

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РСФСР

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С.П.Королева

Кафедра "Конструирование радиоэлектронной аппаратуры"

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПЛАЙКИ

Лабораторные работы № 6 и № 7
(специальность 0701)

Составитель: Христюк В.А.

Куйбышев 1987

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПАЙКИ

Цель работы – ознакомление с технологическими операциями процесса индивидуальной пайки электропаяльником и групповой пайки погружением; исследование зависимости качества пайки от температуры.

I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

I.1. Классификация паяных соединений

Пайка – сложный физико-химический процесс получения неразъемного соединения в результате взаимодействия твердого паяемого и жидкого припоя металлов соединяемых деталей. Образующиеся в результате этого взаимодействия переходные слои на границах шва и соединяемых пайкой поверхностях деталей называются спаями.

Для получения спая необходимо удалить с поверхности металлов окисную пленку и создать условия взаимодействия твердого и жидкого металлов. При кристаллизации вступившего во взаимодействие с материалом паяемых деталей более легкоплавкого связующего (припоя) образуется паяное соединение.

В соответствии со спецификой и особенностями процесса образования паяного соединения пайку классифицируют: по характеру взаимодействия твердого и жидкого металлов при возникновении спаев; по особенностям технологии образования паяного соединения; по способам нагрева.

По характеру взаимодействия и природе связей на границе паяемый металл- припой выделяют четыре вида спаев: бездиффузионный, растворно-диффузионный, контактно-реакционный и диспергированный.

По особенностям технологии получения паяного соединения (режим пайки, способ введения припоя, формирование шва) выделяют капиллярную, диффузионную, контактно-реактивную, реактивно-флюсовую и некапиллярную пайку.

Эти виды пайки могут быть осуществлены с применением различных способов нагрева. Наибольшее распространение получили пайка в печах, индукционная, сопротивлением, погружением в расплавы солей и припоев, радиационная, горелками, паяльниками.

Пайка, как никакой другой технологически процесс, связана с широким комплексом физико-химических явлений, протекающих в твердой, жидкой и газовой фазах: восстановление и диссоциация, испарение и возгонка, смачивание и капиллярное течение, диффузия и растворение, пластифицирование и адсорбционное понижение прочности и т.д.

Основными факторами, определяющими характер взаимодействия твердого и жидкого металлов при образовании сплавов, являются электронное строение их атомов, соотношение атомных радиусов, положение элементов в ряду электроотрицательности, валентность и потенциалы ионизации атомов.

1.2. Способы пайки

В соответствии с ГОСТ 17349-79 установлена классификация способов пайки по условиям заполнения зазора и механизму образования паяного шва. Способы пайки подразделяются также по источникам нагрева и методам удаления окисной пленки.

Капиллярная - пайка, при которой расплавленный припой заполняет зазор и удерживается в нем под действием капиллярных сил, называется капиллярной пайкой. Этот способ пайки является самым распространенным.

Контактно-реактивная - пайка, при которой припой образуется в результате контактного плавления соединяемых металлов, промежуточных покрытий или прокладок.

Реактивно-флюсовая - пайка, при которой припой образуется в результате восстановления металла из флюса или диссоциации одного из его компонентов.

Диффузионная - пайка, при которой затвердевание расплава происходит при температуре выше температуры солидуса припои без охлаждения из жидкого состояния.

Некапиллярная - пайка, при которой разделка кромок соединяемых деталей производится аналогично подготовке, применяемой при сварке.

1.3. Припой и паяльные смеси

Качество паяного соединения наряду с другими факторами зависит от используемого припоя, к которому предъявляют следующие требования:

- температура плавления припоя должна быть ниже температуры плавления соединяемых материалов;
- припой должен обладать хорошей жидкотекучестью, смачивать поверхности соединяемых материалов, растекаться по ним, проникать в узкие зазоры;
- за счет растворо-диффузионных процессов припой должен образовывать с соединяемыми материалами сплав, обеспечивающий прочную связь в зоне спаяв;
- коррозионная стойкость припоя, паяных швов и паяемого материала должна быть примерно одинакова во избежание образования микрогальванических пар (электрокоррозии);
- ТКЛР припоя и соединяемых материалов должны быть максимально близки во избежание образования остаточных напряжений и трещин в паяном соединении;
- припой не должен в значительной степени снижать прочность (статическую и вибрационную) и пластичность соединяемых материалов, а также способствовать их хрупкому разрушению.

Помимо общих требований к припоям в зависимости от их использования может предъявляться ряд специфических требований, например, по электропроводности, теплопроводности, коррозионной стойкости в специальных средах, деформации в горячем и холодном состояниях и др.

Припой классифицируют по следующим признакам:

- по химическому составу - медные, серебряные, золотые, палладиевые, платиновые, никелевые, железные, марганцевые, магниевые, оловянно-свинцовые, индиевые, цинковые, кадмиевые, висмутовые, галлиевые, титановые и др.;
- по технологическим свойствам - самофлюсующие, которые имеют лучшие технологические свойства за счет частичного удаления припоем окислов с паяемой поверхности, и композиционные - состоящие из смеси тугоплавких и легкоплавких порошков, позволяющих производить пайку узлов с большими зазорами;
- по содержанию активизирующих компонентов (титана, циркония и др.), повышающих смачиваемость припоев окисленных поверх-

ностей паяемых материалов;

- по температуре плавления - к низкотемпературным припоям относят припой с $T_{пл.} \leq 450^{\circ}\text{C}$, к высокотемпературным - с $T_{пл.} > 450^{\circ}\text{C}$. Низкотемпературные припои выплавляют на основе олова, висмута, кадмия, свинца, цинка, индия. Высокотемпературные припои в основе имеют медь, серебро, никель, кобальт, железо, алюминий и др.;

- по сортаменту - пластичные припои изготавливают в виде полос, фольги, проволоки: хрупкие - в виде литых прутков, отливок, порошка, паст. Применяют также припои в виде стружки, сетки, колец, брикетов. Для удобства использования оловянно-свинцовых припоев и повышения производительности труда последние иногда изготавливают в виде трубок, заполненных флюсом или пастой.

