивной детали, а при пайке деталей из разных материалов — к детали из материала с меньшей теплопроводностью.

Во избежание перегрева деталей пайку следует вести по возможности быстро.

При недостаточном прогреве узла, а также из-за плохого облуживания или окисления слоя припоя в результате длительного хранения часто образуется так называемая фальшивая пайка (рис. 41). Механическая прочность соединения при фальшивой пайке ничтожна — при эксплуатации изделий паяные швы быстро разрушаются.

При недостаточном прогреве узла, а также из-за плохого облуживания или окисления слоя припоя в результате длительного хранения часто образуется так называемая фальшивая пайка (рис. 41). Механическая прочность соединения при фальшивой пайке ничтожна — при эксплуатации изделий паяные швы быстро разрушаются.

В момент прогрева узла паяльник рекомендуется держать на одном месте, слегка покачивая, пока флюс и припой не затекут в зазоры между спаиваемыми деталями. Место соединения не следует заливать большим количеством припоя, так как это не приводит к повышению прочности шва, а лишь увеличивает расход припоя. Некоторые приемы пайки паяльником изображены на рис. 42.

Технологический процесс пайки электропаяльником состоит из следующих технологических операций:

подготовка рабочей части медного стержня паяльника (рис. 42, а);

включение электропаяльника в сеть для подогрева (рис. 42, б);

нанесение слоя канифоли или жидкого флюса на

рабочую часть медного стержня паяльника (рис. 42, *в*);  
 облуживание рабочей части медного стержня паяль-  
 ника припоем (рис. 42, *г*);  
 нанесение слоя канифоли или жидкого флюса на  
 место пайки (рис. 42, *д*);  
 прогрев паяльником места соединения, нанесение  
 припоя и выполнение процесса пайки (рис. 42, *е*).

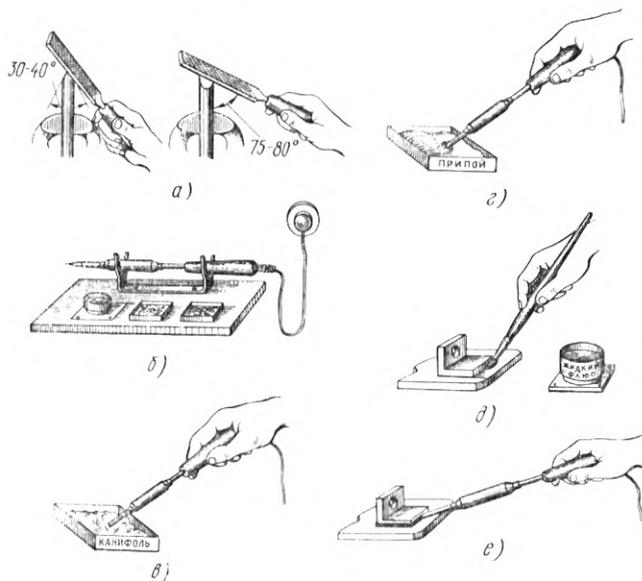


Рис. 42. Технологические операции пайки электропаяльником

При пайке электропаяльником монтажных соединений рационально применять трубчатый, проволоочный припой, который облегчает пайку в труднодоступных местах, при этом существенно снижается расход его и флюса, процесс пайки ускоряется, необходимость в предварительном нанесении флюса отпадает.

Трубчатый припой представляет собой проволоку из оловянно-свинцового припоя с сердцевинкой из канифоленного флюса различной формы (рис. 43).

Для пайки паяльником меди и медных сплавов, а также углеродистых и низколегированных сталей при-

меняют оловянно-свинцовые припой на цинковой, висмутовой, кадмиевой и пидиевой основе.

В качестве флюса при пайке паяльником применяют каннифоль и флюсы на ее основе, водные растворы хлористого цинка с добавками различных хлористых солей.

**Меры предосторожности при пайке электрическим паяльником.** Не разрешается в производственных ус-



Рис. 43. Трубчатые припой с сердцевинной из флюса

ловнях использовать для питания электропаяльника напряжение выше 36 В. Ручка электрического паяльника должна быть из изоляционного материала и сухой.

Чтобы избежать обрыва шнура, возникновения короткого замыкания и попадания под опасное напряжение, не разрешается вытаскивать из штепсельной розетки электропаяльник за шнур.

Стационарные места пайки должны быть оборудованы местными вытяжными устройствами, обеспечивающими скорость воздуха непосредственно на месте пайки не менее 0,6 м/с.

Помещения, в которых выполняются паяльные работы, должны быть оборудованы приточно-вытяжной вентиляцией, защищающей рабочих от вредного действия паров и газов, выделяющихся при пайке. При работе с электрическим паяльником необходимо строго соблюдать правила защиты от поражения электрическим током.

## § 27. ПАЙКА С НАГРЕВОМ ПАЯЛЬНОЙ ЛАМПОЙ

Для нагрева изделий при пайке в мелких мастерских и быту используют паяльные лампы. При этом чаще всего пайку выполняют легкоплавкими припоями, но иногда применяют и тугоплавкие припой со сравнительно невысокой температурой плавления, например серебряные. Паяльными лампами можно паять детали с менее тщательной подготовкой места пайки, так как

пламя лампы обеспечивает выгорание различных загрязнений, находящихся на паяемой поверхности. Место пайки покрывают флюсом и греют пламенем паяльной лампы до тех пор, пока пруток припой при соприкосновении с деталью не начнет плавиться. Во время пайки необходимо непрерывно добавлять как припой, так и флюс. В случае недостаточного количества флюса поверхность спая в результате нагрева может окислиться и затекание припоя в зазор соединения может прекратиться.

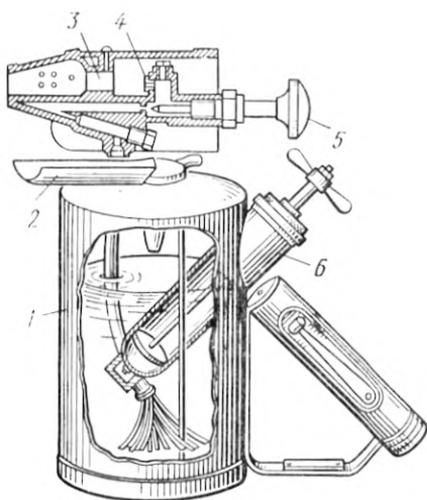
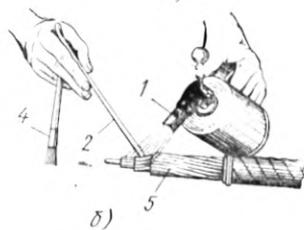


Рис. 44. Паяльная лампа



а)



б)

Рис. 45. Приемы пайки паяльной лампой:

а — пайка тройника, б — облуживание алюминиевых жил; 1 — паяльная лампа, 2 — припой, 3 — тройник, 4 — кисточка для нанесения флюса, 5 — алюминиевый многожильный провод

В качестве горючего используют бензин и керосин. Температура пламени бензиновых паяльных ламп достигает 1000—1100°C. Лампы изготовляют с резервуарами емкостью 0,5; 1; 1,5; 2 л. На рис. 44 показана бензиновая паяльная лампа. Из резервуара 1 под небольшим давлением жидкое горючее после накачивания

воздуха насосом 6 поступает в предварительно нагретый испаритель смесительной камеры 3, где переходит из жидкого состояния в газообразное. В трубке, примыкающей к испарителю, горючий газ смешивается с подсосываемым воздухом. На выходе горючую смесь поджигают. Количество подаваемого газа к соплу 4 регулируют с помощью рукоятки регулятора 5. Паяльную лампу разжигают в следующем порядке: в резервуар 1 лампы наливают горючее до  $\frac{3}{4}$  объема, затем в ванночку 2 под испарителем наливают спирт и поджигают. Когда пламя затухнет, отвинчивают регулирующий винт 5, при этом пары бензина выходят через сопло 4, подсосывая воздух. Выходящие из смесительной камеры пары поджигают, образуется пламя, которое превращается в плотный факел.

Приемы пайки с нагревом паяльной лампой представлены на рис. 45. На рис. 45, а показана пайка тройника, а на рис. 45, б — облуживание алюминиевых жил троса. Паяльные лампы, широко применявшиеся ранее для паяльных работ, вытесняются газопламенными горелками.

**Меры предосторожности при пайке паяльной лампой.** До разжигания паяльной лампы необходимо проверить ее исправность и при необходимости устранить подтекание горючего.

Паяльную лампу необходимо заполнить горючим не более 75% ее емкости. Давление воздуха в лампе во избежание взрыва не должно превышать 1,5—2,0 кгс/см<sup>2</sup>.

Запрещается: доливать горючее в горячую лампу, разжигать лампу подачей горючего через горелку, снимать горелку до спуска давления.

Паяльные лампы можно выдавать только рабочим, знакомым с правилами обращения с ними.

## § 28. ПАЙКА ГАЗОПЛАМЕННЫМИ ГОРЕЛКАМИ

При газопламенной пайке нагрев производится газопламенными горелками. Газопламенные горелки по способу подачи горючего газа в смесительную камеру подразделяются на инжекторные (низкого давления) и безинжекторные (высокого давления). В настоящее время наиболее широкое применение находят инжекторные горелки, принципиальная схема которых дана на рис. 46.

Кислород под избыточным давлением  $4 \text{ кгс/см}^2$  через входной кислородный штуцер поступает в инжектор 3 и выходит с большой скоростью из центрального канала инжектора. При этом струя кислорода создает разрежение в ацетиленовых каналах корпуса горелки 1, и

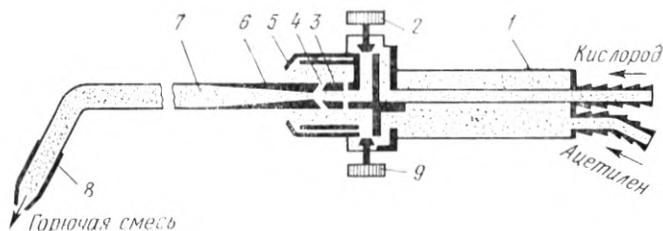


Рис. 46. Схема инжекторной горелки

за счет которого ацетилен через отверстие 4 подсасывается в смешательную камеру 6, откуда образовавшаяся горючая смесь направляется через трубку 7 в мундштук 8 и на выходе сгорает.

Количество поступающего газа в горелку регулируется при помощи кислородного вентиля 2 и ацетиленового 9. Накидная гайка 5 служит для присоединения мундштука 8 к корпусу горелки 1.

При пайке особенно крупногабаритных изделий целесообразно применять сетчатые мундштуки (рис. 47), которые образуют мягкое пламя, расширяющееся вниз под небольшим углом, при этом обеспечивается более равномерный прогрев изделия и снижается опасность перегрева.

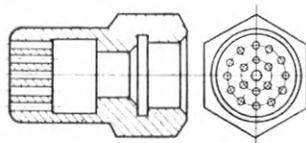


Рис. 47. Сетчатый мундштук

Горелки ГС-3 применяют для паяльных работ на более крупных изделиях, а ГС-2 — для пайки более тонких изделий.

Для паяльных работ применяют также керосино-кислородные горелки типа ГКУ-55 и ГКР-1-57 и бензовоздушные горелки.

На рис. 48 изображена керосино-кислородная горелка ГКУ-55. Кислород из баллона поступает в горелку по

шлангу через игольник 1, затем по трубе 2 в смешительную камеру 7. Керосин по шлангу из бачка проходит к игольнику 10, затем по трубке 8 в испаритель 4, где нагревается пламенем подогревающего сопла 5 и испаряется. Пары керосина смешиваются с кислородом, который поступает с большой скоростью из инжектора в

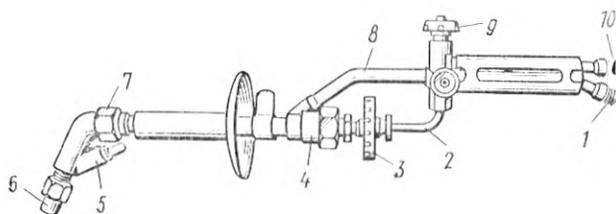


Рис. 48. Керосино-кислородная горелка ГКУ-55

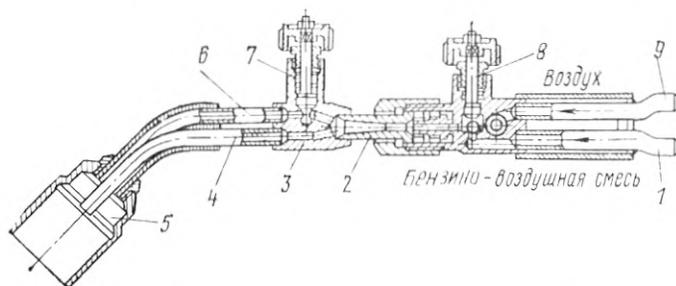


Рис. 49. Бензино-воздушная горелка

смесительную камеру. Образующаяся горячая смесь через мундштук 6 выходит в атмосферу. Количество поступающего горячего регулируют маховичком 3, а подачу керосина вентилем 9. Максимальная температура пламени 2300°C.

