# ОТОДОЛОМ

Ф. В. КУЛИКОВ и И. Р. ЛЕХЦИЕР

لللا

ОСНОВНЫЕ
МЕТОДЫ
МЯГКОЙ
и О
ТВЕРДОЙ
ПАЙКИ

ТРУДРЕЗЕРВИЗДАТ 1958

# Ф. В. КУЛИКОВ и И. Р. ЛЕХЦИЕР

# ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ МЯГКОЙ И ТВЕРДОЙ ПАЙКИ

ВСЕСОЮЗНОЕ УЧЕБНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ, ИЗДАТЕЛЬСТВО ТРУДРЕЗЕРВИЗДАТ МОСКВА 1958

#### ОТ ИЗДАТЕЛЬСТВА

Брошюра содержит сведения о составах, свойствах различных припоев и флюсов, используемых в промышленности для мягкой и твердой пайки, а также об областях их применения.

В ней рассматриваются общие вопросы технологии пайки как твердыми, так и мягкими припоями и дается описание наиболее

употребительного оборудования.

Брошюра предназначена для молодых специалистов, окончивших учебные заведения трудовых резервов и работающих в области пайки.

Она может быть полезна мастерам производственного обучения и преподавателям училищ и школ трудовых резервов, а также всем интересующимся вопросами пайки.

Со псеми замечаниями о брошюре просим обращаться по адресу: Москва, Цептр, Хохловский пер., 7.

### ПРЕДИСЛОВИЕ

В настоящее время пайка относится к числу важнейших технологических процессов в производстве различных изделий. Большие экономические и качественные преимущества пайки способствовали широкому ее распространению во всех отраслях промышленности. При выполнении, например, соединений из разнородных металлов пайка вытесняет другие способы, в том числе и сварку.

Современные способы пайки охватывают широкую номенклатуру материалов: углеродистые, легированные и нержавеющие стали: твердые, цветные и специальные сплавы.

К числу папболее рациональных технологических процессов пайки, обеспечивающих резкое увеличение производительности труда и улучшение качества изделий, относится твердая пайка.

Твердая пайка в СССР получила особенно большое распространение за последние 20—25 лет в связи с бурным развитием машиностросния и электротехники, а также оснащением машиностроительных предприятий новыми видами нагревательных устройств.

Возможность получения отличных свойств паяных соединений при высокой производительности и экономичности, возможность автоматизации и механизации процесса способствовали распирению применения пайки.

С внедрением новых материалов и увеличением мощностей и скоростей вращения в машинах требования к пайке непрерывно возрастают. Многообразие типов оборудования и различные условия его эксплуатации вызвали необходимость иметь широкую номенклатуру припоев и создать самые разнообразные способы твердой пайки.

В настоящей брошюре рассматриваются только широко применяемые в промышленности способы твердой и мягкой пайки, а также наиболее распространенные припои и флюсы.

#### Глава І

#### основы пайки и применяемые материалы

#### 1. СУЩНОСТЬ ПРОЦЕССА ПАЙКИ

Пайка — это способ соединения металлических поверхностей, находящихся в твердом состоянии, с использованием дополнительно введенного металла или сплава — припоя, имеющего меньшую, чем соединяемые металлы, температуру плавления.

Пайка имеет некоторое сходство оо сваркой плавлением. Наиболее убедительным отличием ее от сварки является отсутствие расплавления металлических поверх-

ностей, участвующих в соединении.

Паяное соединение образуется в результате растекания расплавленного припоя по нагретым и соприкасающимся поверхностям и затвердевания его после охлаждения.

Надежное соединение получается только тогда, когда припой окончательно затвердеет. Поэтому в процессе охлаждения очень важен переход припоя из жидкого состояния в твердое.

Взаимное растворение (диффузия) припоя и спаиваемых металлов обеспечивает необходимую прочность мест соединения. Степень растворимости спаиваемых металлов в припое в значительной мере определяет качество пайки.

Диффузионные процессы, протекающие при пайке, вависят:

- 1) от подготовки сосдиняемых поверхностей. Окисление или загрязнение соединяемых поверхностей препятствует протеканию диффузионных процессов, поэтому для получения качественной пайки поверхности должны быть тщательно очищены;
- 2) от окисления поверхностей и припоя в процессе пайки. В процессе пайки поверхности и припой должны

быть предохранены от окисления с помощью специальных паяльных флюсов или путем создания газовой защиты;

3) от температуры пайки. Чем ближе температура пайки к температуре плавления спаиваемых металлов, тем степень диффузии припоя выше. Однако надо помнить, что чрезмерный перегрев снижает механическую прочность паяного соединения и основных материалов.

Таким образом, назначение припоев — это создание повсеместного контакта соединяемых поверхностей и спаивание их за счет взаимного растворения припоя и основного металла.

В вависимости от применяемых припоев пайку разделяют на мяткую и твердую. Твердая пайка осуществляется с помощью припоев, имеющих температуру плавления выше 600° и обеспечивающих высокую механическую прочность паяных соединений. Такие припои называются твердыми. Пайку, связанную с применением мягких припоев, имеющих температуру плавления до 350°, называют мягкой.

