

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
ФГБОУ ВО Иркутский государственный аграрный университет
им. А.А. Ежевского

Факультет энергетический
Кафедра электрооборудования и физики

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ПРОХОЖДЕНИЯ УЧЕБНОЙ ПРАКТИКИ
СТУДЕНТАМИ ОЧНОГО, ЗАОЧНОГО И ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ,
НАПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКИ 35.03.06 - АГРОИНЖЕНЕРИЯ, ПРОФИЛЬ
«ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ В АПК»



Молодежный 2021

УДК 378.147.88(072)

Т 384

Допущено методическим советом энергетического факультета
(протокол № 3 от 17 ноября 2020 года)

Составители: Прудников А.Ю., Боннет В.В., Логинов А.Ю.

Рецензент:

Подъячих С. В. - к.т.н., заведующий кафедрой «Электроснабжения и электротехники» Иркутского ГАУ им. А.А. Ежовского

Технологическая практика : методические указания для прохождения учебной практики студентами очного, заочного и дистанционного обучения, направления подготовки 35.03.06 - Агроинженерия, профиль «Электрооборудование и электротехнологии в АПК» / Иркут. гос. аграр. ун-т им. А. А. Ежовского ; сост.: А. Ю. Прудников и [др.] – Молодёжный : Изд-во ИрГАУ, 2021. – 56 с. – Текст : электронный.

Приведены материалы для руководства по написанию отчёта по учебной технологической практике студентами очного, заочного и дистанционного обучения, направления подготовки 35.03.06 - Агроинженерия, профиль «Электрооборудование и электротехнологии в АПК». Методические указания составлены на основе действующей рабочей программы по дисциплине «Технологическая практика».

СОДЕРЖАНИЕ

1. Требования, предъявляемые к прохождению учебной практики студентами.....	4
2. Общие сведения.....	5
3. Припой.....	6
3.1. Припой на основе легкоплавких металлов.....	6
3.2. Припой на медной основе.....	8
3.3. Припой с благородными металлами.....	10
3.4. Припой на основе лёгких металлов.....	11
3.5. Порошкообразные и пастообразные припои.....	11
3.6. Технология производства припоев.....	12
4. Паяльные флюсы.....	17
4.1. Назначение и механизм флюсования.....	17
4.2. Классификация паяльных флюсов.....	18
4.3. Приготовление и выбор флюса.....	22
5. Способы пайки.....	27
5.1. Подготовка изделий к пайке.....	27
5.2. Пайка с нагревом паяльника.....	31
5.3. Пайка с нагревом газопламенными горелками.....	38
5.4. Пайка с электронагревом.....	40
5.5. Пайка в жидких средах.....	44
5.6. Пайка в печах.....	47
5.7. Специальные способы пайки.....	47
6. Технология пайки электрических соединений.....	49
6.1. Технология пайки проводов.....	49
6.2. Технология пайки серебра, золота, платины.....	54
6.3. Технология пайки алюминия и его сплавов.....	55
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	56

1. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ПРОХОЖДЕНИЮ УЧЕБНОЙ ПРАКТИКИ СТУДЕНТАМИ

- 1.1. Цели и задачи практики:** Приобрести теоретические знания и практические навыки пайки различных материалов.
- 1.2. Место проведения практики:** Кафедра «Электрооборудования и физики», другие лаборатории кафедры.
- 1.3. Отчётность по практике:** Зачёт по практике с дифференцированной оценкой принимается руководителем практики. Обязательным условием для допуска студента к зачёту является написание отчёта по практике.

Отчёт по учебной практике:

- Текст (рукописный) отчёта размещается на одной стороне белой бумаги формата А4 (297 × 210);

должен содержать:

- Титульный лист;
- Цель практики;
- Введение (основные понятия и определения);
- Все пункты и подпункты содержания настоящих методических указаний;
- Заключение (выводы по работе);
- Список литературы.

Титульный лист:



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ДЕПАРТАМЕНТ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ И ОБРАЗОВАНИЯ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ А.А. ЕЖЕВСКОГО»
(ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ)

Отчет по учебной технологической практике

Тема: Пайка проводниковых материалов

Выполнил: студент 2 курса 1 группы
спец. 35.03.06 – «Агроинженерия»
Иванов И.И.

Проверил: ст. преподаватель каф. ЭОиФ
Прудников А.Ю.

2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Пайка – это процесс создания неразъёмного соединения различных материалов без их расплавления путём заполнения зазора между ними промежуточным металлом или сплавом в жидком состоянии.

Промежуточный металл или сплав, заполняющий зазор между соединяемыми материалами, способный смачивать их и образовывать после кристаллизации паяное соединение, называется **припоем**.

Смачивание поверхности твёрдого металла расплавленным припоем: Для того чтобы возникло сцепление между частями твёрдого металла и расплавленным припоем, необходимо, чтобы атомы расплавленного металла вступили в непосредственный контакт с поверхностными атомами твёрдого металла, т.е. чтобы произошло смачивание.

Поверхностное натяжение и капиллярное растекание припоя: Растекание припоя и его способность смачивать основной металл тесно связаны с поверхностным натяжением жидких припоев.

Внутри расплавленного припоя каждая молекула окружена со всех сторон другими молекулами, поэтому со всех сторон она подвергается сжатию. На поверхности молекулы притягиваются соседними молекулами внутрь и со стороны, при этом наружное притяжение, которое уравнивало бы притяжение внутрь, отсутствует. По этой причине молекулы на зеркале расплавленного припоя подвергаются сильному притяжению внутрь, что вызывает сжатие поверхности.

Растекание расплава по поверхности твёрдого металла: В непосредственной связи со смачиванием находится растекание металлического расплава по поверхности твёрдого металла: чем лучше расплав смачивает твёрдую поверхность, тем лучше он растекается по ней.

Природа связей в паяном шве: Качество паяного шва во многом зависит от прочности связи припоя с металлом основы. Смачивание твёрдой металлической поверхности припоем свидетельствует о том, что между атомами припоя и атомами металлической основы возникает межатомная связь.

3. ПРИПОИ

3.1. Припои на основе лёгкоплавких металлов

Оловянно-свинцовые припои имеют наиболее широкое применение во всех отраслях промышленности и в быту. В качестве припоев применяют все сплавы системы свинец-олово.

В зависимости от состава меняются и свойства припоев. Поэтому при выборе марки следует исходить из назначения припоя. Примерное назначение некоторых оловянно-свинцовых припоев приведено ниже.

- **ПОС 90** находит применение при пайке пищевой и медицинской аппаратуры; (температура плавления – 220°C).

- **ПОС 61** применяют в тех случаях, когда требуется хорошее заполнение зазора и не допускается высокий нагрев паяемого изделия; например, при монтаже радиоэлектронной аппаратуры; (температура плавления – 190°C).

- **ПОС 40** - для лужения и пайки радиоэлектронной аппаратуры, изделий из оцинкованного железа; (температура плавления – 238°C).

- **ПОС 10** – для лужения и пайки контактных поверхностей электрических аппаратов, приборов, реле; (температура плавления – 299°C).

- **ПОС 61М** – для лужения и пайки медной проволоки в кабельной промышленности, в электроприборостроении и ювелирной технике; (температура плавления – 192°C).

- **ПОСК 50-18** - для пайки деталей, чувствительных к перегреву, металлизированной керамики, для ступенчатой пайки конденсаторов; (температура плавления – 145°C).

- **ПОССу 61-0,5** для лужения и пайки электроаппаратуры обмоток электрических машин, оцинкованных радиодеталей; (температура плавления – 189°C).

- **ПОССу 50-0,5** - для лужения и пайки авиационных радиаторов, для пайки пищевой посуды с последующим лужением пищевым оловом; (температура плавления – 216°C).

- **ПОССу 40-0,5** - для пайки белой жести, обмоток электрических машин, радиаторных трубок, оцинкованных деталей холодильных агрегатов; (температура плавления – 235°C).

- **ПОССу 33-05** - для лужения и пайки свинцовых кабельных оболочек, электротехнических изделий, тонколистовой упаковки; (температура плавления – 245⁰С).

- **ПОССу 30-0,5** - самые распространённые в промышленности припои. Пригодны для пайки герметичных швов, электрических генераторов, деталей автомобиля, химических аппаратов; (температура плавления – 255⁰С).

- **ПОССу 18-0,5** - находят широкое применение при пайке изделий методом окунаения, при пайке автомобильных кузовов, различных изделий из меди, латуни и стали. (температура плавления – 277⁰С).

- **ПОССу 95-5** - для пайки радиоэлектронной аппаратуры, трубопроводов, работающих при повышенных температурах; (температура плавления – 240⁰С).

- **ПОССу 40-2** – для лужения и пайки холодильных устройств, тонколистовой упаковки, находит применение во всех областях промышленности; (температура плавления – 229⁰С).

- **ПОССу 35-2** – для пайки свинцовых труб, деталей холодильных аппаратов, радиаторов; (температура плавления – 243⁰С).

- **ПОССу 18-2** - для пайки изделий в автомобильной и тракторной промышленности; (температура плавления – 270⁰С).

- **ПОССу 8-3** - для лужения и пайки в электроламповом производстве; (температура плавления – 290⁰С).

- **ПОССу 5-1** – для лужения и пайки деталей, работающих при повышенных температурах, трубчатых радиаторов; (температура плавления – 308⁰С).

- **ПОССу 4-6** – для пайки лужения ответственных деталей; (температура плавления – 270⁰С).

Припои на оловянной основе: Олово применяют для пайки не только в оловянно-свинцовых припоях, но и в виде сплавов с другими металлами, например, с цинком, кадмием и серебром. Двойные оловянно-цинковые припои нашли широкое применение для низкотемпературной пайки изделий из алюминиевых и магниевых сплавов. (температура плавления – от 165 до 345⁰С).

Припои на основе свинца: Из-за недостаточной прочности паяных соединений свинец в чистом виде редко применяют в качестве припоя, но его сплавы с другими металлами использу-

ют для пайки меди, стали, никеля, алюминия и тонких покрытий из благородных металлов. (температура плавления – от 240 до 330⁰С).

Припой на свинцово-оловянной основе с серебром: В связи с тем, что чистый свинец без применения специальных флюсов плохо смачивает поверхность твёрдых металлов и в расплавленном состоянии легко окисляется, использование его в качестве припоя затруднительно. Для улучшения технологических свойств и повышения прочности в свинцовые припои иногда вводят серебро. (температура плавления – от 300 до 350⁰С).

Припой на основе цинка: Для паяния и заделки дефектов изделий из алюминиевых и цинковых сплавов применяют припои на цинковой основе, наиболее простыми из которых являются сплавы цинка с оловом. (температура плавления – от 105 до 490⁰С).

Припой на основе кадмия: В чистом виде кадмий как припой находит ограниченное применение. В качестве припоев обычно используют двойные или многокомпонентные сплавы кадмия с цинком, серебром, оловом, магнием, никелем, свинцом и индием. (температура плавления – от 150 до 310⁰С).

Припой на основе висмута: Висмут очень хрупкий металл, и большинство припоев на его основе недостаточно пластичны, имеют малую прочность и склонны к трещинообразованию. Некоторые сплавы, богатые висмутом, не дают усадки при затвердевании. В качестве припоев используют легкоплавкие сплавы висмута с кадмием, индием, оловом, ртутью и таллием. (температура плавления – от 46 до 150⁰С).

3.2. Припои на медной основе

Чистая медь и сплавы на её основе являются наиболее распространёнными тугоплавкими (твёрдыми) припоями, применяемыми для пайки большинства металлов и сплавов. Соединения, паянные медью и припоями на её основе, имеют высокую коррозионную стойкость, хорошо смачивают основной металл и

большинство из них выдерживают высокие механические нагрузки.

Медь. Чистую медь широко применяют в качестве припоя для пайки изделий из стали и никелесодержащих сплавов. Из-за высокой температуры плавления (1083°C) пайку медью выполняют обычно при индукционном нагреве и нагреве в печах с защитной атмосферой.

Медно-цинковые припои. Медно-цинковые сплавы (латуни) нашли широкое применение для пайки большинства металлов. Сравнительно низкая температура плавления медно-цинковых припоев ($825-880^{\circ}\text{C}$) даёт возможность применять их для пайки изделий, которые нельзя нагревать до высоких температур.

Более высокими механическими свойствами обладают некоторые используемые в качестве припоев двойные и многокомпонентные латуни.

Латуни **Л63** и **Л68** применяют для пайки меди и стали; латуни **МцН-48-10**, **ЛК-62-05** и **ЛКН-56-03-6** – для пайки чугуна.

Медно-никелевые припои. При пайке нержавеющей и жаропрочных сталей, режущего инструмента и изделий, работающих при высоких температурах, применяют медно-никелевые припои. Для увеличения жаростойкости, прочности и температуры плавления (1200°C) в припой этого типа добавляют хром, марганец, железо, кремний и алюминий.

Медно-фосфорные припои. Сплавы меди с 4-9% фосфора из-за высокой жидкотекучести и низкой температуры плавления ($670-820^{\circ}\text{C}$) нашли широкое применение как заменители серебряных и медно-цинковых припоев при пайке меди и её сплавов.

Одной из отличительных особенностей медно-фосфорных припоев является возможность применения их для пайки меди и некоторых её сплавов без флюса, так как присутствующий в припое фосфор при температуре пайки обладает флюсующими свойствами. При пайке медно-фосфорным припоем латуни **Л63**, алюминиевой бронзы и медно-никелевых сплавов необходимо применять боросодержащие флюсы.

Пайка чёрных металлов медно-фосфорными припоями не допускается.

Медно-галлиевые припои. Медно-галлиевые припои (450-900⁰С) представляют собой пасты, состоящие из жидкого галлия (марка ГЛ-000) и порошка меди по ГОСТу 4960-68, которые затвердевают при комнатной температуре. Их целесообразно применять при сложной монтажной пайке без флюса для изготовления слабонагруженных узлов.

3.3. Припои с благородными металлами

Высокая пластичность, механическая прочность, хорошая коррозионная стойкость, способность соединять разнородные металлы и керамику позволяют применять серебряные, золотые и платиновые припои во многих областях науки и техники и в быту.

Серебряные припои. Характерным отличием серебряных припоев от других тугоплавких припоев является относительно невысокая температура плавления (850⁰С), высокая прочность, пластичность, коррозионная стойкость в различных средах, повышенная тепло- и электропроводность.

Серебряные припои хорошо смачивают металлические поверхности, прекрасно заполняют зазоры швов, дают прочные и коррозионно устойчивые паяные соединения, которые хорошо сопровождаются ударным и вибрационным нагрузкам и выдерживают значительные деформации.

