Федеральное агентство по образованию

Государственное общеобразовательное учреждение

высшего профессионального образования

Тульский государственный университет

кафедра «Системы автоматического управления»

ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

по технологической ознакомительной практике

База практики «Тульский оружейный завод»

Время практики: с 18.02.2008

по 25.05.2008

Тула, 2008

Содержание

1. Пайка, ее физико-химические особенности, технология и технологические процессы

2. Технологическая классификация способов пайки

3. Технологические и вспомогательные материалы при пайке

3.1 Готовые припои

3.2 Припои, образующиеся при пайке

3.3 Вспомогательные материалы при пайке и их классификация

4. Технологическое оснащение пайки

4.1 Электропечи

4.2 Электронагревательные ванны

4.3 Индукционные нагревательные установки

4.4 Горелки

4.5 Паяльник

5. Заключение. Значение проектирования технологии пайки изделий при подготовке производства

6. Приложение

7. Список литературы

1. ПАЙКА, ЕЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ, ТЕХНОЛОГИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС

Пайкой называется образование соединения с межатомными связями путем нагрева соединяемых материалов ниже температуры их плавления, смачивания их припоем, затекания припоя в зазор и последующей его кристаллизации (ГОСТ 17325—79).

При пайке автономного плавления паяемого материала не происходит, так как процесс осуществляется при нагреве до температуры ниже температуры его солидуса. Однако паяемый металл контактирует с припоем в ином агрегатном (жидком) состоянии. При этом паяемый металл и припой, имеющие/химическое сродство, представляют неравновесную систему, так как на их границе существует градиент концентраций и энергии. Поэтому процессы взаимодействия материалов при пайке связаны с обменом веществом и передачей энергии, происходящими специфическим образом. Такое взаимодействие базируется на взаимодополняющих феноменологических (макроскопических) и микроскопических методах анализа. Важнейшим феноменологическим методом анализа при этом является термодинамика.

Переход термодинамической системы, паяемый материал - припой из весьма неустойчивого лабильного в более стабильное или метастабильное состояние происходит необратимо и состоит из двух стадий: активируемой и самопроизвольной неактивируемой. Энергетическим стимулом первой активируемой стадии перехода системы в более стабильное состояние при постоянном давлении *р0* и температуре *Т0* служит непрерывное увеличение потенциальной энергии активации на границе двух фаз за счет кинетической энергии, а второй неактивируемой стадии — непрерывное уменьшение термодинамического изобарного потенциала системы (диффузионная стадия).

Переход из одного равновесного состояния в другое с преодолением энергии активации Q происходит через особые неравновесные состояния — активируемые состояния атомов. По гипотезе Аррениуса в 1889 г. для газов, распространенной для твердых и жидких тел В. А. Левичем, в единице объема активируются не все *N* атомов, а лишь те *N0,* которые при температуре *То* обладают избыточной энергией *Q:n0 = Ne-QRT,* где *R* — газовая постоянная. Энергия активации *Q* — это потенциальная энергия, которая увеличивается за счет кинетической энергии системы, особенно при эндотермических процессах (например, плавлении). При передаче кинетической энергии в термически активируемом процессе порциями потенциальная энергия также увеличивается в виде флуктуации. Таким образом, активируемое состояние является переходным (промежуточным состоянием) с повышенной потенциальной энергией. Оно возможно не только при поглощении теплоты (эндотермических реакциях), но и при деформации. Активируемые состояния возникают при фазовых переходах первого рода.

К фазовым переходам первого рода относятся фазовые превращения однокомпонентных систем, объем которых при температуре Г0 и давление *р0* изменяется скачком и одновременно происходит выделение или поглощение теплоты. К ним относятся равновесные переходы из одного агрегатного состояния в другое, полиморфные превращения, связанные с изменением температуры и давления в процессах диффузии, образования зародышей новых фаз при кристаллизации и распаде твердых растворов и др. Самопроизвольные фазовые переходы первого рода и их изменения по второму закону термодинамики стимулируются условиями *dS >* 0 и *dz < O* при постоянных давлении *р* и температуре *t*, где *S* — энтропия; *z*—термодинамический (изобарный) потенциал.

К фазовым переходам второго рода относятся равновесные превращения однофазовой системы, при которых температура *То* и давление *рo* и первые частные производные z равны нулю, но вторые частные производные изменяются скачком (например, температурный коэффициент объемного расширения и сжимаемость). Фазовый переход первого рода происходит самопроизвольно в результате конечных флуктуации местной и общей энергии (энергии активации) на границе контактирующих материалов. При этом степень активации атомов поверхностного слоя жидкой фазы более высокая, чем степень активации атомов контактирующей с ним твердой фазы, вследствие большой подвижности атомов в жидком состоянии.

Наиболее известны две формы движения (процессов) и фазовых переходов (превращений): диффузионное и бездиффузионное. При диффузионных формах движения и фазовых переходов спонтанное перемещение атомов и вакансий происходит статистически, с обменом местами. Такие переходы характерны для контакта веществ в одинаковом агрегатном состоянии. При бездиффузионном движении или переходе перемещение атомов происходит кооперативно (коллективно) за один акт или последовательно за несколько актов, без обмена атомов и вакансий на расстояния, не превышающие межатомные. Следовательно, при контакте паяемого материала с припоем, находящихся в различном агрегатном состоянии, процессы их взаимодействия должны развиваться в две стадии: сначала должна наступить кинетическая (бездиффузионная) активируемая стадия, а потом диффузионная стадия. При этом более равновесное состояние такой системы при смачивании основного материала жидким припоем, вероятнее всего, может быть достигнуто при преодолении относительно высокой энергии активации *ВС* системы (рис. 1) в результате расплавления твердого металла по кинетическому режиму, т. е. практически по бездиффузионному механизму. Поэтому продуктом первой активирующей стадии должна быть жидкая фаза. Только после этого может наступить диффузионная стадия растворения, т. е. переход атомов паяемого металла из прилежащего к нему расплавленного на первой стадии слоя в остальной объем жидкой фазы (припоя). По расчетам А.А. Шебзухоаа, бездиффузионный этап пайки готовым припоем имеет длительность ~0,01 с. Такой вариант контактного плавления твердых кристаллических веществ в контакте с жидким веществом с тем же типом связи (например, металлом), в отличие от контактно-реактивного плавления двух твердых веществ, был назван контактным твердожндким плавлением, в контакте с паром — твердогазовым плавлением.

Вследствие контактного плавления металлических деталей при пайке могут изменяться их форма, размеры и состояние материала. В связи с этим чисто физический разъем паяемого соединения, аналогичный, например, развинчиванию, разъему механических соединений с прокладками, невозможен. Возможны лишь распайка, разъединение по шву в результате плавления при нагреве выше его температуры солидуса, после чего нельзя получить детали в состоянии, аналогичном исходному, так как изменено состояние паяемого металла в местах, смоченных припоем и подвергнутых нагреву при пайке, а также изменены форма и размеры детали. Поэтому паяные соединения деталей не являются разъемными, т. е. такими, форма, размеры, состояние и шероховатость материала которых после разъема не изменяются.

