

ВВЕДЕНИЕ

Пайкой (паянием) называют процесс получения неразъемного соединения металлов, находящихся в твердом состоянии, при помощи расплавленного вспомогательного (промежуточного) металла или сплава, имеющего температуру плавления ниже, чем соединяемые металлы.

При ремонте машин пайку применяют для устранения трещин и пробоин в радиаторах, топливных и масляных баках и трубопроводах, приборах электрооборудования, кабин, оперения и т. д.

Пайка, как способ восстановления деталей, имеет следующие **преимущества**:

- простота технологического процесса и применяемого оборудования;
- высокая производительность процесса;
- небольшой нагрев деталей (особенно при низкотемпературной пайке);
- возможность соединения деталей, изготовленных из разнородных металлов;
- достаточно высокая прочность соединения деталей;
- низкая себестоимость восстановления детали.

Основной **недостаток** пайки – некоторое снижение прочности соединения деталей по сравнению со сваркой.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Припои. Классификация и обозначения : ГОСТ 19248-90. – Введ. 01.07.1991. – Москва : Изд-во стандартов, 1993. – 8 с.
2. Технология ремонта машин : учебник / Е. А. Пучин, В. С. Новиков, Н. А. Очковский [и др.]; под ред. Е. А. Пучина. – Москва : КолосС, 2007. – 488 с.
3. Ремонт дорожных машин, автомобилей и тракторов : учебник / Б. С. Васильев, Б. П. Долгополов, Г. Н. Доценко [и др.]; под ред. В. А. Зорина. – Москва : Мастерство, 2001. – 512 с.
4. Величко, В. П. Применение пайки при ремонте деталей машин : метод. указания / В. П. Величко. – Горки : Белорус. с.-х. акад., 1990. – 32 с.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Цель: освоить технологию проведения работ по восстановлению деталей пайкой.

Задачи:

- изучить данные о применяемых припоях и флюсах, технологию пайки деталей;
- ознакомиться с основными правилами техники безопасности при пайке;
- ознакомиться с оборудованием рабочего места и материалами, применяемыми при пайке;
- освоить практические приемы пайки.

2. ОСНОВЫ ПРОЦЕССА ПАЙКИ

Пайка – процесс соединения металлов посредством введенного между ними расплавленного связующего материала – припоя. При пайке припой нагревают до температуры, превышающей температуру его плавления, но не достигающей точки плавления металла соединяемых деталей. Становясь жидким, припой смачивает поверхности и заполняет все зазоры за счет действия капиллярных сил. Происходит растворение основного материала в припое и их взаимная диффузия. Застывая, припой прочно сцепляется с паяемыми поверхностями деталей. При этом температура расплавленного припоя всегда ниже температуры плавления материала деталей. Локальный подвод тепла, которым расплавляется припой и подогреваются соединяемые поверхности, производится нагретым паяльником или газовым пламенем.

При ремонте машин чаще используют легкоплавкие ($t_{пл} = 140 \dots 450 \text{ } ^\circ\text{C}$) и среднеплавкие ($t_{пл} = 450 \dots 1100 \text{ } ^\circ\text{C}$) припои.

Качество пайки зависит от чистоты паяемых поверхностей, толщины слоя припоя и его смачивающей способности. Чем лучше смачивающая способность, тем лучше припой заполняет стыковые участки. При этом обеспечивается и меньшая толщина слоя припоя между соединяемыми поверхностями. Меньшая толщина слоя обеспечивает большую прочность соединения. Поэтому пайку необходимо вести с обеспечением минимальной толщины прослойки присадочного материала, что возможно при правильном подборе температурного режима пайки.

Припой должен иметь температуру плавления ниже температуры плавления соединяемых деталей, но выше той, при которой соедине-

ние будет работать. Температура плавления припоя характеризуется двумя точками – температурой, при которой начинает плавиться самый легкоплавкий компонент припоя (солидус), и температурой, при которой припой становится полностью расплавленным (ликвидус) (рис. 1). Разница между температурами ликвидуса и солидуса называется интервалом кристаллизации.

