

М. И. Чеботарёв, В. Л. Лихачёв,
Б. Ф. Тарасенко

СВАРОЧНОЕ ДЕЛО

Пайка



«Инфра-Инженерия»

УДК 621.791(075.8)
ББК 34.6
Ч-34

Р е ц е н з е н т ы :

В. П. Артемьев – заведующий кафедрой материаловедения, доктор технических наук, профессор (Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар);

Е. И. Винеvский – заведующий лабораторией машинных агропромышленных технологий, доктор технических наук, профессор (ФГБНУ ВНИИТТИ, г. Краснодар)

Чеботарёв, М. И.

Ч-34

Сварочное дело: пайка : учебное пособие / М. И. Чеботарёв, В. Л. Лихачёв, Б. Ф. Тарасенко. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. – 104 с.: ил., табл.
ISBN 978-5-9729-0395-5

Рассмотрены теоретические основы пайки, раскрыта технология пайки с использованием различных материалов, припоев и флюсов, освещено необходимое оборудование. Уделено внимание вопросам безопасности и контроля качества работ.

Для подготовки студентов и аспирантов технических специальностей.

УДК 621.791(075.8)
ББК 34.6

Глава 1. ПАЙКА И ПАЯЕМОСТЬ

Пайка – это процесс соединения металлов в твердом состоянии путем введения в зазор припоя, взаимодействующего с основным металлом и образующего жидкую металлическую прослойку, кристаллизация которой приводит к образованию паяного соединения. При пайке происходит взаимное растворение и диффузия основного материала и припоя, который заполняет зазор между соединяемыми частями изделия.

Пайка осуществляется при температуре ниже точек плавления паяемых материалов. Она связана с введением в зазор между соединяемыми металлами жидкой металлической прослойки (расплава припоя), которая взаимодействует с твердым паяемым металлом. Завершающая стадия образования паяного соединения – кристаллизация. В результате пайки получают неразъемные соединения в изделиях из стали, чугуна, стекла, керамики и др.

Наиболее распространена пайка металлов, которую условно подразделяют на пайку твердым и мягким припоями. При пайке твердыми припоями нагрев осуществляют газовыми горелками, электрической дугой, в муфельных и других печах. Пайку мягкими припоями проводят паяльниками, газовыми горелками, погружением в ванны с расплавленным припоем и др.

Возможность образования спая между паяемым материалом и припоем характеризуется паяемостью, т.е. способностью паяемого материала вступать в физико-химическое взаимодействие с расплавленным припоями образовывать паяное соединение.

Паяемость – это способность материала смачиваться расплавленным припоем и образовывать с ним качественное паяное соединение. Паяемость определяется физико-химической природой материалов и припоя, способом и режимами пайки, флюсующими средами, условиями подготовки паяемых поверхностей и т.д. Для образования паяного соединения необходимо и достаточно смачивания поверхности металла расплавом припоя, что определяет возможность дальнейшего образования между ними химических связей. Пайка должна обеспечивать образование герметичных соединений и требуемую прочность при различных температурах работы. Для выполнения указанных функций расплавленный припой должен:

- хорошо смачивать соединяемые поверхности и проникать во все зазоры соединения, что позволяет определить его смачивающую способность;
- растекаться по поверхности металлов, что дает информацию о пространстве припоев в зависимости от химической и физической

природы соединяемых поверхностей, эффективности флюсов, времени температурных циклов при пайке.

Для образования спая необходимым и достаточным является *смачивание* поверхности основного металла расплавом припоя, что определяется возможностью образования между ними химических связей. Смачивание принципиально возможно практически в любом сочетании основной металл – припой при обеспечении соответствующих температур, высокой чистоты поверхности (идеально чистые поверхности образуются при разрушении металла в вакууме или расплаве припоя) или достаточной термической или другого вида активации (облучение, термическая активация и т.д.).

Смачивание характеризует принципиальную возможность пайки конкретного основного материала конкретным припоем. При физической возможности образования спая (физической паяемости) уже в какой-то мере гарантирована паяемость с технологической точки зрения при обеспечении соответствующих условий проведения процесса пайки.

Однако, кроме физико-химических факторов, определяющих природу основного металла, припоя и процессов их взаимодействия, необходимо учитывать технологические факторы, определяющие свойства паяных соединений, такие как конструкция паяного соединения, режим пайки, флюсующая среда, способ нанесения припоя и др. С точки зрения физико-химических процессов прочность соединения определяется типом связей, образующихся между твердым и жидким металлами, и зависит от природы основного металла и припоя. Практически пайкой можно соединять все металлы, металлы с неметаллами и неметаллы между собой. Необходимо только обеспечить такую активацию их поверхности, при которой стало бы возможным установление между атомами соединяемых материалов и припоя прочных химических связей.