Серебряные припои применяют для пайки всех металлов, кроме алюминиевых и магнитных сплавов.

Золотые припои. Чистое золото, его сплавы с серебром и с медью используют в качестве припоев в ювелирном и зубопротезном деле, в производстве электронных трубок и вакуумной аппаратуры, при пайке изделий из молибдена и соединений графита с металлом.

Медно-золотые припои отличаются высокой коррозионной стойкостью. Из-за отсутствия летучих компонентов этими припоями паяют детали, работающие в высоком вакууме. Для снижения температуры плавления (890⁰С) и придания определённых технологических свойств в медно-золотые припои добавляют серебро, цинк, кадмий.

Сплавы золота с индием благодаря хорошей смачивающей способности используют для соединения стекла со стеклом или металлом.

Платиновые припои. Хорошая смачивающая способность, высокие температура плавления (1440-1773⁰С) и сопротивляемость окислению позволяют применять платину и её сплавы с драгоценными металлами в качестве высокотемпературных припоев для изготовления изделий, работающих при высоких температурах. Платина и её сплавы с золотом и серебром находят применение при пайке молибдена и для соединения труднопаяемых изделий.

Применение платины в паянии ограничено из-за её высокой стоимости.

3.4. Припои на основе лёгких металлов

Алюминиевые припои. Для пайки изделий из алюминия и его сплавов наиболее надёжными с точки зрения механической прочности являются припои на алюминиевой основе с кремнием, медью, оловом и другими металлами – температура плавления от 500 до 630⁰С. Для дальнейшего снижения температуры в алюминиево-кремниевые припои вводят медь. Для улучшения технологических и прочностных свойств алюминиевых припоев в них дополнительно вводят цинк и марганец.

Магниевые припои. Для пайки магния и его сплавов применяют припои на основе магния с добавками алюминия, меди, марганца и цинка. При пайке в печах в целях предотвращения воспламенения припоя в него вводят небольшое количество бериллия.

3.5. Порошкообразные и пастообразные припои

При автоматической пайке и при пайке сложных изделий со швами на вертикальных стенках применение обычного припоя в виде прутков или лент затруднительно. Кроме того, некоторые тугоплавкие припои обладают повышенной хрупкостью, и получить их в виде прутков и лент невозможно. Чтобы преодолеть

эти трудности, в практике часто пользуются порошкообразными и пастообразными припоями.

Лёгкоплавкие пастообразные припои обычно состоят из трёх частей: порошкообразного припоя, флюса и загустителя. Порошкообразный припой готовят или из смеси порошков олова, свинца, кадмия, цинка, или из переведённого в порошкообразное состояние любого легкоплавкого припоя- температура плавления от 60 до 700⁰С.

Флюсом в пастообразном припое практически может служить любой флюс, применяемые при пайке легкоплавкими припоями. Чаще всего для этой цели используют насыщенный водный раствор хлористого цинка с добавкой хлористого аммония, если после пайки допускается промывка и сушка изделия.

Тугоплавкие пастообразные и порошкообразные припои.

Твёрдосплавные пластины в производстве режущего инструмента часто припаивают порошкообразными припоями (температура пайки от 1150 до 1400⁰С), состоящими из размолотых в порошок ферросплавов, медной стружки (или порошка) и флюсов.

Для пайки изделий из нержавеющей и жароупорных сталей, керамики и графита применяют измельчённые в порошок тугоплавкие припои, разведённые в масле или в других жидкостях.

3.6. Технология производства припоев

В зависимости от конструкции и конфигурации изделия для пайки применяют различные виды и формы припоя: проволоку, прутки, фольгу, ленту, обрезки, таблетки, производят электролитическое или горячее покрытие поверхности паяемых деталей, применяют порошковый или пастообразный припой.

Применение определённой формы припоя значительно облегчает процесс пайки, даёт возможность получить более надёжные паяные соединения и значительно сокращает расход припоя.

Вид припоев: Оловянно-свинцовые припои по ГОСТу 1499-70

изготавливают в виде чушек (Ч), проволоки (Пр), ленты (Л), прутков трёхгранных (ПТ) и круглых (Пк), трубок, заполненных флюсом (Т), порошка (Пор).

Таблица 3.1

Размеры припоев

№ п/п	Вид припоя					
	Проволока	Прутки круглые	Прутки трёхгранные,	Лента		Трубка
	диаметр, мм	диаметр, мм	размер стороны, мм	толщина, мм	ширина, мм	наруж.диам./ /внут.диам., мм
1	0,5	5,0	10,0	0,8	5,0	1,0 / 0,5
2	0,6	8,0	12,0	1,0	6,0	1,5 / 0,7
3	0,8	10,0	14,0	1,5	7,0	2,0 / 1,0
4	1,0	12,0	16,0	2,0	8,0	2,5 / 1,2
5	1,2	15,0		2,5	9,0	3,0 / 1,5
6	1,5			3,0	10,0	4,0 / 2,0
7	1,8			4,0		5,0 / 2,5
8	2,0			5,0		
9	2,5					
10	3,0					
11	4,0					
12	5,0					
13	6,0					

Пример условных обозначений оловянно-свинцовых припоев :

Припой Ч ПОС 40 ГОСТ 1499-70. – припой оловянно-свинцовый бессурьмянистый, изготовленный в виде чушки марки ПОС 40.

Припой Пр 2 ПОССу 40-0,5 ГОСТ 1499-70. – припой оловянно-свинцовый малосурьмянистый, изготовленный в виде проволоки диаметром 2 мм марки ПОССу 40-0,5.

Припой Л 1×8 ПОС 61 ГОСТ 1499-70. – припой оловянно-свинцовый бессурьмянистый, изготовленный в виде ленты размерами 1×8 мм, марки ПОС 61.

Медно-цинковые припои поставляют в форме зерен, которые в зависимости от размера разделяют на два класса :

А – зёрна величиной 0,2-3 мм;

Б – зёрна величиной 3-5 мм.

Латуни, применяемые в качестве припоев (например, Л63, Л68), выпускают в виде полос, ленты и проволоки самых разнообразных размеров.

Сплав медь-фосфор (ГОСТ 4515-48) выпускают в виде плиток размером 370×215×30.

Для приготовления паяльной пасты в порошкообразный припой при помешивании добавляют флюс до получения массы нужной консистенции. Приготавливают пасту примерно за сутки до работы. Приготовление флюса: В воде растворяют хлористый аммоний и глицерин. Полученный раствор нагревают до 50-60⁰С и вводят в него крахмал. После растворения крахмала флюс с загустителем небольшими порциями вливают в порошкообразный припой при тщательном помешивании до получения нужной консистенции.

Производство брикетированного припоя. Припой в виде небольших брикетов (таблеток) диаметром 5-15 мм и толщиной 2-3 мм удобно применять при пайке твердосплавного инструмента. Применение брикетированного припоя значительно повышает производительность пайки и снижает расход припоя и флюса за счёт точного дозирования.

Для получения брикетов прутки или слитки приготовленного припоя превращают в стружку, затем в стружку добавляют флюс необходимого состава. Полученную смесь перемешивают, засыпают в матрицу и прессуют на прессе.

Производство трубчатых припоев. При пайке легкоплавкими припоями радиоэлектронных и других изделий, промывка которых после пайки с целью удаления остатков флюса не допускается, в качестве флюса применяют канифоль. Для удобства пайки промышленность выпускают оловянно-свинцовые припои в виде различного диаметра трубок, наполненных канифольным флюсом.

Производство прутков и проволоки припоя. Припои в виде проволоки изготавливают в массовом производстве на специальном заводе методом волочения. Заготовкой служит отливка определённого состава припоя.

Припои в виде прутков могут иметь самый разнообразный профиль и размер, но чаще всего прямоугольной, квадратной и круглой формы. Изготавливают их прокатыванием листов или прессованием приготовленного припоя, или методом заливки расплавленного припоя в изложницу или кокиль.

Припой в виде ленты или фольги получают прокаткой приготовленного припоя. Из полученных листов затем штампуют самой разнообразной формы пластинки или кольца, которые особенно удобно применять при массовом и серийном производстве с предварительным закладыванием припоя в зону пайки. Припой в форме фольги находит применение при пайке сотовых изделий.

Фольгу следует выбирать как можно тоньше, чтобы более плотно сблизить соединяемые поверхности.

Влияние чистоты в производстве припоев. Наличие в припоях различных окислов и некоторых металлов ухудшает взаимодействие припоя с паяемым металлом и снижает их растекаемость, что в конечном итоге приводит к ухудшению качества пайки или делает её невозможной. Так, присутствие в оловянно-свинцовых припоях сурьмы свыше 6% снижает растекаемость, делает припой хрупким и зернистым.

Аналогичное действие оказывает наличие в оловянно-свинцовых припоях цинка, алюминия, железа и меди. Присутствие этих металлов даже в незначительных количествах резко ухудшает свойства припоев. Влияние чистоты припоев особенно сказывается при высокотемпературной пайке металлов. Все припои, используемые для этой цели, должны быть высокой чистоты и не иметь тугоплавких окислов титана, алюминия или кремния. Производство высокотемпературных припоев на всех этапах должно осуществляться в чистой и сухой атмосфере инертного газа или при высоком вакууме, исходные материалы должны быть чистыми.

Рафинирование оловянно-свинцовых припоев. Цель рафинирования - удаление меди, цинка и железа, накопившихся в припое за счёт растворения в процессе пайки погружением. Перед рафинированием необходимо иметь химический анализ припоя на цинк, железо и медь.

Удаление цинка из расплавленного припоя производят путём обработки его хлористым аммонием, который вводят в припой из расчёта 200% веса цинка в припое.

Хлористый аммоний вводят в ванну с припоем в смеси с мелким древесным углём в соотношении 4:1, т.е. на четыре части хлористого аммония дают одну часть древесного угля.

Для лучшего удаления цинка из ванны следует до ввода хлористого аммония ванну с припоем нагреть до температуры 420-450⁰С, после чего включить мешалку, которая должна вращаться с частотой 250-300 об/мин. Она должна обеспечить образование глубокой воронки в течение всей работы.

В образовавшуюся воронку мелкими порциями засыпают смесь хлористого аммония и угля.

По окончании удаления цинка мешалку выключают и образовавшиеся на поверхности припоя продукты рафинирования снимают металлической ложкой с отверстиями с таким расчётом, чтобы весь припой через отверстия в дне ложки вытекал в ванну.

Удаление меди и железа основано на сродстве меди и железа к сере. В результате рафинирования медь удаляют из припоя в виде сульфида за счёт обработки припоя серой. Обычно процессы удаления меди и железа происходят одновременно, и количество серы определяют из расчёта 50% суммы веса меди и железа в расплаве.

Процесс удаления меди и железа ведут при температуре 250-270⁰С. При этой температуре включают механическую мешалку и в образовавшуюся воронку вводят серу небольшими порциями. Весь процесс перемешивания припоя и ввода серы должен протекать в течение 20-60 минут в зависимости от размеров ванны и количества в припое меди и железа. Образовавшиеся сульфиды меди и железа всплывают на поверхность припоя в виде пены. По истечении 10 мин. В воронку сплава под мешалку вводят канифоль в смеси с древесным углём. Канифоль и уголь должны быть размолоты до порошкообразного состояния

и иметь соотношение по весу 1:3 в общем количестве 70% к весу серы.

После введения канифоли с углём ванну с припоем нагревают до температуры 310-330⁰С и перемешивают до образования сухого сыпучего порошка чёрного цвета, который снимается металлической ложкой с отверстиями. После снятия порошка из ванны на поверхность припоя насыпают древесные опилки слоем 3-4 мм и поджигают их, затем включают мешалку и припой перемешивают до полного сгорания всех опилок. Опилки нужны для того, чтобы полностью выгорела вся сера и не могло образоваться сернистое олово. После сгорания опилок с поверхности припоя удаляют окисную плёнку и от него отбирают пробу на химический анализ.

4. ПАЯЛЬНЫЕ ФЛЮСЫ

Назначение и механизм флюсования

Назначение и свойства флюсов. Флюс для пайки – это активное химическое вещество, предназначенное для очистки и поддержания в чистоте поверхностей паяемого металла с целью снижения поверхностного натяжения и улучшения растекания жидкого припоя.

К флюсам предъявляют следующие основные требования :

- флюс (кроме случаев реактивно-флюсовой пайки) не должен химически взаимодействовать с припоем;

- флюс должен очищать поверхность основного металла и припоя от присутствующих на них окислов и защищать паяемое соединение от присутствующих на них окислов и защищать паяемое соединение от воздействия окружающей среды во время паяния;

- температура плавления флюса должна быть ниже температуры плавления припоя;

- флюс в расплавленном и газообразном состоянии должен способствовать смачиванию поверхности основного металла расплавленным припоем;

- флюс должен сохранять свойства и не менять своего состава от нагрева при пайке;

- флюс не должен вызывать сильной коррозии паяного соединения и не выделять при нагреве ядовитых газов.

Среди известных паяльных флюсов имеются твёрдые, пастообразные, жидкие и газообразные.

Механизм флюсования. Механизм воздействия флюсов на процесс смачивания и растекания расплава по поверхности твёрдого металла может быть объяснён с позиции влияния флюса на соотношение величин поверхностных натяжений. Флюс может улучшить растекание жидкого металла по поверхности твёрдого только в том случае, если он уменьшает поверхностное натяжение расплава и увеличивает поверхностное натяжение твёрдого металла.

Первое условие, необходимое для улучшения смачивания –

- В состав флюса должны входить компоненты, обладающие травящими или сильно восстанавливающими свойствами, так как они, очищая поверхность твёрдого металла от окисной плёнки, повышают поверхностное натяжение твёрдого металла и тем самым улучшают смачивание его расплавом.

Второе условие, необходимое для улучшения смачивания –

- снижение поверхностного натяжения припоя – достигается в результате адсорбции на нём металлических ионов и целых молекул солей.

Смачивание следует рассматривать не как индивидуальные свойства данного металла и даже не как свойство двух металлов, а как обобщённое свойство каждой конкретной тройной системы твёрдый металл – расплав – флюс. Такое понимание механизма смачивания открывает широкую возможность разработки технологических процессов соединения любых металлов, смачивание которых в обычных условиях кажется невозможным.

Классификация паяльных флюсов

Основы классификации. По степени эффективности действия твёрдых остатков флюсы можно разделить на три основные

группы : некоррозионные (защитные) флюсы; слабокоррозионные (промежуточные); коррозионные (активные) флюсы.