Бензино-воздушная горелка (рис. 49) работает на горючей бензино-воздушной смеси. Применяется при пайке изделий из металлов и сплавов, имеющих низкую температуру плавления (свинец, алюминий, магний и т. д.), а также при пайке легкоплавкими припоями. Она может работать и как газовый паяльник. Воздух от компрессора по штуцеру 9 поступает через вентиль 8 в

смесительную камеру 2, где смешивается с бензино-воздушной смесью, поступающей туда из бензинового бачка. Разбавленная таким образом смесь поступает в корпус 3 и разветвляется на два потока. Часть смеси через вентиль 7, трубку 6 и сетку 5 мундштука выходит в атмосферу и сгорает, образуя факел пламени. Другая

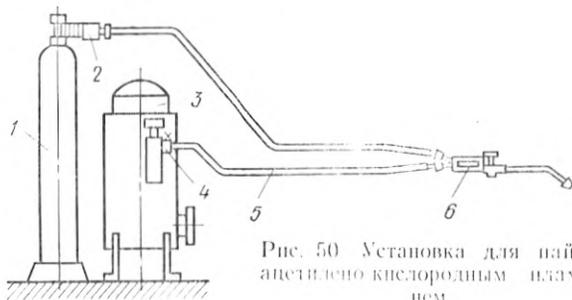


Рис. 50 Установка для пайки ацетилено-кислородным пламенем

часть смеси по трубке 4 поступает в центральное отверстие мундштука, выходит в атмосферу и, сгорая, создает ядро пламени. При эксплуатации бензино-воздушной горелки необходимо соблюдать следующее правило — при зажигании горелки нужно открыть на  $\frac{1}{4}$  оборота вентиль 1 бензино-воздушной смеси, после чего поджечь смесь и воздушным вентиляем отрегулировать пламя.

**Горючие смеси.** Источником тепла при пайке газопламенными горелками является газообразное топливо. Наряду с ацетиленом не используют и другие горючие газы и пары горючих жидкостей, а также различные газовые смеси. Вместо ацетилена целесообразно использовать пропан, так как стоимость его невысока и он не вступает в реакцию с флюсами во время пайки. Кроме того, пропано-кислородное пламя не ослепляет паяльщиков. Для пайки деталей небольших размеров, если температура плавления применяемых припоев не превышает  $450^{\circ}\text{C}$ , рекомендуется применять бензино-воздушные и керосино-воздушные горелки. Наиболее высокую температуру пламени можно получить, применяя ацетилено-кислородную смесь.

Схема установки для пайки ацетилено-кислородным пламенем показана на рис. 50. Газообразный кислород поступает в горелку 6 из кислородного баллона 1 через кислородный редуктор 2, снижающий высокое давление кислорода в баллоне до рабочего ( $1,5\text{—}3,5\text{ кгс/см}^2$ ).

Ацетилен подается в горелку 6 из генератора 3 через ацетиленовый редуктор 4 по нижнему шлангу 5. В горелке оба газа смешиваются. На выходе из горелки смесь газов зажигают, образовавшееся при этом пламя используют для нагрева паяемых деталей и плавления припоя.

**Понятие о пламени.** При пайке паяльщику необходимо тщательно следить за правильным строением пламени горелки. Хорошо отрегулированное пламя состоит из трех зон (рис. 51): ядра 1, средней зоны 2 и факела 3.

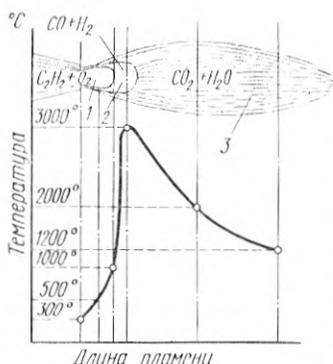


Рис. 51. Кривая распределения температуры ацетилено-кислородного пламени

Смесь ацетилена и кислорода при выходе из отверстия горелки нагревается за счет тепла окружающего пламени. Ацетилен при температуре 600—700°C разлагается на углерод и водород, в результате чего образуется зона 1 пламени, состоящая из трех свободных элементов: углерода, водорода и кислорода. Эта зона называется ядром пламени и имеет яркую окраску. Средняя зона 2, окружающая ядро, состоит из окиси углерода и водорода. В этой зоне осуществляется первая фаза горения, при этом развивается температура около 3000°C. Факел, имеющий окраску красно-желтого цвета, образует зону 3 пламени и состоит из двуокиси углерода и воды. Такое же строение имеет и пламя любой смеси углеводородных газов, водорода и паров горючей жидкости.

В зависимости от соотношения расхода ацетилена и кислорода пламя по своему характеру может быть нормальным (рис. 52, а), науглероживающим (рис. 52, б) и окислительным (рис. 52, в).

Нормальное пламя получается при сгорании смеси, состоящей из 50% ацетилена и 50% кислорода (по объему). Такое пламя имеет голубоватый цвет и резко очерченное ядро, температура пламени близка к максимальной.

Науглероживающее пламя образуется при избытке в горючей смеси ацетилена. Ядро в этом случае удлиняется, теряет резкие очертания и имеет зеленоватый цвет. Пламя становится коптящим, удлиняется и приобретает желтоватую окраску.

Окислительное пламя получается при избытке в горючей смеси кислорода. Ядро по сравнению с ядром нормального пламени становится укороченным, заостренным, с менее резкими очертаниями. Пламя становится фиолетовым. Температура окислительного пламени несколько выше температуры нормального пламени. Избыток кислорода в пламени окисляет металл.

Характер пламени паяльщик обычно устанавливает на глаз, по внешнему виду.

Для пайки высокоплавкими припоями необходима температура 1000°C и выше, поэтому места пайки изделия, как правило, нагревают факелом ацетилено-кислородного пламени. Паяльщик может регулировать температуру нагрева места пайки, приближая или удаляя пламя от изделия или изменяя расход горючей смеси.

Использование газов — заменителей ацетилена — с более низкой температурой пламени, а также применение воздуха вместо кислорода при пайке не снижают качества паяных изделий и дают значительный эффект.

**Мощность пламени, или мощность горелки.** Мощность определяется количеством проходящего через горелку ацетилена или другого горючего (л/ч). Мощность пламени выбирается в зависимости от температуры плавления применяемого припоя, толщины и теплопроводности спаиваемого металла.

Мощность пламени при пайке высокоплавкими припоями определяется по следующей формуле:

$$Q = k \cdot \delta,$$

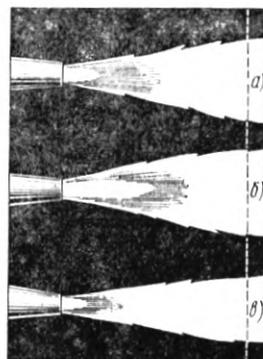


Рис. 52. Внешний вид ацетилено-кислородного пламени в зависимости от соотношения расхода ацетилена и кислорода

где  $Q$  — расход газа, л/ч;  $\delta$  — толщина наиболее массивной или теплопроводной детали, мм;  $k$  — коэффициент, зависящий от природы металла.

**Подготовка к пайке и работа газопламенной горелки.** 1. Перед началом работы тщательно осматривают трубопроводы, редукторы, водяные затворы, вентили баллонов и другое оборудование, используемое при пайке. При обнаружении дефектов немедленно устраняют их.

2. При работе ацетилено-кислородной горелкой проверяют, есть ли подсос ацетилена к горелке, для чего соединяют кислородный ниппель горелки с кислородным баллоном. Затем по редуктору устанавливают давление кислорода 1,5—3,5 кгс/см<sup>2</sup> и открывают частично кислородный вентиль горелки. Приложив ладонь к ацетиленовому ниппелю, проверяют, есть ли подсос горючего газа.

При отсутствии подсоса ацетилена горелку отсоединяют и продувают каналы мундштука, смесительной камеры и инжектора или прочищают их медной или алюминиевой проволокой, а также подтягивают гайку смесительной камеры или сальниковую гайку.

После устранения дефектов горелку вновь соединяют с ацетиленовым шлангом.

3. При зажигании смеси сначала открывают кислородный вентиль, а затем ацетиленовый. После открытия вентиля быстро зажигают горючую смесь, в противном случае она может взорваться.

4. Устанавливают нормальное пламя горелки, регулируя вентилями состав и расход горючей смеси.

5. При пайке следят за тем, чтобы горелка не перегрелась. При длительной работе мундштук периодически охлаждают в воде.

6. Для прекращения работы горелки сначала выключают подачу ацетилена, а затем кислорода.

Характерные неполадки, встречающиеся при работе горелки, и способы их устранения приведены в табл. 11.

**Технологический процесс газопламенной пайки.** Для пайки газопламенной горелкой используют среднеплавкие и высокоплавкие припой. Перед пайкой горелкой детали очищают от окалины или ржавчины, обезжиривают, промывают, высушивают, покрывают флюсом, собирают в приспособлениях с заданным зазором и располагают на столе так, чтобы во время пайки обе руки

## II. Неполадки в работе горелок и способы их устранения

Неполадки	Причины	Способы устранения
Неплотность в сальниках венцилей	Усыхание и разработка сальников	Подтянуть сальниковые гайки или добавить сальниковую набивку (шпуровой асбест, пропитанный парафином)
Отсутствие подсоса в канале горючего газа	Засорение каналов мундштука, смесительной камеры или инжектора  Ослабление накидной гайки смесительной камеры	Продуть эти каналы в направлении, обратном обычному току, или прочистить отверстия медной или алюминиевой проволокой. Подтянуть накидную гайку
Хлопки	Изменение состава смеси (для городского газа) Пропуск кислорода под инжектором	Поставить мундштук меньшего диаметра Притереть инжектор, подтянуть накидную гайку смесительной камеры
Отрывы пламени	Изменение состава смеси (для городского газа)	Поставить мундштук большего диаметра

паяльщика были свободны. Паяльщик в одной руке держит горелку, а в другой — припой (рис. 53, а).

Для повышения производительности труда паяльщика при массовом производстве предварительный прогрев деталей осуществляют в газовых или электрических печах.

Флюсы при газопламенной пайке целесообразно наносить до нагрева деталей. Порошкообразный флюс при пайке сдувается газовым пламенем, поэтому его наносят на слегка подогретые кромки спаиваемых деталей или перед употреблением разводят водой до пастообразного состояния, а затем наносят на спаиваемые поверхности щеткой или кистью.

Лучшим способом флюсования в процессе пайки является погружение горячего конца прутка припоя в ящик с сухим порошкообразным флюсом. Пруток при-

при должен своим концом касаться нагретых деталей. Нельзя плавить припой непосредственно в пламени и допускать его стекание в место пайки каплями. Во избежание перегрева припой в момент его затекания в зазор между деталями горелку удаляют от зазора на 30—40 мм, но держат ее над местом пайки.

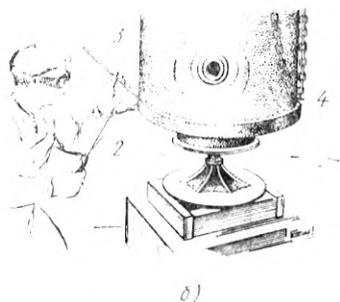
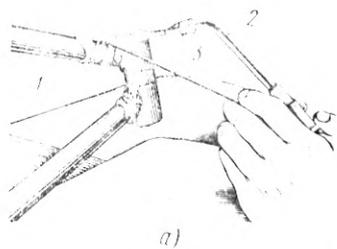


Рис. 53. Приемы пайки велосипедной рамы (а) и цилиндрических изделий (б) газосварочной горелкой:

1 — рама, 2 — горелка, 3 — припой, 4 — изделие

Горелку с пламенем нужно непрерывно перемещать для обеспечения равномерного прогрева.

Использование различных поворотных приспособлений при газопламенной пайке цилиндрических изделий (особенно тяжелых) значительно облегчает труд паяльщика, повышает его производительность и улучшает качество паяного шва.

На рис. 53, б показано наложение кольцевого шва на цилиндрическое изделие, установленное на вращающемся столе.

Паяльщик в процессе газопламенной пайки должен соблюдать следующие правила:

при пайке стыка, состоящего из деталей различной толщины, направлять пламя горелки на более массивную деталь, а

при пайке деталей одинаковой толщины — на деталь, имеющую высокую теплопроводность;

не перегревать места спая, так как при этом возможно изменение химического состава припоя в результате выгорания некоторых его компонентов, снижение эффективности действия флюса и пережог металла спаиваемых деталей;

не передвигать изделие до полного затвердевания припоя, так как при перемещении в шве могут появиться трещины.

При выполнении паяльных работ возможны частые перерывы, необходимые для замены припоя, поворота детали, установки приспособления и т. д. Так как эти перерывы обычно кратковременны, паяльник не выключает горелку.

С целью экономии газов на посту паяльщика рекомендуется устанавливать специальный прибор — экономизатор. Поступая в этот прибор, кислород и ацетилен частично отводятся в специальную маленькую горелку,

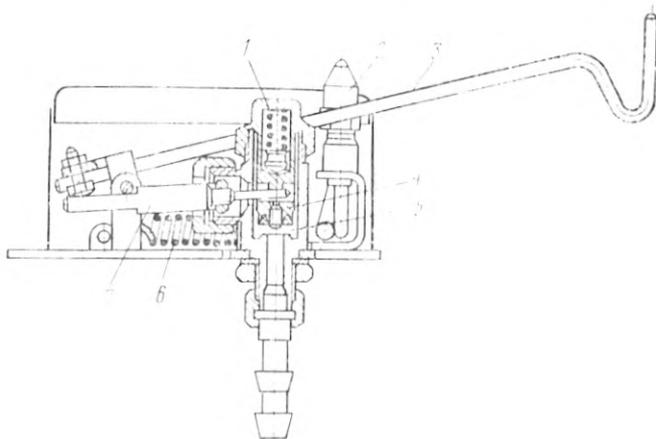


Рис. 54 Устройство ацетиленовой камеры экономизатора

образуя дежурное пламя, а сварочная горелка в это время выключена.

На рис. 54 показано устройство камеры экономизатора ЭГТ-1-56.