Как известно, под технологией понимают совокупность способов и приемов получения и обработки материалов, заготовки, сборочной единицы или изделия. Последовательность осуществления операций и переходов называется технологическим процессом. Технологический процесс пайки состоит из операций подготовки поверхности паяемого материала и припоя, сборки, собственно пайки, обработки паяного изделия после пайки и контроля качества. В технологическом процессе операции до и после пайки определяются выбранной ее технологией и зависят от конструкции и назначения паяемого изделия, состава и свойств паяемого, технологического и вспомогательного материалов.

Способы пайки объединяют в группы по классификационным признакам: формированию паяного шва (СП1), удалению оксидной пленки (СП2), по источнику нагрева (СПЗ), осуществлению давления на детали (СП4) и по одновременности выполнения паяемых соединений изделия (ГОСТ 17349—79) с соответствующим оснащением, состоящим из нагревательного оборудования и инструмента, оснастки, средств механизации, автоматизации и роботизации. К приемам операции пайки относятся: температурный режим пайки (ТРП), термический цикл пайки (ТЦП), способ введения припоя и контактных прослоек, флюсовых и газовых средств, приложения давления и др.

**2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ**

# ПАЙКИ

Для осуществления пайки, прежде всего, необходимы припой, его физический контакт с паяемым металлом в жидком состоянии и физико-химическое взаимодействие между ними при заполнении зазора в процессе нагрева по термическому циклу с последующей кристаллизацией паяного шва. В соответствии с этим классификационными признаками первой группы способов пайки (СП1) являются метод получения и полнота расплавления припоя, способ заполнения паяльного зазора припоем и условия кристаллизации паяного шва.

Припой может быть изготовлен заранее (готовый припой), а может образоваться в процессе пайки в результате контактно-реактивного плавления (контактно-реактивный припой), контактного твердогазового плавления (контактный твердогазовый припой), в результате высаживания жидкого металла из компонентов флюса (реактивно-флюсовый припой). В соответствии с этим различают контактно-реактивную пайку, контактную твердогазовую пайку и реактивно-флюсовую пайку.

Появление в технике крупногабаритных тонкостенных узлов с большой площадью пайки все более затрудняло возможность сборки деталей с равномерными капиллярными зазорами между криволинейными поверхностями, что приводило к развитию непропаев, снижению высоты поднятия припоя в зазорах (вертикальных и наклонных) и др. В связи с этим получила развитие композиционная пайка — пайка с композиционным припоем, состоящим из наполнителя и легкоплавкой составляющей, в частности, металло-керамическим припоем.

По характеру затекания припоя в зазор различают капиллярную (ширина зазора <0,5 мм) и некапиллярную (ширина зазора <0,5 мм) пайку. При капиллярной пайке припой заполняет зазор самопроизвольно под действием капиллярных сил.

При некапиллярной пайке использована возможность поднятия жидкого припоя в зазорах под действием гравитации, отрицательного давления в некапиллярном зазоре (при откачке воздуха из зазора), магнитных и электромагнитных и других внешне приложенных сил.

После заполнения зазора припоем паяный шов затвердевает в процессе охлаждения изделия (кристаллизация при охлаждении). При температуре выше температуры солидуса припоя процесс кристаллизации шва может происходить и в результате отвода депрессата или легкоплавкой составляющей припоя из шва (диффузионная пайка).

Жидкий припой смачивает только чистую поверхность паяемого металла. В связи с этим при формировании паяного соединения необходимы условия, обеспечивающие физический контакт паяемого материала и жидкого припоя при температуре пайки. Осуществление такого контакта возможно в местах удаления с поверхности металла оксидных пленок. Удалить оксидные пленки при пайке и осуществить физический контакт конструкционного материала (*Мк*) с припоем *(Мк)* можно с применением паяльных флюсов или без них. В последние годы высокие требования по коррозионной стойкости паяных соединений и стремление к сокращению времени технологических операций привели к расширению применения способов бесфлюсовой пайки. Флюсовая пайка наряду с этим остается во многих случаях также широко применяемым процессом. По физическим, химическим и электрохимическим признакам, определяющим процесс удаления оксидов с поверхности основного металла и припоя при пайке, способы пайки объединены в группу СП2.

Способы пайки по источнику нагрева объединены в группу СПЗ. К способам пайки этой группы, применяемым ранее (паяльником, горелкой, электросопротивлением, в печи, погружением в расплавы флюса или припоя, индукционному, электролитному), добавились новые с использованием источников нагрева в виде света, лазера, теплоты химических реакций, потока ионов в тлеющем разряде, инфракрасного излучения, волны припоя, электронного луча, теплоты конденсирования паров и др.

Различают низко- и высокотемпературную пайку. За граничную температуру этих способов принята температура 450 °С. Целесообразность такого деления обусловлена тем, что технологические, вспомогательные материалы и оснащение для низкотемпературной и высокотемпературной пайки обычно существенно отличаются. Классификационным признаком четвертой группы способов пайки СП4 является отсутствие при фиксированном зазоре или наличие давления на паяемые детали с целью обеспечения заданной величины паяльного зазора (прессовая пайка).

Классификационным признаком пятой группы способов СП5 служит одновременность или неодновременность выполнения паяных соединений изделия.

Технологическая классификация способов пайки базируется в основном на альтернативности их признаков. На рис. 2 дана технологическая классификация способов пайки (ГОСТ 17349—79). В наименование способа пайки конкретного изделия должны войти по одному или несколько наименований способов из каждой группы и в том же порядке, в каком они перечислены на рис. 2. Например, «контактно-реактивная капиллярная диффузионная печная пайка в вакууме под давлением».

**3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПРИ ПАЙКЕ**

К технологическим материалам при пайке относятся такие, компоненты которых входят в состав образующегося паяного соединения,— припои и контактные или барьерные покрытия.

По ГОСТ 17325—79 припоем называют материал для пайки и лужения с температурой плавления ниже температуры плавления паяемых материалов. К вспомогательным материалам относятся такие, компоненты которых непосредственно не входят в состав образующегося паяного соединения, но участвуют в его образовании. К ним относятся паяльные флюсы, активные и инертные газовые среды, вещества, ограничивающие растекание припоя (стоп-материалы) и др.

Припои подразделяют на две группы — готовые и образующиеся при работе.

**3.1 Готовые припои**

Наиболее широкое применение при пайке нашли готовые припои. Готовые припои классифицируют по следующим признакам (ГОСТ 19250—73): по величине их температурного интервала плавления; степени расплавления при пайке; основному или наиболее дефицитному компоненту, способности к самофлюсованию; способу изготовления и виду полуфабрикатов (рис. 3).