Некоррозионные флюсы оказывают только защитное действие. Из-за своей слабой активности они не способны растворять окисную плёнку большинства металлов и могут применяться главным образом при пайке меди и её сплавов, а также стальных изделий, покрытых серебром, медью, оловом или кадмием.

Типичными представителями некоррозионных флюсов являются чистая канифоль и её растворы в спирте или в органических растворителях. Остатки канифольных флюсов негигроскопичны, неэлектропроводны и не вызывают коррозии. Поэтому их широко применяют при пайке телефонной, электрической и радиоэлектронной аппаратуры.

Для увеличения активности канифольных флюсов в них добавляют сложные органические соединения, не изменяющие их коррозионного воздействия. К группе некоррозионных флюсов относят также древесные смолы, воск, стеарин, вазелин. С защитными флюсами можно паять только легкоплавкими припоями.

Слабокоррозионные флюсы более активны, чем первая группа. Они состоят из животных жиров, минеральных масел, органических кислот (молочной, лимонной, оленевой, стеариновой, бензойной, щавелевой и др.), их растворов в воде или в спирте, или производственных органических кислот.

Слабокоррозионные флюсы легко испаряются, сгорают или разлагаются при нагреве. Остатки неразложившегося флюса или его пары могут вызывать коррозию паяного соединения, поэтому после пайки необходимо удалять остатки флюса. Эти флюсы применяют при пайке легкоплавкими припоями.

Коррозионные флюсы состоят из неорганических кислот, хлоридов и фторидов металла; их применяют в виде водных растворов в твёрдом и пастообразном состоянии. Коррозионные флюсы способны разрушать стойкие окисные плёнки чёрных и цветных металлов. В зависимости от температуры пайки их подразделяют на флюсы для пайки легкоплавкими или тугоплавкими припоями.

Флюсы для пайки припоями на основе лёгкоплавких металлов. Простейшим флюсом при пайке лёгкоплавкими припоями медных сплавов и чёрных металлов, покрытых оловом, кадмием и т.д., служит канифоль. Канифоль имеет температуру плавления 70-100⁰С, хорошо растворяется в спирте и во многих других органических растворителях, не вызывает коррозии металлов и сплавов, в нормальных атмосферных условиях стабильна и негигроскопична.

Флюсовые свойства канифоли изменяются в зависимости от температуры: при нормальной температуре она обладает защитными свойствами; в расплавленном состоянии до температуры 200-300⁰С она растворяет тонкий слой окиси меди, при температуре 310⁰С начинает обугливаться и затрудняет процесс пайки. Канифоль в качестве флюса применяют в твёрдом состоянии или в виде раствора в бензине, керосине или в спирте (табл.4.1)

Таблица 4.1

Флюсы для пайки электро- и радиотехнических приборов

Компоненты	Состав, %	Компоненты	Состав, %
Канифоль	100	Канифоль	24
Канифоль	50	Стеарин	1
Полиамидная смола	50	Спирт этиловый	75
Канифоль	40	Канифоль	5
Бензин	60	Скипидар	23
Канифоль	30	Олеин	22
Спирт этиловый	70	Спирт этиловый	50

Для пайки меди и её сплавов, стальных и оцинкованных изделий оловянно-свинцовыми припоями отечественная промышленность выпускает паяльные канифольные лаки (табл.4.2). Лак на место пайки наносят тонким слоем кистью или деревянной лопаточкой. Остатки флюса после пайки можно не удалять, но если изделие предназначено для окраски, место пайки следует промыть ацетоном или спиртом и протереть до полного удаления следов лака. Пайку с помощью паяльных лаков следует производить при температуре не выше 300-350⁰С в хорошо вентилируемом помещении или под тягой.

Паяльные лаки

Марка	Компоненты	Состав, %
ЛТИ-1	Канифоль Спирт этиловый Анилин солянокислый Триэтанолламин	22 70 6 2
ЛТИ-115	Канифоль Спирт этиловый Метафенилдиамин Триэтанолламин	24 70 4 2
ЛТИ-120	Канифоль Спирт этиловый Диэтиламин солянокислый Триэтанолламин	24 70 4 2

Флюсы для пайки тугоплавкими припоями. Наиболее употребительными флюсами для пайки медными и серебряными припоями являются прокалённая бура и её смесь с борной кислотой. Для повышения активности флюса в эти смеси добавляют фтористые и хлористые соли металлов. Для пайки при особо высоких температурах и продолжительном нагреве к борной кислоте добавляют порошки металлов магния, титана, алюминия, боросодержащие и другие соли.

Флюсы для пайки припоями на основе лёгких металлов. Флюсы, предназначенные для пайки алюминиевых и магниевых сплавов, должны обладать повышенной активностью и хорошей способностью разрушать плотные и прочные окисные плёнки. С этой целью во флюсы, состоящие из смеси хлористых солей, добавляют фтористые соли калия, натрия, лития, кадмия, алюминия и т.п.

Газообразные флюсы. В тех случаях, когда применение обычных флюсов (порошкообразных, жидких, пастообразных)

затруднено из-за невозможности удаления их остатков после пайки, применяют газообразные флюсы, являющиеся продуктами распада фтористых или хлористых солей при нагреве. Продукты реакции разложения этих солей при нагреве используют в качестве флюса при пайке нержавеющей сталей и жаропрочных сплавов припоями, имеющими температуру плавления ниже 1200°C .

При пайке нержавеющей сталей и жаропрочных сплавов в качестве исходного материала для получения газового флюса применяют также фтористый водород с аргоном или трёхфтористый бор.

Для увеличения смачивания нержавеющей стали жаропрочными припоями при пайке в вакууме используют атмосферу с небольшим содержанием газообразного щелочного металла (лития, натрия, калия, рубидия или цезия). Испарение этих металлов при нагреве в вакуумной печи происходит при разрежении 0,2 – 0,8 мм. рт. ст.

Приготовление и выбор флюса

Приготовление. Качество готового флюса определяется не только его составом, но и последовательностью введения составляющих веществ при его изготовлении.

В массовом производстве флюсы обычно изготавливают из технически чистых компонентов. При разработке новых флюсов, чтобы устранить влияние различных примесей, всегда присутствующих в определённых количествах в технически чистых веществах, необходимо пользоваться только реактивно чистыми компонентами и только после уточнения состава и пробной пайки применять технические вещества.

Приготовленные флюсы и пастообразные припои следует хранить в чистой посуде с плотно закрываемой пробкой. При открытом хранении вследствие испарения компонентов и поглощения влаги из атмосферы может произойти нарушение состава флюса, изменение его вязкости, цвета, товарного вида и флюсующей активности.

Самое большое распространение при пайке легкоплавкими припоями имеет водный раствор хлористого цинка. Его изготавливают путём растворения металлического цинка в соляной

кислоте. Для этой цели в ванну с кислотоупорной футеровкой загружают цинк, затем постепенно вливают соляную кислоту.

Во избежание переливания раствора через края ванны во время реакции уровень налива кислоты не должен превышать $\frac{3}{4}$ глубины ванны. Окончание растворения цинка в кислоте определяют по прекращению выделения пузырьков водорода. Полученный раствор хлористого цинка отстаивают до прозрачности в том же баке, а затем его перекачивают в другой бак для осаждения ионов серной кислоты хлористым кальцием.

По мере загрязнения ванны шламом последний удаляют с помощью сит; при наличии в шламе кусков металлического цинка шлак промывают водой и снова используют.

Раствор хлористого кальция для осаждения во флюсе ионов серной кислоты приготавливают в гуммированном бачке путём нейтрализации негашённой извести соляной кислотой. Нормальной концентрацией хлористого кальция считается содержание 210 – 240 г/л в пересчёте на окись кальция.

После прибавления хлористого кальция приготовленный раствор перемешивают деревянной мешалкой и отстаивают в течение 24 ч.

Для пайки нержавеющей стали и жаропрочных сплавов латунью и другими тугоплавкими припоями с температурой плавления 850-1100⁰С применяют флюсы Ф200 и Ф201.

Приготавливают их следующим образом: в глубокой металлической ступке борный ангидрид дробят на куски размером не более 6 мм и размалывают их в фарфоровой мельнице до состояния пудры. Размолотый борный ангидрид хранят в банках с резиновыми пробками. Если борный ангидрид отсутствует, то его можно приготовить из борной кислоты путём расплавления её в фарфоровых или шамотных тиглях. В размолотый борный ангидрид добавляют буру. Все компоненты перемешивают и тщательно растирают в фарфоровой ступке или в фарфоровой шаровой мельнице. Размолотый флюс хранят в стеклянных банках с резиновыми пробками или прокладками.

Лигатура флюса Ф201 состоит из 4% магния, 48% алюминия и 48% меди. Приготавливают её следующим способом: сначала расплавляют алюминий и медь, а затем при температуре около 700⁰С вводят магний при интенсивном перемешивании сплава.

Лигатуру перед введением её во флюс следует размолоть в шаровой мельнице или растереть в фарфоровой ступке до состояния пудры.

Флюсы Ф200 и Ф201 можно применять в виде порошка или густой кашицы, замешанной на воде или спирте. При всех случаях флюс надо наносить на место пайки до начала нагрева детали. После пайки остатки флюса необходимо удалить длительным кипячением деталей в воде или обдувкой их в пескоструйном аппарате с последующей просушкой при температуре 120 – 150⁰С.

Для пайки конструкционных и нержавеющей сталей, а также жаропрочных и медных сплавов серебряными припоями с температурой плавления 600 – 850⁰С применяют флюс Ф209. Его готовят следующим способом : обезвоженный фтористый калий в фарфоровой или металлической ступке разбивают на куски размером не более 20 мм и помещают в банку с резиновой пробкой. Борный ангидрид дробят на куски размером не более 6 мм, а затем размалывают в шаровой фарфоровой мельнице до состояния пудры. Подготовленные компоненты взвешивают согласно рецептуре, перемешивают и размалывают в фарфоровой шаровой мельнице до состояния пудры. Флюс после размолла немедленно упаковывают в стеклянные банки с резиновыми пробками.

Удаление остатков флюса. После пайки флюсы всегда частично остаются на изделии. Остатки флюса портят внешний вид, изменяют электропроводность, и некоторые из них вызывают коррозию паяного шва. По этим причинам после пайки остатки флюсы следует удалять с паяного изделия.

Остатки канифоли и флюсы на основе этиленгликоля, тританоламина не вызывают коррозию паяного соединения, и поэтому их можно после пайки не удалять. Если остатки флюса портят внешний вид или мешают нанесению на изделие покрытия, их можно удалить промывкой спиртом или ацетоном.

Канифольные и другие некоррозионные пастообразные флюсы удаляют органическим растворителем или спиртом. Ортофосфорная и органические кислоты, вызывающие незначительную коррозию, после пайки удаляют промывкой водой или спиртом.

Агрессивные кислотные флюсы, содержащие соляную кислоту, хлористый цинк и другие хлориды металлов, должны быть полностью удалены с паяного соединения. Самая тщательная

промывка изделия в воде обычно не обеспечивает полного удаления хлористых солей и ионов хлора.

Ответственные изделия, особенно в массовом производстве, приходят комплексную обработку, состоящую из нескольких операций : промывки последовательно в холодной и горячей воде, в слабом растворе каустической соды, промывки в холодной воде, пассивирования в растворе хромового ангидрида и сушки.

Флюсы, содержащие буру и борную кислоту, образуют на паяном шве не растворимую в воде плотную стекловидную корку, плотно сцеплённую с металлической поверхностью. Корку удаляют одним из следующих способов :

- изделие сразу же после пайки охлаждают. Вследствие различия коэффициентов линейного расширения флюса и металла стеклообразная корка трескается и отходит от поверхности металла. Этот способ не всегда приемлем, так как может вызвать трещины в металле;
- длительное кипячение (5-6 ч.) изделия с последующей промывкой в 20% - ном водном растворе хромового ангидрида ;
- длительное кипячение в водном растворе хромового ангидрида (0,3 – 0,5 г/л);
- кипячение в горячей ванне (2ч при 140⁰С), содержащей 500 – 600 г/л хлористого натрия;
- замачивание в 10-12%-ном водном растворе кислого сернокислого калия при комнатной температуре в течение 2 ч или в подогретом до 40-50⁰С растворе в течение 15-30 мин.

Алюминий и его сплавы особенно подвержены коррозии при наличии флюса. Остатки флюса после пайки с поверхности алюминиевых сплавов удаляются по следующей технологии :

- травление в концентрированной азотной кислоте при 18-20⁰С в течение 5-15 мин;
- промывка в холодной воде в течение 5-10 мин;
- травление и пассивирование в 10%- ной азотной кислоте и 5-10%-ном растворе двуххромовокислого натрия в течение 5-10 мин;
- промывка в горячей (50-80⁰С) воде;
- сушка струей горячего воздуха.

Выбор флюса. Качество пайки и возможность получения паяного соединения во многом зависят от правильного выбора флюса. При выборе флюса учитывают следующие основные факторы: паяемый материал, тип припоя, необходимость очистки изделия от остатков флюса после пайки, способ нагрева, температура и скорость пайки.

Из всех приведённых факторов основным при выборе флюса является паяемый материал. Алюминий, магний, нержавеющая сталь и некоторые другие металлы невозможно паять, применяя канифольные флюсы.

Для пайки таких металлов следует брать активные флюсы, обеспечивающие во время пайки удаление окисной плёнки и смачивание основного металла. Трудно поддаются пайке с канифолью сталь и чугун. Это металлы легко паять с хлористым цинком или другими активными флюсами. Совершенно недопустимо применять кислотные флюсы при пайке электрической, радиоэлектронной или другой аппаратуры, промывка которой после пайки невозможна. В этом случае могут быть выбраны только некоррозионные флюсы, имеющие после пайки твёрдый, нелипкий и негигроскопичный остаток с хорошими изоляционными свойствами.

Органические флюсы при действии на них открытого пламени быстро разлагаются и теряют свою активность. По этой причине их не следует применять при пайке газопламенными горелками. Пастообразные флюсы удобно применять при пайке в печах. Если пайку осуществляют быстро, необходим активный флюс, при длительной пайке флюс может быть менее активным, но должен обладать достаточной стойкостью против разложения.

Кроме перечисленных основных факторов выбор флюса зависит от его концентрации, стоимости, способа нанесения и возможности автоматизации процесса пайки. Правильно выбранный флюс должен обеспечивать смачивание металла припоем, быть безопасным в работе и по возможности наименее коррозионноактивным.

Определение этих свойств производят на предварительно очищенной пластинке основного металла. Для этого на одну её сторону наносят слой флюса, а с другой стороны подогревают горелкой. После испарения влаги на пластинке остаётся белый налёт, который затем плавится и равномерно растекается по ме-

таллу. Если при нагреве флюс собирается в шарики, он считается непригодным для данного металла.

