

Учреждение образования Республике Беларусь
«Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого»

Кафедра «Материаловедение в машиностроении»

Отчёт по лабораторным работам

По предмету «Технология формообразования изделий из конструкционных
материалов»

Выполнил:

Студент группы ТТ-21

Дорошко Н.Ю.

Проверил преподаватель:

Поздняков Е.П.

Гомель 2022

Учреждение образования Республике Беларусь
«Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого»

Кафедра «Материаловедение в машиностроении»

Лабораторная работа №19

«ТЕХНОЛОГИЯ ПАЙКИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ»

Выполнил:

Студент группы ТТ-21

Дорошко Н.Ю.

Проверил преподаватель:

Поздняков Е.П.

Гомель 2022

Лабораторная работа №19

ТЕХНОЛОГИЯ ПАЙКИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Цель работы: ознакомиться с видами пайки, изучить технологию пайки, научиться определять прочность паяных соединений.

Оборудование и материалы: электрический паяльник, низкотемпературный припой, металлические пластины или провода, штангенциркуль, разрывная машина.

Порядок выполнения работы

Выполнить пайку стальных или медных (латунных) проволок низкотемпературным припоем. Для этого:

1. Зачистить поверхность проволок в месте пайки и обезжирить.
2. Подготовить флюс и припой.
3. Нанести флюс на место соединения проволок.
4. Совместить проволоки так, как они должны быть спаяны.
5. Нагреть паяемый участок паяльником до температуры плавления припоя и нанести припой на соединение.
6. Остудить соединение.
7. Осмотреть соединенные провода и убедиться в том, что пайка состоялась.
8. С помощью штангенциркуля определить размеры диаметр паяного соединения и сравнить его с исходным диаметром проволоки.
9. Провести испытание проволок, а также паяного соединения на проволоках на разрыв стандартным способом на разрывной машине.
10. Сравнить прочность проволок с прочностью припоя.
11. Записать полученные результаты в качестве вывода.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Пайкой называется технологический процесс соединения деталей в твердом состоянии посредством расплавленного присадочного материала — **припоя**. По прочности паяные соединения уступают сварным. Пайка может выполняться вручную и на специальных автоматических или механизированных установках.

Пайка металлов условно подразделяется на *высокотемпературную* и *низкотемпературную* пайку (ГОСТ 117325-71). Высокотемпературной считается пайка с температурой плавления припоев свыше 550 °С (ниже 550 °С — низкотемпературная пайка). В качестве припоев используются составы, в которые входят:

низкотемпературные припои — олово, свинец, сурьма;
высокотемпературные — цинк, медь, серебро.

Припой для пайки производится в виде прутков, полос, проволоки, порошков и паст. К ним предъявляются следующие требования:

Для получения высококачественного паяного соединения припой должен удовлетворять следующим условиям:

- иметь температуру плавления ниже температуры плавления основного металла;
- хорошо растекаться, проникая в щели зазора, а также хорошо смачивать основной металл;
- должен обладать одинаковой или более высокой коррозионной стойкостью, чем основной металл;
- припой и основной металл должны взаимно диффундировать и образовывать сплав;
- припой не должен содержать дорогостоящих и дефицитных компонентов.

Для расплавления припоев используются газовые горелки, электрическая дуга, муфельные и др. печи, индукционный нагрев и т. д. Для низкотемпературной пайки используют паяльники.

Пайке поддаются низкоуглеродистые и легированные стали, чугуны, медь, алюминий, никель, их сплавы, а также многие другие металлы.

Прочность сцепления припоя с соединяемыми поверхностями зависит от физико-химических и диффузионных процессов, протекающих между припоем и основным металлом.

По условию заполнения зазора пайку можно разделить на **капиллярную**, при которой припой при нагреве заполняет малый зазор между паяемыми деталями под действием капиллярных сил, и **некапиллярную**.

При *капиллярной* пайке припой заполняет зазор между соединяемыми поверхностями и удерживается в нем за счет капиллярных сил – рисунок 1. Соединение образуется за счет растворения основы в жидком припое и последующей кристаллизации раствора. Капиллярную пайку используют при соединении внахлестку.