Температурный интервал плавления припоя — важнейший классификационный признак. Такой интервал ограничен температурой начала (солидус) и конца (ликвидус) плавления припоя. По температуре конца расплавления припои разделяют на пять классов: особолегкоплавкие (tпл ≤ 145°С); легкоплавкие (145°С<tпл<450°С); среднеплавкие (450 °C < 1100 °С); высокоплавкие (1100 °С<tпл< 1850 °С); тугоплавкие (tпл ≥ 1850 °С).

Число различных припоев, разработанных к настоящему времени, весьма велико и продолжает непрерывно увеличиваться, что обусловлено повышением требований, предъявляемых к механическим и служебным свойствам паяных соединений, и необходимостью улучшения паяемости существующих и новых материалов.

*Классификация готовых припоев по степени их автономного расплавления.* По степени автономного расплавления при пайке припои подразделяют на полностью и частично расплавляемые. Ранее применяли главным образом припои, полностью расплавляемые при пайке. Исключение составляли припои, применяемые в стоматологической технике, и частично расплавляемые припои с широким интервалом затвердения, которые использовали главным образом при абразивной пайке.

В 60-е и последующие годы получили развитие неоднородные, частично расплавляемые припои, состоящие из легкоплавкой части припоя и твердого наполнителя, не плавящегося автономно при температуре пайки. Такие припои в соответствии с современной классификацией металлических материалов называют композиционными.

Наполнитель композиционных припоев чаще всего представляет собой порошок, перемешанный с порошком легкоплавкой части припоя. При пайке таким припоем сцепление частиц наполнителя в шве и шва с паяемым металлом возникает в результате взаимодействия последнего с жидкой частью припоя и ее кристаллизации, а также в результате спекания наполнителя между собой и с паяемым металлом. Ранее композиционный припой такого типа был условно назван металлокерамическим, а пайка металлокера-мической, так как при ней имеют место процессы спекания, аналогичные процессам в порошковой металлургии

В композиционных припоях другого вида наполнитель может состоять из проволоки, сетки, стержней, волокон. При этом легкоплавкая часть припоев может быть скомпонована с наполнителем путем равномерного их перемешивания, прессования, штамповки, спекания или иметь вид порошка из частиц наполнителя, предварительно смоченных легкоплавкой составляющей припоя (армированные припои).

**3.2 Припои, образующиеся при пайке**

К этой группе относятся контактно-реактивные припои, получающиеся при контактно-реактивном плавлении паяемого материала с контактными прокладками или покрытиями или последних между собой; контактные твердогазовые припои, образующиеся в результате плавления паяемого металла, контактных прокладок или покрытий в парах металлов или неметаллов, находящихся в атмосфере печи; реактивно-флюсовые, образующиеся в результате вытеснения металлов из компонентов реактивных флюсов.

*Контактно-реактивные припои* получают между паяемыми разнородными металлами или между паяемым металлом, прокладками, покрытиями, если они или их основы образуют эвтектики либо непрерывный ряд твердых растворов с минимальной температурой плавления ниже температуры пайки (слоистые припои). Контактно-реактивное плавление металлов происходит через несплошности в их оксидных пленках и развивается только при достаточном содержании в эвтектике или твердом растворе каждого из контактирующих металлов.

Для слоистого контактно-реактивного припоя в виде фольги существенное значение имеет соотношение объемов контактирующих слоев, которое должно быть таким же, как в эвтектике (или в твердом растворе с минимальной температурой плавления), а расположение прослоек должно обеспечивать контакт реагирующих материалов. Если один из контактирующих элементов имеет повышенную упругость испарения, то его лучше помещать между прослойками других металлов, имеющих относительно меньшую упругость испарения в условиях пайки.

Использование хрупких припоев системы Ni—Сг—В в виде пластичной нихромовой фольги, насыщенной с поверхности бором, также обеспечивает достаточно высокую пластичность припоя при сборке.

*Контактные твердогазовые припои* получают в результате плавления соединяемых металлов, металлических прокладок, покрытий, компактных кусков, отличающихся по составу от паяемого материала и взаимодействующих с парами элементов, с которыми они образуют эвтектики или твердые растворы с минимальной температурой плавления (ниже температуры пайки).

*Реактивно-флюсовые припои* образуются в результате восстановления металлов из компонентов флюсов или диссоциации одного из них. Возможность восстановления металлов из флюсов определяется термодинамическими условиями предпочтительного протекания реакций, в результате которых свободная энергия системы изменяется на возможно большую величину.

*Классификация припоев по величине температурного интервала их плавления.* Способность припоев к растеканию и затеканию в зазор улучшается с уменьшением их температурного интервала плавления. При пайке припоями с широким температурным интервалом плавления предварительная укладка их у зазора не всегда допустима из-за опасности втягивания легкоплавкой части припоя в зазор. При этом более тугоплавкая часть припоя образует у зазора «королек», не расплавляющийся при пайке. Вследствие этого свойства паяных соединений могут существенно отличаться от ожидаемых, а образование королька у зазора может приводить к ухудшению товарного вида и удорожать обработку после пайки. Припои с узким температурным интервалом плавления плохо удерживаются в сравнительно широких капиллярных зазорах, но лучше затекают в узкие зазоры. При пайке изделий с большой площадью спая или вертикальными зазорами с предварительной укладкой в них припоя лучше использовать припои с широким температурным интервалом плавления, а при некапиллярных зазорах — композиционные.

*Классификация припоев по основному компоненту.* К числу металлических припоев, содержащих более 50 % одного из компонентов, относятся припои оловянные, кадмиевые, цинковые, магниевые, алюминиевые, медные, кобальтовые, никелевые, марганцевые, золотые, палладиевые, платиновые, титановые, железные, циркониевые, ниобиевые, молибденовые, ванадиевые и др. При близком содержании некоторых компонентов припои называют по этим основным компонентам, например, оловянно-свинцовые, медно-никелево-марганцевые и др. При содержании одного или нескольких легирующих компонентов, являющихся редкими или драгоценными металлами, припой иногда называют по этим компонентам, например, серебряный, золотой и др., хотя содержание их в припое может составлять несколько процентов.

*Классификация припоев по способности к самофлюсованию.* Существуют припои, которые могут выполнять также функции флюсов. Припои, обладающие свойствами самофлюсования, должны содержать легирующие элементы-раскислители с сильным химическим сродством к кислороду. Эти элементы должны способствовать растекаемости и смачиваемости припоем паяемого металла. Продукты раскисления, образующиеся при взаимодействии такого припоя с паяемым металлом, должны легко удаляться из шва, в частности, для этого температура плавления их должна быть ниже температуры пайки. К элементам-раскислителям относятся литий, калий, натрий, фосфор, цезий, бор и др.

Припои, легированные этими элементами и способные к самофлюсованию в инертной газовой среде или на воздухе, называют самофлюсующими в отличие от остальных припоев, при пайке которыми необходимы флюсы, вакуум или активные газовые среды.