Паяльник при перерывах в работе вешает горелку на крючок рычага 3, который под действием веса горелки освобождает рычаг 7. Под действием запорной пружины 1 клапан 4 опускается на седло 5 и перекрывает проход ацетилена, поступающего в экономизатор через выходной вентиль. В то же время часть ацетилена продолжает поступать в маленькую горелку 2. Аналогично устроена и кислородная камера. Таким образом, при перерыве в работе пламя рабочей горелки гасится, а горит лишь дежурное пламя маленькой горелки 2. При-

ступая вновь к работе, паяльщик снимает горелку с крючка экономизатора, и под действием возвратной пружины 6 рычаг 7 поднимает клапан 4. Газовая смесь поступает в рабочую горелку и ее зажигают от дежурного пламени.

После пайки газовым пламенем паяные швы очищают от остатков флюсов и образовавшихся шлаков. При

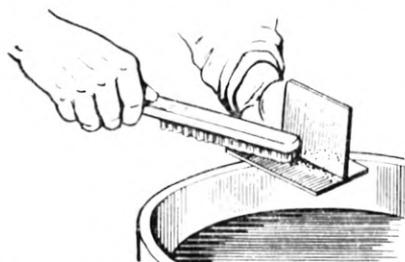


Рис. 55. Удаление остатков флюса после пайки металлической щеткой

короблении изделия производится рихтовка (выправление неровностей).

Остатки флюсов удаляют проволочной щеткой с одновременной промывкой в воде (рис. 55). При этом остатки шлаков также смывают водой, затем изделие промывают еще раз и сушат.

Недостатками газопламенной пайки являются коробление изделий, окисление их, трудность контроля температуры нагрева, сложность работы, что вызывает необходимость использования паяльщиков высокой квалификации, невозможность выполнения швов в труднодоступных местах и одновременного наложения их на одном изделии.

Выбор припоя для газопламенной пайки зависит от металла соединяемых пайкой деталей.

**Меры предосторожности при пайке газопламенной горелкой.** Перед началом работы необходимо проверить герметичность всей аппаратуры и шлангов; утечка газов может привести к отравлению рабочих и к образованию взрывоопасной смеси.

При зажигании необходимо открыть сначала кислородный, затем ацетиленовый вентиль, и сразу зажечь смесь.

Запрещается выполнять пайку горелкой в непосредственной близости от огнеопасных и легковоспламеняющихся материалов. При пайке на открытом воздухе расстояние от рабочего места до огнеопасных материалов должно быть не менее 10 м.

Запрещается выполнять пайку изделий, находящихся под давлением.

Баллоны с газами должны храниться в специальном помещении на стеллажах в вертикальном положении.

Не допускается хранение горючих газов в одном помещении с кислородными баллонами.

Небрежное обращение с баллонами со сжатыми газами (сильный удар, толчки, падение) может привести к взрыву большой разрушительной силы. В пределах завода или цеха баллоны разрешается перевозить на специальных тележках.

Запрещается ремонтировать вентиль на наполненном баллоне.

Нельзя отогревать замерзший вентиль пламенем горелки или другим источником тепла с открытым пламенем. Для этого применяют пар или горячую воду.

К выполнению работ по газопламенной пайке допускают лиц не моложе 18 лет, прошедших инструктаж и сдавших экзамены по технике безопасности.

## § 29. ПАЙКА В ЭЛЕКТРОПЕЧАХ

Пайка в электропечах является наиболее производительным и экономичным методом, позволяющим обеспечить высокое качество паяных соединений и применять широкую механизацию процесса.

Изделия после пайки в печах имеют минимальное коробление, а при использовании защитной атмосферы поверхность изделия не окисляется.

Для производства паяльных работ применяют различные электрические печи: камерные, конвейерные, с роликовым подом, вакуумные и др.

Камерная электрическая печь (рис. 56) представляет собой металлический каркас 2 прямоугольной формы с дверцей 1. Теплоизоляция 3 выполнена из ультралегковесного кирпича, а рабочая камера — из огнеупорного высокоглиноземистого шамота. Контейнер с паяльными изделиями устанавливается на карборундовую плиту. В печи смонтировано 12 V-образных нагревательных элементов 6 из молибдена, нормальная работа которых может быть обеспечена при наличии защитной атмосферы в пространстве печи. Температура в печи регулируется автоматически приборами 4. На своде печи установлены две терморпары 5. Питание нагревателей осуществляется от сети через пони-

жающий трансформатор 7. Максимальная температура в печи достигает 1600°C.

Конвейерная электрическая печь (рис. 57) состоит из трех камер: предварительного подогрева 6, пайки 7 и охлаждения 8. Изделия для пайки

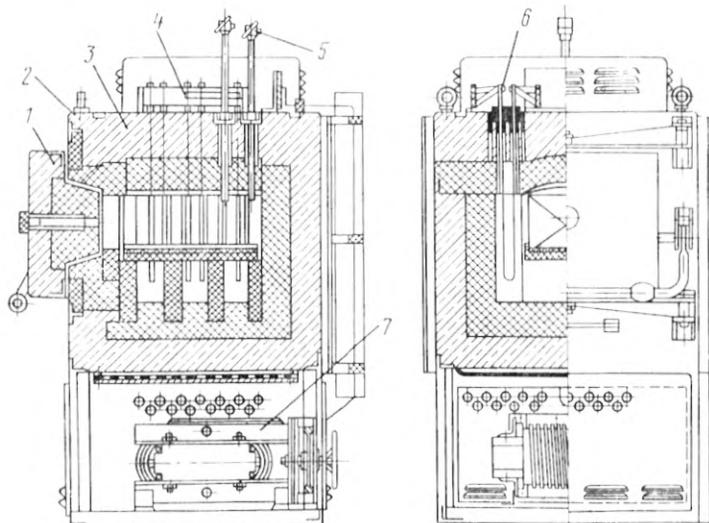


Рис. 56. Камерная высокотемпературная электропечь типа СНО-3

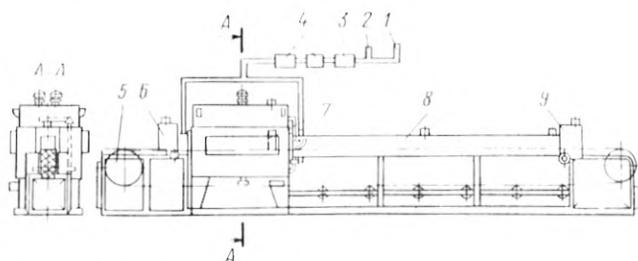


Рис. 57. Схема электропечи с ленточным конвейером

устанавливают на подвесную ленту конвейера 5, которая последовательно проходит через всю печь. Контролируемая атмосфера приготавливается в специальной установке, от которой по трубопроводам 1 и 2 поступает в

осушители 3 и 4, а затем в пространство печи. Вход и выход 9 печи постоянно открыты, так как конвейер непрерывно перемещается. Попадание воздуха в рабочее пространство предотвращается избыточным давлением контролируемой атмосферы.

Электрическая печь с роликовым подом (рис. 58) состоит из трех камер: для подогрева, пайки и охлаждения. Паяные изделия подаются в печь по роликам или на легких транспортирующих устройствах — решетках, противнях и т. д. При загрузке изделий в камеру подогрева в нее подают избыточное количество контролируемой атмосферы, препятствующей проникновению в нее воздуха. Все камеры между собой разделены дверцами, которые автоматически открываются при перемещении паяных изделий по роликовому поду.

Электрическая вакуумно-водородная печь типа ИО50.007 (рис. 59) получила широкое распространение для выполнения паяльных работ. Электropечь имеет стержневые молибденовые нагреватели, снабжена вакуумным агрегатом ВА-5-4, двумя форвакуумными насосами ВП-1 и системой автоматического регулирования температуры с поддержанием разности в заданных пределах.

Электрическая вакуумно-водородная печь колпакового типа представляет собой съемный колпак, имеющий в сечении круглую, квадратную или прямоугольную форму. Паяемую деталь собирают и устанавливают непосредственно на поду печи при снятом колпаке, затем колпак устанавливают и уплотняют. Колпаковые печи

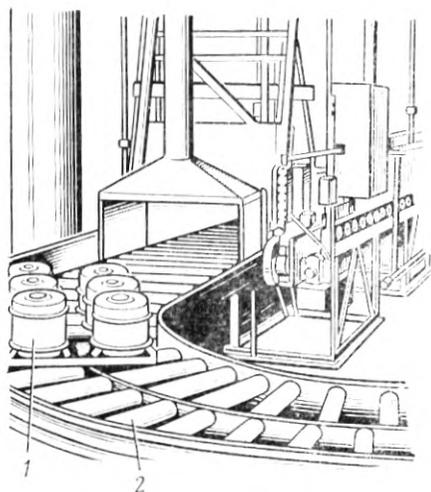
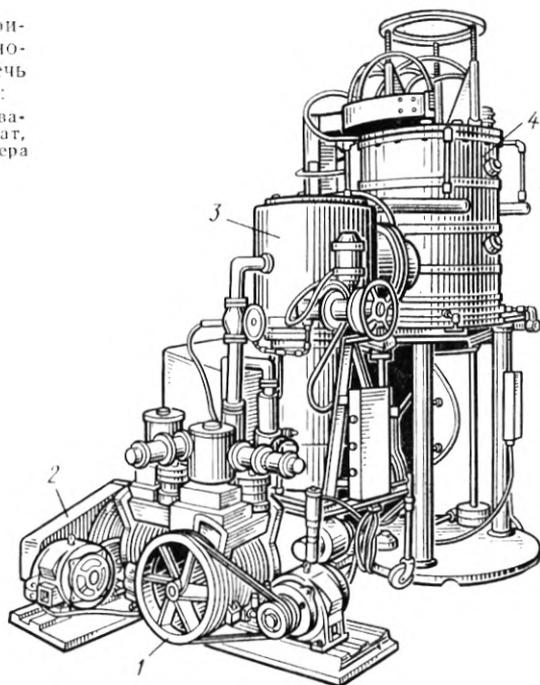


Рис. 58 Электрическая печь с роликовым подом:  
1 — роликовый конвейер, 2 — паяемые детали

применяют для пайки высокотемпературными припоями различных деталей сложной формы. Максимальная рабочая температура печи 1200°C.

Рис 59 Электрическая вакуумно-водородная печь типа ПО50.007:

1, 2 — насосы, 3 — вакуумный агрегат, 4 — рабочая камера



#### Приспособления, применяемые при пайке в печах.

На рис. 60 приведены некоторые приспособления, применяемые при пайке изделий в печах. Подставка (рис. 60, а) служит для закрепления деталей в вертикальном положении в течение всего процесса пайки. Приспособления для пайки внахлестку плоских деталей в печи изображены на рис. 60, б, в. Первое представляет собой замкнутую металлическую скобу 1 с зажимными винтами 3, которые служат для зажима паяемых деталей 2. Приспособление позволяет паять одновременно несколько плоских соединений внахлестку. Второе приспособление состоит из двух губок 1, винта 3 с гайкой 2 и прижимного винта 4.

Контейнер для пайки деталей в активной газовой среде в электрических печах (рис. 61) состоит из сварного корпуса 1 с бортом 4, крышки 2 и трубопроводов 5 и 6 для соединения с газовой системой. Из контейнера

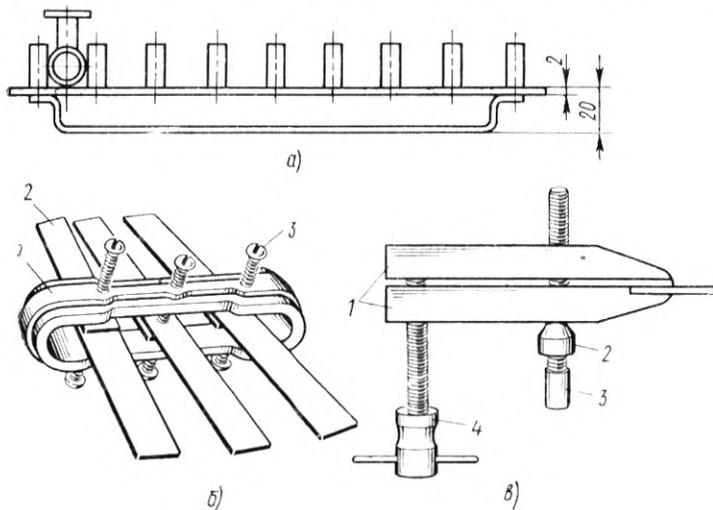


Рис. 60. Приспособления для пайки деталей в печи:  
 а — подставка с вертикальными штырями, б, в — зажимные приспособления

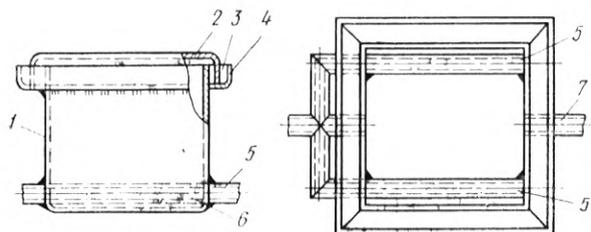


Рис. 61. Контейнер для пайки деталей в электропечах

газ выходит через песочный затвор 3 и частично через трубу 7. Пайку в контейнерах выполняют в следующем порядке: загружают паяемые детали и закрывают контейнер крышкой, засыпают место разъема песком,

продувают контейнер защитным газом до полного удаления воздуха, поджигают газ на выходе из контейнера, устанавливают контейнер в разогретую до температуры пайки печь, после соответствующей выдержки извлекают контейнер из печи, охлаждают контейнер с деталями, перед вскрытием контейнер продувают инертным газом.

**Технологический процесс пайки в печах.** Различают пайку в печах в нейтральной газовой среде, активной газовой среде и вакууме.