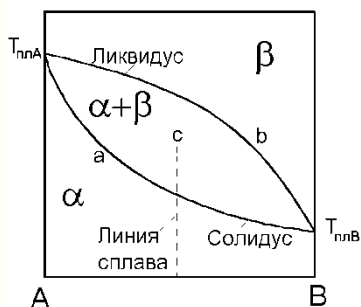


Рис. 1. Диаграмма состояния расплава

Когда температура соединения находится в интервале кристаллизации, даже незначительные механические воздействия приводят к нарушениям кристаллической структуры припоя, в результате чего может возникнуть его хрупкость и возрасти электрическое сопротивление. Поэтому необходимо соблюдать правило пайки – не подвергать соединение никакой нагрузке до полного окончания кристаллизации припоя.

Кроме хорошей смачиваемости и необходимой температуры плавления, припой должен обладать следующими свойствами:

- быть совместимым с соединяемыми металлами;
- сохранять прочность паяного соединения при изменении температуры;
- не менять электрических характеристик при токовых, тепловых и механических нагрузках;
- обладать коррозионной стойкостью;
- содержание токсичных металлов (свинца, кадмия) не должно превышать установленных значений;
- коэффициенты теплового расширения припоя и соединяемых металлов должны быть близки по значению.

3. ПРИПОИ

Припои представляют собой сплавы металлов. Для легкоплавких припоев это, как правило, сплав олова и свинца. Именно эти металлы составляют большую часть в сплаве. Также в нем могут присутствовать и легирующие металлы, но их количество в составе невелико. Примеси других металлов вводят в сплав для получения определенных характеристик (температуры плавления, пластичности, прочности, устойчивости к коррозии). Среднеплавкие припои, применяемые при ремонте машин, чаще всего являются сплавом меди и цинка.

Легкоплавкие припои (рис. 2) используют при ремонте водяных и масляных радиаторов, топливных баков, латунных и стальных трубок, работающих под небольшим давлением, элементов электрооборудования и др.



Рис. 2. Припои легкоплавкие

Наиболее широко применяемые припои:

- оловянно-свинцовые – ПОС 90, ПОС 61, ПОС 18 и др.;
- оловянно-свинцовые малосурьмянистые – ПОССу 50-0,5, ПОССу 40-0,5, ПОССу 30-0,5;
- сурьмянистые – ПОССу 35-2, ПОССу 30-2;
- кадмиевые – ПОСК 50-18.

В приведенных обозначениях число после буквенной части указывает среднее содержание в процентах олова в припое, а последующая за префиксом цифра (число) – содержание в процентах сурьмы или кадмия. Эти припои пластичны, обладают хорошей коррозионной стойкостью. Припои с большим содержанием олова более коррозионно стойкие, а с большим содержанием свинца имеют лучшие пластические свойства.

Припой ПОС 90 содержит около 90 % олова, около 10 % свинца. Это высокопрочный припой, применяемый при ремонте пищевой и медицинской посуды.

Широко применяемый припой ПОС 61 может использоваться в качестве присадочного материала и как средство для лужения мест пайки на деталях.

Припой ПОС 18 с большим содержанием свинца применяют для пайки деталей, не подверженных вибрации.

Оловянно-свинцовые припои с сурьмой марки ПОССу с содержанием сурьмы 0,5...2,0 % обладают повышенной коррозионной стойкостью.

Припой ПОСК 50-18, в котором содержится 50 % олова, до 18 % кадмия, а остальное свинец, имеет пониженные пределы температуры плавления. Он применяется в случаях ограничения температуры нагрева детали, например при пайке элементов радиоэлектроники (табл. 1).

Таблица 1. Температуры плавления легкоплавких припоев

Температура плавления, °С	ПОС 90	ПОС 61	ПОС 40	ПОСК 50-18	ПОССу 50-0,5	ПОССу 35-2
Солидус (начало плавления)	183	183	183	142	183	183
Ликвидус (конец расплавления)	220	190	238	145	216	243

Припои выпускаются в виде проволоки диаметром 1...7 мм, трубки с канифолью внутри, прутков диаметром 8 мм и более, ленты.

Для пайки алюминия применяют различные припои, в том числе оловянно-цинковые П 200А и П 250А. Составы припоев: П 200А – 90 % олова и 10 % цинка; П 250А – 80 % олова и 20 % цинка. Температура плавления – 200 и 280 °С соответственно.

Флюс представляет собой смесь олеиновой кислоты (СН(СН₂)₇СООН) и йодида лития (LiI).

Среднеплавкие припои применяют для получения паяных соединений достаточно высокой прочности и стойкости к повышенной температуре.

Медные припои М1, М2 хорошо смачивают поверхности, затекают в мельчайшие зазоры и дают прочные пластичные соединения, но имеют высокую температуру плавления, равную 1083 °С.