С точки зрения технологии пайки *паяемость* есть отношение соединяемых материалов и припоя к основным процессам, происходящим при пайке (нагрев, плавление, смачивание, капиллярное течение, растворо-диффузионное взаимодействие, кристаллизация, охлаждение нагретого металла, деформации, взаимодействие металлов с газами, флюсами, шлаками и т.д.). Отсутствие паяемости или плохая паяемость с этой точки зрения характеризуются отсутствием или плохой связью в зоне спаев, нежелательными изменениями физико-химических свойств основного металла в зоне паяного соединения, склонностью основного металла к образованию горячих и холодных трещин и т.д.

Таким образом, паяемость зависит не только от физико-химической природы соединяемых материалов и припоя, но и от способа и режима пайки, от флюсующих сред, условий подготовки поверхности под пайку и сборку и т.д.

Паяемость того или иного материала нельзя рассматривать как способность его подвергаться пайке различными припоями. Можно рассматривать только конкретную пару «основной материал – припой» и в конкретных условиях пайки. В настоящее время паяемость определяется путем непосредственного эксперимента.

Глава 2. БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА ПРИ ПАЙКЕ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

В агропромышленном комплексе ремонт машин и оборудования связанный с выполнением паяльных и лудильных работ производит медник. Главными источниками опасности при медницких работах являются – открытый огонь, расплавы металлов и флюсов, агрессивные кислоты. В процессе выполнения медницких (лудильных и паяльных) работ на медника возможно воздействие следующих вредных и (или) опасных производственных факторов:

- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны парами вредных химических веществ;
- повышенная температура поверхности деталей, оборудования, инструмента, расплавов припоев и солей;
- повышенная температура воздуха рабочей зоны;
- повышенный уровень шума на рабочем месте;
- брызги припоев и растворов;
- вредные компоненты в составе применяемых материалов, воздействующие на кожу,
- наличие в воздухе рабочей зоны вредных веществ (аэрозолей свинца, цинка, паров кислот, оксида углерода);
- опасность проникновения свинца, цинка и их соединений в организм работника через органы дыхания, пищеварительную систему, кожные покровы;
- открытый огонь;
- недостаточная освещенность рабочей зоны;
- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях оборудования, инвентаря, инструмента, изделий;
- самопроизвольное падение предметов с высоты;
- физические перегрузки.

Медницкие работы должны выполняться в специально отведенном помещении, оснащенном оборудованием, приспособлениями и инструментом в соответствии с нормативной и технологической документацией.

В помещении, где выполняются медницкие работы, должны постоянно находиться растворы для нейтрализации кислоты: сосуд с 5–10% нейтрализующим раствором питьевой соды (для кожи тела) и 2–3% раствором питьевой соды (для глаз).

Помещение для выполнения медницких работ должно быть оборудовано приточно-вытяжной и местной вентиляцией. На оснащении и оборудовании, выделяющих при работе пыль, пар или газы, необходимо устанавливать местные вытяжки. Работы, связанные с выделением вредных паров, а также работы по зачистке деталей перед пайкой или лужением должны выполняться в местах, оборудованных местными вытяжками.

Травление кислоты должно проводиться в небьющейся кислотоупорной таре и только в вытяжном шкафу (не разрешается пользоваться стеклянной тарой). При травлении опускать в кислоту одновременно большое количество цинка не разрешается.

Флюс и материалы для его изготовления необходимо хранить в вытяжном шкафу в количестве, которое не превышает суточной потребности.

На участках, где применяются вещества первого класса опасности (оловянно-свинцовые припои, бериллий и его сплавы, флюсы и другие соединения), системы местных отсосов должны включаться до начала работ и выключаться после их окончания. Работа вентиляционных установок должна контролироваться с помощью световой и звуковой сигнализации, автоматически включающейся при остановке вентиляции.

Рабочие места при пайке оловянно-свинцовыми припоями должны быть оборудованы местными вытяжными устройствами, обеспечивающими скорость движения воздуха непосредственно на месте пайки не менее 0,6 м/с, независимо от конструкции воздухоприемников.

Рабочие места, на которых выполняется пайка изделий из сплавов бериллия, должны быть оборудованы местной вытяжной вентиляцией с очисткой выбрасываемого воздуха.

Вытяжные и приточные вентиляционные установки, предназначенные для участков пайки изделий из сплавов, содержащих 20% бериллия и более, должны быть обособленными и не сообщаться с другими вентиляционными системами.

Воздухоприемники должны крепиться на гибких или телескопических воздуховодах, способных перемещаться в процессе работ для максимального приближения к месту пайки, при этом должна быть надежная фиксация положения воздухоприемников.

Приточный воздух должен подаваться в верхнюю зону помещения для обеспечения подвижности воздуха на рабочем месте.

Рециркуляция воздуха в производственных помещениях не допускается.

Входные двери и ворота производственных помещений, где производится пайка, должны иметь отопляемые тамбуры и шлюзы. При невозможности

устройства тамбуров и шлюзов у входных дверей и ворот должны устраиваться воздушные завесы.