К некапиллярным способам относятся:

- **контактно-реактивная** пайка;
- **реактивно-флюсовая**;
- **диффузионная**.
- **пайка-сварка**
- **сварка-пайка**.

При *капиллярной* пайке припой заполняет зазор между соединяемыми поверхностями и удерживается в нем за счет капиллярных сил – рисунок 1. Соединение образуется за счет растворения основы в жидком припое и последующей кристаллизации раствора. Капиллярную пайку используют при соединении внахлестку.

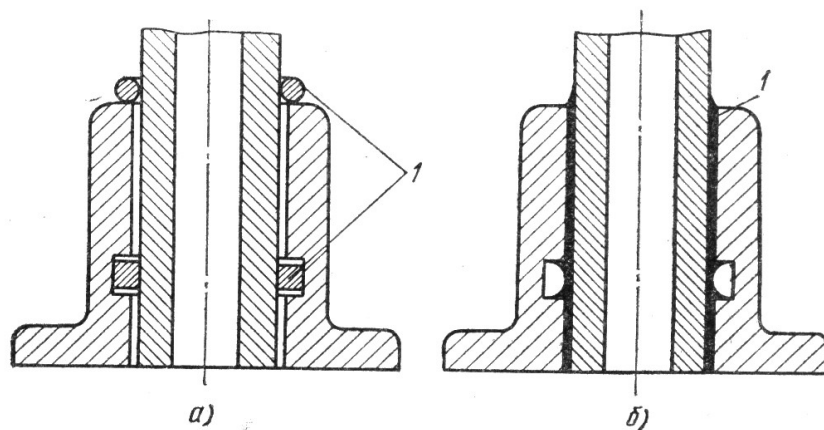


Рис.22.1 – Схема капиллярной пайки:
а – перед пайкой; б – после пайки; 1 - припой

При *диффузионной* пайке соединение образуется за счет взаимной диффузии паяемых разнородных материалов, или одного и того же материала с компонентами припоя. В зоне паяного соединения возможно образование эвтектики или твердого раствора. В некоторых случаях, например при взаимодействии меди с титаном в присутствии никеля в паяном шве выделяются тугоплавкие хрупкие интерметаллидные соединения (Ti_3Cu). Для диффузионной пайки необходима продолжительная выдержка при температуре образования паяного шва, и после завершения процесса — при температуре ниже температуры полного затвердевания припоя. Примером диффузионной пайки является формирование прочного электропроводящего соединения между золотом и кремнием, которое широко используется при производстве различных элементов электроники.

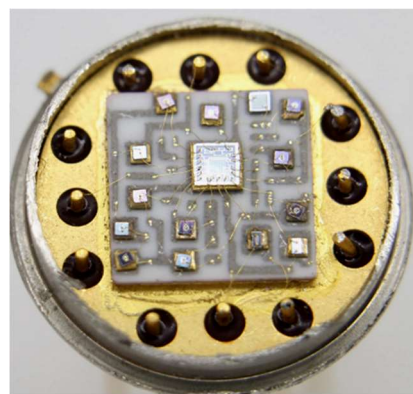
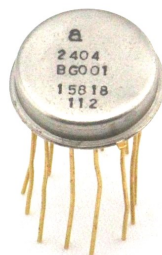
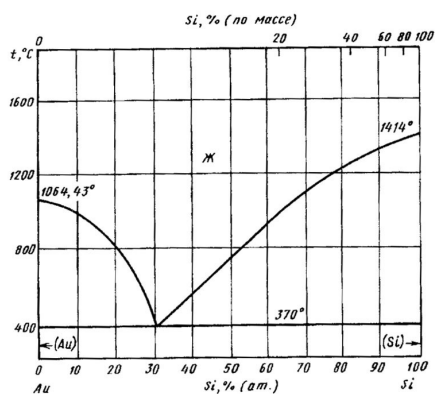


Рис. 22.2 – Диаграмма состояния золото – кремний и пример компоновки микрочипа

При *контактно-реактивной* пайке между соединяемыми металлами или соединяемыми металлами и прослойкой промежуточного металла в результате контактного плавления образуется сплав, который заполняет зазор и при кристаллизации образует паяное соединение (рисунок 2).