Наиболее широкое распространение в производстве РЭА получили оловянно-свинцовые припои. Они обладают высокими технологическими свойствами, пластичны и при выполнении пайки не требуют дорогостоящего оборудования и сложных способов пайки. Пайку оловянно-свинцовыми припоями производят обычно при нагреве паяльником. В зависимости от содержания в припоях олова изменяются свойства и температура плавления. Минимальной температуры плавления ($183,3^{\circ}\text{C}$) достигают при содержании в сплаве $61,9\% \text{ Sn}$. Этот припой имеет эвтектическую структуру, весьма пластичен, обладает высокими технологическими свойствами.

Введение в оловянно-свинцовые припои сурьмы приводит к повышению предела ползучести, снижает склонность к старению и предотвращает аллотропические превращения олова, однако большое количество сурьмы ухудшает способность припоев смачивать поверхность паяемых металлов.

Оловянно-свинцовые припои, а также и паяные соединения, выполненные ими, при охлаждении до низких температур меняют свои механические свойства - охрупчиваются. Пластичность припоев уменьшается, одновременно возрастает их прочность. Паяные соединения, выполненные оловянно-свинцовыми припоями, имеют низкую коррозионную стойкость в условиях тропиков, а также при наличии конденсата; стойкость припоя понижается с повышением содержания в их составе свинца. Для работы в этих условиях соединения не обходимо защищать лакокрасочными покрытиями. Химический состав, температура плавления и область применения наиболее распространен-

ненных оловянно-свинцовых припоев приведены в таблице 1. Сплавы с большим содержанием висмута применяют в качестве припоев с температурой плавления 46–167 °С. Для этих припоев характерно увеличение в объеме при переходе из жидкого состояния в твердое и при дальнейшем охлаждении. Чаще всего висмутовыми припоями паяют медь и латунь в случае, когда не допускается высокий нагрев паемого металла.

В висмутовые припои вводят кадмий, свинец, олово, цинк, индий, галлий для снижения температуры плавления и обеспечения необходимых свойств.

Химический состав некоторых низкотемпературных висмутовых припоев приведен в таблице 2.

1.4. Флюсы

Паяльный флюс – вспомогательный материал, применяемый для удаления окислов с поверхности паемого материала и припоя и предотвращения их образования (ГОСТ 17325–79).

Для обеспечения высокого качества паяного соединения свойства флюсов должны отвечать следующим требованиям:)

– вступать во взаимодействие с окислами, прежде чем расплавиться припой. Для каждого флюса существует температура его активного действия, которая несколько превышает температуру плавления флюса, но она должна быть ниже температуры плавления припоя;

– смачивать паемый металл;

– не вызывать коррозионного влияния на соединяемые детали и припой;

– оказывать адсорбирующее действие на металл, снижая поверхностное натяжение жидкого припоя и улучшая его растекаемость по паемой поверхности;

– не менять своего химического состава при нагревании вследствие испарения отдельных компонентов (не снижать активность в предусмотренном интервале температуры пайки);

– по возможности не содержать дорогостоящих компонентов

– быть устойчивым в условиях транспортирования, хранения и применения.

Таблица I

Марка	Содержание свинца				Добытки пайки, %		Температура начала плавления		Назначение
	1	2	3	4	1	2	3	4	
И									7
ИОС 90		89-91	-			183		220	Лужение и пайка внутренних швов пищевой посуды и медицинской аппаратуры.
ИОС 61		60-62	-			183		190	Лужение и пайка электро- и радиоаппаратуры, печатных плат, точных приборов с высокопрочными швами, где недопустим перегрев.
ИОС 40		39-41	-			183		238	Лужение и пайка электроаппаратуры, деталей из оцинкованного железа с герметичными швами.
ИОС 10		9-11	-			268		299	Лужение и пайка контактных поверхностей электрических аппаратов, приборов, реле.
ИОС 61 М		60-62	<i>С11</i>	1,5-2,0		183		192	Лужение и пайка медной проволоки в кабельной промышленности и сварочной технике.
ИОС 50-18		49-51	<i>Сd</i>	17-19		142		145	Пайка деталей, чувствительных к перегреву, и порошковых материалов.
ИОС 61-0,5		60-62	<i>Сб</i>	0,2-0,5		183		189	Лужение и пайка электроаппаратуры, обмоток электрических машин, оцинкованных радиодеталей.
ИОС 50-0,5		49-51	<i>Сб</i>	0,2-0,5		183		216	Лужение и пайка авиационных радиаторов, пайка пищевой посуды с последующим лужением пищевым оловом.
ИОС 40-0,5		39-41	<i>Сб</i>	0,2-0,5		183		235	Лужение и пайка белой жести, обмоток электрических машин, пайка оцинкованных деталей.

1	1	2	3	4	5	6	7
ПОССУ 35-0,5	34-36	SB	0,2-0,5	183	245	Лужение и пайка свинцовых кабельных оболочек электротехнических изделий.	
ПОССУ 30-0,5	29-31	SB	0,2-0,5	183	255	Лужение и пайка листового цинка, радиаторов.	
ПОССУ 25-0,5	24-26	SB	0,2-0,5	183	266	Лужение и пайка радиаторов.	
ПОССУ 18-0,5	17-18	SB	0,2-0,5	183	277	Лужение и пайка трубок теплообменников электрорап.	
ПОССУ 95-5	94-96	SB	4,0-5,0	234	240	Пайка в электропромышленности, пайка трубопроводов.	
ПОССУ 40-2	39-41	SB	1,5-2,0	185	229	Лужение и пайка холодильных установок (припой широкого назначения).	
ПОССУ 30-2	29-31	SB	1,5-2,0	185	250	Лужение и пайка в холодильном аппаратуровнии, абразивная пайка.	
ПОССУ 35-2	34-36	SB	1,5-2,0	185	243	Пайка свинцовых труб, абразивная пайка.	
ПОССУ 25-2	24-26	SB	1,5-2,0	185	260	!	
ПОССУ 18-2	17-18	SB	1,5-2,0	185	270	!	
ПОССУ 15-2	14-15	SB	1,5-2,0	184	275	!	
ПОССУ 10-2	9-10	SB	1,5-2,0	268	285	!	
ПОССУ 8-3	7-8	SB	2,0-3,0	240	290	!	
ПОССУ 5-1	4-5	SB	0,5-1,0	275	308	Лужение и пайка в электроламповом производстве.	
ПОССУ 4-6	3-4	SB	5,0-6,0	244	270	Лужение и пайка деталей, работающих при повышенных температурах. Пайка белой жести, латуни, меди.	