Припой медно-цинковые ПМЦ 36, ПМЦ 48, ПМЦ 54 представляют собой сплавы меди и цинка (цифры указывают процентное содержание меди). Чем больше в припое меди, тем качественнее пайка, но выше температура плавления.

Латуни Л 63 и Л 68 – сплавы, в которых более 60 % меди, остальные составляющие – цинк и другие элементы. Они применяются для пайки стали и меди (табл. 2).

Таблица 2. Характеристики среднеплавких припоев

Марка	Компоненты, %			Температура плавления, °С	Назначение
	Медь	Цинк	Другие компоненты		
ПМЦ 36	36	64	–	800...825	Пайка латуней, бронз с содержанием меди не более 68 %
ПМЦ 48	48	52	–	850...865	Пайка латуней, бронз с содержанием меди более 68 %
ПМЦ 54	54	46	–	876...880	Пайка стали, медных сплавов
Л 63	63	37	–	876...905	
Л 68	68	32	–	876...938	
ЛЖМц 57-1,5-0,75	57	41	Железо – 1,5, марганец – 0,75	865...873	Пайка инструментов
ЛЖМц 50-2	50	46	Никель, марганец – по 2	849...872	

Серебряно-медно-цинковые припои позволяют получить соединения с высокой прочностью и пластичностью. Припой ПСр70 обладает высокой электропроводимостью, поэтому его используют для пайки токоведущих элементов. Число указывает процентное содержание серебра в припое.

4. ФЛЮСЫ

Назначение флюсов:

- снятие жировой пленки с поверхности детали;
- раскисление окисной пленки и вскрытие структуры металла на поверхности детали, подлежащей пайке;
- создание тонкой защитной пленки на поверхности в зоне пайки, предохраняющей ее от окисления.

Кроме того, флюсовая пленка улучшает сцепление припоя с металлом. Температура плавления флюса должна быть всегда ниже температуры плавления припоя. Чем меньше температура плавления флюса, тем выше качество пайки.

Флюсы подразделяются на *химически активные* и *химически пассивные*.

Химически активные флюсы – флюсы, в состав которых входят кислотосодержащие реагенты. Они хорошо справляются с жирными налетами и окислами, однако для предотвращения коррозии металла требуется последующая обработка места пайки 5%-ным раствором соды и тщательная промывка водой.

Наиболее применяемые химически активные флюсы (рис. 3) при пайке легкоплавкими припоями:

- 40%-ный водный раствор дихлорида цинка ($ZnCl_2$);
- водный раствор $ZnCl_2$ и хлористого аммония (NH_4Cl).

Эти флюсы обладают высокой химической активностью. Применяются при пайке сильно окисленных металлов, низколегированных сталей, никеля, а также их сплавов.

Для пайки медно-цинковыми и серебряными припоями в качестве флюса применяются бура ($Na_2B_4O_7$) и борная кислота (H_3BO_3).



Рис. 3. Применяемые флюсы

Безводная прокаленная при температуре 400...450 °С бура представляет собой белый порошок с температурой плавления 783 °С. Расплавленная бура хорошо растворяет окисную пленку на стальных, чугуновых, медных поверхностях. Завершая пайку, необходимо механически удалить остатки флюса, так как образовавшаяся стекловидная пленка затрудняет контроль качества шва.

Борная кислота плавится при температуре 570 °С, но температура ее активного действия значительно выше. Одним из достоинств соединений бора является отсутствие их коррозионного действия на шов. Борную кислоту, как менее активный флюс, обычно применяют в смеси с обезвоженной бурой.

Химически пассивные флюсы (табл. 3) помогают удалить жировые отложения, но в меньшей степени удаляют окислы. К ним относятся канифоль, стеарин, воск. Сами по себе это органические вещества, не вызывающие коррозию и выполняющие в основном защитную функцию от окисления. Канифоль сосновая – самый простой, дешевый и доступный вид химически пассивного флюса. Флюсы на основе канифоли применяют в тех случаях, когда паяные поверхности нельзя промывать водой (электросхемы, провода, кабели и др.). Остатки этих флюсов не вызывают коррозии.