Пайка в печах в нейтральной газовой среде осуществляется нагревом в электрических печах деталей, на которые заранее нанесены флюс и припой. Этот способ пайки обеспечивает равномерный и глубокий прогрев больших по размерам деталей и позволяет получить прочные паяные соединения из стали, меди и алюминия. Недостатком этого способа является значительное окисление основного металла в процессе нагрева.

Пайка в активной газовой среде осуществляется в электропечах камерного типа, конвейерных и других нагревом собранных деталей с заранее нанесенным припоем в виде проволоки, фольги, кусочков паяльной пасты или специально отштампованных фасонных колец. Флюс при этом не применяют. Из специальной установки в камеру печи непрерывно подается активная атмосфера, состав которой контролируется и регулируется. Окисление основного металла при этом способе пайки отсутствует. Паяемые детали получают со светлой и блестящей поверхностью. Указанным способом можно паять конструкционные и инструментальные углеродистые стали, большинство конструкционных легированных сталей, жаропрочные и нержавеющей стали и другие металлы.

В качестве активной газовой атмосферы, выполняющей роль флюса, используют водород, диссоциированный аммиак, генераторный газ и некоторые другие горючие газы.

Наилучшими восстановительными свойствами при пайке обладает водород. Однако вследствие высокой стоимости и взрывоопасности в смеси с водородом его следует применять только для пайки небольших по размерам деталей в печах с малым рабочим пространством. Вместо водорода используют азотно-водородные

смеси, из которых наиболее широкое применение получил диссоциированный аммиак.

Азотно-водородные смеси получают путем диссоциации аммиака. Они не должны содержать недиссоциированный аммиак, так как он способствует обезуглероживанию сталей.

Для очистки недиссоциированного аммиака газовую смесь после диссоциации пропускают через сосуд с водой. Принципиальная схема установки для диссоциирования аммиака показана на рис. 62.

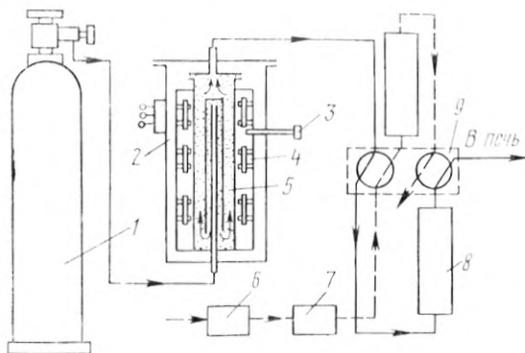


Рис. 62. Схема установки для диссоциирования аммиака

Жидкий аммиак из баллона 1 поступает в диссоциатор 2, где с помощью подогревателя 4 испаряется. Образующиеся пары аммиака проходят через реторту 5 с каналлизатором. Осушитель 8 представляет собой два сосуда с силикагелем и алюмогелем, через которые поочередно проходит газ. В одном сосуде осушитель поглощает влагу рабочего газа, в другом силикагель регенерируется горячим воздухом, поступающим из нагревателя 6 при помощи компрессора 7 через переключной кран 9. Термометра 3 служит для контроля температуры в диссоциаторе.

Из диссоциатора азотно-водородная смесь поступает в футерованную камеру сжигания.

При пайке в печах собранные под пайку изделия должны быть закреплены, а детали, подвергаемые пай-

ке, прижаты. Изделия устанавливают на специальные подставки, обеспечивающие равномерность температурного поля и предотвращающие попадание жидкого припоя и флюса на под печи и нагревательные элементы. Приспособления могут быть изготовлены из металла и керамики. Они должны обеспечивать свободное расширение паяемых деталей, выдерживать высокие температуры, обладать высокой сопротивляемостью к окислению и коррозии, не деформироваться при нагреве.

Качественная пайка в печах с активной атмосферой может быть получена при соблюдении следующих условий: активная атмосфера должна быть чистой и сухой, температура в печи должна точно соответствовать заданной температуре пайки, время выдержки деталей в печи должно быть строго определенным, детали должны быть собраны с правильными зазорами.

Перед пайкой детали очищают от грязи, масла известными методами и соединяют между собой с требуемым зазором, затем на шов накладывают припой в виде проволоки, кусочков или специально отштампованных фасонных колец, и собранное изделие помещают в печь, разогретую до температуры, несколько превышающей температуру плавления припоя. При нагреве припой расплавляется и под действием капиллярных сил заполняет узкие зазоры шва. Для деталей, имеющих толщину до 3 мм, продолжительность пайки составляет 10—15 мин, при толщине 3—10 мм время пайки увеличивается до 25—30 мин. На рис. 63 показаны узлы изделий, изготовленные пайкой в электрических печах с применением активной газовой среды.

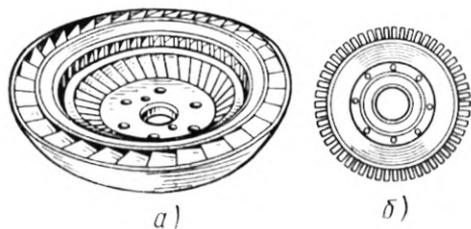


Рис. 63. Узлы, изготовленные пайкой в печи:

а — входной аппарат компрессора, спаянный из 80 деталей, б — ротор турбины

Пайка в вакууме выполняется в вакуумных электропечах или в контейнерах, загружаемых в обычные электрические печи. Применяется для соединения деталей из легированных, жаропрочных и тугоплавких сплавов, титана и его сплавов без применения флюсов. Продолжительность выдержки при пайке в вакууме после достижения температуры пайки составляет 5—10 мин. После пайки детали охлаждаются вместе с печью или контейнером до температуры 200—250°C, затем камера пайки заполняется воздухом и паяемые детали извлекаются.

Паяные швы, полученные при нагреве деталей в вакууме, характеризуются чистотой, плотностью металла шва и высокой коррозионной стойкостью. Для создания вакуума в печи или контейнере применяют специальные вакуумные насосы.

**Выбор припоя.** При пайке в печах стальных изделий широко применяют припой из чистой меди, так как он хорошо смачивает сталь, растекается по ней в условиях активной газовой атмосферы и под действием капиллярных сил проникает в очень малые зазоры между соединяемыми поверхностями.

Однако кроме меди при пайке в печах применяют припой на основе серебра, медно-фосфорные и др. Следует подбирать припой таким образом, чтобы температура пайки была ниже точки плавления основного металла на 60—100°C.

Для пайки в печах с активной газовой атмосферой меди и медных сплавов, а также углеродистых и низколегированных сталей применяют медные, медно-цинковые, медно-фосфорные и серебряные припои.

**Меры предосторожности при пайке в электропечах.** При работе на электрических печах паяльник должен хорошо знать правила их эксплуатации и следить за исправностью токоведущих частей.

При загрузке, очистке, ремонте и осмотре электрических печей ток должен быть отключен.

Электрические печи должны иметь электроблокировку загрузочной дверцы печи, автоматически выключающую ток при открывании дверцы. Категорически запрещается включать рубильник и нажимать пусковую кнопку при помощи металлических предметов. Нельзя пользоваться неисправными рубильниками, пусковой кнопкой и штепселем.

О замеченных неисправностях в электрооборудовании и осветительной сети паяльщик обязан немедленно сообщить мастеру или старшему по смене.

### § 30. ПАЙКА ПОГРУЖЕНИЕМ В РАСПЛАВЛЕННУЮ СОЛЬ

Пайка осуществляется в соляных печах-ваннах. В зависимости от температуры пайки применяют печи-ванны с металлическим тиглем, когда температура пайки не превышает  $850^{\circ}\text{C}$ , и с керамической футеровкой, если температура пайки не превышает  $1300^{\circ}\text{C}$ .

На рис. 64 изображена соляная печь-ванна. Такие печи изготавливаются трех моделей: В-10, В-20, В-30. Каждая из них имеет цилиндрический каркас, в кото-

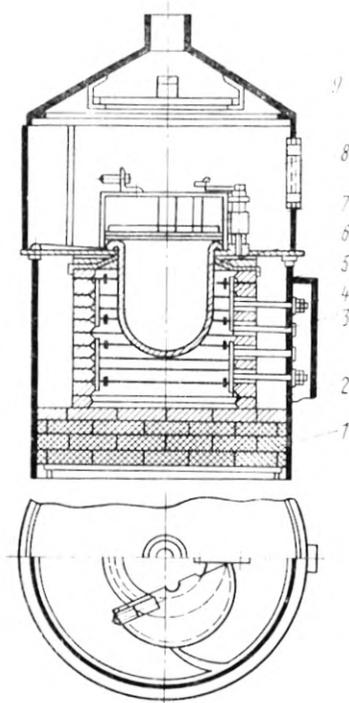


Рис. 64. Соляные печи-ванны типа В-10, В-20, В-30

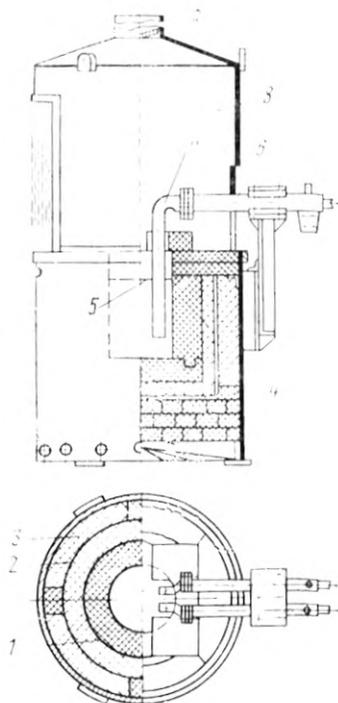


Рис. 65. Соляная печь-ванна типа С-45

ром размещена теплоизоляция 1, огнеупорная кладка 2 с отверстиями для термомары 3 и выводов 4 от нагревателя 5.

В нагревательное устройство помещается литой тигель 6 из жароупорной стали с крышкой 7. Для измерения температуры расплава соли предусмотрена колеччатая термомара 8. Вытяжной зонтик 9 служит для удаления испарений, выделяющихся в процессе нагрева изделий.

Для пайки изделий при температурах до 1300°C применяют электродные однофазные печи-ванны с принудительной циркулирующей соли.

На рис. 65 показана конструкция печи-ванны типа С-45. Внутри металлического кожуха 4 размещена теплоизоляция 3. Рабочая камера 1 собрана из огнеупорных блоков. Между каркасами печи и рабочей камерой имеется внутренний промежуточный кожух 2 из листовой стали. Вследствие высокой температуры эксплуатации нагрев ванны осуществляется с помощью электродов 7. Электрододержатели 6 охлаждаются водой, поступающей через специальные карманы. Для удаления испарений, образующихся во время пайки, служит вытяжной колпак 8 с шибером 9. Нагревательной средой в рабочей камере печи являются соли, уровень 5 которых поддерживается в расплавленном состоянии.

В случае пайки крупногабаритных изделий используют прямоугольные электродные печи-ванны типа

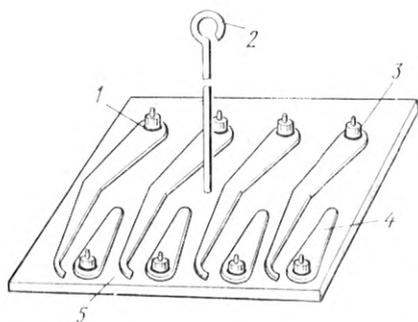


Рис. 66. Приспособление для пайки деталей, закрепленных на плите:  
1 — припой, 2 — ручка, 3 — втулка, 4 — детали, 5 — плита

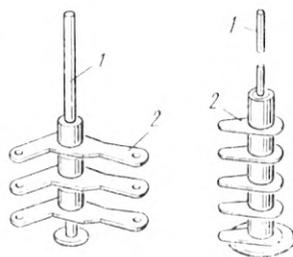


Рис. 67. Приспособление для пайки деталей, закрепленных на штыре:  
1 — штыри, 2 — детали

С-50, С-100 и др. Конструкции прямоугольных ванн аналогичны описанной.

Приспособления для пайки изделий в соляных ваннах служат для закрепления изделий, подлежащих пайке. Применяя простейшие приспособления, в ванне можно паять одновременно несколько деталей.

На рис. 66 показаны приспособления для пайки с закрепленными деталями на плите, а на рис. 67 — на штыре.

**Технологический процесс пайки изделий в соляных ваннах.** Собранные и подготовленные к пайке изделия с уложенным припоем погружают в расплавленные и нагретые выше температуры пайки соляные смеси, не пользуясь для этой цели соляные печи-ванны. Соли обычно оказывают флюсующее действие на основной металл и припой, поэтому надобность в применении специального флюса отпадает.

Этот способ обеспечивает высокое качество и большую скорость пайки, равномерный нагрев паяемых изделий значительно сокращает расход припоя, дает возможность одновременно паять несколько изделий, легко поддерживать заданную температуру.

В расплавленных солях паяют жаропрочные сплавы, углеродистые и конструкционные стали, медь, никель и алюминий и их сплавы.

При пайке в соляных ваннах важна тщательная сборка деталей. Для предотвращения смещения соединяемых деталей используют специальные приспособления. Припой располагается так, чтобы он не был снят соляной средой.

Массивные изделия предварительно подогревают в печи до 300—350°C и только после этого погружают в ванну.

После пайки и охлаждения до 200—250°C изделия промывают в горячей воде до полного удаления остатков соли и сушат в потоке воздуха или в печи при температуре 100—120°C.

**Меры предосторожности при пайке изделий в соляных ваннах.** Паяемые изделия и приспособления должны быть очищены от масла и хорошо высушены, в противном случае возможен выброс расплавленных солей из ванны.

В случае прожога тигля под ним должен быть предусмотрен сток солей в аварийный сборник.

Соли, добавляемые в процессе работы в ванну, должны быть хорошо просушены. Их следует засыпать специальными совками небольшими порциями.