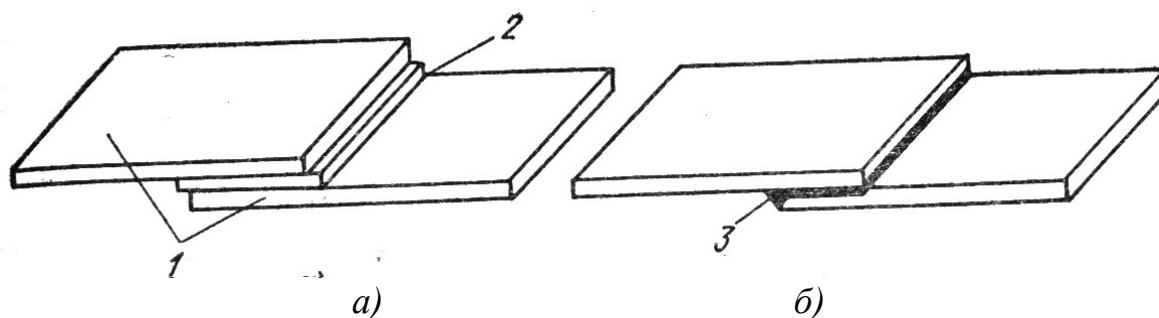


Рис.22.3 – Схема контактно-реактивной пайки:

а – перед пайкой; б - после пайки; 1 – медь; 2 – серебро; 3 – эвтектический сплав меди с серебром

а) б)

Рис. 22.4 – Диаграммы состояния систем медь – серебро (а) и свинец – олово (б)

При реактивно-флюсовой пайке припой образуется за счет реакции вытеснения между основным металлом и флюсом. Например, при пайке алюминия с флюсом, содержащим хлорид цинка, последний при высокой температуре разлагается, и восстановленный цинк служит припоем. Реактивно-флюсовую пайку можно вести без припоя и с припоем.

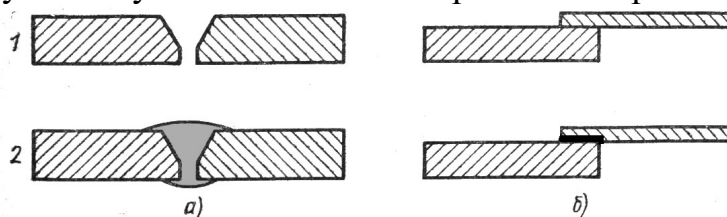


Рис.22.5 – Схема пайки-сварки (а) и сварки-пайки (б)

При пайке-сварке соединение образуется так же, как при сварке плавлением, с раздвиганием кромок, но в качестве присадочного металла применяют припой, как показано на рисунке 3,а.

При сварке-пайке соединяют разнородные материалы с применением местного нагрева, при котором более легкоплавкий материал нагревается до температуры плавления и выполняет функцию припоя. Это видно по рисунку 3,б.

Наибольшее применение получили капиллярная пайка и пайка-сварка. Диффузионная и контактно-реактивная пайки более трудоемки, но обеспечивают высокое качество соединения.

Качество паяных соединений (прочность, герметичность, надежность и др.) зависит от правильного выбора основного металла, припоя, флюса, способа нагрева, величины зазоров, типа соединения.

Флюсы служат для растворения и удаления окислов и загрязнений с поверхности металла, защиты его от окисления, улучшения смачиваемости и растекания припоя. Температура плавления флюса должна быть ниже температуры припоя.

Основные типы паяных соединений показаны на рисунке 4.