Таблица 2

Марка	Содержание элементов, % (В - остальное)					Температура полного расплавления, °С
	Pb	Sn	Cd	Zn	Ti	
Сплав Вуда	24,5-25,3	12,0-13,0	12,0-13,0	-	-	60
Сплав Арсеньева	45,1	9,6	-	-	-	79
Сплав Розе	25,0	25,0	-	-	-	94
Сплав Литовица	26,67	13,63	10,0	-	-	-

Классификация флюсов

Согласно ГОСТ 19250-73 при классификации паяльных флюсов учитываются следующие признаки: температурный интервал пайки; природа растворителя, природа активаторов, механизм действия, агрегатное состояние.

По природе растворителя флюсы бывают водные и неводные.

По природе активаторов высокотемпературные флюсы делятся на галогенидные, фторборатные, боридно-углекислые; низкотемпературные - на канифольные, кислотные, галогенидные, гидразиновые, фторборатные, анилиновые, стеариновые.

В наименованиях флюсов, имеющих несколько активаторов, указываются все активаторы. Например, канифольно-галогенидный, фторборатно-галогенидный флюс.

По механизму действия различают флюсы защитные, химического действия, электрохимического действия, реактивные.

По агрегатному состоянию флюсы бывают твердые, жидкие и пастообразные, флюсы для низкотемпературной пайки.

Канифольные, канифольно-галогенидные и канифолесодержащие флюсы

Канифоль удаляет окислы только таких металлов, как медь, серебро, олово, и в чистом виде как флюс применяется все реже, особенно в серийном и массовом производстве. Более широкое применение нашли канифольные флюсы, активированные различными неорганическими соединениями (Таблица 3). Такие флюсы используют для пайки не только меди и ее сплавов, но и конструктивных и коррозионно-стойких сталей и других сплавов.

Большинство канифолесодержащих флюсов не вызывает коррозии паяного соединения.

1.5. Паяльное оборудование

Установки для пайки погружением в расплав припоя. Пайку погружением в расплавленные припой разделяют на низко- и высокотемпературную. Низкотемпературная пайка погружением в припой имеет две разновидности: погружением непосредственно в расплав припоя и водной или струями припоя.

Таблица 3

Компоненты	Содержание (массовые доли), %			Температурный интервал активности, С			Назначение и характеристика
	1	2	3	1	2	3	
Кашифоль	30		150-300				Пайка меди припоями с содержанием 30% олова; для латуни и бронзы менее эффективен.
Спирт этиловый	70						
Кашифоль	24		180-300				
Стеарин	1						
Спирт этиловый (Дюос-КЗ)	75						
Кашифоль	24		200-350				Пайка меди и ее сплавов, углеродистой стали и цинка
Диэтиламин солянокислый	4						
Диэтанолламин	2						
Спирт этиловый	70						
Кашифоль	22		200-350				Пайка меди, латуни и оцинкованного железа.
Диэтил солянокислый	2						
Спирт этиловый	76						
Диэтанолламин	83						Пайка эмалированных проводов
Диэтилламин	10						
Углерод	0,5						
Гидрохлорид	1,5						
Углерод	5						

	1	2	1	3	1	4
Фосфат калия		1,5-1,8		-		Пайка печатных плат Флюс имеет повышенную активность, ускоряет процесс пайки и хорошо отмывается.
Фосфат натрия		6,8-7,3				
Фосфат кальция		1,2-1,3				
Канифоль		Остальное				
Канифоль		30-33		-		Пайка меди и медных сплавов. Преимущественно пайка плат печатного монтажа
Малеиновая кислота		0,3-3				
Поверхностно-активное вещество АНП-2		0,1-0,1				
Этиловый спирт		Остальное				
Изопропанол		66		-		Пайка элементов радиоэлектронной аппаратуры. Флюс хорошо удаляет окисную пленку, не выделяет ядовитых газов, не вызы- вает коррозии паяного соединения.
Канифоль		2				
Солнокислая соль диметиламина		2				
Изопарфин		98				

Наиболее широко для лужения и пайки изделий используют электрованны, представляющие собой корпус из коррозионно-стойкой стали, в котором размещен расплавленный припой.

В производстве печатных плат на автоматических линиях используют агрегаты для пайки погружением с нагнетателями различных конструкций.

Паяльники

Наибольшее применение в промышленности и бытовых условиях получили электрические паяльники, которые в зависимости от материалоемкости паяемых изделий имеют различные размеры. Рабочая часть паяльника представляет собой стержень из меди, медных сплавов и других материалов. Электронагреватель расположен с внешней стороны стержня или внутри его, изготовлен из материала с большим электросопротивлением; подачу теплоты в рабочую часть стержня-жала - регулируют изменением входного напряжения. Эффективность электропаяльника зависит от теплоемкости стержня и скорости восстановления температуры.

Тепловые процессы при пайке паяльником. Стабильность температуры пайки обусловлена динамикой теплового баланса в результате теплопоглощения, теплоподвода и теплоемкости паяльного стержня и зависит от мощности нагревателя и термического КПД паяльника. По мощности паяльники разделяют на маломощные (6-20 Вт), средней мощности (30-100 Вт) и мощные (более 100 Вт).

Значения мощности, теплоемкости и рабочей нагрузки выбирают так, чтобы максимальная температура или большая теплоемкость увеличивали время восстановления рабочей температуры, а малая теплоемкость при более низкой температуре позволяли уменьшить это время. В результате для каждого конкретного случая необходимо учитывать все характеристики и находить оптимальное их сочетание.