*Классификация припоев по способу изготовления и виду полуфабриката.* Многообразие паяных конструкций и способов пайки, конструкционных металлов и припоев с различными свойствами и необходимость их совместимости в производстве стимулировали развитие различных способов изготовления полуфабрикатов припоев. Старые традиционные припои в виде чушек (для пайки погружением в расплавленный припой), в виде зерен и литых прутков при многих способах пайки и типах конструкций современных изделий оказались не всегда удобными. Перед пайкой для предварительной укладки у зазора или в зазор необходимы припои в виде листов, лент, фольги, проволоки. Однако вследствие низкой пластичности многих припоев получение их в таком виде способами обработки давлением (прокатки, протяжки) невозможно. Если компоненты таких припоев способны к образованию эвтектики, то из них изготовляют путем прокатки многослойную фольгу, а путем протяжки многослойную проволоку из пластичных составляющих припоя.

Припои в виде многослойных листов нашли применение в электронике и радиотехнике. В процессе изготовления таких листов припоев, хрупких в литом состоянии, целесообразно менее пластичные составляющие помещать между более пластичными составляющими припоя, чтобы при прокатке края наружных листов сваривались, образуя герметичный пакет, предотвращающий выдавливание наружу внутренней хрупкой составляющей; образующийся при прокатке между листами вакуум способствует прочному сращиванию слоев припоя.

Другой способ получения пластичных листов из составляющих хрупкого припоя заключается в том, что на пластичную фольгу одного из компонентов припоя, например, никелевую фольгу, наносят смесь порошков остальных компонентов, например железа, бора, кремния, хрома и др., смешанных со связкой — метил-целлюлозой. Толщина слоя такой пасты, наносимой на фольгу никеля, составляет 20 % общей ее толщины. После сушки, прокатки с обжатием на ~33 % и сглаживания прокаткой, нагрева в восстановительной атмосфере при температуре 954 °С и прокатки до толщины 0,1 мм получают пластичную фольгу. При нагреве до температуры пайки и плавлении фольги получается припой Ni—Fe—Si—В—Сг (Пат. 34765228 США, МКИ3 кл. 29—182) требуемого состава.

Изготовление фольги из некоторых припоев, имеющих пониженную пластичность в литом состоянии, например припои Си— Mn—Ni—Li, возможно прокаткой из жидкого состояния с последующей прокаткой полученных листов до требуемой толщины вхолодную, с промежуточными отжигами. Ленту малопластичных припоев иногда получают распылением стальной стружки или прокаткой из порошка с последующим спеканием.

Получение листа припоя из жидкого состояния возможно не только прокаткой, но также путем нагрева до расплавления и сдавливания затвердевающих мелких капель припоя пуансоном.

При необычной форме соединяемых деталей или стесненном монтаже, например радиотехнических схем, при необходимости механизации и автоматизации процессов сборки и пайки, для снижения отходов припоя используют литые заготовки припоя требуемой формы. Такие заготовки представляют собой фасонные отливки в виде сеток, колец, пластин различной формы, которые получают, например, литьем в кокиль или по выплавляемым моделям.

Малопластичные припои можно применять в виде точеных колец. При этом по наружной стороне разрезных колец припоя круглой или другой формы для уменьшения расхождения стыкуемых концов во время нагрева при пайке проводят обкатку роликом с пирамидальными выступами, что обеспечивает образование в заготовке напряжений сжатия (по данным Д. Е. Фута).

Припои могут быть использованы в виде порошков. Применение порошков припоев позволяет снизить трудоемкость и стоимость их изготовления. Для многих порошковых припоев после их изготовления необходима активация поверхности частиц путем нагрева в атмосфере водорода или в вакууме ниже температуры их солидуса. Порошки припоев получают следующими способами: механическим измельчением (в том числе в шаровых мельницах с чугунными шарами); в вибрационных и вихревых мельницах; путем распыления (раздува) жидкого припоя в струе пара, воды или газа и т. п. Порошки припоев, полученные распылением в среде инертного газа, например, аргона, имеют сферическую форму, незагрязняются нежелательными примесями и не имеют оксидных пленок на поверхности. Однако для конструкций многих типов применение припоев в виде порошков нетехнологично при сборке.

Для современного производства в связи с механизацией и автоматизацией процессов более удобны припои в виде паст, а также прессованных или формованных заготовок из смеси порошка припоя и связки. Пасты обычно представляют собой тонкие смеси (10—100 мкм) металлических компонентов в виде порошков и связующих нейтральных веществ (связок), испаряющихся при пайке. Для нанесения паст применяют пневматические дозирующие устройства, иногда с электрическими системами управления, в том числе реле времени, встроенным в автомат.

Применение паст облегчает внесение припоя при сборке, позволяет точно дозировать состав и количество припоя, количество флюса, а при хороших адгезионных свойствах пасты обеспечивать фиксацию деталей без сборочных приспособлений. Применение паст обеспечивает также полное улетучивание материала связки, исключает высыхание, и изменение химического состава смеси при длительном хранении.

Из порошков изготовляют и прессованные заготовки. Обычно такие заготовки, имеющие внешнюю форму, подогнанную к контуру сопряженных паяемых поверхностей, укладывают предварительно в зазор между деталями. Для обеспечения высокой чистоты поверхности такие заготовки получают горячим прессованием, после чего на них наносят плотный слой пластмассового покрытия и упаковывают в защитные чехлы. Температурный интервал плавления таких припоев (по В. Вуиху) не должен превышать 85 °С во избежание ликвации припоя при медленном нагреве. ' По данным Г. А. Асиновской, для изготовления таблеток и закладных деталей не пригодны порошки со сферической формой частиц. Для этого необходимы порошки с частицами неправильной формы, получаемые при распылении струи жидких припоев струей воды.

В качестве связки при изготовлении паст из порошков могут быть использованы многие вещества, испаряемые при нагреве без остатка: вода и ее смеси с флюсом ПВ 209; акриловая смола, растворенная в растворителе Р-5; полистирол, растворенный в летучем растворителе — ксилоле или лигроине (нафте). При этом 20—25 % связки составляют гранулы полистирола. В готовую связку вводят чистый порошок припоя, например меди, размерами частиц не крупнее 200 мкм. Перед пайкой необходима сушка детали с нанесенной пастой в течение 15—20 мин. Однако такая связка может загораться. По данным Л.А. Гржимальского и Ю.Ф. Сидохина, в качестве связки можно использовать раствор лака в ацетоне. При пайке до температуры 1150 °С возможна диффузия углерода из связки в паяемый металл.

В качестве связки при изготовлении формованных заготовок припоя в виде кольца из порошка хрупкого припоя используют боросиликатное неорганическое стекло с добавками флюсующего вещества.

Для облегчения работы шприцевых дозирующих устройств, наносящих пасту из высокоплавких припоев, применена связка, имеющая состав (об. %): 85—91 полибутилена; 3—5 соединений из группы полиметилэфира этиленгликоля и просто этиленгликоля; 5—10 воды; 0,5—1,0 твердой акриловой смолы из низших сополимеров эфиров акриловой и метакриловой кислот (Пат. 3475442 США, МКИ 3 кл. 260—296).