Способность к растворению окисной плёнки определяют после промывки пластинки: если под слоем отмытого, расплавленного флюса остаётся чистая поверхность, флюс достаточно активен и хорошо защищает поверхность данного металла от действия высоких температур пайки.

В случае, когда расплавленный флюс используют для пайки погружением, он должен обеспечить удаление всех окислов с поверхности металла и способствовать хорошему затеканию припоя в зазор.

Для определения коррозионной активности флюса его вместе с припоем наносят на металлическую пластинку и подвергают образец воздействию внешней среды при нормальной и повышенной температуре во влажной атмосфере. Степень коррозионной стойкости системы основной металл-припой-флюс определяют визуально при небольшом увеличении или взвешивании образца (без флюса) до и после испытания.

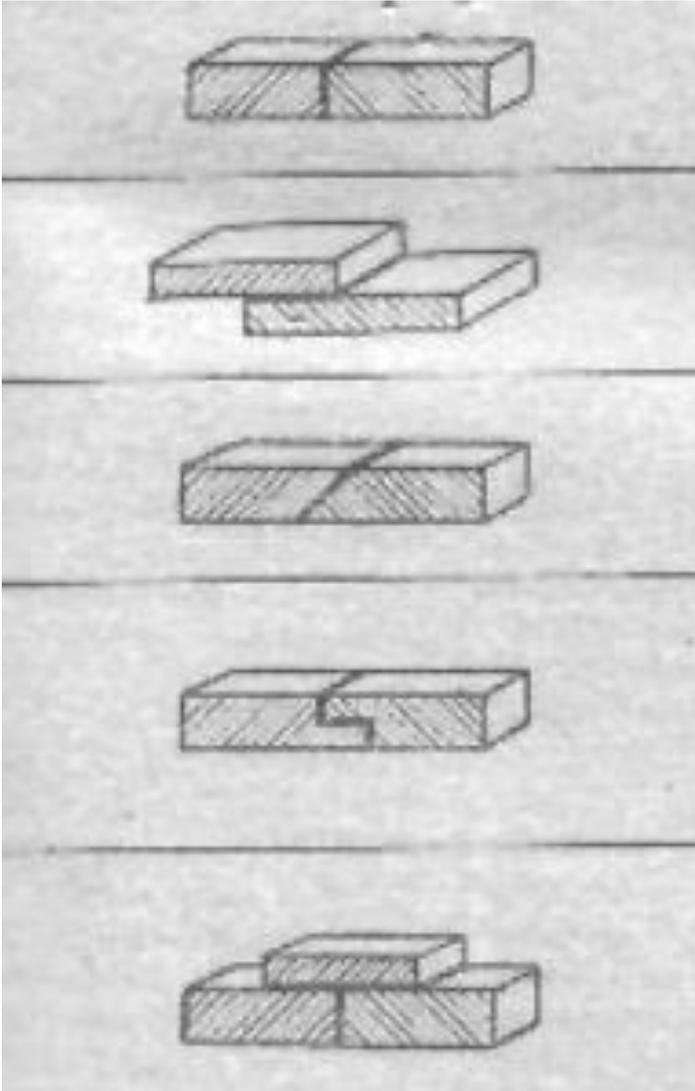
5. СПОСОБЫ ПАЙКИ

5.1. Подготовка изделий к пайке

Качество паяных соединений (прочность, герметичность, электропроводность и др.) зависят не только от правильного выбора основного металла, припоя, флюса, способа нагрева и величины зазоров, но и в значительной степени от правильного выбора типа соединения, способа скрепления элементов перед пайкой, количества припоя и способа введения его в шов.

Типы паяных соединений можно разбить на две основные группы: встык и внахлёстку; все остальные разновидности соединений являются комбинациями этих двух.

Соединения встык применяют обычно в тех случаях, когда изделие работает не в жестких условиях и от него не требуется герметичности; в остальных случаях применяют соединения внахлёстку, при этом чем больше площадь перекрытия, тем выше будет прочность паяного шва.



- Соединение встык; плоскость шва перпендикулярна направлению действия сил; шов работает на растяжение.
- Соединение внахлестку; плоскость шва параллельна направлению действия сил; шов работает на срез.
- Косой срез; плоскость шва наклонна к направлению действия сил; шов работает на растяжение и срез.
- Ступенчатый шов; различные участки шва расположены перпендикулярно и параллельно направлению действия сил; шов работает на растяжение и срез.
- Комбинация стыкового и нахлесточного соединений; различные зоны шва расположены перпендикулярно и параллельно направлению действия сил; шов работает на растяжение и срез.

Рис. 5.1. Основные типы паяных соединений

Скрепление изделий перед пайкой. Части сборных изделий перед пайкой должны быть прочно скреплены одна с другой, чтобы предотвратить перекосы и относительное смещение.

Способ скрепления подбирают экспериментальным путём в зависимости от конструкции изделия. Для скрепления применяют различные вспомогательные жесткие приспособления, поддерживающие устройства, используют точечную сварку, развальцовку, обжимку, клёпку, насечку, свинчивание, плотную посадку и т.п.

При выборе способа скрепления деталей перед пайкой следует исходить из требований, которые будут предъявлены к паяному шву.

Если, например, требуется точное соединение двух деталей, то скрепление их собственным весом невозможно, так как при

пайке в этом случае возможно смещение одной детали относительно другой.

Если паяный шов должен быть абсолютно герметичным, то нельзя скреплять детали точечной сваркой, так как при сварке образуется окалина, удалить которую из шва не удаётся.

Размещение припоя перед пайкой. В зависимости от назначения припоя приготавливают в виде проволоки, прутков, штампованных колец, пасты и т.д. Форма припоя определяется величиной и формой паяемых изделий, доступностью места, куда укладывают припой, количеством припоя, внешним видом после пайки и трудоёмкостью размещения припоя на детали.

Для получения надёжной пайки припой желателен располагать над паяемым швом, в этом случае после расплавления он втягивается в зазор капиллярными силами и силой тяжести. Предварительно уложенный припой следует размещать так, чтобы при расплавлении он мог вытеснять из зазора флюс и воздух. Припой в виде фольги перед пайкой закладывают непосредственно внутрь шва. Шов при этом должен быть обязательно открытым, а паяемые детали во время расплавления припоя должны перемещаться одна относительно другой.

Для пайки продольных швов может быть использован припой в виде прутка или прямой проволоки. Шов при такой пайке располагают горизонтально; при вертикальном расположении шва очень трудно получить доброкачественную пайку, так как припой под действием силы тяжести вытечет и не заполнит шов.

Влияние величины зазора на прочность паяного шва. Механическая прочность паяных соединений зависит от собственной прочности припоя в шве, прочности связи его с металлом основы, прочности металла основы в зоне шва после воздействия на него расплавленного припоя и повышенной температуры, типа паяного шва и величины зазора.

В значительной мере прочность паяного соединения, его плотность и герметичность зависит от величины зазора. Величина зазора зависит от материала паяемого изделия, его массы, температуры пайки, состава припоя, расположения паяного шва, конструкции, чистоты обработки соединяемых материалов. Величину зазора обычно подбирают опытным путём в каждом конкретном случае. При подборе необходимо учитывать термическое расширение сплавов при нагреве, в результате чего зазоры при

температуре пайки будут значительно отличаться от первоначальной величины при комнатной температуре.

Влияние температуры пайки на прочность соединения. Для любого сочетания основного металла с припоем и флюсом существует оптимальная температура пайки, при которой получается наивысшая прочность соединения. Особая роль в этом принадлежит флюсу. Применяемый флюс при температуре пайки должен обладать достаточной активностью и текучестью, необходимой для того, чтобы припой не вытекал из зазора.

Свойства паяных соединений при различных температурах. При низких температурах свойства легкоплавких и тугоплавких припоев изменяются так же, как и у других металлов, т.е. предел текучести и предел прочности возрастают, а ударная вязкость, относительное удлинение и поперечное сжатие падают.

С повышением температуры предел прочности на разрыв и на срез резко уменьшается. По этой причине легкоплавкие припои обычно не применяют для соединения деталей, работающих при повышенных температурах.

Определение длины нахлестки паяных соединений, работающих на срез. Длину нахлестки обычно берут в 3-8 раз больше толщины основного металла. При большей длине увеличивается расход припоя, а прочность при этом не повышается.

Удаление припоя с поверхности паяных изделий. С поверхности паяных изделий излишки припоя удаляют механической обработкой, травлением в кислотах, электротехническим способом, вакуумированием или выдуванием.

Широкое применение получает метод вакуумного отсасывания расплавленного припоя или его выдувание струёй воздуха. Для этой цели применяют паяльники с каналом в наконечнике. Канал соединён через улавливающую камеру с вакуумом или с источником сжатого воздуха так, чтобы после нагрева соединения припой можно было удалить одним из двух способов.

Механическая очистка поверхности металлов. Механическую очистку поверхности изделий от окислов, ржавчины и окалины производят наждачной бумагой, напильниками, металлическими щётками, шлифовальными кругами, стальной или чугунной дробью и т.п.

Химическое травление. Окалину и окислы с поверхности стали снимают погружением в растворы серной, соляной, фосфорной и других кислот.

Очистка с помощью ультразвука. Ультразвуковая обработка резко сокращает процесс очистки деталей от жировых загрязнений. Её применяют в тех случаях, когда другие способы не обеспечивают нужную чистоту поверхности. В качестве очищающей среды применяют органические растворители, щелочные растворы, горячую воду, мыльный раствор и др. После обработки ультразвуком изделия необходимо промывать в чистой воде, а раствор очищать от примесей.

Термическая очистка. Термическая или пламенная очистка состоит в нагреве очищаемой поверхности металла горелкой. Для очистки горелку быстро перемещают по поверхности металла и посторонние вещества при этом сгорают. Мундштуку горелки придают серповидную, угловую и другие формы в зависимости от формы очищаемой поверхности. Скорость перемещения должна быть достаточной, чтобы не допустить коробления поверхности металла, в среднем она равна 3-10 м/ч.

Промывка. Растворы, применяемые для травления и обезжиривания, не должны загрязняться посторонними веществами, особенно недопустимо перенесение химических реактивов из обезжиривающих ванн в травильные и наоборот. Поэтому после каждой проделанной операции по подготовке поверхности необходима тщательная промывка изделия в воде.

5.2. Пайка с нагревом паяльника

Конструкция паяльников. Наиболее простой метод пайки с нагревом паяльником широко применяют во многих областях техники и в быту.

Простейший паяльник состоит из медного заострённого наконечника, закреплённого на стальном стержне с ручкой. Независимо от способа нагрева и конструкции основное назначение паяльника – нагрев припоя до расплавления, накапливание расплавленного припоя и нанесение его на паяемое изделие, прогрев металла по месту пайки и удаление излишков расплавленного припоя.

По способу нагрева паяльники делят на три группы : 1). без постоянного подогрева, 2). с непрерывным подогревом газом или жидким топливом и 3). с электрическим подогревом.

Паяльники без постоянного подогрева нагревают периодически в пламени паяльной лампы или в специальных горнах, работающих на жидком, твёрдом и газообразном топливе.

Паяльники с непрерывным подогревом отличаются тем, что медный стержень непрерывно подогревается открытым пламенем. В качестве топлива используют спирт, бензин, городской газ, ацетилен, водород. Паяльники, обогреваемые жидким топливом (рис.5.1), обычно состоят из сосуда для топлива, горелки, запорных краников и наконечника. Такие паяльники очень удобны в работе и не требуют дополнительного оборудования.

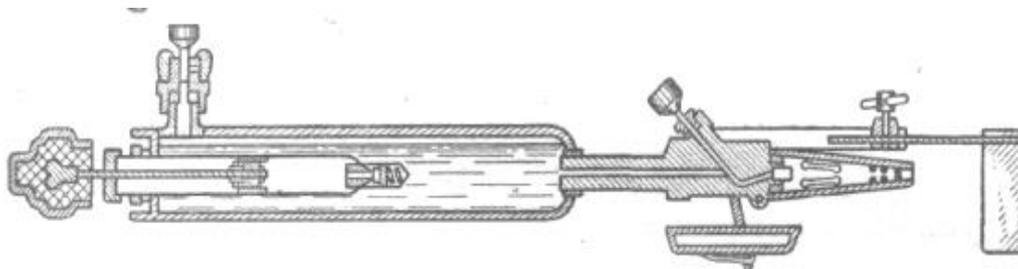


Рис.5.1. Бензиновый паяльник

Там, где имеется газообразное топливо, применяют паяльники, состоящие из горелки, смесительной камеры и сменного наконечника (рис.5.2)

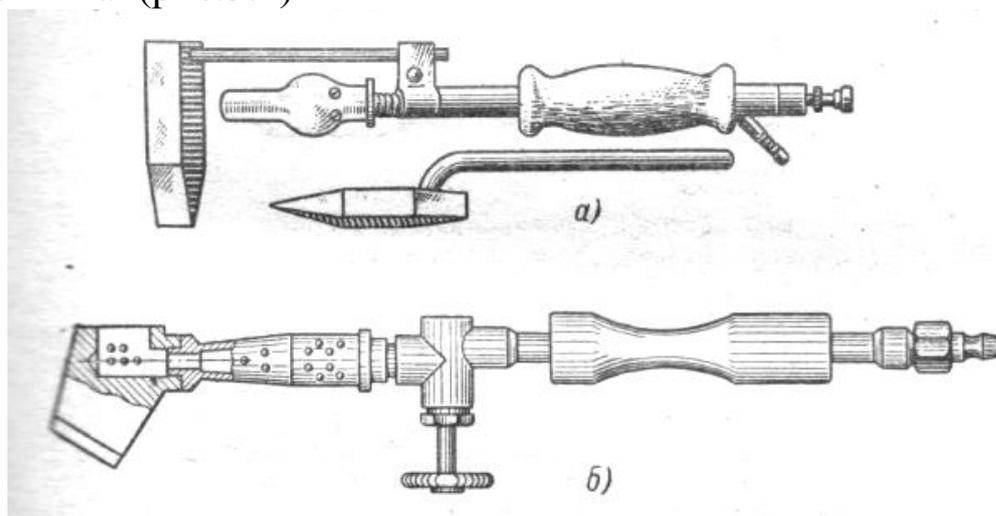


Рис. 5.2. Газовые паяльники с подогревом

а – открытым газовым пламенем; б- газом в закрытой камере.