Вследствие теплоотдачи при работе электропаяльника необходимо учитывать характер изменения температуры жала стержня, зависящей от его геометрических размеров. Если заданная температура жала электропаяльника $T_{ж}$, то средняя температура всего стержня $T_{ст} = T_{ж} \cdot \text{efimc}$, где

$m = \pm \sqrt{\frac{\alpha S}{\alpha' F}}$; l - длина стержня; S - периметр поперечного сечения стержня; F - площадь поперечного сечения стержня; α' - коэффициент теплоотдачи материала стержня; α - коэффициент теплоотдачи с поверхности стержня.

Связь между температурами стержня и нагревателя следующая:

$$T_H = T_{cm} + \frac{Q_1 \delta'}{f \lambda}$$

где δ' - толщина слоя электроизоляции; f - площадь электроизоляции; λ - теплопроводность материала электроизоляции; Q_1 - количество теплоты, передаваемое неизолированной части стержня

$$Q_1 = \lambda m F T_{cm}$$

Зная количество теплоты, которое должен выделить нагреватель в единицу времени, определяют его мощность: $P = Q'/0,86$. Далее вычисляют силу тока и сопротивление проводника нагревателя.

По режиму нагрева паяльники разделяют на непрерывного и периодического нагрева. Паяльники непрерывного нагрева рассчитаны на длительную работу во включенном состоянии. Время их разогрева относительно велико, однако при рабочей температуре жала процесс пайки протекает очень быстро. Такие паяльники имеют стержень относительно большой массы, что позволяет аккумулировать в нем значительное количество теплоты (4000-8000 Дж). При пайке температура стержня незначительно понижается и за счет аккумулированной теплоты быстро восстанавливается (3-5 с).

Паяльники периодического нагрева подразделяют на паяльники форсированного и импульсного режима нагрева. У низковольтных паяльников импульсного типа паяльный стержень заменен тонкой нихромовой проволокой, время разогрева которой практически мгновенно.

При форсированном режиме разогрев паяльного стержня осуществляется при повышенной мощности, а сама пайка протекает при подаче на паяльный стержень половинной мощности, что вполне достаточно для поддержания необходимой температуры пайки. В наиболее распространенной конструкции в цепь нагревателя-

Таблица 4

Электрические паяльники

Технические данные	Номер					
	1	2	3	4	5	6
Напряжение сети, В	220	127	36	24	12	6
Потребляемая мощность, Вт	80	80	150	80	80	80
Сила тока, А	0,36	0,73	6,45	3,3	6,7	13,3
Провод обмотки, мм:						
диаметр	0,8	0,15	0,7	0,5	0,85	1,4
длина	270	230	200	125	90	60
Сопротивление нагревателя, Ом	610	150	5,76	7,3	1,8	0,45
Диаметр паяльного стержня, мм	5	5	8	5	5	5

Таблица 5

Технические данные	Паяльники для печ. монтажа				Микропаяльники		
	промысл- леный	унифи- циро- ванный	ПЭТ-50	МЭП2- 50	МЭП6-4	МЭП6-6	МЭП6-18
Напряжение, В	220	24; 36	36	12	6	6	6
Мощность, Вт	50-90	35	50	30	4	6	18
Термический КПД, %	8-12	30	12	25	50	50	25
Диаметр стержня, мм	4-10	3-8	4;6	3-12	3-6	3-8	3-10
Рабочая темпера- тура, °С	260-330	280	200-300	270	270	270	270
Масса, г	270-340	80	120	235	40	75	125

ля включается диод, который уменьшает мощность в 2 раза.

В соответствии с ГОСТ 7219-77* электрические паяльники изготавливают с различным напряжением питающей сети и мощностью. Выбор паяльника производят по номинальной мощности, при этом выбранное значение мощности округляют до ближайшего значения унифицированного ряда. В конструкции микропаяльников принят ряд мощностей: 1,6, 12, 18 Вт; для печатного монтажа - 25, 30, 35, 40, 50 и 60 Вт, а для пайки объемного монтажа - 50, 60, 75, 80, 100 и 120 Вт.

Конструктивное исполнение электропаяльников отличается постоянными функциональными узлами, технические решения которых различны для пайки печатного монтажа, массивных узлов, демонтажа с импульсным отсосом припоя, лужения и припайки штырей и лепестков, пайки термочувствительных элементов, микросхем и т.д.

Для стабилизации температуры жала электропаяльника применяют релейные регуляторы, датчиком служит термопара.

Контрольно-измерительная регулирующая аппаратура. Заданный тепловой режим процессов пайки обеспечивает применением приборов для измерения температуры, а также специальных автоматических устройств. Приборы термического контроля подразделяют на показывающие, самопишущие и сигнализирующие, которые могут быть применены и в сочетаниях; по принципу работы их делят на жидкостные, манометрические, термометры сопротивления, оптические пирометры и др.

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПАЙКИ ЭЛЕКТРОМОНТАЖНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

2.1. Типовой технологический процесс

Конструктивное подобие монтажных элементов и их соединений, общность используемых флюсов, припоев, подготовительных операций и параметров режимов позволяет все действующие процессы, связанные с пайкой электроmontажных соединений, свести к типовому технологическому процессу. Независимо от назначения радиоаппаратуры и различия в способах и средствах нагрева соединяемых элементов типовой технологический процесс включает

в себя следующие операции (в очередности их выполнения): комплекс подготовительных операций; сборку узлов; флюсование электромонтажных соединений; подсушку и подогрев узлов перед пайкой; пайку соединений; отмывку остатков флюсов и сушку; подпайку и перепайку дефектных соединений; контроль над качеством.

В серийном производстве радиоаппаратуры с целью сокращения трудоемких монтажно-сборочных работ подготовка всего многообразия навесных электрорадиоэлементов (ЭРЭ), печатных плат и конструктивных деталей к сборке и пайке выделяется в отдельный комплекс операций, выполняемых на специальных участках заготовительных цехов.