Во время работы у соляных ванн курить запрещается.

Ванны должны быть оборудованы местной вентиляцией для удаления образующихся газов.

Запрещается паяльщику работать у соляных ванн без рукавиц и специальных защитных очков.

### § 31. ПАЙКА ПОГРУЖЕНИЕМ В ВАННУ С РАСПЛАВЛЕННЫМ ПРИПОЕМ

Пайка применяется при обработке деталей любой конфигурации в условиях массового и крупносерийного производства. Ванны для жидких легкоплавких припоев обычно изготавливают из чугуна. Ванны нагревают с помощью электронагревателей из нихрома, расположенных между ванной и кожухом.

В качестве флюса используют в основном хлористый цинк. Ванну заполняют оловянно-свинцовым припоем.

Перед пайкой изделия очищают от грязи и окислов обезжириванием и травлением. Затем их погружают на 3—5 мин в жидкий флюс, после чего быстро переносят в ванну с расплавленным припоем. Температура жидкого припоя в ванне не должна превышать более чем на 100—110°C температуру плавления припоя во избежание его угара. Температура расплавленного припоя в ванне контролируется термопарой.

Для предотвращения облуживания поверхности изделия его покрывают защитным слоем — раствором жидкого стекла или смесью его с мелким суриком, оставляя непокрытыми только места пайки.

Поверхность ванны непосредственно перед пайкой очищают от окисной пленки деревянной лопаткой до получения блестящего зеркала припоя. Для предохранения содержимого ванны от окисления перед погружением изделий зеркало припоя посыпают хлористым аммонием.

Химический состав припоя контролируется через 20—50 ч работы ванны с тем, чтобы в случае необходимости добавить недостающие компоненты. Схема пайки погружением в расплавленный припой показана на рис. 68.

Процесс пайки состоит из операций, выполняемых в такой последовательности:

сборка подлежащих пайке деталей в специальных приспособлениях или скрепление их проволокой;

погружение собранного узла с помощью подъемного механизма в ванну с хлористым цинком для покрытия места пайки флюсом;

погружение узла в ванну с расплавленным припоем;

извлечение узла из ванны, охлаждение его, промывка в горячей воде и просушивание.

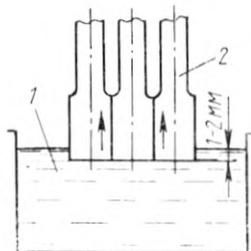


Рис. 68. Схема пайки погружением в расплавленный припой:

1 — припой, 2 — детали

Пайку погружением в ванну с расплавленным оловянно-свинцовым припоем широко применяют при изготовлении радиаторов для водяных систем охлаждения, двигателей внутреннего сгорания, коллекторов электродвигателей и других узлов и деталей в автомобильной, электротехнической, радиотехнической и других отраслях промышленности.

Достоинством этого метода пайки является получение паяных соединений высокого качества, а также

возможность пайки деталей сложной конфигурации.

Недостатком является постоянное загрязнение расплавленного припоя медью, цинком, железом и другими металлами в процессе пайки.

### § 32. ПАЙКА ВОЛНОЙ ПРИПОЯ И СЕЛЕКТИВНАЯ ПАЙКА

Пайка волной припоя состоит в том, что подаваемый насосом расплавленный припой образует волну над уровнем расплава. Паяемая деталь перемещается в горизонтальном направлении, в момент касания волны происходит пайка.

Этот способ получил большое распространение в радиоэлектронной промышленности для пайки печатных плат. Схема пайки волной припоя показана на рис. 69.

Селективная пайка применяется при радиомонтаже печатных плат. Расплавленный припой выходит потоками из специальных наконечников, расположенных под паяемыми деталями, размещенными на печатной плате.

Собранная плата опускается на эти накопечники сверху, проводники смачиваются потоками припоя и запаиваются. Непрерывная циркуляция расплавленного припоя способствует более эффективной передаче тепла паяемым деталям, обеспечивает большую равномерность температуры и состава припоя, создает свободную от окислов рабочую поверхность зеркала ванны и способствует более эффективному затеканию припоя в зазоры.

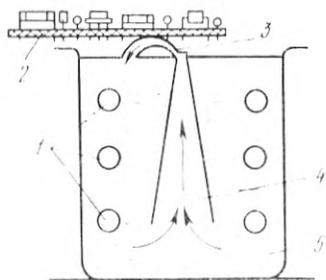


Рис. 69 Схема пайки волной припоя:

1 — электронагревательные элементы, 2 — плата с деталями, 3 — волна припоя, 4 — солено, 5 — припой

В качестве припоя используют оловянно-свинцовые или оловянно-свинцово-кадмиевые припой.

Схема процесса селективной пайки показана на рис. 70.

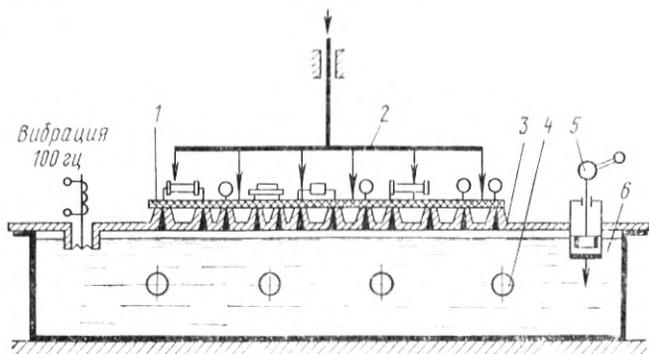


Рис. 70 Схема процесса селективной пайки:

1 — плата, 2 — прижим, 3 — фильтры, 4 — электронагревательные элементы, 5 — поршень, 6 — припой

### § 33. ИНДУКЦИОННАЯ ПАЙКА

Индукционная пайка отличается от других способов тем, что тепло, необходимое для нагрева соединяемых деталей и припоя, не передается деталям из окружаю-

щей среды, а возникает в них в результате воздействия переменного магнитного поля высокой частоты.

По сравнению с другими способами индукционная пайка имеет ряд преимуществ: быстрый нагрев паяемых изделий, высокую производительность процесса, хорошие условия труда, возможность механизации и автоматизации.

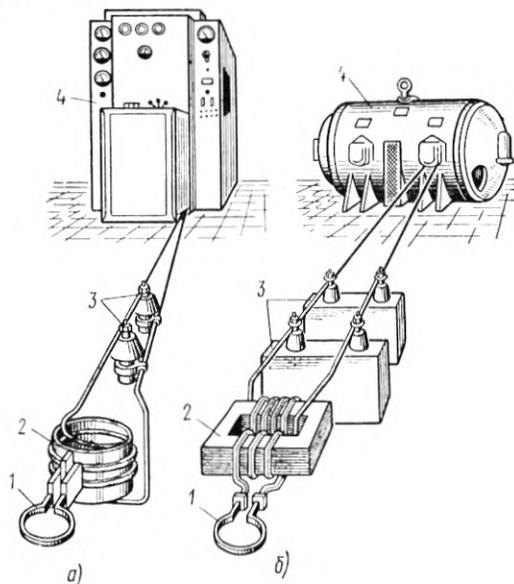


Рис. 71. Установка для пайки токами высокой частоты:

*а* — с питанием от лампового генератора, *б* — с питанием от машинного генератора

Индукционной пайкой можно соединять все токопроводящие материалы (сталь, медь, алюминий, твердые сплавы) и керамику, предварительно покрытую металлическим слоем.

В качестве источников питания при индукционной пайке применяют ламповые и машинные генераторы.

Ламповые генераторы преобразуют электрический ток частотой 50 Гц в ток высокой частоты. Для пайки чаще всего применяют ток частотой 150—600 кГц.

На рис. 71, *а* показана схема высокочастотной установки для пайки с питанием от лампового генератора.

Установка состоит из генератора 4, конденсаторной батареи 3 для повышения мощности, воздушного понижающего трансформатора 2 и присоединенного к нему индуктора 1, который служит для передачи энергии высокой частоты от источника питания.

Машинные генераторы (рис. 71, б) вырабатывают ток частотой 2—15 кГц и представляют собой установку, состоящую из электродвигателя трехфазного тока и соединенного с ним генератора 4, конденсаторной батареи 3, понижающего трансформатора 2 и присоединенного к нему индуктора 1, внутри которого помещается паяемое изделие.

Разнообразие форм подвергающихся пайке деталей требует создания большого количества индукторов самых различных очертаний и типов. Индуктор представляет собой кольцо или спираль из нескольких витков медной трубки круглого или прямоугольного сечения, по которым идет ток высокой частоты, образуя при этом переменное магнитное поле.

При выборе индуктора необходимо в соответствии с конструкцией соединения стремиться правильно определить форму и размеры индуктора, так как от формы и размеров индуктора зависит рациональность использования высокочастотной установки и качество пайки. Наиболее выгодная конструкция индуктора окончательно устанавливается опытным путем.

На рис. 72 приведены некоторые типы индукторов, применяемых при индукционной пайке.

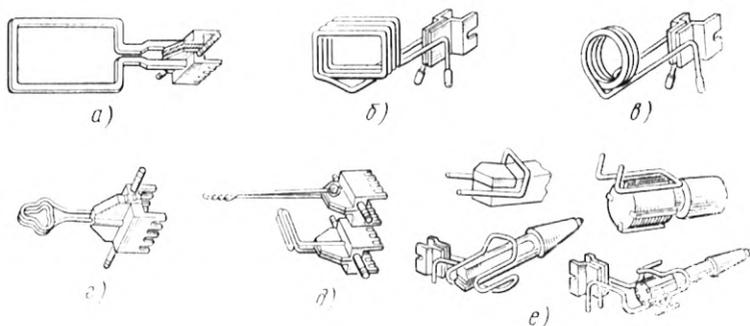


Рис. 72. Типы индукторов, применяемых для индукционной пайки

Для нагрева деталей прямоугольного сечения применяют одновитковые и многовитковые индукторы прямоугольной формы (рис. 72, а, б).

Для внешнего нагрева деталей круглого сечения используют индукторы цилиндрической формы (рис. 72, в). При индукционной пайке фасонных соединений и для внутреннего нагрева применяют индукторы, изображенные на рис. 72, г, д.

При индукционной пайке твердосплавных или быстрорежущих пластины к державкам режущего инструмента используют индукторы, указанные на рис. 72, е.

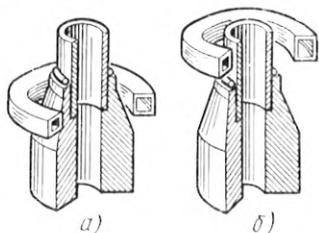


Рис. 73. Положение индуктора во время пайки:  
а — правильное, б — неправильное

**Технологический процесс индукционной пайки.** При разработке технологического процесса индукционной пайки следует добиваться, чтобы конструкция индуктора и его положение создавали условия, при которых происходит нагрев определенной зоны изделия. При этом должно быть выбрано правильное положение индуктора с учетом массы и материала соединяемых пайкой деталей.

На рис. 73, а изображено правильное положение индуктора, при котором спаиваемые детали равномерно нагреваются до необходимой температуры, а на рис. 73, б — неправильное положение индуктора, при котором тонкостенная (верхняя) может перегреваться, а толстостенная (нижняя) будет недостаточно нагрета.

Зазоры между индуктором и деталями выбирают от 2 до 20 мм в зависимости от размера и конфигурации детали и толщины стенок. Для пайки тонкостенных деталей берут меньший зазор, для толстостенных и массивных — больший. Для предохранения деталей от прижога при малых зазорах необходимо индуктор изолировать асбестовым шнуром, пропитанным жидким стеклом.

Индукционная пайка успешно осуществляется в тех случаях, когда предварительно в места соединения изделий заложены соответствующие припой из меди, латуни или сплавов серебра в виде проволоки, штамповки.

Индукционная пайка успешно осуществляется в тех случаях, когда предварительно в места соединения изделий заложены соответствующие припой из меди, латуни или сплавов серебра в виде проволоки, штамповки.

важных колец, фольги или порошка. Необходимое количество припоя для получения доброкачественного шва устанавливается расчетом и корректируется при опытных пайках.

Флюсы для индукционной пайки выбирают в зависимости от металла изделия и используемых припоев. Составы флюсов приведены в гл. III. В качестве флюсов при индукционной пайке легкоплавкими припоями применяют раствор хлористого цинка или канифоли, а при пайке высокотемпературными припоями — буру, смесь ее с борным ангидридом и т. п. Процесс индукционной пайки осуществляется следующим образом. Подготовленные для пайки детали помещают в индуктор, включают и выключают ток с помощью ножного выключателя или автоматически. Время нагрева обычно составляет несколько секунд, его подбирают опытным путем.

При большом числе одинаковых деталей целесообразно применять автоматическую подачу их в индуктор.

**Пайка режущего инструмента.** С помощью индукционного нагрева припаявают пластины из твердых сплавов и быстрорежущих сталей к державкам резцов, фрез и другого инструмента.

Качество пайки инструмента в значительной степени зависит от подготовки места под пластину. Места под пластины в державках резцов, корпусах фрез и другого инструмента обрабатывают фрезой. Необходимо следить за тем, чтобы пластина хорошо прилегала к спаиваемым поверхностям и при этом не было неровностей и завалов в местах, соприкасающихся с пластиной, так как это отражается на прочности шва. После фрезерования заусенцы зачищают напильником.

Державки инструментов перед пайкой очищают от загрязнений, обезжиривают и просушивают. Пластины также зачищают шлифовальной бумагой или струйным аппаратом.

Припайку твердосплавных пластин к державкам резцов осуществляют следующим образом. Гнездо державки посыпают порошкообразной смесью припоя и флюса, затем в него устанавливают пластину твердого сплава, которую сверху засыпают этой же смесью. Подготовленный таким образом к пайке резец помещают в индуктор, в котором головка резца нагревается до температуры плавления припоя (рис. 74, а).