Паяльники с электрическим обогревом в зависимости от рода выполняемых работ выпускают различных типоразмеров и мощностей, они могут иметь внутренний (рис.5.3) или наружный (рис.5.4) обогрев.

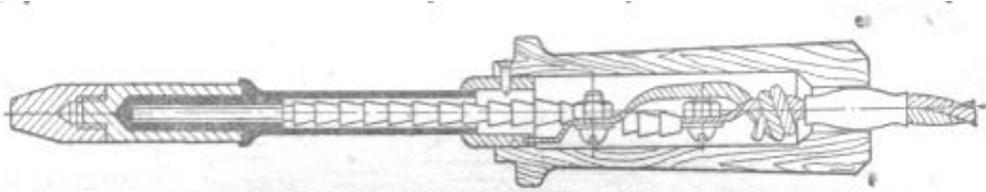


Рис.5.3. Электрический паяльник с нагревательным элементом, расположенным внутри стержня

Нагревательные элементы изготавливают из жаропрочной проволоки, намотанной на слюдяное или керамическое основание. Для сокращения времени ремонта паяльника нагревательные элементы делают сменными.

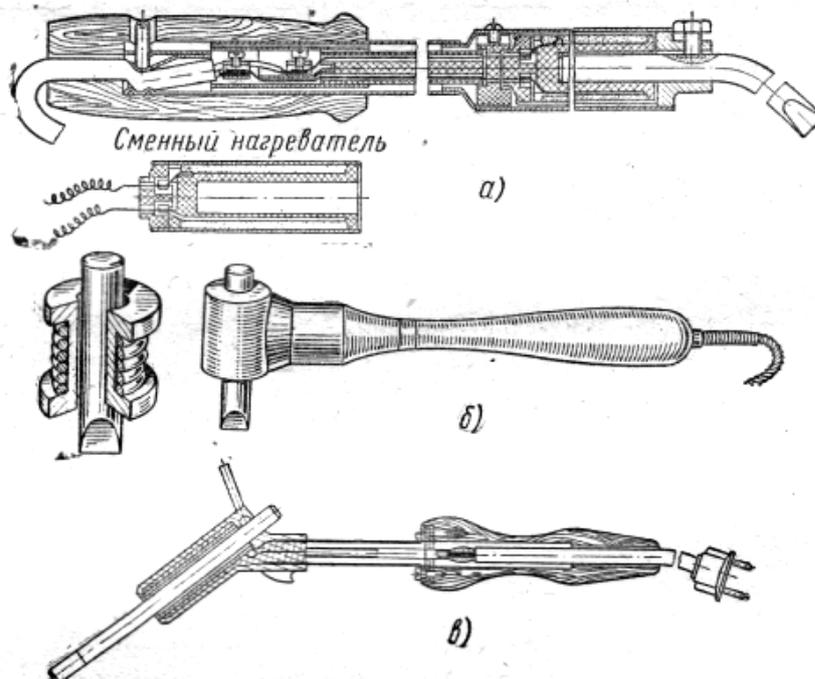


Рис. 5.4. Электрические паяльники с наружным обогревом

а- универсальный со сменным нагревательным элементом;
б- молотковый; в- угловой со сменным стержнем

Для удобства пайки, сокращения расхода припоя и электроэнергии электрические паяльники выпускают с термостатическим микропрерывателем тока. Прерыватель выключает паяльник по достижении нужной температуры и снова включает, когда он немного остынет.

При пайке в затемнённых и тесных местах паяльник снабжают вспомогательной лампочкой, включенной последовательно с нагревательным элементом. Лампочка хорошо освещает место пайки.

Для ускорения пайки применяют паяльники с автоматической подачей припоя в виде проволоки или паяльник с роликом и ванной для припоя (рис.5.5).

Известны паяльники с переменной мощностью, имеющие два нагревательных элемента, переключаемых выключателем, вмонтированным в ручку.

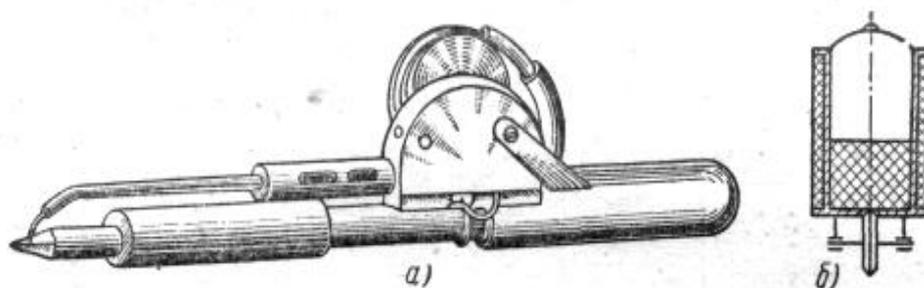


Рис.5.5. Электрический паяльник с автоматической подачей припоя в виде проволоки (а) и паяльник с роликом и ванной для припоя (б)

Для нагрева паяльника можно использовать вольтовую дугу. Дуговые паяльники (рис.5.6) могут быть использованы для пайки припоями с температурой плавления до 600°C .

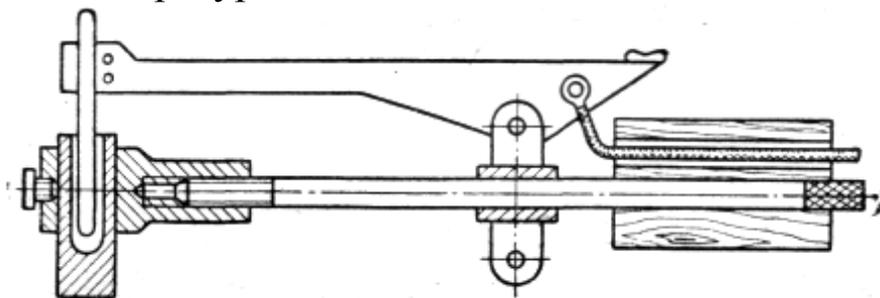


Рис. 5.6. Электрический паяльник с дуговым обогревом

На рис. 5.7. показан паяльник для нагрева на стыковом сварочном аппарате.

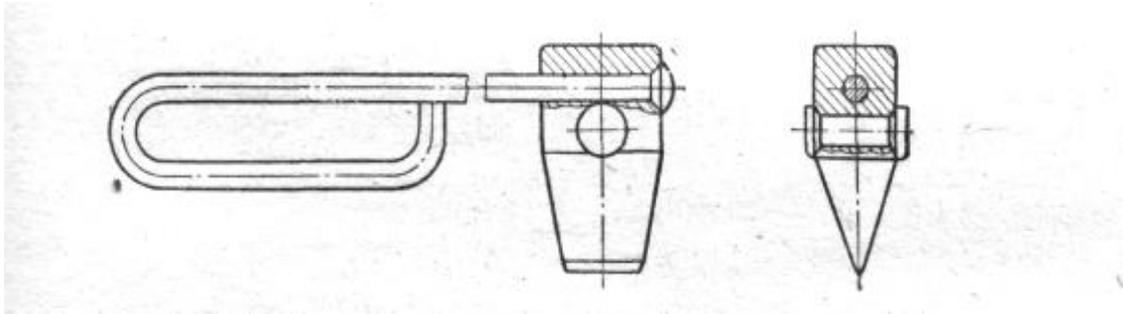


Рис.5.7. Паяльник для нагрева на стыковом сварочном аппарате

Для пайки алюминия без применения флюса используют ультразвуковые паяльники и с вибрирующей металлической щёткой (рис.5.8).

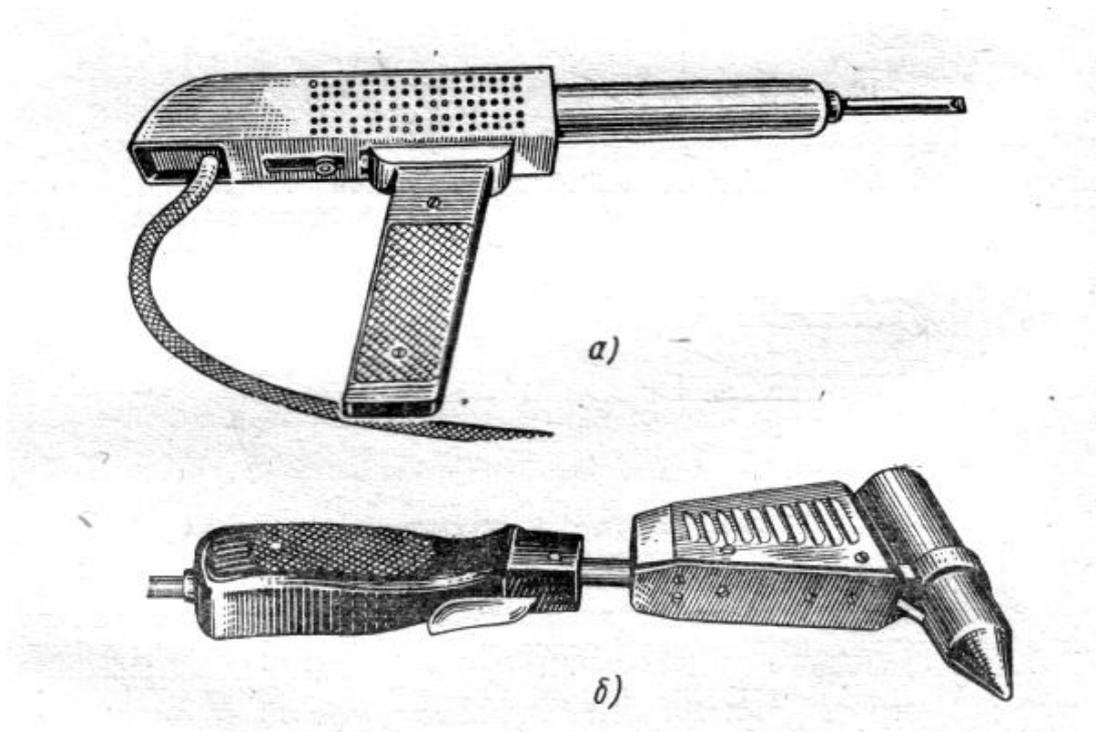


Рис. 5.8. Паяльник ультразвуковой (а) и с вибрирующей металлической щёткой (б)

Металлическая щётка, установленная в конической головке, присоединена к вибратору, который колеблется с частотой 100 Гц,

вызывает колебания щётки. Вибрирующая щётка очищает поверхность алюминия от окислов и обеспечивает его лужение. После обслуживания пайку осуществляют любым известным способом.

Для демонтажа (распайки) соединений применяют паяльники, в которых стержень выполнен с каналом, соединённым через улавливающую камеру с вакуумом. Нагретый паяльник расплавляет припой, который затем всасывается в камеру.

В зависимости от конфигурации паяемого шва наконечники к паяльникам могут иметь самую различную форму (рис.5.9).

Материалы для наконечников должны обладать высокой теплопроводностью, хорошо облуживаться, обладать пониженным окалинообразованием при температурах пайки, хорошо сопротивляться действию расплавленного олова и флюсов.

Самым распространённым материалом для изготовления наконечников является чистая медь. Применение наконечников из меди связано с быстрым износом и окислением его тела. Чтобы уменьшить износ рабочей части, в припой добавляют хром. Иногда изготавливают биметаллические паяльники, состоящие из стального корпуса, во внутреннюю часть которого заливают медь.

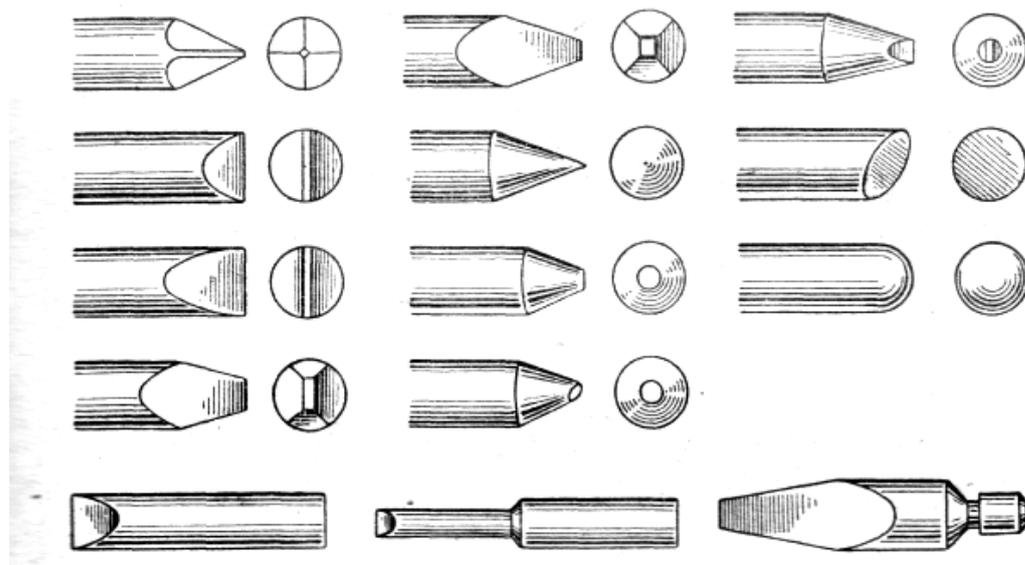


Рис. 5.9. Формы наконечников для электрических паяльников

Медные и латунные наконечники, покрытые слоем железа или никеля толщиной 0,12-0,2 мм, имеют более длительный срок службы, чем без покрытия.

Приёмы пайки паяльником. Перед пайкой в первую очередь необходимо подготовить паяльник. Для этого рабочий конец паяльника затачивают под углом 30-40° и зачищают от следов окислыны, защищённый паяльник нагревают до 250-300°С, затем рабочий конец его погружают во флюс и тщательно залуживают припоем, после этого паяльник готов к работе.

Подготовленное к пайке соединение очищают от пыли, жира, грязи и окислов, покрывают флюсом и разогревают паяльником до нужной температуры. Когда шов прогревается до температуры плавления припоя, облуженным концом паяльника захватывают припой и переносят его в шов. Если припоя требуется много, то он расплавляется паяльником непосредственно на поверхности паяемого изделия. Пайку производят, передвигая паяльник по шву, благодаря чему расплавленный припой затекает в зазор.

Во время пайки следует внимательно следить за температурой паяльника, не допуская его перегрева. Перегрев паяльника выше 400°С повышает окислынообразование и затрудняет обслуживание наконечника. Если паяльник перегрет, то полуда на его наконечнике становится жидкой и не держится, сильно окисляется и выгорает. Во время длительной пайки необходимо периодически очищать рабочую часть паяльника от окислыны. Очистку следует производить стальной щёткой или напильником. Наконечники с гальваническим покрытием очищают только щёткой. Очищенный паяльник перед работой подвергают облуживанию. Для предохранения от порчи паяльниками следует хранить на подставках.