Краткое содержание этих операций и предпочтительная очередность их выполнения сводится к следующему:

- а) входной контроль ЭРЭ на соответствие их требованиям стандартов и технических условий;
- б) рихтовка и обрезка выводов;
- в) защита маркировки ЭРЭ и печатных плат лаками, стойкими к воздействию растворителей, применяемых для отмывки остатков флюсов;
- г) зачистка выводов ЭРЭ от лака, краски и других загрязнений, препятствующих лужению и пайке;
- д) защита печатных проводников и экранов печатных плат от облуживания;
- е) лужение монтажных элементов ЭРЭ, печатных плат, конструктивных деталей и восстановление паяемости металлопокрытий декапированием и оплавлением;
- ж) дозирование припоя на монтажных элементах;
- з) консервация поверхностей, подготовленных к пайке;
- и) формовка выводов навесных ЭРЭ (исключая микросхемы с планарными выводами, формовка которых производится перед операцией их лужения).

Типовой технологический процесс лужения монтажных элементов навесных ЭРЭ, печатных плат и конструктивных деталей содержит следующие операции (в очередности их выполнения): флюсование облуживаемых поверхностей; лужение; удаление излишков припоя; отмывку остатков флюса; сушку.

Флюсование облуживаемых поверхностей производится преимущественно жидкими и пастообразными коррозионно-активными флюсами. Исключение составляет флюсование концов медных многожильных проводов, кабелей, штырьков и лепестков в изоляции или армированных изоляционным преми-материалом, которое выполняется не вызывающими коррозии флюсами.

На облуживаемые поверхности флюсы наносятся вручную с помощью кисти, дозатора или механизированно накаткой роликами, погружением во флюс, жидкой или пенообразной волной флюса.

Процессы лужения выполняются вручную электропальниками и механизированными способами—погружением в припой или волной припоя.

После лужения остатки не вызывающих коррозии флюсов обычно не удаляются, если они не влияют на качество последующих операций. Остатки коррозионно-активных флюсов подлежат немедленной отмывке сразу же после лужения монтажных элементов.

После отмывки в воде мелкие детали помещают на сетчатые противни, а печатные платы устанавливают в многоместные подставки и сушат при температуре 60–80°C в течение 30–120 мин. Если отмывка производилась не в воде, а в спирто-бензиновой смеси или других летучих растворителях, то сушку выполняют при комнатной температуре в вытяжных шкафах в течение 15–20 мин.

2.2. Пайка соединений электропаяльником

Замена объемного монтажа печатным открыла широкие возможности механизации ручных приемов пайки электромонтажных соединений. Однако опыт применения высокопроизводительной механизированной пайки показал, что она в обозримом будущем не сможет исключить пайку ручную, с применением электропаяльников.

Пайка электропаяльниками оказывается незаменимой при создании опытных образцов новых изделий, исправлении дефектов монтажа в узлах, паяных на механизированной линии, при регулировке и настройке узлов, а также при ремонтах в период длительной эксплуатации радиоаппаратуры. На первый взгляд; пайка паяльником настолько проста и общедоступна, что овладение ею не вызывает затруднений, а технология ее не заслуживает внимания. В какой-то мере это справедливо, когда паяют соединения

конструктивных деталей, теплостойкость которых неограничена, параметры режима устанавливаются произвольно и не нуждаются в контроле.

Применительно к электромонтажным соединениям на печатных платах с использованием микросхем, модулей, полупроводниковых приборов и других навесных элементов, критичных к температуре и времени ее воздействия, процесс пайки паяльником усложняется и требует от исполнителя высокого мастерства. Недооценка этого ведет к перегреву и выходу в брак дорогих навесных элементов, вспучиванию печатных проводников и снижению сопротивления изоляции.

В этой связи технология пайки электромонтажных соединений паяльником заслуживает серьезного внимания и нуждается в совершенствовании. Необходимость его можно показать на примере штырьковых выводов микросхем, чувствительных к нагреву. Действующая технология пайки таких соединений обычно предусматривает после флюсования пайку выводов припоем марки ПОС-61 электропаяльником мощностью 30 Вт с теплоотводом.

В качестве теплоотвода используется пинцет с медными или алюминиевыми губками, плоскогубцы или другой инструмент, применяемый при ручной сборке. После пайки теплоотвод снимается не ранее, чем через 5 с. и при вторичной установке его необходимо менять или дополнительно охлаждать не менее 5с.

Режим пайки обычно задается следующими параметрами: температура на лезвии паяльника не выше 280°C, а время пайки не более 3 с. Указывается тип прибора и периодичность проверки этой температуры, тип и место наложения теплоотвода.

2.3. Групповые процессы пайки

Под групповой пайкой принято понимать технологический процесс одновременного нагрева и пайки соединений навесных элементов, предварительно смонтированных в узел. Разделение довольно сложного технологического процесса на ряд взаимосвязанных простейших механизированных и легко управляемых операций улучшает технологию, многократно увеличивает производительность труда и повышает качество соединений.

При выполнении комплекса рассмотренных ранее подготовительных операций процесс групповой пайки превращается в несложную, но строго регламентированную по времени технологическую операцию, которая сводится к одновременному нагреву электромонтажных соединений в узле до температуры пайки и выполняется одним из следующих промышленно освоенных способов: погружением в припой, волной припоя, групповыми паяльниками, струей горячего газа.

Область применения этих способов в первую очередь определяется конструкцией паяемых соединений. В частности, пайка погружением и волной припоя распространена в производстве узлов на односторонних и двусторонних многослойных печатных платах с соединениями штырькового типа и односторонним расположением корпусов навесных элементов. Пайка групповыми паяльниками и струей горячего газа применяется для узлов с планарной конструкцией электромонтажных соединений на платах всех типов при одно- и двустороннем расположении корпусов навесных элементов.