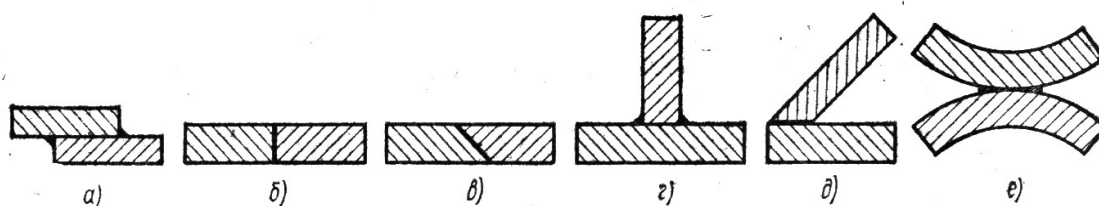


Рис.22.6 – Типы паяных соединений:

а – внахлестку; б – встык; в – вкос; г – втавр; д – в угол;
е – соприкасающийся

СПОСОБЫ ПАЙКИ

Пайка высокотемпературными припоями. К этим припоям относятся медные, медноцинковые, медноникелевые и серебряные.

Пайку низкотемпературными припоями используют почти для всех металлов. Эти припои состоят в основном из олова.

Применяют также *легкоплавкие припои*, содержащие висмут, кадмий и безоловянистые на основе свинца, сурьмы, температура °плавления которых ниже 140 С. В таблице 1 приведены характеристики некоторых распространенных припоев.

В качестве флюсов применяют слабодействующие кислоты, органические и неорганические вещества, например, канифоль, стеарин, соляную кислоту, хлористый цинк, нашатырь, фосфорную кислоту. Используют также раствор хлористого цинка с добавкой хлористого аммония. Приготавливают специальную паяльную кислоту или паяльную жидкость (раствор хлористого цинка в технической соляной кислоте). По окончании пайки флюсы удаляют с поверхности металла.

Табл. 22.1

Припои и их характеристики

Припои	Химич. состав, %	Тем-ра плавлен., °С	$\sigma_{\text{в}}$, МПа	Примерное назначение
ПОС 90	Sn-90 Pb-10	183-220	49	Лужение пайка пищевой посуды

ПОС 61	Sn-61 Pb-39	183-190	43	Лужение и пайка электро- и радиоаппаратуры
ПОС 40	Sn-40 Pb-60	183-299	38	Лужение и пайка оцинкованных деталей
ПОССу 40-0,5	Sn-40 Sb-0,5 Pb-ост	183-235	40	Лужение и пайка белой жести
ПОССу 95-5	Sn-95 Su-4,5 Pb-ост	234-240	40	Пайка трубопроводов, работающих при повышенных температурах
ПСр 72	Ag-72 Cu - ост	779	48..75	Пайка черных и цветных металлов
ЛМНЦ 68-4-2	Cu-68 Mn-4 Ni-2 Zn-ост	910-930	39	Пайка металлорежущего инструмента

По **способу нагрева** различают следующие способы пайки.

Пайку газовым пламенем осуществляют нагревом кромок изделия до плавления припоя и флюса и применяют в основном для соединения деталей высокотемпературными припоями. Перед пайкой на место пайки наносят флюс в виде жидкой пасты, разведенный водой или спиртом. Конец прутка также покрывают флюсом.

Пайка в печах. Пайку проводят в специальных печах с электрическим обогревом. Существуют три способа пайки в печах:

- с применением твердых флюсов;
- в вакууме;
- в газовой среде.

В первом случае собранное изделие с припоем, заложенным заранее в шов и нанесенным на место пайки флюсом, помещают в печь. Здесь изделие нагревается до температуры пайки. Во втором случае собранное изделие нагревается в вакуумной камере, благодаря чему металл не окисляется. В третьем случае используют активные или инертные газы: водород, диссоциированный аммиак и др.

Пайка погружением. Проводят в ваннах с расплавленными солями. На поверхность, подлежащую пайке, предварительно очищенную от грязи и жира, наносят флюс, между кромками или около места соединения размещается припой, затем деталь скрепляют и погружают в ванну. Соляная ванна предохраняет место пайки от окисления. Этот способ пайки используют для изготовления деталей из стали, твердых сплавов, меди, медных и алюминиевых сплавов.