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

Припоями служат лёгкоплавкие сплавы (обычно на оловянно-свинцовой основе) с температурой плавления до 400°С, сплавы с более высокой температурой плавления можно использовать только при пайке дуговым электропаяльником.

5.3. Пайка с нагревом газопламенными горелками

В серийном и индивидуальном производстве для нагрева изделий при пайке применяют газопламенные горелки. Нагрев газовым пламенем отличается большой универсальностью, позволяет осуществить местный нагрев в ограниченной зоне изделия, применим при пайке изделий любых размеров и форм, не требует сложного оборудования, допускает механизацию и автоматизацию процесса. При автоматическом нагреве этот способ применим в массовом производстве.

Пайка с нагревом в пламени паяльных ламп. Паяльные лампы (рис.5.10), обычно используют при пайке легкоплавкими припоями, иногда применяют и при пайке тугоплавкими припоями со сравнительно невысокой температурой плавления (например, серебряными).

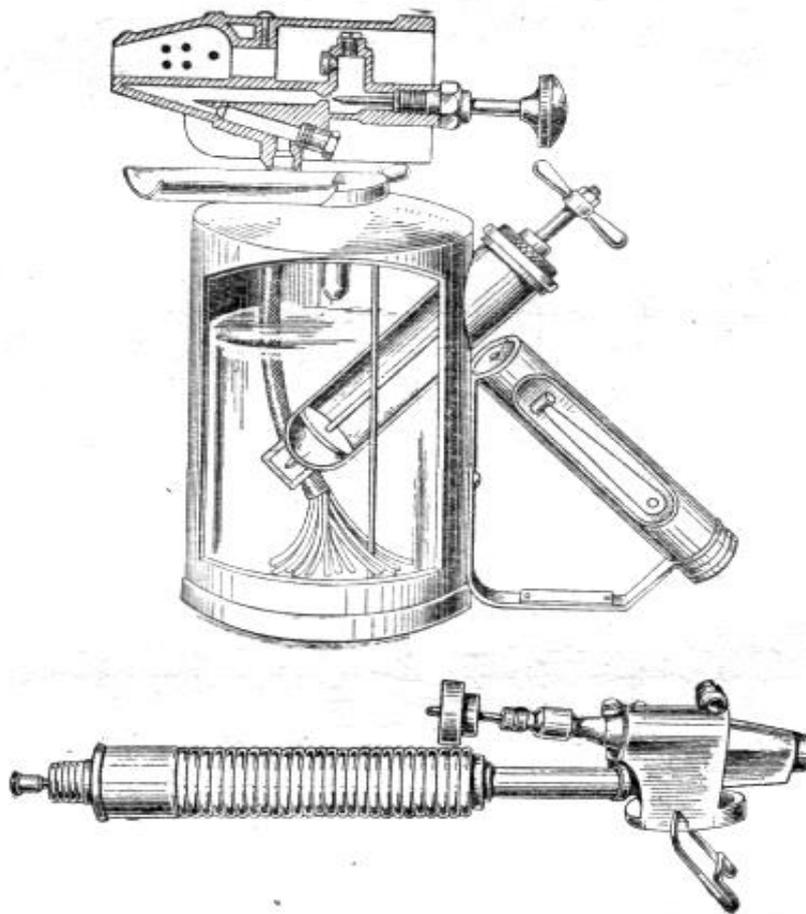


Рис.5.10. Бензиновые паяльные лампы

Пайка паяльными лампами может производиться с менее тщательной подготовкой места спая, так как пламя лампы обес-

печивает выгорание различных загрязнений, находящихся на поверхности изделия. При пайке место спая покрывают флюсом и начинают его греть до тех пор, пока пруток припоя при соприкосновении с деталью не начнёт плавиться. Во время пайки необходимо непрерывно добавлять как припой, так и флюс. В случае недостаточного количества флюса поверхность спая в результате нагрева окислится и затекание припоя в шов может прекратиться. Паяльные лампы работают не бензине, керосине или спирте.

Температура пламени паяльной лампы достигает 1000-1100⁰С. Паяльные лампы работают следующим образом. Из резервуара под небольшим давлением жидкое горючее поступает в предварительно нагретый испаритель, 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 регулируют. Паяльную лампу разжигают в следующем порядке :

- в резервуар лампы до $\frac{3}{4}$ объёма наливают горючее;
- в чашку под испарителем наливают спирт и поджигают;
- когда пламя затухает, отвинчивают регулирующий винт, при этом пары бензина выходят через сопло, подсосывая воздух;
- горючую смесь воспламеняют у входа в трубку.

Типы горелок. В зависимости от применяемого горючего разработаны различные типы горелок.

Для работы на природном или городском газе в смеси с воздухом применяют горелки, работающие по принципу внешнего или внутрисоплового смешения. Пламя этих горелок регулирует количество подаваемого газа и воздуха.

Для получения ацетилено-кислородного пламени широко применяют горелки инжекторного типа СУ-48; можно использовать также горелки типа ГС-53, ГАР-2-56, ГСМ-53, «Москва», «Малютка» с набором сменных наконечников.

Горелки, работающие на керосино-кислородной смеси, выпускают двух типов: ГКУ-55 и ГКР-57. Они снабжены однопламенными и сетчатыми сменными мундштуками и комплектуются бачком для питания горелки керосином.

Технология пайки с применением горелок. Прежде чем приступить к пайке, необходимо выбрать тип горелки и номер

наконечника. Их выбирают с учётом материала соединяемых деталей, применяемого припоя и горючей смеси.

Перед пайкой изделия очищают от окалины и ржавчины, собирают с заданным зазором в приспособлениях и располагают на верстаке так, чтобы во время пайки обе руки паяльщика оставались свободными, так как в одной руке рабочий держит горелку, а в другой припой. При пайке необходимо тщательно следить за правильным строением факела пламени, не допуская образования копоти, которая осажается на изделии и препятствует растеканию припоя.

Пайка медно-цинковыми припоями наиболее качественно получается при нагреве окислительным пламенем, так как в этом случае окисленный поверхностный слой расплавленного припоя препятствует испарению цинка из припоя, тогда как в восстановительном пламени этого не происходит.

При пайке нержавеющей сталей и жаропрочных сплавов рекомендуется применять нормальное пламя: избыток вцетилена при пайке хромосодержащих сплавов приводит к образованию карбидов хрома, которые при эксплуатации изделия вызывают межкристаллитную коррозию.

Чтобы избежать окисления припоя и расплавления его раньше, чем прогреется основной металл, пламя горелки следует держать впереди растекающегося припоя, в этом случае припой хорошо затекает в более горячие места. Чтобы избежать выгорания припоя и увеличить эффективное действие флюса, необходимо место спая прогревать возможно быстрее.

При пайке важно, чтобы все участки паяемых поверхностей были покрыты флюсом, в противном случае незащищённые места окисляются и прочность спая значительно снизится. Отрицательное действие на расплавленный флюс оказывает перегрев. Это, как правило, приводит к выгоранию компонентов флюса и к потере его флюсующих свойств.

5.4. Пайка с электронагревом

Пайка с электроконтактным нагревом. При электроконтактной пайке (пайке сопротивлением) соединяемые изделия нагревают теплом, выделяемым при прохождении через них электрического тока (рис.5.11). Для быстрого нагрева изделия

необходимо иметь плотный электрический контакт. Неровности на кон-

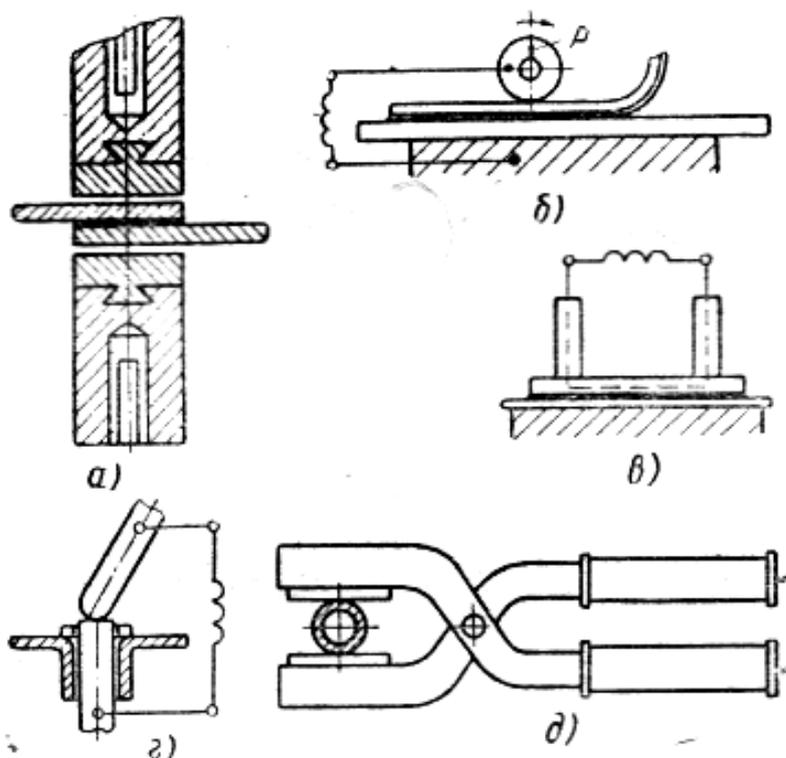


Рис. 5.11. Электроконтактный нагрев при пайке :

а – между электродами сварочной машины; б – роликовым электродом;
в – двумя электродами; г – одним электродом; д – в ручных клещах.

тактирующих плоскостях или недостаточное сжимающее усилие приводит к перегреву в местах плохого контакта и даже местному оплавлению изделия.

Электроконтактный метод нагрева применяют при пайке деталей электроприборов, теплообменников, часовых пружин и ленточных пил. Силу тока регулируют так, чтобы нагрев изделия был быстрый и равномерный. При слишком большой силе тока возможно оплавление изделия; при слабом токе значительно удлиняется время пайки.

При пайке с контактным нагревом на соединяемые детали наносят припой и флюс, после чего их устанавливают между электродами, прижимают одну к другой и пропускают ток. По истечении определённого времени ток отключают. Давление поддерживают до тех пор, пока припой полностью не затвердеет.

Пайка с нагревом токами высокой частоты. Металлическое изделие, расположенное в индукторе (рис.5.12), питаемом от

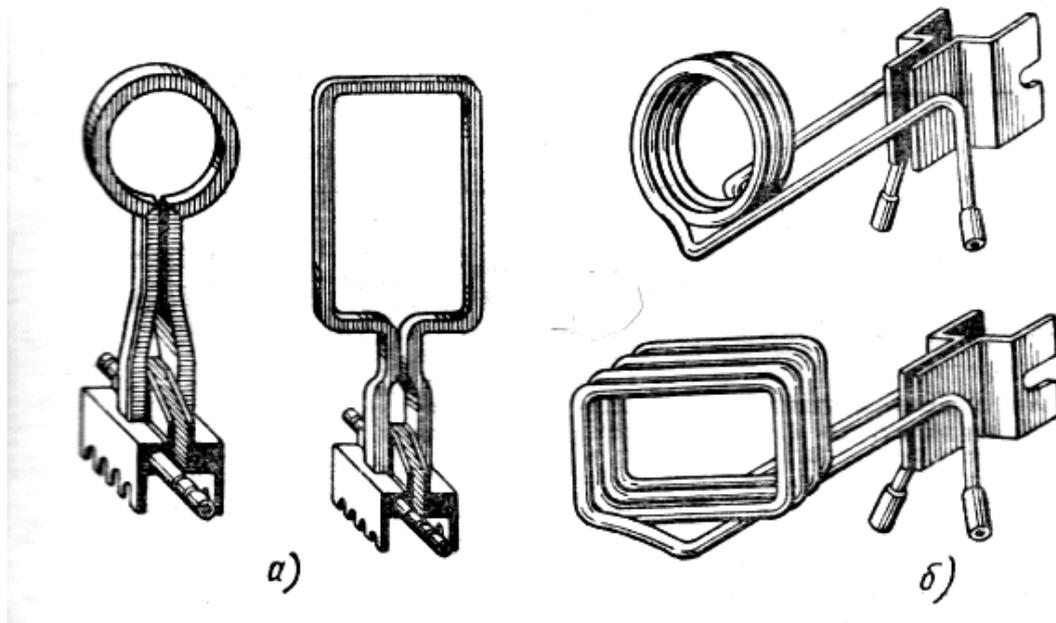


Рис.5.12. Одновитковые (а) и многовитковые (б) индукторы

высокочастотного генератора, подвергается воздействию переменного магнитного поля. Магнитное поле в металле индуктирует электродвижущую силу, под действием которой в нём возникают электрические токи, разогревающие изделие до необходимой температуры.

В зависимости от конструкции паяемых изделий нагрев осуществляют или непосредственно от индуктора (прямой нагрев), или за счёт теплоотдачи от графитового или стального вкладыша, нагреваемого токами высокой частоты (косвенный нагрев). Применение токов высокой частоты позволяет очень быстро нагреть деталь до температуры плавления припоя при наименьшем его окислении и короблении изделия и даёт возможность непосредственно вести наблюдение за ходом всего процесса пайки.

По сравнению с другими способами пайки пайка с индукционным нагревом имеет следующие преимущества: большая производительность процесса; возможность автоматизации; кратковременный нагрев, благодаря чему металл меньше окисляется, огра-

ничивается протекание диффузионного процесса; легко устанавливается и выдерживается постоянная температура нагрева; хорошие условия труда; с помощью индукционного нагрева можно производить пайку в вакууме и пайку в защитных средах, применяя для этих целей специальные контейнеры.

Пайка с нагревом вольтовой дугой. Вольтовая дуга горит между двумя угольными электродами или между угольным электродом и паяемым изделием (рис.5.13).