После расплавления припоя резец вынимают из индуктора, остроконечным металлическим стержнем прижимают пластину твердого сплава к гнезду (рис. 74, б) и затем помещают в ящик с древесным углем или сухим подогретым песком для охлаждения.

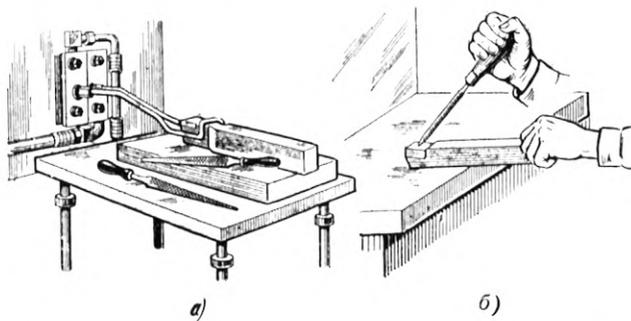


Рис. 74. Напайка твердосплавной пластины на державку резца токами высокой частоты:  
 а — нагрев головки резца в индукторе, б — прижатие пластины после расплавления припоя

Напайка пластин на фрезы и другой многолезвийный инструмент значительно сложнее, чем на резцы, так как при этом необходимо равномерно нагреть несколько мест соединения. Поэтому пайку многолезвийного инструмента выполняют в несколько приемов, одновременно припаявая по одной или несколько пластин.

Для предотвращения окисления металла при пайке тугоплавкими припоями с помощью индукционного нагрева можно паять в вакууме и в контролируемой атмосфере.

При пайке в вакууме изделие помещают в стеклянный колпак 2 (рис. 75), из которого затем откачивают воздух. Деталь 3 устанавливают на подставку 4 и нагревают кольцевым индуктором 1. Фланец 6 охлаждают водой. Колпак с целью большей герметичности имеет уплотнители 5. После окончания нагрева и пайки индуктор отводят, выдерживают деталь под вакуумом до температуры 150—200°C, после чего пространство под колпаком соединяют с воздухом и вынимают деталь.

Индукционную пайку деталей в защитной атмосфере можно производить в специальном контейнере (рис. 76). Контейнер изготавливают из жаропрочной листовой стали. Он состоит из корпуса 1, имеющего слой

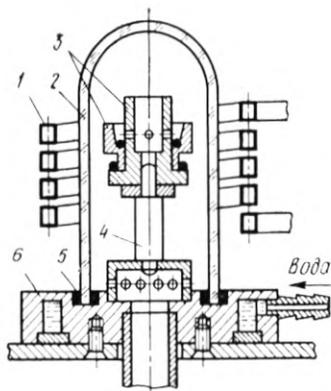


Рис. 75. Схема индукционной пайки в вакууме

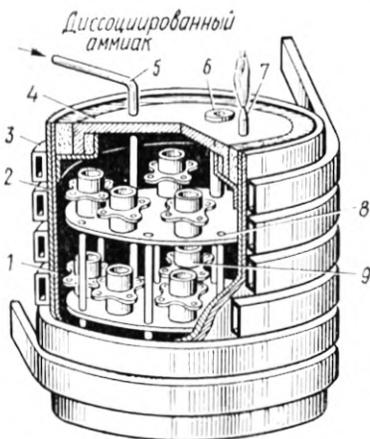


Рис. 76. Индукционная пайка в контейнерах с защитной атмосферой

теплоизоляции 2, крышки 4, трубки 7 для отвода восстановительной среды, гнезда 6 для термопары. Детали 9 устанавливают в контейнере на подставку 8.

Вокруг контейнера помещают многovitковий индуктор 3, с помощью которого осуществляется нагрев.

В качестве защитной среды применяют диссоциированный аммиак, состоящий из азота с добавкой 10% водорода. Газ подается в контейнер через трубу 5.

Качество пайки в контейнерах с высокочастотным нагревом не уступает качеству пайки в специальных печах с восстановительной атмосферой.

Индукционная пайка по сравнению с другими способами имеет следующие преимущества:

быстрый нагрев в ограниченной зоне, благодаря чему происходят незначительное коробление и окисление;

большая производительность при высоком качестве паяных изделий;

удобство наблюдения за процессом, позволяющее быстро исправить нарушения во взаимном расположении спаиваемых деталей;

возможность полной автоматизации процесса;

хорошие санитарно-гигиенические условия на рабочем месте.

**Меры предосторожности при работе на высокочастотных установках.** 1. Высокочастотные установки, предназначенные для пайки, должны быть размещены в отдельном помещении и обеспечены ограждением, механической или электрической блокировкой для предупреждения прикосновения к частям установки, находящимся под напряжением.

2. Все металлические части в установках с машинными или ламповыми генераторами и вторичный виток нагревательного контура должны быть заземлены.

3. Помещение с высокочастотными установками должно иметь вентиляцию, обеспечивающую нормальные условия работы обслуживающего персонала и охлаждающие агрегатов.

4. Запрещается проведение ремонтных работ в установке, находящейся под напряжением.

5. По окончании работы необходимо отключить генератор высокой частоты со стороны питающего фидера (провода прямоугольного сечения).

6. При обнаружении неисправностей, пожара и при стихийных бедствиях паяльщик обязан немедленно отключить генератор.

7. Настраивать на режим и налаживать высокочастотные установки имеют право только квалифицированные электромонтеры, имеющие на это соответствующее разрешение.

#### § 34. УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ПАЙКА

С помощью ультразвука производят лужение и пайку изделий из алюминия и его сплавов, ферритов, керамики и других трудно паяемых материалов.

Ультразвуковую пайку и лужение осуществляют ультразвуковым паяльником, который получает питание от генератора ультразвуковой частоты.

Для ультразвуковой пайки отечественная промышленность выпускает установки типа УП-21, которые снаб-

жены генератором, паяльником и ванночкой для лужения небольших деталей (рис. 77).

Ультразвуковой паяльник с нагревателем (рис. 78, а) отличается от электрического паяльника наличием магнитострикционного излучателя 1 ультразвуковых колебаний, прикрепленного к головке 6 паяль-

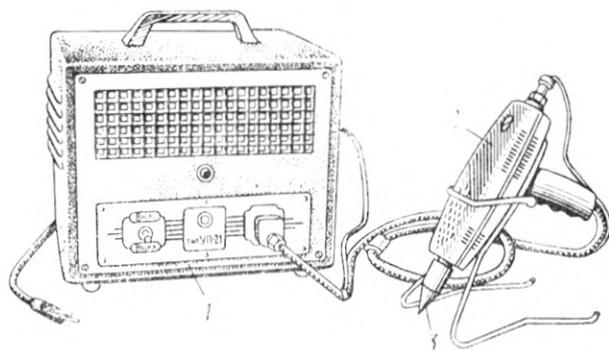


Рис. 77 Переносный ультразвуковой генератор УП-21:  
1 — ультразвуковой генератор, 2 — паяльник, 3 — рабочий элемент паяльника

ника. Излучатель паяльника набран из никелевых пластин, на нем имеется обмотка 2, которую питает генератор ультразвуковой частоты. Рабочая часть паяльника получает тепло от нагревательного элемента мощностью около 100 Вт через обмотку 3, питаемую переменным током напряжением 10 В, и ультразвуковые колебания частотой 20–30 кГц, возникающие в магнитострикторе при включенном генераторе. При этом в результате ультразвуковых колебаний происходит разрушение окисной пленки расплавленного припоя, в котором возникают кавитационные пузырьки 4, располагающиеся между припоем и твердым металлом (кавитация — нарушение сплошности внутри жидкости, т. е. образование в капельной жидкости полостей, заполненных газом или паром, так называемых кавитационных пузырьков). Происходит разрушение окисной пленки 5, а очищенный металл смачивают расплавленным припоем, прочно соединяясь с ним.

Применяют также ультразвуковые паяльники без нагревателя (рис. 78, б). Рабочая часть паяльника полу-

часть тепло от внешних источников — газовой горелки, электронагревателя и т. д. Вибратором паяльника является круглый никелевый стержень 1, расположенный на кронштейне 6 внутри корпуса 5. На корпусе имеется об-

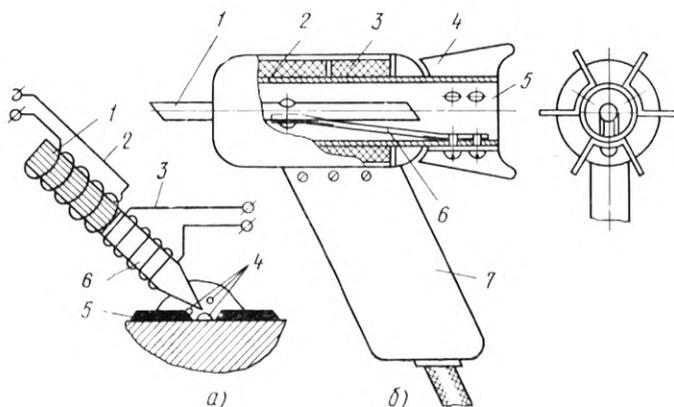


Рис. 78. Устройство ультразвуковых паяльников:

*a* — с электрическим нагревательным элементом, *б* — без нагревательного элемента

мотка 2 возбуждения, включенная в генератор и создающая ультразвуковые колебания. Корпус вибратора имеет ребра 4 охлаждения. Вибратор размещается в корпусе 3 и имеет рукоятку 7. Частота колебаний стержня 20—30 кГц.

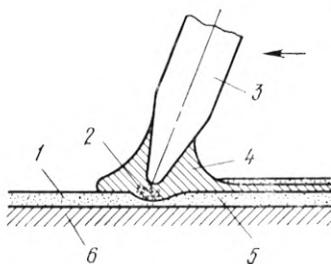


Рис. 79. Схема процесса пайки ультразвуковым паяльником:

1 — окисная пленка, 2 — кавитационные пузырьки, 3 — стержень паяльника, 4 — расплавленный припой, 5 — паяный шов, 6 — основной металл

Подлежащие пайке детали очищают от масла, грязи и нагревают. На подогретую поверхность затем наносят припой и доводят его до расплавления. После включения ультразвукового контура производят лужение поверхности плавным движением паяльника в жидком припое.

Схема процесса пайки с помощью ультразвука показана на рис. 79.

При ультразвуковой пайке не требуются флюсы, отпадает необходимость зачистки деталей перед пайкой и облуживания, а также промывка места пайки от остатков флюса, обеспечиваются удовлетворительные механические свойства и коррозионная стойкость паяных соединений.

При ультразвуковой пайке применяют оловянно-цинковые припой марок П200, П250 и др.

### § 35. ПАЙКА ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЕМ

Пайка электросопротивлением осуществляется за счет тепла, выделяемого электрическим током при прохождении через спаиваемые поверхности деталей. Ее ведут на обычных контактных машинах для стыковой, точечной и роликовой сварки, а также на специальных установках.

Подготовленные к пайке узлы зажимают между электродами, затем включают ток. При этом места соединения нагревают до тех пор, пока не начнет плавиться припой. Изделие после отключения тока выдерживают некоторое время под давлением до полного затвердевания припоя.

При пайке электросопротивлением обычно используют среднесплавные припои — медь, латунь, на основе серебра и др. В качестве флюса применяют водные или спиртовые растворы солей или буру.

Недостатком пайки электросопротивлением является трудность подвода контактных зажимов к месту пайки, что ограничивает область применения этого способа нагрева деталей.

Пайку электросопротивлением применяют для пайки твердосплавного инструмента, часовых пружин, ленточных пил и при изготовлении узлов электродвигателей.

### § 36. АБРАЗИВНАЯ ПАЙКА

Этот метод применяют для соединения деталей из алюминия и его сплавов. Пайку выполняют абразивным паяльником (см. рис. 35).

Для осуществления абразивной пайки соединяемые детали нагревают до температуры, превышающей на 25—50°C температуру плавления припоя, затем, натирая поверхности абразивным карандашом, удаляют оксидную

## 12. Рекомендации по выбору способа пайки

Способ пайки	Достоинства	Недостатки
Паяльником	<p>Низкая стоимость оборудования</p> <p>Можно наблюдать за процессом пайки и устранить (в случае необходимости) неправильное расположение паяемых деталей</p>	<p>Трудность пайки массивных деталей. Можно применять только легкоплавкие припои</p>
Газопламенная	<p>Низкая стоимость оборудования. Можно перемещать источник нагрева. Процесс может быть автоматизирован</p>	<p>Трудность регулирования температуры. Необходимость использования высококвалифицированной рабочей силы. Возможно окисление паяемых изделий</p>
Электросопротивлением	<p>Возможность быстрого нагрева паяемых изделий и наблюдения за процессом пайки</p>	<p>Трудность регулирования температуры. Ограничение в размерах изделий. Возможно окисление и коробление металла</p>
Индукционная (высокочастотная)	<p>Незначительные затраты труда. Применение в индивидуальном, серийном и массовом производствах. Возможно наблюдение за процессом. Быстрый нагрев</p>	<p>Трудность регулирования температуры. Высокая стоимость оборудования</p>
Погружение в расплавленный припой	<p>Быстрый и равномерный нагрев паяемых деталей. Точное регулирование температуры. Не требуется высококвалифицированная рабочая сила</p>	<p>Высокая стоимость оборудования. Повышенный расход припоя</p>

Способ пайки	Достоинства	Недостатки
Погружением в расплавленную соль	Быстрый нагрев паяемых деталей. Точное регулирование температуры. Не требуется высококвалифицированная рабочая сила. В большинстве случаев не требуется применение флюсов.	Высокая стоимость оборудования. При пайке требуется большая осторожность, так как возможен выброс расплавленных солей из ванны вследствие загрузки в нее недостаточно высохших и очищенных от масла изделий.
В электропечах с активной газовой средой	Применяется при массовом производстве. Точное регулирование температуры. Минимальное коробление деталей благодаря равномерному нагреву. Одновременная пайка нескольких соединений. Высокое качество пайки и хороший вид изделий.	Высокая стоимость оборудования. В большинстве случаев требуются приспособления для установки деталей.
В печах с нейтральной газовой средой	Не требуется высококвалифицированная рабочая сила. Быстрый нагрев паяемых деталей. Одновременная пайка нескольких соединений. Точное регулирование температуры. Возможность механизации.	Высокая стоимость оборудования. Невозможность наблюдения за процессом. Окисление основного металла изделий в процессе нагрева. Применяется главным образом для пайки алюминиевых деталей.
В вакууме	Не требуется применение флюса. Можно использовать различные способы нагрева. Качество пайки высокое, внешний вид изделия хороший.	Требуется высококвалифицированная рабочая сила. Высокая стоимость оборудования. Низкая производительность. Могут быть использованы только припой определенного состава.