В некоторых случаях необходимо применять неэлектропроводный порошок припоя. Подобный порошок из меди и оловянно-свинцовых припоев может быть изготовлен в виде частиц диаметром 5—500 мкм путем покрытия их слоем диэлектрического органического флюса с температурой плавления ниже температуры плавления припоя, образующего сплошные электроизоляционные покрытия, адгезионно удерживающие частицы припоя на паяемой поверхности. Для этой цели наиболее пригодны полимерные органические флюсы, например канифоль.

В 80-х годах была разработана новая технология получения фольги из хрупких припоев путем быстрого охлаждения их из жидкого состояния со скоростью ~106 °С/с. Такие условия охлаждения достигаются:

1) распылением жидкого припоя на водоохлаждаемый барабан;

2) подачей струи припоя в зазор площадью 5—70 'мм2 между валками, вращающимися со скоростью >0,2 м/с, с последующей обработкой фольги в нейтральной или восстановительной среде при температуре 300—500 °С;

3) подачей струи припоя на один или два медных валка, вращающихся со скоростью 0,2 м/с (толщина фольги 15—70 мкм).

Такие фольги припоев достаточно пластичны и складываются «на себя» с нулевым радиусом без излома; в структуре припоя в аморфном (стеклообразном) состоянии может находиться 100— 50 % металла. Расстекловывание и переход в хрупкое состояние происходит при достаточно высокой его температуре (~0,5/пл) и не влияет на температурный интервал плавления припоя. При этом фольга остается химически гомогенной и плавится равномерно. Таким способом в США была получена лента фольги припоев системы Ni—Сг—В—С, которая предназначалась для бесфлюсовой пайки в сухом водороде, инертном газе или вакууме при зазоре шириной 0,100 мм и была применена для пайки лопаток с ободом (Пат. 4250223 США МКИ 3 кл. 428/606 В 22 Г 5/00).

В табл. 1 приведены данные о пластичных фольгах припоев на основе меди и никеля.

Припои BCuPl—BCuP7, № 4—7 получают в виде фольги путем сверхбыстрого охлаждения.

Эти материалы имеют формулу *TX,* где *Т* — переходной металл, а *X —* элемент из группы Р,В, С,А1, Si, Sn, Gl, In, Be, As; *i* — атомная доля элемента 70—87%; / — атомная доля элемента 13—30 %. Все эти материалы ранее изготовляли в виде порошков.

Припой № 8 получен в стеклообразном состоянии при конденсации из паров.

Временное сопротивление разрыву соединений из меди, паяных встык припоем № 5 в виде фольги, толщиной 0,002—0,004 мм в печи (в диссоциированном аммиаке) при температуре 732 °С, составляет 158,5 МПа (временное сопротивление припоя 52,8 МПа). Перед пайкой припой укладывают в сборочный зазор.

Скорость охлаждения припоев при изготовлении должна быть весьма большой. Для припоев системы Ni—Cr—Fe—Si—В скорость охлаждения ~5,5-105°С/с (105—106°С/с).

Припои, не содержащие Si и В, применяют для пайки входных направляющих аппаратов, готовых панелей и колец с готовым уплотнением [31] из стали, легированной кремнием и алюминием. Припои системы Ni—Si по смачиваемости никелевых сплавов превосходят припои системы Ni—Р—Сг. Такого типа припои без бора выгоднее для пайки тонкостенных изделий.

Припои на никелевой основе систем Ni— Cr—Fe—Si—Со—В; Ni—Сг—Si—Fe—В; Ni—Si—В; Ni—P; Ni—Cr—Fe—Mo—Co—В; Ni—Cr—В при подаче их в виде струи на быстро вращающийся валок получают в виде фольги толщиной 25—60 мкм (Пат 14661 США, МКИ 3 В 23 К 35 8/30).

Никелевые хрупкие припои в виде пластичной фольги со смешанной структурой, состоящей из смеси метастабильной фазы с аморфной структурой, получаемой при закалке со скорстью охлаждения 105—106 °С/с, могут быть борированы путем нанесения на них амина борана при температуре 70 °С. Атомная доля образующихся в фольге боридов составляет 2—25 %. Бориды Ni, Fe, Со распадаются при температуре пайки и не препятствуют отведе-нию бора в основной металл — литейный никелевый жарпрочный сплав. Обычно нанесение бора не рекомендуют из-за образования весьма стабильных боридов W, Мо, Та, Al, Ti, Nb, не распадающихся при температуре пайки (Пат. 4160854 США, МКИ 3 кл. 428/607 Г 16 В 5/08).

3.3 Вспомогательные материалы при пайке и их классификация

К вспомогательным материалам при пайке относятся флюсы, газовые среды для нанесения стоп-материалов покрытий.

Флюсом называют неметаллическое вещество, предназначенное для удаления адсорбированного кислорода или водной пленки с поверхности паяемого металла и припоя и для предотвращения ее образования при пайке на воздухе, для изменения поверхностного натяжения жидкого припоя. Реактивные флюсы служат также источниками компонентов легкоплавкого припоя или покрытия при пайке.

Активность флюса, т. е. его способность флюсовать, зависит от его состава и температуры пайки. Поэтому важнейшей характеристикой паяльного флюса является его температурный нтервал активности.

По мере нагрева состав флюса может изменяться, так как в нем могут развиваться процессы испарения, разложения и окисления его компонентов, химического взаимодействия их между собой. На границе с паяемым металлом возможно взаимодействие флюса с оксидной пленкой и паяемым металлом или компонентами паяемого сплава, процессы восстановления тяжелых металлов из компонентов флюса. Интенсивность и полнота протекания таких процессов зависят от температуры и времени.

Активность жидкого флюса и его защитная функция реализуются только при покрытии им поверхности паяемого металла, так как смачивание жидким припоем, растекание и затекание его в капиллярный зазор при пайке происходит только по офлюсованной поверхности. Поэтому равномерное смачивание паяемого металла жидким флюсом является одним из важнейших условий обеспечения высокого качества паяного соединения.

Флюсы классифицируют по следующим признакам: 1) температурному интервалу активности; 2) механизму действия на оксидную пленку; 3) агрегатному состоянию при поставке. По температурному интервалу активности различают флюсы для низко- и высокотемпературной пайки. Температурный интервал активности у флюсов для низкотемпературной пайки находится не выше 450 °С, а для высокотемпературной пайки -выше 450С.

По характеру воздействия на оксиды различают флюсы электрохимического, химического, растворно-химического и защитного действия. Флюсы защитного действия предохраняют паяемый металл или припой, очищенные перед пайкой, от оксидов, от повторного окисления в процессе хранения.

К флюсам электрохимического действия относятся гигроскопичные хлоридные флюсы для низкотемпературной пайки и хлориднофторидные флюсы для высокотемпературной пайки алюминия и его сплавов.