Пайка погружением в припой является механизированным групповым способом, который свыше двадцати лет применяется в производстве РЭА. Состоит он в том, что после флюсования и подогрева печатная плата узла стороной, свободной от корпусов навесных элементов, погружается на 2-4 с в припой, нагретый до оптимальной температуры пайки, на глубину 0,5-0,8 толщины платы. Одновременное контактирование паяемых элементов платы с жидким припоем вызывает быстрый групповой нагрев соединений до температуры пайки, смачивание сопрягаемых поверхностей и затекание припоя в зазоры под действием капиллярного эффекта и вибрации промышленной частоты, которая подается извне в припой или на плату в момент ее отрыва от зеркала припоя.

В отличие от неуправляемых процессов пайки вручную паяльниками механизированная групповая пайка погружением осуществляется при автоматически поддерживаемых и объективно контролируемых основных параметрах режима - времени и температуре пайки. Характерной особенностью пайки погружением является минимальное время, затрачиваемое на групповую пайку соединений в узле, которое не зависит ни от длины и ширины печатной платы, ни от числа паяемых соединений, а зависит лишь от толщины печатной платы, устанавливается опытным путем и при механизированном процессе обеспечивается с помощью реле времени. Поэтому среди

рассматриваемых здесь способов пайки погружением является одним из высокопроизводительных групповых процессов.

Оптимальная температура пайки поддерживается в ванне с припоем автоматически с помощью терморегулятора.

Наряду с достоинствами пайки погружением не лишена недостатков. Существенным из них является большое зеркало припоя, которое необходимо тщательно очищать от окислов перед началом пайки каждого узла. Качество соединений, паяных погружением, находится в тесной зависимости от качества очистки зеркала припоя от непрерывно образующихся окислов.

Качество электромонтажных соединений при механизированной пайке погружением не отличается высокой стабильностью. По внешнему виду соединения имеют преимущественно заливную форму пайки. Число исправимых дефектов, подаваемых эрзучную паяльником, меняется в пределах от 6 до 12 % общего числа соединений на плате.

Пайка волной припоя. Сущность групповой пайки волной припоя заключается в том, что после операций флюсовая и подогрева узла его печатная плата стороной, свободной от корпусов навесных элементов, перемещается по гребню ламинарной волны жидкого припоя, которая образуется над зеркалом ванны с помощью целевого сопла и механического или электромагнитного насоса.

Эта пайка существенно отличается от пайки погружением и имеет следующие преимущества. Благодаря непрерывному движению и обновлению припоя, подаваемого насосом из глубины ванны, поверхность гребня волны к моменту контактирования с печатной платой не успевает окислиться. Это не только обеспечивает высокое качество паяных соединений, но и сохраняет в припое, выполняющем функции теплоносителя, постоянную заданную температуру пайки, а также сокращает время нагрева, смачивания и формирования паяных соединений.

К достоинствам способа следует отнести и то, что его осуществление не требует от паяемых узлов или от ванны с припоем возвратно-поступательного перемещения по вертикали.

Пайка групповыми паяльниками. Механизируемая пайка с нагревом групповыми паяльниками является сравнительно новым способом, который применяется для присоединения планарных выводов микросхем и контактных площадкам обычных и многослойных

печатных плат. Технологические особенности этого способа состоит в одновременном дозировании припоя на контактных площадках плат или выводах навесных элементов, которое выполняется на подготовительных операциях, предшествующих сборке узлов. Кроме того, после сборки и флюсования узлы поступают на пайку без предварительного подогрева.

Сутью способа состоит в том, что пайка соединений производится последовательно по группам выводов каждого из навесных элементов, с применением группового прижима-теплоотвода, при косвенном нагреве от двух электропаяльников, встроенных в паяльную головку, которая работает в автоматическом режиме.

Пайка струей горячего газа находит широкое применение при механизированной пайке электромонтажных соединений планарной конструкции, преимущественно при монтаже гибких печатных кабелей и шлейфов на печатных платах или при соединении их концов между собой.

3. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

3.1. Лабораторная установка для индивидуальной пайки электропаяльником

Лабораторная установка имеет три разновидности составных частей: оборудование, инструменты и материалы.

К оборудованию относятся:

1. Преобразователь КЭФ-8, который используется для питания электропаяльников,
2. Прибор для измерения температуры жала паяльника ОНИТ,
3. Вольтметр универсальный цифровой В7-2В, который используется в режиме измерения сопротивления паяных соединений.

В работе используются следующие инструменты:

1. Электропаяльник ЭПЦН-40/42,
2. Подставка для паяльника,
3. Линейка,
4. Скальпель,
5. Плоскогубцы,
6. Круглогубцы,

7. Острогубцы (бокорезы),
8. Кисточка.

Для пайки используются следующие материалы:

1. Заготовка из фольгированного гетинакса или стеклотекстолита,
2. Провод медный эмалированный типа ПЭ или ПЭВ,
3. Элюэ спирто-канифольный или канифоль,
4. Припой ПОС 61 или ПОС 40,
5. Ацетон,
6. Марля,
7. Наждачная бумага.

3.2. Лабораторная установка для групповой пайки погружением

Составные части лабораторной установки для групповой пайки, как и для индивидуальной, можно разделить на три разновидности: оборудование, инструмент и материалы.

К оборудованию относятся:

1. Электротигель, в котором находится ванночка с расплавленным припоем и терпарой,
2. Милливольтметр регулирующий типа Ш4501 или ему подобный с двухпозиционным регулирующим устройством для измерения и регулирования температуры припоя в электротигеле.
3. Вольтметр универсальный цифровой В7-28 для измерения сопротивления паяных соединений.

В работе используются следующие инструменты:

1. Пинцет,
2. Скальпель.
3. Плоскогубцы,
4. Круглогубцы,
5. Острогубцы (бокорезы),
6. Кисточка,
7. Держатель.

Для групповой пайки используются следующие материалы:

1. Заготовка из фольгированного гетинакса или стеклотекстолита,
2. Провод медный эмалированный типа ПЭ или ПЭВ,
3. Элюэ спирто-канифольный или канифоль,
4. Припой ПОС 61 или ПОС 40,

5. Ацетон,
6. Марля,
7. Наждачная бумага.

4. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

4.1. Исследование процесса индивидуальной пайки электропаяльником

1. Изучить инструкцию к лабораторной работе.
2. Получить у лаборанта инструменты и материалы, необходимые для выполнения работы.
3. Ознакомиться визуально с оборудованием.
4. Подготовить оборудование и инструмент к выполнению работы, для чего выполнить следующие операции.

4.1. Проверить соединены ли клеммы заземления, обозначенные знаком \oplus , вольтметра В7-28 и преобразователя КЭФ-8 с шиной заземления лаборатории. Если такого соединения нет, указанные приборы включать в сеть и выполнять работу не допускается.

4.2. Убедившись, что вольтметр и преобразователь заземлены, вставить вилки их шнуров питания в розетки с напряжением сети 220 В.

4.3. Включить тумблеры "СЕТЬ" вольтметра и преобразователя, при этом должны загореться лампы индикаторного блока вольтметра и лампочка включения сети преобразователя (Рис. 1).

4.4. Вставить вилку электропаяльника в одну из трех розеток преобразователя КЭФ-8 и установить его на подставку.

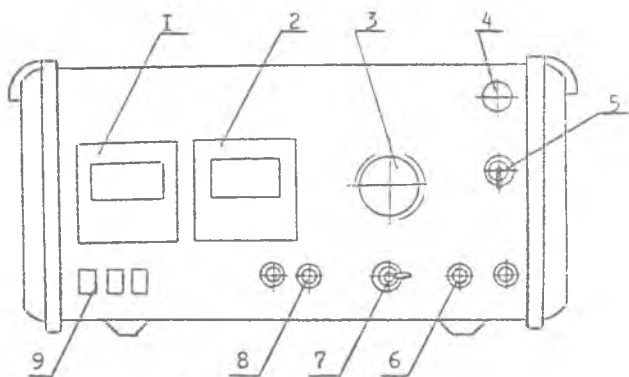
4.5. Установить по вольтметру ручкой плавной регулировки напряжение на выходе преобразователя равное 35 В.

5. Выполнить необходимые подготовительные работы для производства электромонтажа.

5.1. Произвести зачистку, флюсование и лужение мест пайки на заготовке (по три заготовки на каждого студента).

5.2. Произвести отрезку, зачистку, флюсование, лужение и формовку проволочных перемычек (по количеству паяемых соединений).

6. Изменяя напряжение питания паяльника на преобразователе КЭФ-8 и измеряя температуру жала паяльника с помощью прибора



- 1 - вольтметр;
- 2 - амперметр;
- 3 - ручка для плавной регулировки напряжения;
- 4 - лампочка сигнализации о замыкании сети;
- 5 - сетевой выключатель;
- 6 - клеммы выпрямленного напряжения;
- 7 - переключатель рода работ;
- 8 - клеммы переменного напряжения;
- 9 - розетки для подключения паяльников.

Рис.1 . Вид на лицевую панель преобразователя КЭФ-8.

ОНИТ, добиться, чтобы эта температура была равной температуре пайки для заданного припоя.

Примечание: Перед замером температуры термопарой прибора ОНИТ (рис. 2) должна быть очищена от канифоли, окисных пленок, облужена. Паяльник должен быть заточен, облужен, без окисных пленок и канифоли. Касание паяльника должно быть по всей поверхности спая термопары серединой облуженного жала паяльника. Паяющая поверхность жала паяльника должна плотно прилегать к спая термопары. При замере необходимо держать жало паяльника на термопаре в течение всего времени замера. Когда стрелка прибора установится неподвижно, нажать кнопку "КОМПЕНСАЦИЯ", произвести отсчет по шкале прибора, отпустить кнопку, отвести жало паяльника.

7. Вставить поочередно перемычки в отверстия одной заготовки согласно эскизу (рис. 3), произвести пайку и отрезку излишков концов перемычек.
8. Изменяя напряжение питания паяльника (как было описано в п.6), добиться, чтобы температура жала паяльника была на 10% ниже температуры пайки.
9. Произвести пайку (как было описано в п.7) перемычек на второй заготовке.
10. Изменяя напряжение питания паяльника (как было описано в п.6), добиться, чтобы температура жала паяльника была на 10% выше температуры пайки.
11. Произвести пайку (как было описано в п.7) перемычек на третьей заготовке.
12. Произвести измерение суммарного сопротивления паяных соединений на каждой заготовке, для чего выполнить следующие операции.
 - 12.1. Установите переключатель рода работы в положение Р,
 - 12.2. Установите нулевое показание вольтметра в режиме измерения сопротивления, для чего:
 - подключите к зажимам H_x, H_y входного кабеля К1 кабель К2,
 - установите переключатель пределов измерений в положение 0,1 к Ω ,

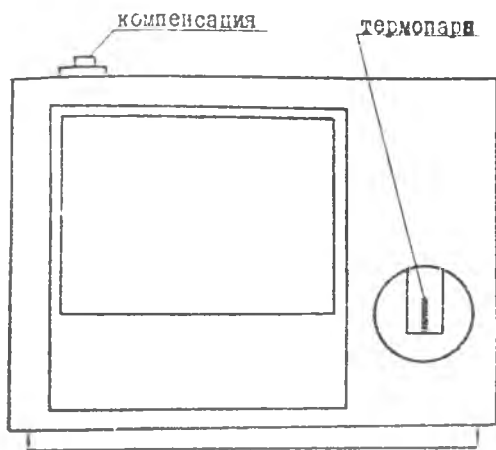


Рис.2. Прибор контроля температуры паяльников

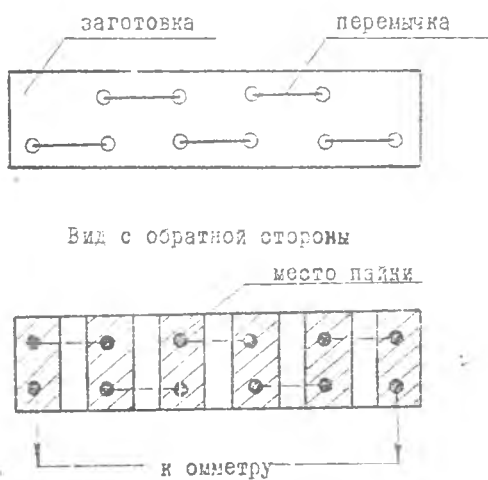


Рис.3. Эскиз распайки перемычек

- замкните накоротко зажим L_{xy} входного кабеля К1 и зажим N_{xy} кабеля К2.
- установите нулевое показание вольтметра резистором "0" R, ось которого выведена под шлиц на переднюю панель вольтметра.