Таблица 3. Химически пассивные флюсы для легкоплавких припоев

Наименование флюса	Состав от общего объема, %	Область применения флюса	Способ приготовления флюса
Канифоль светлая	Канифоль светлая – 100	Пайка меди и ее сплавов	Готов к использованию
Спирто-канифольный	Канифоль – 20, спирт – 80	Пайка меди и ее сплавов в труднодоступных местах	Растворить в этиловом спирте порошок канифоли
Глицерино-канифольный	Канифоль – 6, глицерин – 14, спирт – 80	Герметичная пайка меди и ее сплавов в труднодоступных местах	Растворить в этиловом спирте порошок канифоли, затем добавить глицерин

5. ОБОРУДОВАНИЕ ПРОЦЕССА

В ремонтном производстве применяют способы пайки с местным нагревом при помощи электрического паяльника, газовой горелки, паяльной лампы.

При пайке легкоплавкими припоями пользуются паяльниками.

Паяльник (рис. 4, 5) – ручной инструмент, применяемый при лужении и пайке для нагрева деталей, флюса, расплавления припоя и внесения его в место контакта спаиваемых деталей. Рабочая часть паяльника называется жалом. Жало паяльника изготавливается из меди

или медных сплавов, в последнее время появились долговечные сменные жала покрытые никелем. Жало нагревается электрическим током, пламенем паяльной лампы, газовой горелки.



Рис. 4. Молотковый, торцовый и электрический паяльники

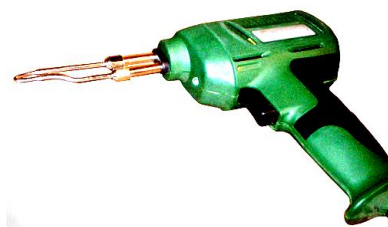


Рис. 5. Импульсный паяльник

Импульсный паяльник является разновидностью бытового паяльника. Представляет собой инструмент в форме пистолета, на конце которого находятся два электрических контакта и источник подсветки зоны пайки. В импульсных паяльниках вместо массивного трансформатора, работающего на промышленной частоте 50 Гц, используется импульсный электронный преобразователь с частотой преобразования в десятки килогерц, что позволяет уменьшить их массу, габариты и сделать их использование значительно более удобным.

Для пайки среднеплавкими припоями требуются портативные источники тепла, способные быстро и экономно подогреть зону пайки детали до температуры расплавления присадочного материала и флюса. Такими источниками тепла могут быть газовые горелки, паяльные лампы и др. (рис. 6).



Рис. 6. Газовые паяльные лампы

6. ТЕХНИКА ПАЙКИ

При всех видах пайки поверхности тщательно зачищают до металлического блеска и обезжиривают. Процесс пайки включает:

- механическую обработку места пайки до металлического блеска и обезжиривание;
- нанесение флюса и припоя;
- нагрев места пайки;
- лужение и пайку;
- промывку и зачистку шва.

Механическая обработка места пайки проводится стальной щеткой, шабером, напильником и др., обезжиривание – органическими растворителями (бензин, ацетон и др.). Лужение проводят для покрытия поверхности тонким слоем припоя (полуды) в целях защиты от окисления.

Особенности пайки легкоплавкими припоями:

- 1) на очищенные поверхности наносится флюс (раствор хлористого цинка или канифоль);
- 2) для очистки жала паяльника, нагретого до температуры 300...400 °С, от окислов его погружают в порошок хлористого аммония (нашатыря). Затем, касаясь жалом паяльника припоя, расплавляют его;
- 3) припой, набранный паяльником, переносят на обезжиренную поверхность, подогревая зону пайки до температуры плавления припоя, и облуживают поверхность;
- 4) перенося таким образом припой на поверхность детали, формируют слой на участке пайки.

Если накладывается заплатка, то она тоже облуживается и после наложения на поврежденный участок стык пропаивается.

После пайки с применением кислотосодержащего флюса поверхность нейтрализуют содовым раствором и тщательно промывают водой.

Если ремонтируются элементы электрооборудования, то следует применять пассивные флюсы на основе канифоли. В остальном процесс пайки аналогичен описанному выше.

Пайка среднеплавкими припоями:

1) припой в виде полосок или пластинок укладывают на предварительно подготовленную поверхность детали;

2) зону паяния детали вместе с припоем нагревают до температуры плавления припоя;

3) место пайки посыпают флюсом (бурой или смесью с борной кислотой); расплавленный флюс очищает поверхности пайки и припоя от окислов, обнажая структуру металла и способствуя распределению расплавленного припоя по поверхности или затеканию в стык;

4) по окончании пайки деталь охлаждают на воздухе и очищают от остатков флюса.