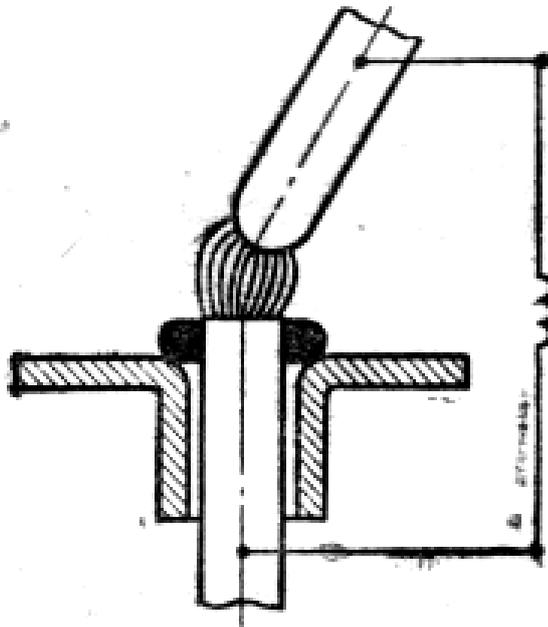


Рис.5.13. Пайка с нагревом вольтовой дугой

Ток к электродам подаётся от машины для дуговой сварки, аккумуляторных батарей или от понижающего трансформатора.

Высокая температура дуги позволяет вести пайку очень быстро и тем самым предотвратить окисление припоя. Процесс пайки состоит в обычной очистке изделия от окислов и жира, покрытии мест спая флюсом и вводе припоя. После подготовки место спая нагревают вольтовой дугой. Количество тепла, необходимое для пайки, регулируют изменяя расстояние между электродами или расстояние от дуги до места нагрева.

Пайка в керамических блоках и в электронагревательных плитах. При пайке мелких однотипных изделий их нагревают в графитовом блоке (рис.5.14), зажатом в губках сварочной маши-

ны, или в керамическом блоке, нагреваемом нихромовой спиралью.

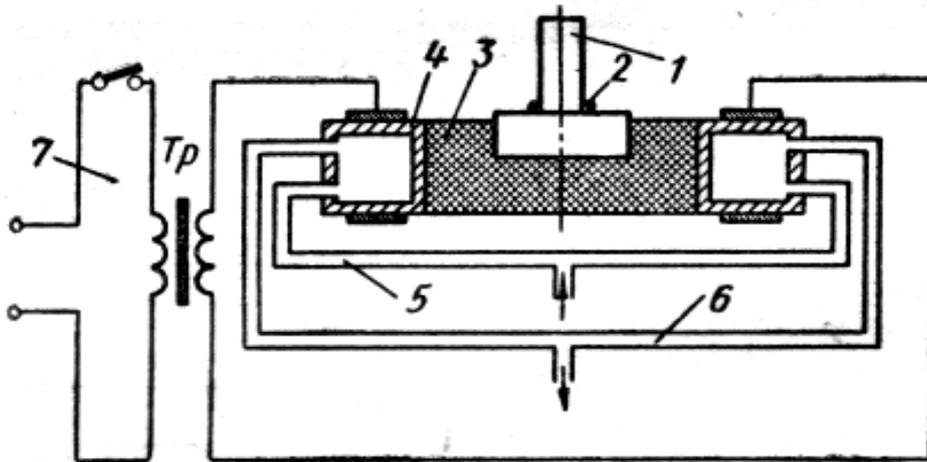


Рис.5.14. Пайка в графитовом блоке

Угольный блок, конструкция которого зависит от формы соединяемых деталей, нагревается электрическим током большой силы. Пайку ведут в следующем порядке: предварительно собранную деталь -1 с уложенным около шва припоем -2 устанавливают в специальное гнездо угольного блока -3, зажатого в губках -4 сварочной машины. Губки охлаждаются водой, которая по трубке -5 подаётся, а по трубке -6 отводится из внутренней полости губок. Блок питается от понижающего трансформатора -7, включённого в городскую сеть. При включении тока блок нагревается, одновременно с этим разогревается паяемая деталь, припой расплавляется и заполняет шов.

5.5. Пайка в жидких средах

Пайка, осуществляемая нагревом деталей расплавленным флюсом или припоем, отличается высокой производительностью, большой скоростью нагрева и высокой точностью регулирования температуры. К этому виду можно отнести пайку в расплавленном припое, в расплавленной соляной ванне, в жидком нагретом масле и пайку волной припоя.

Пайка в ваннах с расплавленными припоями. Погружение изделий в расплавленный припой находит применение при пайке изделий с большим количеством или большой протяжённостью

паяных швов. В случае пайки массивных изделий их необходимо предварительно подогреть.

Подготовка к пайке заключается в следующем : изделия очищают от окислов и грязи, обезжиривают, травят, скрепляют между собой и смачивают флюсом так, чтобы флюс проник внутрь паяемых швов; после этого изделие погружают в ванну с расплавленным припоем.

Процесс паяния погружением в расплавленные оловянно-свинцовые припои очень часто совмещают с процессом лужения всего изделия. Если же хотят погружением в припой запаять только один шов, то всю остальную часть изделия для предотвращения облуживания покрывают защитным слоем. Хорошей защитой от облуживания оловянно-свинцовым припоем служит покрытие раствором жидкого стекла или смесью его с каким-либо наполнителем (мел, сурик и т.д.).

Метод погружения в расплавленный припой получил большое распространение в автомобилестроении при изготовлении радиаторов, приборов, электронного оборудования и пайке печатных схем.

Недостатком процесса пайки в расплавленном припое является постепенное загрязнение припоя медью, цинком, железом и другими металлами, что приводит не только к повышению температуры плавления припоя, но и к заметному ухудшению качества паяемых деталей, особенно со швами, от которых требуется герметичность.

Пайка в расплавленных соляных ваннах. При пайке собранное изделие с уложенным припоем погружают в расплавленную соль, которая служит источником тепла для нагрева изделия и одновременно предохраняет деталь от окисления.

Этот способ обеспечивает высокое качество и большую скорость пайки, равномерный нагрев паяемых изделий, значительно сокращает расход припоя, даёт возможность одновременно паять несколько узлов, совмещать пайку с термообработкой, легко поддерживать заданную температуру. В расплавленных слоях часто паяют жаропрочные сплавы, углеродистые и конструкционные стали, медь, никель и алюминий и их сплавы.

Пайка в ванне с маслом. Пайка легкоплавкими припоями небольших изделий, применяемых обычно при изготовлении при-

боров, может быть произведена в нагретом глицерине или касторовом масле.

Перед погружением в нагретое масло изделие для лучшего растекания припоя покрывают флюсом. Изделия после пайки очищают, протирая чистой тряпкой или обрабатывая бензином, спиртом или ацетоном.

Пайка волной расплавленного припоя. Этот метод разработан для одновременной пайки нескольких участков движущейся волной расплавленного легкоплавкого припоя. Волну припоя в зависимости от конструкции установки получают несколькими способами; наиболее распространёнными являются следующие :

- расплавленный припой подают насосом в трубки, из которых он равномерно вытекает на определённую высоту;
- в ванне с припоем установлен насос, который качает жидкий припой в узкое сопло, в результате чего над зеркалом ванны возникает волна или гребень;
- расплавленный припой подаётся из ванны к каждой точке, подлежащей пайке, через отверстия в фильтре с помощью поршня.

Паяльная установка состоит обычно из ванны с припоем, устройства для создания волны из расплавленного припоя, приспособления для подачи флюса, пульта управления и механизма подачи деталей.

Пайка волной имеет следующие основные преимущества перед пайкой погружением :

- непрерывный поток жидкого припоя гарантирует устранение газовых раковин;
- смывающее действие волны припоя превращает наличие флюса на изделии;
- метод пайки погружением не пригоден для пайки длинных и узких печатных схем, пайка волной позволяет паять платы любых размеров;
- при пайке волной жидкий припой поступает на изделие снизу вверх и всегда бывает чистым, тогда как при пайке погружением необходимо периодически удалять с зеркала ванны окисную плёнку.

Пайка путём заливки изделия расплавленным припоем. Пайку кабельных жил, исправление дефектов отливок, изготовление противопожарных и других предохранительных устройств

осуществляют путём заливки расплавленного лёгкоплавкого припоя в соединение.

5.6. Пайка в печах

Этот метод производительный и экономичный в массовом производстве. Он даёт возможность применять широкую механизацию процесса и обеспечивает высокое и постоянное качество паяных соединений.

Для предохранения паяемого металла и припоя от окисления в процессе нагрева рабочее пространство печи заполняют защитной газовой атмосферой, которая не только предохраняет металл от окисления, но и удаляет с поверхности его имеющиеся окислы. В качестве защитной атмосферы могут быть использованы восстановительные и нейтральные газы или их смеси. Сильным восстановителем для многих окислов металлов при высоких температурах является водород, поэтому его применяют для пайки стали всех марок и жаропрочных сплавов.

Для снижения взрывоопасности и снижения стоимости атмосферы вместо чистого водорода применяют азотоводородную смесь, которую получают смешиванием водорода с техническим азотом, с последующей осушкой газовой смеси или диссоциацией аммиака.

5.7. Специальные способы пайки

Пайка в вакууме. Процесс пайки в вакууме сложен, и его применяют только для специальных целей, когда другие методы не дают положительных результатов.

В вакууме можно паять металлы и сплавы с керамикой, стеклом и графитом, жаропрочные и нержавеющие стали с алюминием, титаном, вольфрамом и молибденом без предварительного покрытия этих металлов хромом или никелем.

В вакууме не рекомендуется паять сплавы и применять припои, содержащие металлы с высокой упругостью паров: цинк, магний, бериллий, марганец, кадмий, фосфор, литий. При нагреве в вакууме эти металлы испаряются раньше, чем произойдёт процесс пайки.

Пайка с применением ультразвука. С помощью ультразвука паяют и облуживают изделия из алюминия и большинства его сплавов, ферриты, керамику и другие труднопаяемые материалы. Ультразвуковая пайка магния, титана и их сплавов пока не даёт положительных результатов.

Реактивно-флюсовая пайка. Существует несколько способов пайки, при которых паяное соединение получают без применения припоев. Одним из таких способов является реактивно-флюсовая пайка алюминия, при которой припой образуется в результате восстановления металлов из смеси солей (флюсов) при реакции этих солей с паяемым металлом.

В качестве флюсов при реактивно-флюсовой пайке применяют хлористые соли цинка и олова с добавками хлористого аммония и фтористого натрия.

Контактно-реактивная пайка. Соединение металлов, способных образовывать эвтектики или непрерывный ряд твёрдых растворов с минимумом на линии температур плавления, возможно, как и при реактивно-флюсовой пайке, без применения припоя. В этом случае очищенные поверхности двух металлов приводят в плотное соприкосновение и нагревают немного выше температуры эвтектики. В результате диффузионных процессов на границе соприкосновения образуется жидкий сплав, заполняющий зазор между соединяемыми деталями.

Пайка с механическим удалением окисной плёнки. Способ применяют для пайки (лужения) легкоплавкими припоями магния, алюминия, молибдена, вольфрама, титана, тантала, нержавеющей стали, стекла, керамики, графита, карбидов, нитридов и других труднопаяемых материалов.

Паяемое изделие нагревают до температуры плавления припоя, затем на зону шва наносят слой расплавленного припоя и под ним шабером, паяльником или стальной щёткой удаляют поверхностную плёнку.

Пайка нагревом излучением кварцевых ламп. Этот метод применяют при изготовлении конструкций из нержавеющей стали, титана, колумбия, молибдена, при пайке печатного монтажа, корпусов полупроводниковых диодов и тонкоплёночных схем. Кварцевые лампы, соединённые в блоки, могут нагревать до 3000⁰С.

Экзотермическая пайка. Изделие при этом методе пайки осуществляют за счёт тепла, выделенного в результате экзотермической реакции термической смеси, располагаемой в зоне соединения. В зависимости от состава термические смеси могут служить для расплавления припоя и нагрева изделия или использоваться как припой.

Пайка горячим газом. Метод заключается в использовании направленного потока горячего газа (воздуха, азота, аргона, водорода) в точку соединения. Установка для пайки снабжена сменными сварочными горелками с диаметром сопла 0,25-2,5 мм. Поток горячего газа удобно паять элементы полупроводниковых приборов, твёрдые выводы к тонкоплёночным схемам, проволоку в радиоэлектронных приборах.

Соединяемые изделия перед флюсованием и пайкой тщательно очищают от жира и следов коррозии.

6. ТЕХНОЛОГИЯ ПАЙКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

6.1. Технология пайки проводов

Электрические соединения пропаивают после механического закрепления зачищенных от изоляции жил проводов и выводов аппаратов или контактных лепестков контактной планки, опорных контактов.

Для прочности пайки металлические поверхности проводов в месте спая предварительно очищают от краски, грязи и окиси. Металлические поверхности, нагреваемые при пайке, соприкасаясь с воздухом, быстро окисляются. Окислы препятствуют припою войти в соприкосновение с металлом, что затрудняет процесс пайки. Во избежание этого применяют флюсы. При пайке деталей приборов и аппаратов релейной защиты и автоматики в качестве флюса служит канифоль.

Концы обмоточного провода, подлежащие пайке, зачищаются от изоляции, затем производится скрутка соединяемых проводов способом, указанным на рис.6.1.- 6.2.

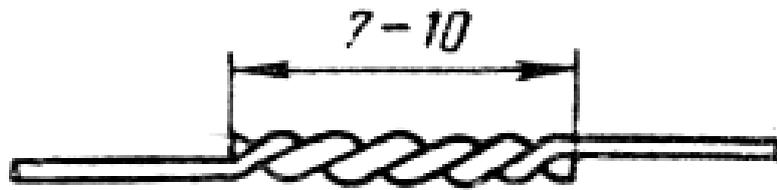


Рис.6.1. Пайка проводов при диаметре меди до 0,3 мм

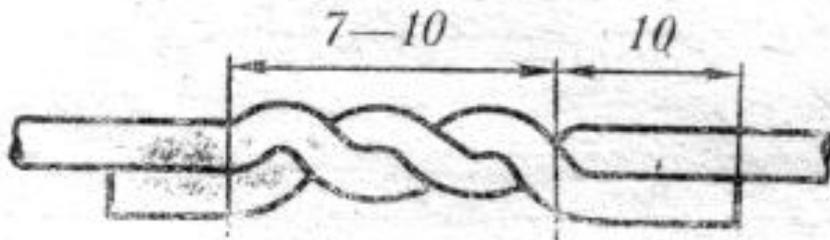


Рис.6.2. Пайка проводов при диаметре меди от 0,3 до 1,0 мм

Пайка проводов диаметром свыше 1,0 мм производится с бандажировкой (рис.6.3). Концы провода, подготовленные для пайки, облуживаются, бандажный провод диаметром 0,18-0,21 мм зачищается и также облуживается. Концы обмоточного провода накладываются друг на друга и бандажируются, а затем место соединения пропаивается. Для спайки проводов необходимо применять припой ПОС-40 или ПОС-60 и канифоль.

Спайка проводов с использованием различных паяльных мазей и кислот запрещается.