пленку, покрывают очищенную поверхность металла припоем и облуживают. Затем на облуженную поверхность наносят дополнительно небольшое количество

припоя, после чего паяемые детали накладывают друг на друга и притирают для получения более тонкого шва и удаления окисной пленки с поверхности припоя. Прижатые детали после окончания пайки охлаждаются до застывания припоя.

Абразивная пайка дает возможность соединять детали толщиной от 14 мкм и выше и не требует предварительной подготовки поверхности деталей (кроме протирания ветошью, смоченной бензином или другими растворителями).

### § 37. ВЫБОР СПОСОБА ПАЙКИ

Для получения высокого качества паяного изделия очень важно правильно выбрать способ пайки для данного соединения.

В табл. 12 приведены рекомендации по выбору способа пайки.

## ГЛАВА VIII МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПАЯЛЬНЫХ РАБОТ

В условиях серийного и массового производства ручные процессы сдерживают ритмичный выпуск большого количества изделий. Поэтому механизация ручных процессов в результате внедрения совершенных приспособлений, механизированных установок, конвейеров и автоматов является прогрессивным направлением развития производства.

Механизация и автоматизация резко повышают производительность труда, облегчают физический труд рабочего и значительно улучшают качество выпускаемой продукции.

За последние годы разработаны и внедрены в производство прогрессивные методы пайки, созданы новые механизированные паяльные установки.

В этой главе дано краткое описание некоторых установок и приспособлений, внедрение которых в производство дало возможность механизировать часть операций пайки и таким образом облегчить труд паяльщика и значительно повысить его производительность.

## § 38. МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПАЙЛЬНЫХ РАБОТ

**Полуавтоматическая линия для пайки велосипедных рам.** На Горьковском автозаводе пайка узлов велосипедных рам осуществляется в соляных ваннах. Основной трудностью этого способа является достижение равномерного размещения припоя в местах пайки. Для

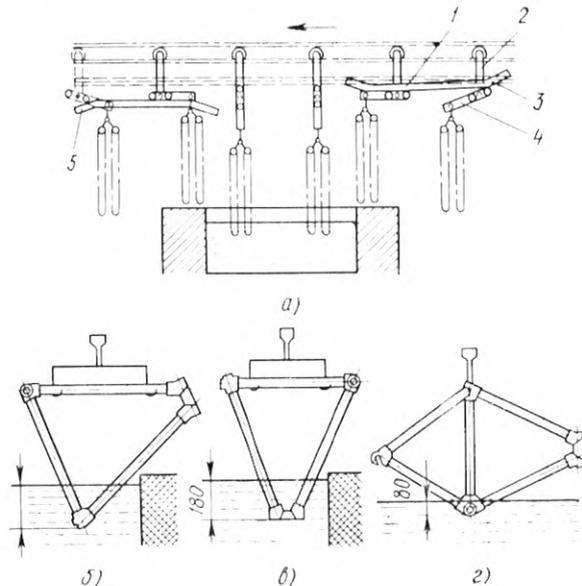


Рис. 80. Схема конвейера для пайки велосипедных рам:  
а — конвейер, б, в, г — различные стадии пайки

этого припой в виде колец напрессовывается на трубы (узел руля) и запрессовывается внутрь их (узел каретки). После сборки на специальных стендах спаиваемые узлы рамы погружают на 2—3 с в насыщенный кипящий раствор буры и в подвешенном виде по конвейеру передают далее для пайки в соляных ваннах. Каждый узел находится в соляной ванне 80 с.

После пайки рамы при помощи этого же конвейера в течение 5 мин промывают в горячей воде для удаления остатков солей.

Конвейер состоит из цепи 1 (рис. 80) с кошками 2, расположенными одна от другой на расстоянии 60 см. Кошки снабжены шарнирными подвесками 4. Когда подвеска 4 подходит к соляной ванне, копир 3 приводит ее в горизонтальное положение и подвешенные к ней рамы плавно поднимаются, а затем погружаются в расплавленную соль, температура которой (950—960°C) автоматически поддерживается потенциометром, подключенным к месту, наиболее удаленному от электродов, нагревающих ванну.

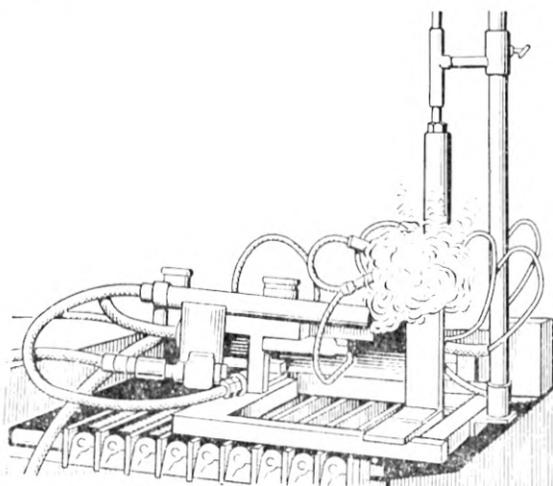


Рис. 81. Приспособление для механизированной пайки изделий с трубчатыми соединениями

Под действием копира 5 подвески плавно приподнимают рамы и переносят их через порог ванны. Затем велосипедные рамы вручную снимают с конвейера.

**Механизированная пайка трубчатых соединений.** Пайка стальных узлов мебели с трубчатыми соединениями была механизирована с помощью приспособления, которое показано на рис. 81. На зажимном устройстве смонтирована горелка с шестью мундштуками, позволяющими прогревать соединение одновременно со всех сторон.

Узел собирают вручную. Латунный припой закладывают в соединение в виде кольца.

При пайке применяют газообразный флюс, который подается в зону ацетилено-кислородного пламени. Кроме того, до сборки на одну из спаиваемых трубок наносят раствор борной кислоты для обеспечения флюсования внутри зазора, куда не попадает пламя.

Применение газообразного флюса позволяет получать чистую поверхность паяного шва.

Использование механизированного приспособления для пайки узлов с грубыми соединениями значительно повысило производительность труда на этой операции.

**Автоматическую индукционную пайку** (рис. 82) применяют в условиях массового производства. Процесс пайки осуществляется на автоматах, работа которых происходит по замкнутому циклу. Узлы 3, подлежащие пайке, устанавливают на керамические подставки 1, надетые на оправки 2, и с помощью конвейерной ленты 5 непрерывно подают в индуктор 4, где осуществляют нагрев и пайку. Узлы охлаждаются до затвердевания припоя на ленте конвейера, после охлаждения их снимают.

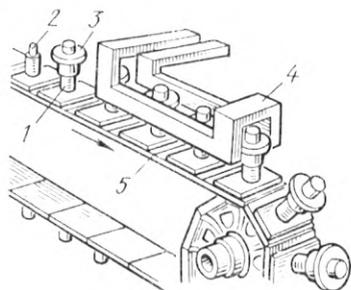


Рис. 82. Пайка на автомате с непрерывной подачей деталей в индуктор

Цикл автоматической индукционной пайки состоит из доставки узла в индуктор, включения тока, выдержки и отключения тока, охлаждения узла до температуры затвердевания припоя и удаления его из индуктора.

**Станок-автомат для пайки в вакууме.** Станок-автомат карусельного типа для пайки свечей зажигания двигателей внутреннего сгорания представлен на рис. 83.

Автомат имеет медный поворотный круглый стол 1, охлаждаемый водой, циркулирующей в канале 4. На стол устанавливают узлы 6, подлежащие пайке. Узел сверху накрывают стеклянным колпаком 2. С помощью специального поворотного устройства стол вращается, а вместе с ним паяемые узлы перемещаются периоди-

чески на некоторый угол. При этом система канала 5 соединяет пространство под колпаком с вакуумным насосом, создающим разрежение.

В определенном положении колпака на него опускают индуктор 3 и включают генератор, узел нагрева-

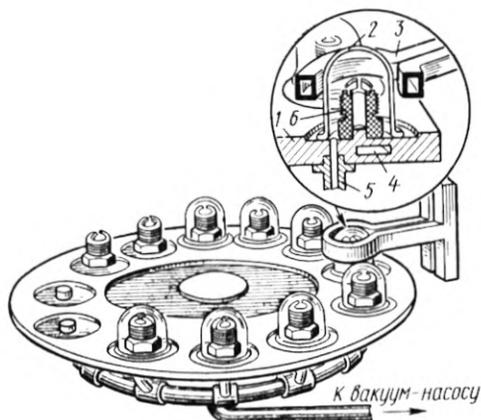


Рис. 83. Станок-автомат для пайки изделий в вакууме

ется до температуры пайки. Затем индуктор приподнимают, выключают генератор нагрева и узел перемещает-

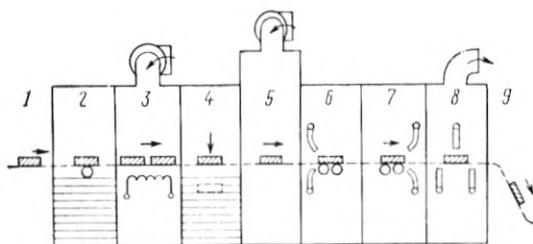


Рис. 84. Схема автоматической пайки печатных плат

ся на следующую позицию, к индуктору подводят следующий и процесс повторяется.

Спаянные узлы охлаждаются, передавая свое тепло столу, а при температуре около 40°C готовые изделия

извлекают из-под стеклянного колпака. Изделия, полученные пайкой в вакууме, имеют светлую блестящую поверхность и шов высокого качества.

**Автоматическая пайка печатных плат.** Автоматическая линия пайки печатных плат методом погружения или волной припоя показана на рис. 84.

Линия состоит из ленточного конвейера и девяти постов или камер. На посту 1 оператор устанавливает и закрепляет печатную плату на конвейерной ленте. Проходя через камеры 2 и 3, изделие флюсуется с помощью ролика и высушивается потоком горячего воздуха. В камере 4 производится пайка погружением в расплавленный припой или волной припоя. По первому способу пайку выполняют в плоской ванне. Пластины и поверхность ванны припоя расположены параллельно, глубина погружения изделия и высота зеркала ванны имеют большое значение и точно фиксируются. По второму способу в паяльной ванне с помощью насоса и щелевой насадки, выступающей над поверхностью жидкого припоя, создается поток припоя высотой до 30 мм над уровнем зеркала ванны. Пайка происходит при перемещении изделия над гребнем со скоростью 60—120 см/мин.

После пайки печатная плата поступает в камеру 5, где охлаждается, а затем в камеры 6 и 7, где происходит очистка верхней и нижней частей панели от остатков флюса и наплывов припоя. Для очистки применяют вращающиеся щетки, скребки и горячую воду. После окончания воздушной сушки в камере 8 готовое изделие поступает на разгрузочный желоб 9.

**Механизированная пайка поплавков карбюратора.** Поплавок карбюратора бензинового двигателя состоит из двух половин цилиндрической коробки — корпуса и крышки, которые соединяют вместе пайкой. Пайке подлежат только чистые, без механических повреждений половинки поплавков. Пайку выполняют с помощью паяльной пасты, состоящей из порошкообразного оловянно-свинцового припоя и флюса. Пасту наносят на шов кисточкой или погружением (перед сборкой) на 2—3 мм на кромки корпуса поплавок в пасту. Собранные поплавки с нанесенной пастой устанавливают в чистые лотки, которые подают в зону пайки. Пайку производят в паяльной установке (рис. 85), которая состоит из съемной крышки 6, основания 3, защитного кожуха 2,

приемного бункера 1 со смотровым окном 17 и сменным ящиком 18 для приема поплавок.

На крышке установлен щит управления с пирометрическим прибором 9, тумблерами пуска электродвигателя 11 (включение движения диска) и выключения нагрева электропечи 12 (постоянный нагрев) и 8 (автоматический нагрев).

Работа каждого тумблера контролируется соответствующими сигнальными лампочками 10. На откидной крышке 5 расположены накопители 7. Вентиляционная трубка 13, служащая для вывода продуктов распада флюса во время пайки, подключается резиновым шлангом в систему вентиляции. С помощью ручек 4 крышку можно снять с основания.

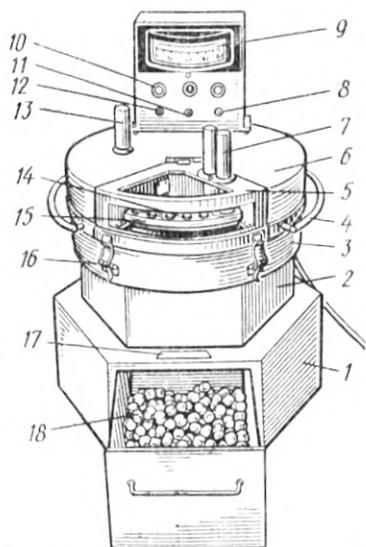


Рис. 85. Общий вид полуавтоматической паяльной установки

на предварительного нагрева и зона охлаждения ограничены жароупорным стальным сектором, закрывающим спираль электропечи, он же служит подом, по которому движутся поплавки.