Пайка погружением в металлические ванны. Детали, нагретые до 550° С, погружают в ванну с расплавленным припоем, покрытым флюсом.

Неспайиваемые поверхности предохраняют от контакта с припоем специальной обмазкой из графита с добавками небольшого количества извести.

Пайка бегущей волной припоя является разновидностью пайки погружением в металлические ванны. При этом способе расплавленный припой подается насосом и образует волну над уровнем расплава. Паяемая деталь перемещается в горизонтальном направлении и в момент касания волны происходит пайка.

Пайку бегущей волной применяют главным образом в радиоэлектронной промышленности при производстве печатных схем.

Пайка с индукционным нагревом. Нагреваемый участок паяемого изделия помещают внутрь катушки-индуктора. Через индуктор пропускают ток высокой частоты. В результате место пайки нагревается до температуры пайки. Предохранение изделия от окисления достигается за счет помещения изделия в процессе нагрева в вакуум или в защитную среду.

Электрическая контактная пайка. Для нагрева места пайки используют обычные контактные сварочные машины. Подготовленный к пайке узел зажимают между электродами машины, затем включают ток и проводят пайку. После нагрева изделие некоторое время выдерживают под давлением до остывания припоя. Пайку применяют для соединения мелких деталей в массовом производстве.

Пайка нагретым инструментом. Применяют для пайки низкотемпературными припоями. Паяльником нагревают детали в месте пайки и расплавляют припой и флюс.

Пайка с нагревом кварцевыми лампами. Детали, подлежащие пайке, помещают в специальный контейнер, в котором создают вакуум, затем его заполняют аргоном. Контейнер обогревают кварцевыми лампами. После окончания обогрева кварцевые лампы отводят и вынимают запаянные детали.

Экзофлюсовая пайка. Применяют для пайки нержавеющей сталей. На очищенное место соединения наносят тонкий порошкообразный слой флюса. Соединяемые поверхности совмещают, на противоположные стороны заготовок укладывают экзотермическую смесь. Смесь состоит из разных компонентов, которые укладывают в форме пасты или брикетов толщиной в несколько миллиметров. Собранный конструкцию устанавливают в приспособление и вносят в специальную печь, где осуществляют зажигание экзотермической смеси при 500° С. В результате экзотермических реакций смеси температура на поверхности металла повышается, и происходит расплавление припоя.

Пайка с наложением упругих колебаний. Для пайки используют упругие колебания — низкочастотные и ультразвуковые. Для создания низкочастотных колебаний применяют электромагнитные вибраторы, которые жестко соединяют с приспособлениями. В приспособлениях зажаты детали, подлежащие пайке. Частота колебаний около 100 Гц. При использовании высокочастотных ультразвуковых колебаний разрушается поверхностная окисная пленка. Это особенно важно при пайке алюминиевых и магниевых сплавов.

Содержание отчета

Отчет должен содержать необходимые теоретические сведения по пайке, эскиз паяных проволок и схему испытания их на разрыв, результаты испытания прочности паяного шва на разрыв, вывод по работе.

Контрольные вопросы

1. Что называется пайкой?
2. Какие припои называются высокотемпературными? Какие низкотемпературными?
3. В чем отличие капиллярной пайки от некапиллярной?
4. За счет чего образуется соединение при диффузионной сварке?
5. Чем отличается контактно-реактивная пайка от реактивно-флюсовой?
6. В чем отличие пайки-сварки от сварки?
7. Что является припоем при сварке-пайке?
8. Для чего нужен флюс?
9. Какие способы пайки используются в массовом производстве?

Литература:

1. Технология конструкционных материалов. Пайка и сварка металлов : метод. указания по выполнению лабораторных работ для студентов специальностей 1-36 05 01 «Машины и оборудование лесного комплекса», 1-36 07 01 «Машины и аппараты химических производств и предприятий строительных материалов» / сост. С. И. Карпович. – Минск: БГТУ, 2009. – 120 с. ISBN 978-985-434-923-7.