Как показали исследования, боридно-хлоридные флюсы, применяемые для пайки сталей и медных сплавов, относятся к флюсам растворно-химического действия. Вероятно, к этому же классу принадлежат: боратно-хлоридные и боратно-фторидные флюсы, используемые для пайки сталей и никелевых сплавов.

К флюсам для низкотемпературной пайки с выраженным электрохимическим Действием относятся неорганические флюсы хлоридного типа, состоящие из слабодиссоциирующего растворителя и активатора. В качестве растворителя для них используют воду, спирты, а в качестве активатора — соляную кислоту и хлориды тяжелых металлов. Другие кислоты, такие, как НМОз, H2SO4 и др., не пригодны для этой цели.

Флюсы, восстанавливающие металл из оксидов по химической реакции, относятся к флюсам химического действия.

К флюсам преимущественно химического действия относятся органические флюсы для низкотемпературной пайки. Однако органические флюсы, активированные хлоридами, также приобретают электрохимическое действие.

Неорганические флюсы могут быть как низкотемпературными, так и высокотемпературными. Важнейшими характеристиками флюсов являются температурно-временная область их активности и временной интервал сохранения активности при температуре пайки материала конструкции.

Защита паяемого материала и жидкого припоя в месте пайки от непосредственного контакта их с кислородом воздуха, а также восстановление металлов из оксидов возможны также с помощью инертных газовых сред, активных газовых сред и вакуума.

Важнейшей характеристикой инертных газовых сред и вакуума при пайке металла с выбранным припоем является температурный интервал восстановимости в них оксидов, а активных газовых сред — температурный интервал активности.

К вспомогательным материалам для пайки относятся также вещества — стоп-материалы, используемые при подготовке поверхности конструкционного материала и наносимые на паяемый материал в местах, где нежелательно смачивание паяемого металла жидким припоем. Такие вещества подразделяют на стоп-пасты и покрытия, наносимые, например, гальваническим методом, путем распыления или пульверизацией.

**4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОСНАЩЕНИЕ ПАЙКИ**

Технологическое оснащение пайки включает нагревательное оборудование, инструмент, оснастку и средства механизации, автоматизации и роботизации. Оборудование должно, прежде всего, обеспечить возможность реализации выбранного термического цикла пайки изделия и быть наиболее экономичным.

Исходной информацией при этом служат технические требования к готовому изделию, план выпуска изделий и сроки их изготовления, технические возможности технологического оснащения.

Современное паяльное производство характеризуется многообразием применяемого нагревательного оборудования, большая часть его заимствована из других видов производства. При этом заимствованное оборудование используется либо непосредственно, либо дорабатывается с учетом конструкционных особенностей паяемых изделий, конструкционного материала, технологии изготовления, технологического процесса пайки, характера производства.

К первой группе оборудования с общим нагревом относят электротермические установки (печи и нагревательные ванны), установки со сканирующим электронным лучом, оптическим нагревом и для пайки волной припоя. Во вторую группу оборудования с локальным нагревом входят паяльники, газопламенные горелки, паяльные лампы, плазменные горелки, установки с нагревом электросопротивлением и посты индукционной пайки.

Такое разделение условно, поскольку не всегда можно провести четкое разграничение между указанными группами оборудования. Например, пайку нескольких составных частей малогабаритного изделия можно осуществить путем одновременного нагрева всех соединений с использованием оборудования второй группы. И наоборот, оборудование первой группы можно применять для раздельного нагрева каждого места пайки. По способу преобразования электрической энергии в тепловую и подвода теплоты к нагреваемому объекту электротермические установки подразделяют на электроустановки сопротивления и индукционные нагревательные установки. В установках электросопротивления теплота выделяется в проводниках при прохождении по ним электрического тока. При этом проводники могут быть твердые и жидкие. К установкам с твердыми проводниками относятся электропечи сопротивления и установки инфракрасного нагрева, а к установкам с жидкими проводниками — электрические ванны.

**4.1 Электропечи**

Печи сопротивления — наиболее распространенный вид нагревательного оборудования, применяемого в производстве паяных изделий. Печи сопротивления разделяют по следующим основным признакам:

1) по роду работы и конструктивным признакам — на печи периодического (камерные, шахтные и колпаковые) и непрерывного (конвейерные, толкательные и карусельные) действия;

2) по атмосфере в рабочем пространстве — на печи с окислительной (воздушной) средой, с контролируемыми (защитными или восстановительными) атмосферами и вакуумные;

3) по рабочей температуре — на низко температурные (до 450 °С), среднетемпературные (до 1100°С) и высокотемпературные (до 1600 °С).

В электропечах периодического действия паяемое изделие через загрузочное отверстие (окно) помещают в. рабочее пространство, в котором изделие, как правило, неподвижно в течение нагрева и выдержки при температуре пайки. Выгружают изделие из печи через то же отверстие.

Камерные печи просты по конструкции, универсальны и позволяют варьировать параметры температурно-временного режима пайки в широких диапазонах. К недостаткам камерных печей относятся трудность обеспечения равномерного нагрева по всему объему рабочего пространства и создания в печи газовой среды заданного состава при кратковременных режимах пайки, сложность механизации загрузки и выгрузки.

Печи сконвективной теплоотдачей снабжены вентиляторами, создающими принудительную циркуляцию газового теплоносителя в рабочем пространстве.

Печи, рассчитанные на работу с контролируемыми атмосферами и в вакууме, полностью герметизированы.

В электропечах непрерывного действия паяемые изделия с помощью транспортирующего устройства передвигаются от загрузочного окна к разгрузочному, нагреваясь до заданной температуры. Печи непрерывного действия имеют большую производительность и их сравнительно просто компоновать в поточные и автоматические линии.

Печи, как правило, имеют несколько тепловых зон с самостоятельным регулированием температуры, что позволяет с достаточной точностью выдерживать различные графики нагрева изделия. Обычно протяженность тепловой зоны составляет 1,5—2 м, но при необходимости получения точной температуры на небольшом участке размеры зон уменьшают до 1 м. Температура в зонах колеблется в пределах 10—15 °С. В случае необходимости печи комплектуют камерами охлаждения. В зависимости от скорости охлаждения камеры охлаждения конструктивно могут быть выполнены с водоохлаждаемыми стенками, с водоохлаждаемыми стенками и вентиляторами, с обрызгиванием изделия (допустимо при работе в воздушной атмосфере), с футерованными стенками (без нагревателей или с ними).

Печи непрерывного действия рассчитаны на работу в окислительной (воздушной) и контролируемых атмосферах. В последнем случае камеры нагрева и охлаждения выполнены герметичными, для чего они снабжены загрузочными и разгрузочными шлюзовыми камерами. По типу транспортирующего устройства электропечи непрерывного действия подразделяют на конвейерные и карусельные.