Механический привод и электрооборудование установки смонтированы на днище основания и закрыты сварным защитным кожухом 2.

Для предотвращения смещения и перекоса крышку и основание скрепляют между собой зажимами 16 и направляющей шпилькой, расположенной за щитом управления.

Установку монтируют на сварной приемный бункер со смотровым окном. В бункер вставляют сменные ящики 18, в которых накапливаются спаянные поплавки.

При пуске установки тумблерами включают нагре-

вательные элементы печи и электродвигатель, печь начинает нагреваться, а диск 15 вращаться против часовой стрелки. При достижении температуры пайки (320—350°С) собранные и промазанные пастой поплавки загружают в накопитель 7. Из накопителя под собственным весом нижние поплавки устанавливаются в соответствующие гнезда 14 вращающегося диска. Поплав в гнездо, поплавок своим дном скользит по жароупорному сектору, проходит участок предварительного нагрева, зону пайки, охлаждения и проваливается в окно воронки съема поплавок, попадая в ящик приема готовой продукции. По мере накопления ящик вынимают и на его место устанавливают другой.

## ГЛАВА IX КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПАЯНЫХ ИЗДЕЛИЙ

### § 39. ДЕФЕКТЫ ПАЯНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Высокая механическая прочность паяных соединений может быть достигнута при обязательном соблюдении технологического процесса пайки. К основным дефектам паяных соединений относятся поры, раковины, трещины, неполное заполнение зазора припоем, шлаковые и флюсовые включения и др.

Основные дефекты паяных соединений и причины их образования приведены в табл. 13.

### § 40. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПАЯНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Качество паяных соединений в значительной степени зависит от правильного выбора конструкции соединения, припоя, флюса и технологического процесса пайки. Следует подвергать строгому контролю не только готовую продукцию, но и в процессе пайки и даже подготовительные операции. После пайки производится приемка и испытание паяных изделий. При испытании качества паяных соединений могут быть применены методы контроля без разрушения и с разрушением.

**Методы контроля паяных изделий без разрушения.** К этим методам контроля качества паяных соединений относятся: внешний осмотр, испытание на герметичность,

13. Основные дефекты паяных соединений,  
их причины и меры устранения

Характер дефекта	Причина возникновения	Меры устранения причин возникновения дефекта
Припой не смачивает металл в зоне пайки	Недостаточный нагрев детали	Повысить температуру или продлить время нагрева
	Плохая подготовка поверхности деталей под пайку	Очистить поверхность соединяемых деталей от окислы, жира и других загрязнений
	Недостаточно активный флюс или недостаточное его количество	Подобрать более активный флюс и большее количество
Припой не затекает в зазор	Малый зазор соединения	Увеличить зазор соединения
	Большой зазор соединения	Уменьшить зазор соединения
	Перекокс деталей при сборке	Сборку выполнять в приспособлении
Неполное заполнение шва припоём	Недостаточное количество припоя	Увеличить количество припоя
	Большой зазор соединения	Уменьшить зазор соединения
Пористость шва	Выделение газов из паяемого металла	Детали, от которых требуется герметичность, должны изготавливаться из материалов, не содержащих газов включений
	Высокая температура нагрева	Уменьшить температуру нагрева зоны пайки
	Испарение компонентов припоя и флюса	Проверить химический состав припоя. Подобрать флюс, у которого компоненты не испаряются

Характер дефекта	Причина возникновения	Меры устранения причин возникновения дефекта
Трещины в паяном шве	Смещение деталей в момент затвердевания припоя	Использовать для пайки специальные приспособления
	Быстрое охлаждение соединения после пайки	Постепенно охлаждать паяные соединения после пайки
	Различные физико-химические свойства припоя и основного металла	Подбирать припой и основной металл соединения так чтобы их физико-химические свойства были близки
Прожоги основного металла соединения	Высокая температура нагрева	Снизить температуру нагрева
	Длительный нагрев места пайки частей соединения	Сократить время нагрева места пайки
Отсутствие связи основного металла с припоем	Припой не смачивает металл в зоне пайки	Тщательно очистить поверхность деталей соединения
Наплывы или потеки припоя	Недостаточный нагрев поверхности изделия	Увеличить время нагрева поверхности изделия при пайке
Отсутствие галтели припоя в месте соединения	Плохая смачиваемость припоя	Тщательно зачистить место пайки от окисной пленки
	Недостаточное количество припоя	Увеличить количество припоя
	Слишком длительный нагрев зоны пайки	Уменьшить время нагрева места соединения

Продолжение табл. 13

Характер дефекта	Причина возникновения	Меры устранения причин возникновения дефекта
Шлаковые и флюсовые включения в паяном шве	Температура плавления флюса выше температуры плавления припоя	Правильно подобрать припой и флюс по их физическим свойствам
	Плотность припоя меньше плотности флюса	Правильно подобрать припой и флюс по их физическим свойствам
Перекосы и смещения в паяных соединениях	Плохое скрепление деталей перед пайкой	Тщательно скрепить отдельные детали соединения перед пайкой
Деформации и коробления паяного изделия	Неравномерный нагрев и охлаждение в процессе пайки	По возможности применять общий нагрев, постепенно охлаждать после пайки
	Небрежная сборка отдельных деталей изделия под пайку	Применять специальные приспособления для надежного фиксирования положения отдельных элементов изделия при сборке, пайке и охлаждении

рентгеновский, магнитный, ультразвуковой, люминесцентный методы, метод окрашивания.

Внешний осмотр отдельных элементов соединения перед пайкой и готового паяного соединения устанавливает соответствие их чертежу и техническим условиям. Проверяется шероховатость соединяемых поверхностей, отсутствие забоин и вмятин, правильность установления капиллярных зазоров и расположение припоя, надежность закрепления элементов паяного изделия, качество заполнения зазоров и образования галтелей, наличие трещин в галтельных участках шва.

Испытанию на герметичность подвергают в основном изделия, которые предназначены для хране-

ния газов и жидкостей или работающие под давлением. Испытание выполняют путем нагнетания в паяное изделие воздуха до давления, установленного техническими условиями. Затем швы смачивают водой или погружают изделие в воду. Появление пузырьков воздуха на паяных швах свидетельствует о наличии неплотностей.

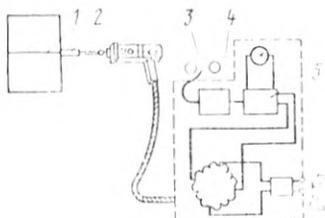


Рис. 86. Галонидный теченоскатаель:

1 — шов, 2 — щуп, 3 — телефон, 4 — звуковой генератор, 5 — усилитель постоянного тока

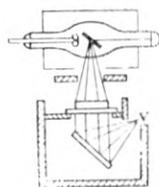


Рис. 87. Рентгеновский метод контроля:

а — схема рентгеновского аппарата, б — снимок с изображением внутренних дефектов

Непроницаемость паяных швов может быть определена гелиевыми или галонидными теченоскатаелями (рис. 86). Испытуемое изделие заполняется гелием или галонидным газом в смеси с воздухом. Если есть неплотность, газ проходит через неплотность и улавливается передвигаемым по поверхности шва специальным щупом теченоскатаеля, а затем анализируется в приборе.

Чувствительность гелиевого и галонидного теченоскатаеля очень высокая, но вследствие сложности их применяют только для наиболее ответственных изделий.

Рентгеновский метод контроля (рис. 87) применяется для определения внутренних дефектов в ответственных паяных соединениях. Контроль качества паяных соединений рентгеновским излучением производится на рентгеновских аппаратах типа РУП 120-5-1 (рис. 87, а). По рентгеновским снимкам (рис. 87, б) определяют размеры, расположение и характер внутренних дефектов в паяных швах.

Количество допустимых дефектов на рентгеновских снимках указывается в технических условиях на приемку изделия.

Магнитный метод определения трещин и других дефектов паяных изделий заключается в следующем. Паяные детали намагничивают постоянным или переменным током, затем пульверизатором на поверхность этих деталей наносят слой сухого магнитного порошка (или детали погружаются в суспензию магнитного порошка в масле или керосине). Скопление порошка в отдельных местах на поверхности паяных деталей указывает на наличие трещин и других дефектов.

Ультразвуковой метод применяется для определения в паяном соединении дефектов в виде трещин, пор, раковин, шлаковых включений и др.

При обнаружении дефекта ультразвуковая волна отражается от поверхности и улавливается осциллографом.

Люминесцентный метод применяется для выявления трещин паяных соединений из магнитных материалов. Он основан на способности некоторых жидкостей светиться при воздействии на них ультрафиолетовых лучей.

Такой жидкостью, состоящей из 50% керосина, 25% автoла и 25% трансформаторного масла, покрывают паяный шов.

После 15—20 мин выдержки поверхность соединения обтирают и просушивают, а затем в темном помещении облучают ультрафиолетовыми лучами. Жидкость, проникшая в трещины, начинает светиться, таким образом дефекты обнаруживаются.

Метод окрашивания служит для определения в паяном шве неглубоких мелких пор, трещин и других дефектов.

Этот метод заключается в следующем. На поверхность паяного соединения наносят слой жидкости, состоящей из трансформаторного масла, скипидара и красной краски. Через 15 мин поверхность промывают 5%-ным водным раствором кальцинированной соды. Затем пульверизатором на высушенную поверхность наносят тонкий слой каолина, растворенного в воде. Жидкость, выделившаяся из дефектных мест, окрашивает каолин в красный цвет.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение . . . . .	3
Глава I. Основные понятия о пайке металлов . . . . .	5
§ 1. История развития пайки . . . . .	5
§ 2. Сущность процесса пайки . . . . .	6
§ 3. Классификация способов пайки . . . . .	9
Глава II. Организация рабочего места паяльщика и техника безопасности . . . . .	9
§ 4. Организация рабочего места паяльщика . . . . .	9
§ 5. Основные задачи техники безопасности . . . . .	14
§ 6. Промышленная санитария и гигиена труда . . . . .	15
§ 7. Противопожарные мероприятия . . . . .	16
Глава III. Общие сведения о материалах, применяемых при пайке . . . . .	17
§ 8. Свойства металлов . . . . .	17
§ 9. Черные металлы . . . . .	19
§ 10. Цветные металлы . . . . .	20
§ 11. Сплавы . . . . .	23
§ 12. Припой . . . . .	25
§ 13. Флюсы . . . . .	39
Глава IV. Основные сведения об электрооборудовании нагревательных устройств . . . . .	47
§ 14. Элементарное понятие об электрическом токе . . . . .	47
§ 15. Понятие о трансформаторе . . . . .	53
§ 16. Пускорегулирующая электрическая аппаратура . . . . .	54
§ 17. Приборы для измерения и регулирования температуры . . . . .	57
Глава V. Общие понятия о технологическом процессе . . . . .	59
§ 18. Технологический процесс и его элементы . . . . .	59
§ 19. Технологическая документация на процессы пайки . . . . .	60
Глава VI. Подготовка изделий к пайке . . . . .	62
§ 20. Классификация способов подготовки поверхности к пайке . . . . .	62
§ 21. Механическая очистка поверхностей деталей . . . . .	62
§ 22. Химическая очистка поверхности . . . . .	65
§ 23. Промывка . . . . .	68
§ 24. Предварительное нанесение металлических покрытий . . . . .	69

§ 25. Сборка и закрепление деталей под пайку . . . . .	72
Глава VII. Технологический процесс пайки . . . . .	78
§ 26. Пайка паяльником . . . . .	78
§ 27. Пайка с нагревом паяльной лампой . . . . .	90
§ 28. Пайка газопламенными горелками . . . . .	92
§ 29. Пайка в электропечах . . . . .	103
§ 30. Пайка погружением в расплавленную соль . . . . .	112
§ 31. Пайка погружением в ванну с расплавленным припоем . . . . .	115
§ 32. Пайка волной припоя и селективная пайка . . . . .	116
§ 33. Индукционная пайка . . . . .	117
§ 34. Ультразвуковая пайка . . . . .	124
§ 35. Пайка электросопротивлением . . . . .	127
§ 36. Абразивная пайка . . . . .	127
§ 37. Выбор способа пайки . . . . .	130
Глава VIII. Механизация и автоматизация паяльных работ . . . . .	130
§ 38. Механизация и автоматизация паяльных работ . . . . .	131
Глава IX. Контроль качества паяных изделий . . . . .	137
§ 39. Дефекты паяных соединений . . . . .	137
§ 40. Методы контроля качества паяных соединений . . . . .	137

**Илья Захарович Винников**

### ПАЯЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Редактор Н. А. Цветкова. Художественный редактор В. И. Пономаренко. Технический редактор З. А. Муслимова. Корректор С. К. Завьялова.

ИБ № 1793

Изд. № М-83. Сдано в набор 05.03.79. Подписано к печати 28.09.79. Т — 18513. Формат 84×108<sup>1/32</sup>. Бум. тип. № 1. Гарнитура литературная. Печать высокая. Объем 7,56 усл. печ. л. 7,11 уч.-изд. л. Тираж 50 000 экз. Зак. 171. Цена 15 коп. Издательство «Высшая школа». Москва, К-51, Пеглиная ул., д. 29/14.

Типография изд-ва «Уральский рабочий»,  
г. Свердловск, просп. Ленина, 49.