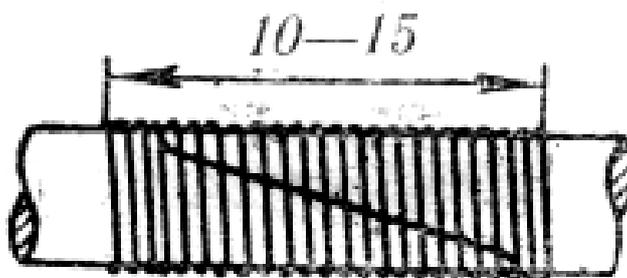


Рис.6.3. Пайка проводов при диаметре меди свыше 1,0 мм

При спайке тонких проводов между собой и с выводами зачищенный участок провода не должен испытывать механических нагрузок (натяг провода), поэтому при намотке в месте спайки необходимо давать «слабину» провода.

При монтаже электрических соединений пайкой предварительно механически закрепляют очищенные концы проводов и выводы отдельных деталей на контактных лепестках (рис.6.4.- 6.5).

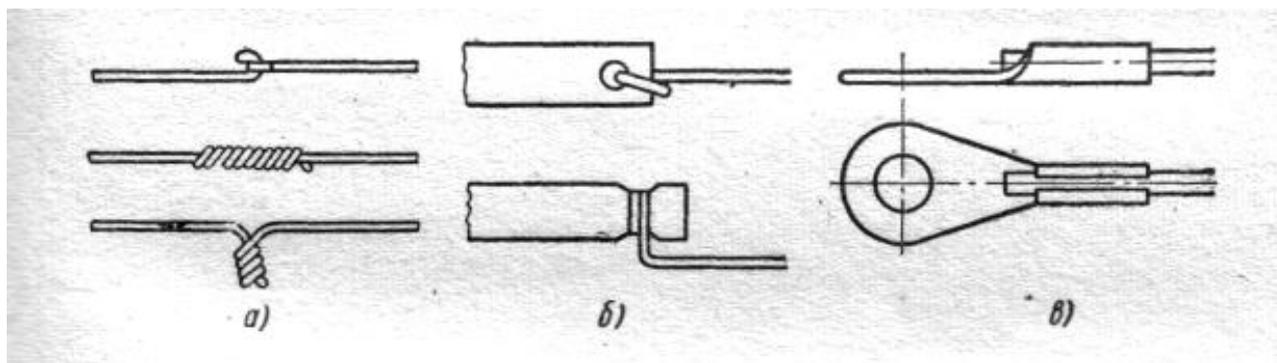


Рис.6.4. Крепление проволочных соединений перед пайкой :

а – двух проводов; б – проволоки со стержнем; в – клеммы с проволокой

Механическое закрепление жил проводов или выводов указанных деталей на контактных лепестках и стойках выполняют загибкой, накруткой вокруг лепестка, обжатием (рис.6.5).

Если в лепестках имеются отверстия, жилу провода или вывод детали вводят в это отверстие, закручивают вокруг лепестка и, откусив кусачками лишний конец провода, обжимают место крепления плоскогубцами (рис.6.5.-в).

Переемы между контактными лепестками выполняют неизолированным проводом, который на участках между ламелями изолируют трубками или с помощью изолированных монтажных проводов.

Механическое закрепление осуществляют или пропуском провода через отверстие лепестков (рис.6.5.-а), или обжиманием вокруг них (рис.6.5.-б).

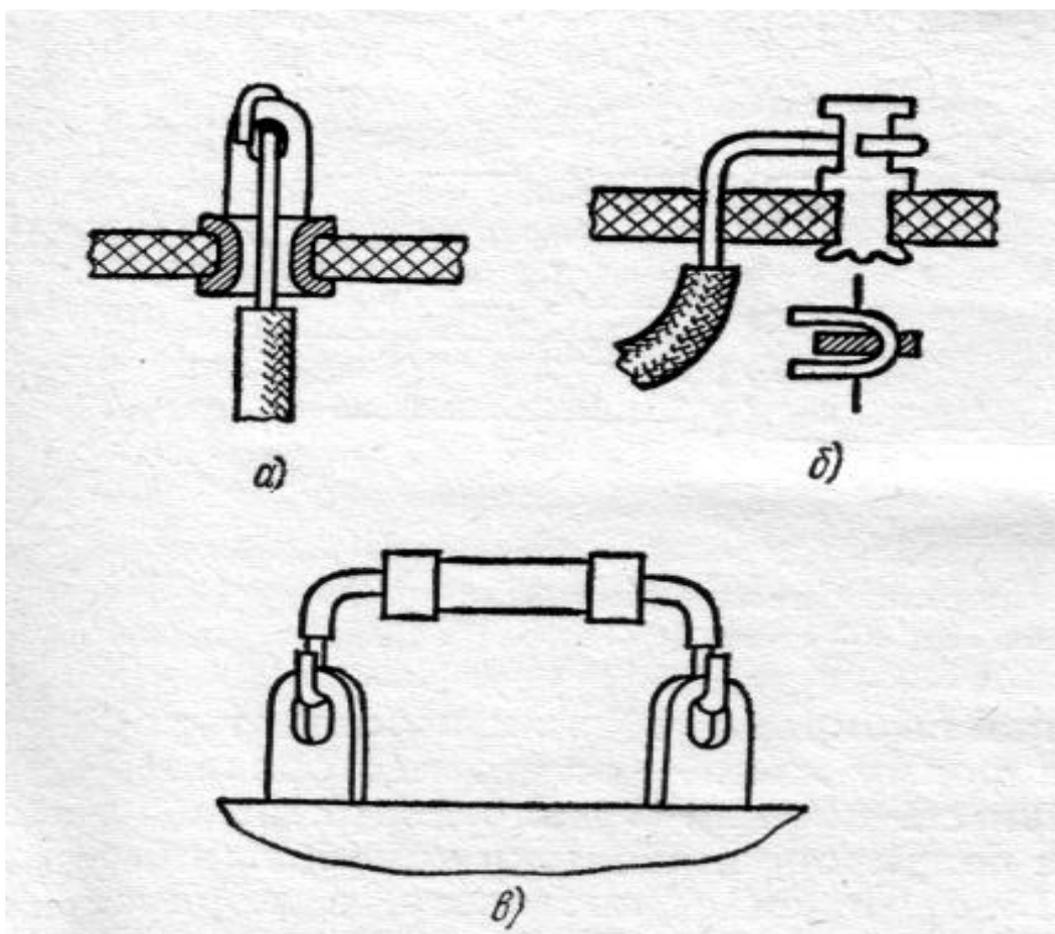


Рис.6.5. Закрепление жил на контактных лепестках :
 а – загибкой; б – накруткой; в – обжатием.

Для обеспечения надёжности контактного соединения при пайке необходимо соблюдать следующие требования :

- жало паяльника должно иметь ровную поверхность (без раковин), быть хорошо зачищено и облужено; при облуживании зачищенное жало паяльника смачивают расплавленной канифолью и натирают небольшим количеством расплавленного припоя;

- температура нагрева жала паяльника должна быть на 10-20⁰С выше температуры плавления припоя;

- количество флюса, наносимого на место пайки, должно быть минимальным; он не должен растекаться за пределы места пайки;

- спаиваемые участки (проводов или провода и контакта) также следует тщательно зачищать и залуживать ;

- место пайки должно быть тщательно прогрето паяльником для обеспечения полного растекания расплавленного припоя;

- мощность паяльника и размеры жала должны соответствовать размерам (следовательно, и массе) спаиваемого участка (маломощный паяльник не обеспечивает достаточного нагрева места пайки при большой массе спаиваемого участка, а мощный – вызовет недопустимый перегрев этого участка и припоя);

- время пайки должно быть минимальным (до 5 с для проводов и контактов в приборах и реле);

- количество припоя должно быть минимальным (лишний припой снижает качество контактного соединения и делает его менее прочным);

- после выполнения пайки её место нужно промыть растворителем для удаления остатков флюса и защитить от действия окружающей среды, покрыв лаком или закрасив влагонепроницаемой краской.

При нормальной температуре жала паяльника припой плавится быстро, но не скатывается с жала, а канифоль не сгорает, а остаётся на жале в виде кипящих капелек. Для лучшего прогревания места спая до температуры плавления припоя паяльник прикладывают к месту спая не остриём жала, с которого стекает припой, а плоской частью, что обеспечивает большую площадь соприкосновения.

При использовании трубчатого припоя **Т** его прикладывают к месту спая одновременно с нагретым жалом паяльника, при использовании проволочного **Пр**, ленточного **Л** или другого вида припоя место спая необходимо предварительно смазать флюсом. Допускается переносить расплавленный припой на месте спая жалом паяльника, предварительно очищенного от нагара в кусковой канифоли. Припой после расплавления остаётся на рабочей части жала в виде небольшого натёка и легко переходит на место спая.

Пайку с теплоотводом (рис.6.6) выполняют тогда, когда возникает опасность порчи детали при пайке её выводов или изоляции припаиваемого провода (если расстояние от места пайки до корпуса детали меньше 10 мм), при пайке неизолированных проводов или выводов детали, заключённых в поливинилхлоридные трубки, при пайке выводов полупроводниковых приборов.

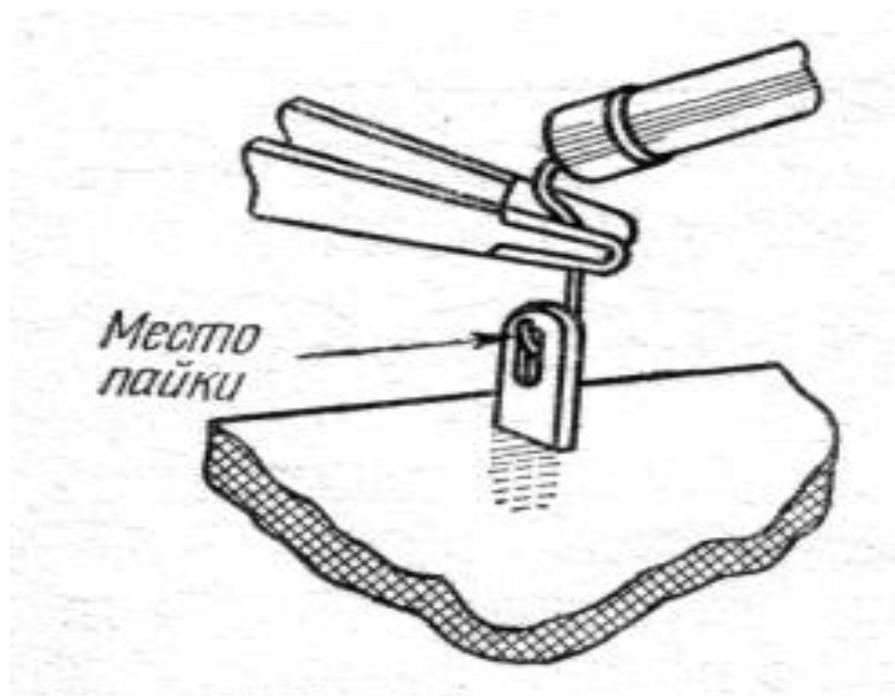


Рис.6.6. Пайка с теплоотводом

В процессе пайки следят за тем, чтобы паяльник не задевал окружающих деталей и проводов. Если окружающие детали размещены очень близко от места пайки, что может вызвать недопустимый их перегрев, пользуются теплозащитными экранами в виде накладок и перегородок из термостойкого материала. Нельзя допускать, чтобы на детали и контактные выводы попадали капли припоя и флюса, а при попадании надо немедленно удалить их пинцетом. Для удаления остатков флюса место пайки промывают, протирая мягким тампоном, смоченным в спирте. Остатки монтажных материалов удаляют из аппарата или прибора продувкой или пылесосом.

6.2. Технология пайки серебра, золота, платины

Серебро, золото и платина и их сплавы с другими металлами отличаются высокой пластичностью, стойкостью к окислению при повышенной и обычной температуре. Сплавы благородных металлов применяют главным образом в ювелирном деле, в зубоорудной технике, в медицине, в слаботочной технике и в радиотехнике. Техника пайки благородных металлов и их сплавов с другими металлами не представляет трудностей. Важное

значение при этом имеет подбор цвета припоя, обеспечивающего цвет соединения, имеющего декоративное значение.

Изделия из драгоценных металлов паяют чаще всего паяльником или газопламенными горелками, применяя оловянно-свинцовые, серебряные и золотые припои и активные флюсы на основе хлористого цинка или буры.

6.3. Технология пайки алюминия и его сплавов

Алюминий и его сплавы широко применяют для изготовления различных паяных изделий в авиационной, автомобильной, электротехнической и других областях промышленности.

Из-за наличия на поверхности алюминия и его сплавов химически стойкой окисной плёнки пайка сложна и во многом отличается от пайки других металлов. Обычно применяют лишь те методы, при которых происходит разрушение окислов в момент паяния. К таким способам относятся: безфлюсовая пайка с механическим разрушением окисной плёнки, пайка ультразвуком, пайка с разрушением окисной плёнки с помощью активных флюсов и другие.

Первые два способа применимы только для пайки легкоплавкими припоями, по третьему способу можно паять и легкоплавкими, и тугоплавкими припоями.

При пайке алюминия с механическим удалением окисной плёнки паяемое изделие нагревают, на зону шва наносят слой расплавленного припоя и под ним шабером, паяльником или стальной щёткой удаляют поверхностную плёнку. Иногда соскабливание окисной плёнки производят непосредственно палочкой припоя, в который вводят абразив. По мере удаления окисной плёнки припой смачивает оголённую поверхность алюминия и после охлаждения даёт прочную связь. Абразивная пайка не требует применения флюса.

Окисную плёнку с поверхности алюминия можно удалять паяльником с вибрирующей металлической щёткой или ультразвуком. При пайке алюминия ультразвуковыми паяльниками применяют легкоплавкие припои на цинковой или оловянной основе с цинком, кадмием и алюминием.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Камнев В.Н. Ремонт аппаратуры релейной защиты и автоматики.- М.: Высшая школа, 1989. – 304 с.
2. Басс Э.И., Жданов Л.С. Катушки реле защиты и автоматики.- М.: Энергия, 1984.- 80 с.
3. Хряпин В.Е., Лакедемонский А.В. Справочник паяльщика.-М.: Машиностроение, 1994. – 328 с.
4. Лашко Н.Ф., Лашко С.В. Пайка металлов.-М.:Машиностроение, 1986.- 364 с.
5. Лакедемонский А.В., Хряпин В. Е. Паяние и припой.-М.: Металлургиздат, 1979.- 320 с.