12.3. Установите переключатель пределов измерений в положение АВТ.

12.4. Установите кнопку ИСТЫП в нажатое, а кнопку РУ1 в ненажатое состояние.

12.5. Присоедините зажим N_{xy} и L_{xy} входного кабеля к измеряемому сопротивлению (рис. 3).

12.6. Произведите считывание результата измерений по индикаторному табло.

12.7. Запишите полученные значения сопротивлений паяных соединений для соответствующей температуры пайки.

4.2. Исследование процесса групповой пайки погружением

1. Изучить инструкцию к лабораторной работа
2. Получить у лаборанта инструменты и материалы, необходимые для выполнения работы
3. Ознакомиться визуально с оборудованием.
4. Подготовить оборудование и инструмент к выполнению работы, для чего выполнить следующие операции:

4.1. Проверить соединена ли клемма заземления, обозначенная знаком \oplus , вольтметра В7-28 с шиной заземления лаборатории. Если такого заземления нет, включать вольтметр в сеть и выполнять работу не допускается.

4.2. Убедившись, что вольтметр заземлен, вставить вилку его шнура питания в розетку с напряжением сети 220 В.

4.3. Включить тумблер СЕТЬ вольтметра, при этом должны загореться лампы индикаторного блока вольтметра.

4.4. Проверить находится ли стрелка милливольтметра на начальной отметке шкалы. Если нет, то установить ее на эту отметку механическим корректором, выведенным под шлиц на лицевой стороне милливольтметра.

4.5. Включить тумблер питания электротигеля и милливольтметра Ш 4501.

4.6. С помощью отвертки, выведенной под шлиц на лицевой стороне милливольтметра, указатель контактного устройства установить по шкале милливольтметра на значение температуры, равное температуре пайки используемого припоя.

4.7. Дать электротигелю прогреться до тех пор, пока температура припоя не станет равной температуре пайки.

5. Выполнить необходимые подготовительные работы для производства электро монтажа.

5.1. Произвести зачистку, флюсование и лужение в электротигеле мест пайки на заготовках (по три заготовки на каждого студента).

5.2. Произвести отрезку, зачистку, флюсование, лужение в электротигеле и формовку проволочных перемычек (по количеству паяемых соединений).

6. Вставить поочередно перемычки в отверстия одной заготовки согласно эскизу (рис. 3), произвести пайку погружением в электротигеле и отрезку излишков концов перемычек.
7. Установить (как в п.4.6) указатель контактного устройства милливольтметра на значение температуры на 10% ниже температуры пайки.
8. Сделать выдержку на время необходимое для остывания припоя до этой температуры. Контроль температуры вести по милливольтметру Ш 4501.
9. Произвести пайку (как было описано в п.6) перемычек на второй заготовке.
10. Установить (как в п.4.6) указатель контактного устройства милливольтметра на значение температуры на 10% выше температуры пайки.
11. Сделать выдержку на время, необходимое для нагревания припоя, до этой температуры. Контроль температуры вести по милливольтметру Ш 4501.
12. Произвести пайку (как было описано в п.6) перемычек на третьей заготовке.
13. Произвести измерение и запись суммарного сопротивления паяных соединений на каждой заготовке, как это было описано в п.12 раздела 4.1.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. По каким критериям классифицируют пайку?
2. Как классифицируется пайка по характеру взаимодействия твердого и жидкого металлов при пайке?
3. Как классифицируется пайка по особенностям технологии, образования паяного соединения?
4. Как классифицируется пайка по способам нагрева?
5. Какие Вы знаете способы пайки? Краткая сутьность каждого способа?
6. Какие требования предъявляются к припоям?
7. Дать классификационные признаки, по которым классифицируют припои и краткое содержание каждого класса.
8. Оловянно-свинцовые припои, их основные характеристики, номенклатура.
9. Легкоплавкие припои, их основные характеристики, номенклатура.
10. Требования к флюсам.
11. Классификация флюсов.
12. Канифоль и канифолесодержащие флюсы, их основные характеристики.
13. Паяльное оборудование.
14. Разновидности паяльников.
15. Контрольно-измерительная и регулирующая аппаратура для пайки.
16. Типовые операции процесса пайки.
17. Содержание подготовительных операций при пайке.
18. Типовой технологический процесс лужения.
19. Особенности пайки электропаяльником.
20. Разновидности групповой пайки?
21. Особенности пайки погружением.
22. Особенности пайки волной припоя.
23. Особенности пайки групповыми паяльниками.
24. Особенности пайки струей горячего газа.
25. Что представляет собой лабораторная установка для индивидуальной пайки электропаяльником?
26. Что представляет собой лабораторная установка для групповой пайки погружением?
27. Каков порядок выполнения работы при индивидуальной пайке паяльником?

26. Какое порядок выполнения работы при групповой пайке погружением?

СОДЕРЖАНИЕ ОТВЕТА

1. Цель и краткое содержание работы.
2. Описание лабораторной установки.
3. Экспериментальные результаты работы.
4. Выводы.

Подписано в печать 19.03.87. Формат 60x84/160.

Бумага оберточная белая. Оперативная печать. Усл.п.л. 1,80

Уч.изд.л. 1,8. Т. 100. Заказ № 781. Бесплатно.

Кузбасский орден Трудового Красного Знамени авиационный институт имени академика С.П.Королева

Участок оперативной полиграфии, КуАИ, г.Кузбасс.

ул.Ульяновская. 18