Пайка алюминиевых деталей.

Главная проблема пайки алюминия заключается в его быстром окислении на воздухе, поэтому для пайки необходимы специальные флюсы, например Ф-59А, Ф-61А (они состоят из фторборатов аммония с добавлением триэтанолamina) или флюсы Ф320А, Ф380А, Ф17 (в состав которых входят хлористый калий, хлористый литий, фтористый натрий и хлористый цинк). Как правило, на флаконе с флюсом есть пометка – «Для алюминия» или «Для пайки алюминия».

Для пайки деталей из алюминиевых сплавов используют и оловянно-цинковые припои марок П 200А, П 250А или припой «Супер А+», не требующий применения флюса.

Технология пайки алюминия припоями П 200А и П 250А следующая. Перед пайкой жало хорошо прогретого паяльника (температура жала должна быть 270...350 °С) зачищают и лудят припоем, пользуясь чистой канифолью. Соединяемые поверхности деталей смачивают флюсом, лудят и паяют. После охлаждения остатки флюса удаляют тампоном из ткани, смоченным в спирте, уксусе или бензине, и покрывают шов защитным лаком.

Пайку деталей из чугуна проводят среднеплавкими припоями в следующей последовательности:

- поверхности соединяемых деталей тщательно подгоняют одну к другой и разделяют кромки под усиленные швы (рис. 7);
- зону пайки подогревают до температуры 900...930 °С ацетилено-кислородным или газовым пламенем;
- зону паяния посыпают флюсом и облуживают, натирая прутком припоя (латуни), постепенно заполняя шов. Пайку ведут окислительным пламенем.

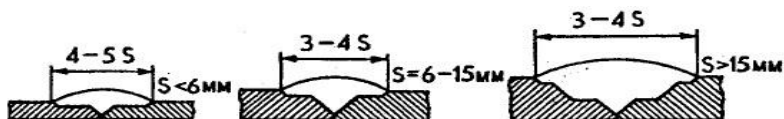


Рис. 7. Подготовка чугунной детали при пайке латунью:
S – толщина стенки

7. ТРЕБОВАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ДЕТАЛИ ПАЙКОЙ

Главными условиями безопасной работы являются хорошая вентиляция участка пайки, защита работников от ожогов и умение обращаться с флюсами и другими материалами.

Причиной несчастных случаев является личная небрежность исполнителя. При выполнении работы исполнитель должен пользоваться труднозагорающейся одеждой и темными очками, предохраняющими глаза от действия лучистой энергии и брызг металла и солей.

Для участков пайки и монтажа, сопровождающегося пайкой, следует отводить отдельные помещения.

После окончания работы следует обязательно ополаскивать кожу рук 1%-ным раствором уксусной кислоты.

8. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с настоящими методическими указаниями, оборудованием рабочего места.
2. Составить таблицу характеристик припоев, флюсов.
3. Составить перечень операций на проведение работ по пайке.
4. Произвести пайку и оценить качество выполненной работы.

9. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

В отчете должны быть освещены следующие вопросы:

- сущность процесса пайки;
- характеристики легкоплавких и среднеплавких припоев и флюсов, применяемых при ремонте машин:

Легкоплавкие			Среднеплавкие		
Марка припоя	Температура плавления	Флюс	Марка припоя	Температура плавления	Флюс

- технологическая карта на восстановление детали пайкой:

Ремонтируемая деталь _____

Операция	Оборудование, инструмент	Припой	Флюс	Режим
1.				
2.				
3.				
4.				

- заключение о качестве восстановления детали пайкой.

10. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите температуры плавления легко- и среднеплавких припоев.
2. Перечислите паяльники по видам нагрева.
3. Каково влияние добавок кадмия и сурьмы на процессы пайки и качество шва?
4. Область применения легкоплавких припоев.
5. Область применения среднеплавких припоев.
6. Флюсы, применяемые при пайке легко- и среднеплавкими припоями.
7. Особенности пайки деталей из алюминиевых сплавов.
8. Особенности ремонта пайкой чугунных деталей.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Список рекомендуемой литературы	3
1. Цель и задачи работы	4
2. Основы процесса пайки	4
3. Припой	6
4. Флюсы	8
5. Оборудование процесса	10
6. Техника пайки	12
7. Требования по технике безопасности при восстановлении детали пайкой	14
8. Порядок выполнения работы	14
9. Содержание отчета	15
10. Контрольные вопросы	15