Конвейерные печи применяют для пайки мелких и средних изделий массового и крупносерийного производства. По плоскости перемещения изделий печи бывают горизонтальные и вертикальные. Вертикальные печи занимают меньшую площадь, однако не нашли широкого применения вследствие неравномерности распределения температуры по высоте печи, необходимости устройств для крепления изделий и сложности обслуживания, хотя они и удобны для пайки однотипных изделий.

Преимущество карусельных печей заключается в возможности использования их при высоких температурах, так как несущая часть подины может быть выполнена керамической, а рабочая камера печи не имеет металлических деталей, ограничивающих температуру нагрева.

В карусельных печах можно нагревать изделия сложной конфигурации без поддонов, что не всегда возможно в конвейерных печах. Недостатки карусельных печей заключаются в трудности механизации и неудобстве использования их в поточных линиях из-за того, что загрузочные окна расположены рядом.

Для пайки в контролируемых атмосферах используют печи, оконные проемы которых снабжены пламенной завесой.

Вакуумные электропечи подразделяют на садочные и методические.

Садочные печи, как правило, предназначены для единичного или серийного производства. В таких печах изделие в течение всего цикла остается неподвижным, а его загрузку и выгрузку осуществляют через одно окно.

Методические печи предназначены для массового производства; в них паяемое изделие в процессе пайки перемещается непрерывно или дискретно от загрузочного окна к разгрузочному. Существует также группа печей полунепрерывного действия, представляющих собой соединения нескольких камер, через которые последовательно проходит паяемое изделие. К подобному соединению относятся, например, сочетания камер загрузки, предварительного нагрева, рабочей и охлаждения. В этих печах, как и в методических, загрузку и выгрузку осуществляют через вакуумные шлюзы, но перемещение изделия здесь всегда дискретно.

По рабочей температуре вакуумные печи разделяют на среднетемпературные (1100—1200 °С) и высокотемпературные (> 1200 °С), а по остаточному давлению в рабочей камере — на низковакуумные (до 13,3 Па), средневакуумные (13,3 —1,ЗЗХ10-1 Па), высоковакуумные (1,33-10-2—1,33-10-4 Па) и сверхвысоковакуумные (ниже 1,33х10-4 Па). За основной параметр садочных печей приняты размеры рабочего пространства, а методических — размеры прохода вакуумных технологических затворов шлюзовых камер.

Главное требование, предъявляемое к футеровке вакуумных печей,— хорошая способность к дегазации. Поэтому в этих печах широко применяют экранную теплоизоляцию; в случае использования огнеупорных и теплоизоляционных материалов число экранов сводят до минимума. В печах с рабочим давлением до 1,33-10-1 Па допустимо применение керамической футеровки, а с давлением 1.33-10-2 Па и ниже используют металлическую экранную изоляцию.

Для обеспечения длительной и надежной работы нагревателей из тугоплавких металлов необходимо, чтобы при нагреве давление в печи постоянно поддерживалось не выше 1,33-10-1 - 1,33-10-2 Па, а величина натекания была минимальной.

В паяльном производстве среди садочных печей наибольшее распространение получили камерные, шахтные и колпаковые печи.

При пайке в обычных муфельных печах изделие помещают в металлический контейнер, внутри которого создают вакуум. К контейнеру подсоединяют откачную систему. Поскольку в контейнере, кроме паяемого изделия, нет других предметов, требующих обезвоживания, он может быть откачан быстро и до высокого вакуума. Однако муфельные печи работают при сравнительно низких температурах (800—1100°С); прочность разогретого муфеля невелика. Кроме того, при высоких температурах увеличивается диффузия воздуха через сварные швы и стенки муфеля.

**4.2 Электронагревательные ванны**

Для нагрева изделий под пайку путем теплопередачи от нагретых жидкостей — масла, расплавленных солей и щелочей применяют электронагревательные ванны. В паяльном производстве наибольшее распространение получили соляные ванны цилиндрической или прямоугольной формы с внешним или внутренним обогревом. Внутренний обогрев осуществляется электродными или трубчатыми электронагревателями (ТЭН). По рабочей температуре соляные ванны подразделяют на ванны с температурой до 650, 850, 1300 °С.

Электронагревательные ванны обладают следующими преимуществами перед печами сопротивления: 1) высокой равномерностью нагрева изделий вследствие значительно большей теплопроводности жидкости по сравнению с теплопроводностью газов; 2) высокой скоростью нагрева изделия благодаря высоким значениям коэффициента теплоотдачи от жидкости к металлу; 3) большой производительностью; 4) защитой изделий от окисления; изделия в процессе нагрева и выдержки изолированы от воздушной среды и при извлечении из ванны покрыты тонким слоем соли или флюса.

К недостаткам нагрева в электронагревательных ваннах следует отнести: 1) большой удельный расход электроэнергии из-за повышенных тепловых потерь зеркалом ванны; 2) необходимость непрерывной эксплуатации из-за сложности и длительности разогрева до рабочего состояния; 3) тяжелые и вредные условия труда; 4) необходимость очистки изделий от соли или флюса; 5) большой расход соли или флюса и необходимость предварительной сушки их перед загрузкой.

Ванны с внутренним обогревом по сравнению с ваннами с внешним обогревом меньше по габаритам, имеют меньшие теплопотери и меньший удельный расход электроэнергии. Кроме того, для селитровых ванн внутренний обогрев более безопасен, так как при этом менее вероятен перегрев дна ванны из-за загрязнения нижних слоев селитры. Недостаток такого обогрева состоит в малом сроке службы нагревательных элементов, вследствие эрозии трубчатого кожуха нагревателя при высоких температурах. Более экономичен электродный нагрев, так как при этом имеется возможность передвигать электроды по мере сгорания, что увеличивает срок их службы. Одновременно конструкция таких электродов обеспечивает электромагнитную циркуляцию соли в ванне. Соляные ванны питаются через понижающий трансформатор.

**4.3 Индукционные нагревательные установки**

Такие установки могут быть разделены на четыре группы.

1. По частоте питающего тока различают установки промышленной частоты, питающиеся от сети 50 Гц непосредственно или через специальные понижающие трансформаторы; установки повышенной частоты (500—10000 Гц), питающиеся от электромашинных преобразователей частоты.

2. По принципу действия установки могут быть методические и садочные, В методических установках изделие нагревается по мере его продвижения через индуктор. Электрические параметры этих установок в процессе работы не изменяются. В методических установках при неизменном темпе движения обеспечивается воспроизводимость режима пайки всех изделий, последовательно проходящих через индуктор. В садочных установках все участки изделия, помещенного в индуктор, нагреваются до заданной температуры одновременно. Электрические параметры этих установок в процессе нагрева изделия могут меняться в зависимости от изменения физических характеристик изделия при повышении их температуры.

Для серийного и массового производства однотипных изделий, подвергаемых пайке, целесообразно применять печи методического действия, которые по сравнению с садочными имеют более высокую производительность, более полную загрузку источника питания во времени (высокий коэффициент использования мощности) и большую стабильность режима.