На участках приготовления флюсов должны быть водопроводный кран с раковиной и нейтрализующие жидкости для удаления паяльных флюсов, содержащих фтористые и хлористые соли, в случаях их попадания на кожу.

Рабочие поверхности столов и оборудования, а также ящики для хранения инструментов должны быть выполнены из гладкого легкообмываемого материала.

Рабочие места должны быть укомплектованы рациональными рабочими креслами с регулируемыми эргономическими параметрами. Сиденье и спинка кресла должны быть выполнены из легкоочищаемых материалов.

Каждое химическое вещество должно храниться в заранее определенном месте. На таре для хранения химических веществ должны быть надпись, этикетка или бирка с точным наименованием химического вещества, указанием соответствующего ГОСТа и даты получения.

Флюсы, в состав которых входят вредные и пожароопасные компоненты, а также материалы для изготовления флюсов необходимо хранить в вытяжных шкафах и в герметичной таре.

Количество флюса, выдаваемое на рабочие участки пайки, не должно превышать сменной потребности.

На участках пайки с применением сплавов со свинцом должны быть оборудованы умывальные комнаты. К умывальникам должна бесперебойно подаваться горячая и холодная вода на протяжении всего времени работы, во которого производится пайка. Умывальники, независимо от мест их расположения, должны иметь бачки с 1% раствором уксусной кислоты или смывочной пасты на основе ОП-7, для предварительного мытья рук. Для мытья рук необходимо иметь мыло, щетки, а также достаточное количество салфеток для обтирания рук (бумажные или хлопчатобумажные разового пользования). Применение полотенец общего пользования не допускается.

Менять и сдавать в стирку рабочую одежду работников, занятых пайкой с применением сплавов, содержащих свинец, необходимо не реже одного раза в неделю. Стирка и обезвреживание рабочей одежды этих работников должны производиться в специализированных прачечных отдельно от рабочей одежды работников других профессий. Шкафы для хранения рабочей одежды ежедневно должны внутри и снаружи обмываться горячей водой с мылом.

Гардеробные специальной одежды на участках пайки изделий сплавами, содержащими свинец, должны быть отделены от гардеробных других групп сплавов.

Санитарно-бытовые помещения должны быть изолированы от участков, на которых проводятся работы со свинцом. Умывальники в этих помещениях должны быть оборудованы педальными пусковыми устройствами.

В помещениях, где хранятся агрессивные вещества и проводятся работы с ними, должны быть специальные фонтанчики и другие устройства, удобные для промывания глаз и кожного покрова тела, находящиеся в местах, где возможно пользование ими не позднее через 6–12 с после поражения. Устройства должны содержаться в чистоте, иметь установку для ополаскивания стаканов и сливные раковины.

Не допускается устройство питьевых фонтанчиков или оборудование пунктов питьевой воды в местах хранения и применения химических веществ.

Пайка электрифицированным инструментом. Перед началом работ необходимо:

- проверить на соответствие классу защиты от поражения электрическим током;
- проверить внешним осмотром исправное состояние кабеля и штепсельной вилки, целостность защитного кожуха и изоляции рукоятки;
- проверить на работоспособность встроенных в конструкцию паяльников отсосов, если таковые имеются;
- проверить на работоспособность механизированную подачу припоя в случаях ее установки в паяльнике.

Работники, выполняющие пайку изделий паяльниками, должны иметь II группу по электробезопасности.

При пайке крупногабаритных изделий следует применять паяльники со встроенными отсосами. Паяльник должен проходить проверку и испытание в сроки и объемах, установленных нормативной документацией. Класс паяльника должен соответствовать категории помещения и условиям производства в соответствии с требованиями нормативных правовых актов при эксплуатации электроустановок. При выполнении пайки в замкнутых объемах паяльник должен быть напряжением не выше 12 В.

Паяльник на рабочих местах должен устанавливаться на огнезащитные подставки, исключающие его падение. Кабель паяльника должен быть защищен от случайного механического повреждения и соприкосновения с горячими деталями.

Паяльник, находящийся в рабочем состоянии, постоянно должен находиться в зоне действия местной вытяжной вентиляции. Излишки припоя и флюса с жала паяльника следует снимать с применением материалов, указанных в технологической документации (хлопчатобумажные салфетки, асбест и другие).

Оглавление

Введение	3
Глава 1. ПАЙКА И ПАЯЕМОСТЬ	4
Глава 2. БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА ПРИ ПАЙКЕ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ	7
Глава 3. ТЕХНИКА ПАЙКИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ	14
3.1. Характеристика видов и способов пайки металлов	14
3.2. Пайка мягкими припоями	33
3.3. Пайка твердыми припоями	43
Глава 4. ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПАЙКИ	51
4.1. Инструмент и оборудование	51
4.2. Припой и флюсы	67
Глава 5. СВАРКОПАЙКА	86
Глава 6. ПАЙКА МЕТАЛЛА С КЕРАМИКОЙ	89
Глава 7. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПАЙКИ	97
Литература	99