Для мелкосерийного и опытного производства, где часто приходится перестраивать нагреватель на другое изделие, что занимает значительное время, применяют сравнительно простые садочные установки, обеспечивающие возможность регулирования режима пайки в широком диапазоне.

3. По характеру атмосферы в рабочем пространстве различают установки с окислительной (воздушной) средой, активной газовой средой и вакуумные. Основным элементом индукционных нагревательных установок служит индуктор, представляющий собой катушку (соленоид), изготовленную из медной водоохлажденной трубки.

4. По типу индуктора различают установки с цилиндрическими, прямоугольными и щелевыми индукторами.

Индукционные установки состоят из камеры нагрева с индуктором, конденсаторной батареи, механизма загрузки изделия, шкафов коммутации и управления. В установках методического действия все операции по загрузке изделий, их перемещению через индуктор и выгрузке полностью автоматизированы. Установки питаются от индивидуальных генераторов повышенной частоты или централизованной сети частотой 50, 1000, 2500 и 8000 Гц. Для пайки малогабаритных изделий используют специальные автоматические или полуавтоматические установки, в которых паяемое изделие помещают под кварцевый колпак, внутри которого создается необходимый вакуум или подается контролируемая атмосфера. Нагревательный индуктор располагают снаружи колпака.

Для пайки в вакууме широко применяют вакуумные индукционные установки (печи), обладающие рядом преимуществ по сравнению с электропечами, главное из которых — обеспечение высоких температур без применения сложных и дорогих нагревательных элементов. Конструктивно индукционные печи подразделяются на шахтные и камерные и представляют собой герметичный сварной кожух, внутри которого находится индуктор. Недостаток данных установок состоит в том, что наличие воздуха , увеличивает электрические потери; токи в кожухе создают магнитный поток, ослабляющий поток индуктора.

**4.4 Горелки**

При ручной пайке высокотемпературными припоями (изделия нагревают газовыми горелками. В качестве горючих газов в них используют ацетилен, пропан-бутановую смесь, метан (природный газ), коксовый и «городской» газ, а также пары бензина и керосина.

I Окислителем для горючих газов служат кислород и воздух. Конструктивно горелка представляет собой ручку с двумя запорно-регулирующими вентилями и наконечник. Горючий газ и окислитель подаются раздельно по шлангам. Наконечник - сменный узел — состоит из смесительной камеры и сопла (мундштука). По способу подачи горючего газа горелки подразделяют на инжекторные (низкого давления 1—4 кПа) и безынжекторные (высокого давления 40—100 кПа). Мощность пламени (предел устойчивого горения) определяется объемом смесительной камеры и диаметром сопла и регулируется изменением давления кислорода (в инжекторных горелках) или обоих газов (в безынжекторных горелках). Наличие сменных наконечников позволяет использовать одну горелку для пайки металлов различных тол- шин и теплофизических свойств.

**4.5 Паяльник**

Это нагревательное устройство, используемое при низкотемпературной пайке. Рабочим элементом паяльника служит наконечник (жало).

По способу нагрева наконечника различают паяльники непрерывного и периодического действия: Непрерывный нагрев наконечника осуществляют газовым, бензиновым, керосиновым пламенем, а также электрическим током. В электропаяльниках нагревательный элемент располагается с внешней стороны наконечника или внутри него. В условиях серийного и массового производства электропаяльники снабжены устройствами, обеспечивающими механическую, полуавтоматическую и автоматическую подачу припоя.

В паяльниках периодического действия наконечник нагревают внешним источником теплоты или встроенным в паяльник источником, работающим в импульсном режиме.

При низкотемпературной пайке металлов со стойкой оксидной пленкой применяют специальные паяльники — ультразвуковые и абразивные, а также с вибрирующей щеткой. К высокотемпературным паяльникам, обеспечивающим разогрев наконечника до 900 °С, относятся паяльники с плазменным нагревом. Технические данные паяльников приведены в работе.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ. ЗНАЧЕНИЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПАЙКИ ИЗДЕЛИЙ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ПРОИЗВОДСТВА

В последние годы условия разработки технологии пайки при подготовке производства существенно усложнились. Причины этого — в быстром расширении номенклатуры паяемых изделий, дальнейшем усложнении их конструкционных особенностей, повышении и расширении требований к эксплуатационным характеристикам, увеличении разнообразия используемых в паяных изделиях сплавов, а также в необходимости существенного ускорения подготовки производства и перехода к гибким производственным системам (ГПС).

Технология пайки изделий все шире базируется на успехах ряда смежных фундаментальных и технических наук— химии, физической химии (особенно такого ее раздела, как термодинамика), физики металлургии, теории прочности, металловедения, что стимулирует исследование процессов пайки и расширяет ее технологические возможности в производстве. Результаты всех этих исследований облегчают оптимизацию проектирования технологии пайки.

Кроме чисто технологического аспекта проблемы проектирования технологии пайки, необходимо учитывать аспекты технико-экономические, связанные с учетом стоимости и дефицитности применяемых материалов для пайки (припоев, флюсов, газовых сред и др.), норм их расхода, стоимости и производительности оборудования, средств автоматизации, механизации и роботизации, а также экологические аспекты, связанные с необходимостью сохранения окружающей среды в связи с токсичностью многих компонентов припоев, газовых сред, флюсов.

Проектирование технологии и технологических процессов до недавнего времени производилось только эвристическими методами. Вместе с тем быстрый рост информации в области теории, технологии и оборудования пайки, затрудняющий ее быструю переработку, приводит к использованию неполных данных и существенно зависит от эрудиции технолога. При этом многие достижения в области паяльного производства остаются неучтенными, выбранная технология — неоптимальной, а процесс разработки — длительным.

Вследствие быстрого роста объемов информации возможности ее переработки, накопления и использования при выборе технологии пайки изделий стали превосходить возможности не только одного человека, но и достаточно широкого круга технологов, работающих над изделием. Поэтому возникла необходимость использования для этой цели памяти ЭВМ. Это тем более необходимо, что при разработке технологии в процессе подготовки производства приходится сталкиваться с множеством альтернативных решений, что без использования ЭВМ затрудняет оптимизацию технологии и технологических процессов. Эта проблема достаточно сложна.

## **ПРИЛОЖЕНИЕ**


## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Вологдин В.В. Индукционная пайка. 5-е изд. Л: Машиностроение, 1989
2. Гладков А.С. Пайка деталей электровакуумных приборов. М.: Энергия, 1987
3. Гржимальский Л.Л., Ильевский И.И. Технология и оборудование пайки, М.: Машиностроение, 1980
4. Губин А.И. Пайка нержавеющих сталей и жаропрочных сталей. М.: Машиностроение, 1982
5. Лошко Н.Ф. Пайка металлов М.: Машиностроение, 1967
6. Стеклов О.И., Лапшин Л.Н. Коррозионно-механическая стойкость паяных соединений. М.: Машиностроение, 1981