Для осуществления коптакта соединяемых поверхностей во всех точках и взаимной растворимости припоя и спаиваемых металлов припой должен иметь необходимую жидкотекучесть, растекаться и затягиваться в зазоры между поверхностями вследствие эффекта капиллярности <sup>1</sup>.

Припои должны обладать смачивающей способностью. Под смачивающей способностью подразумевается способность припоя растекаться по всей поверхности сопряжения, заполнять капилляры и мелкие перовности. Площадь соприкосповения расплавленного припоя с соединяемыми поверхностями должна быть наибольшей.

Смачивающая способность зависит не только от природы самого припоя, но также и от характера спаиваемых металлов или сплавов, от химической прочности образующихся на их поверхностях окислов и т. д.

Оловянистые припов, например, хорошо смачивают медь, и, наоборот, эти же припои совершенно не смачивают алюминиевую бронзу, т. е. медь, содержащую алюминий.

Один и тот же прилой лучше смачивает поверхности и затекает в заворы, когда соединяемые детали имеют

 $<sup>^1</sup>$  Под капиллярностью подразумевается способность расплавленных металлов затекать в тончайшие заворы. Прим. ред.

некоторую шероховатость — следы от механической обработки резцом или обдувки дробью, — и плохо смачивает поверхности и затекает в вазоры, когда эти поверхности отполированы. Например, расплавленная медь хотя и смачивает чистую полированную сталь, но плохо по ней растекается. Однако, если поверхность стали обработана дробью, черновой шлифовкой, черновым резанием, трав-

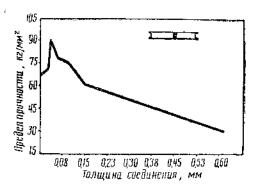


Рис 1. Кривая зависимости прочности на разрыв от величины зазора для деталей из нержавеющей стали

лением или каким-либо иным способом, то медь растекастся тонким слоем и равномерно распределяется по поверхности.

Исходя из явлений капиллярности, имеющих место при пайке, необходимо стремиться к получению малых зазоров. Большие зазоры снижают эффект капиллярности и отрицательно сказываются на результатах пайки. График, характеризующий влияние величины зазора на прочность паяных соединений, приведен на рис. 1. Оптимальная величина зазоров, обеспечивающая наилучшие результаты пайки, находится в пределах 0,03—0,15 мм.

Следовательно, припои должны хорошо смачивать спаиваемые поверхности, растекаться по ним и иметь наименьшее поверхностное натяжение и хорошие капиллярные свойства. Растекаемость припоя ограничивается загрязнением соединяемых поверхностей, нечистотой печной атмосферы, использованием неудовлетворительных флюсов.

Например, стали, имсющие поверхностные плешки окислов алюминия, титана, хрома, плохо смачиваются припоем.

Следовательно, чистота поверхности способствует

наилучшему смачиванию.

Зачастую очень трудно обеспечить хорошую растекаемость прилоя на большой поверхности. В таких случаях прилой следует варанее закладывать в места соединений в виде проволочных колец, полосок фольги и т. д.

Определяющим фактором смачиваемости и капиллярпости прилоев является поверхностное натяжение. Чем ниже значение поверхностного натяжения, тем смачи-

вающая способность припоя дучше.

Для того чтобы усилить жидкотекучесть и смачивающую способность припоя, пеобходимо умельшить его поверхностьюе натяжение. Это может быть достигнуто путем применения при пайке специальных флюсов.

#### 2. ПРИПОИ И ТРЕБОВАНИЯ К НИМ

Свойства припоя являются важными факторами, влияющими на качество и производительность паяльных работ.

Чтобы обоспечить качественные паяные соединения, припои должны обладать следующими физико-химическими, механическими и технологическими свойствами:

- 1) несколько пониженной температурой плавления по сравнению с температурой плавления спаиваемых металлов:
- 2) хорошей жидкотекучестью и высокой смачивающей способностью, обусловливающими затекание их в тончайшие заворы;
- 3) необходимыми механическими свойствами: прочностью, пластичностью;
- 4) хорошей диффувионной способностью в паре с соединяемыми металлами, обеспечивающей высокую прочность и плотность соединения;
- 5) малой окисляемостью. Образующиеся окислы припоя должны легко удаляться под действием флюса;
- 6) коррозионной устойчивостью, равноценной или близкой к коррозионной устойчивости основных металлов;
- 7) необходимой электропроводностью (если используются при пайке проводников);

- 8) отсутствием красноломкости, так как в противном случае всякое напряжение, возникающее при изменении температуры мест соединений, может вызвать образование трещин в шве;
  - 9) невысокой стоимостью.

Особые физико-механические свойства (электропроводность, коррозионная устойчивость, механическая прочность при высоких температурах и др.) должны быть у припоев только в случаях, обусловленных требованиями эксплуатации паяных соединений.

В технике известно много металлов и сплавов, применяемых в качестве мяских и твердых припоев.

К основным из них, как наиболее широко применяемым в промышленности, могут быть отнесены: оловянносвинцовые, медь, медно-цинковые, серебряные и меднофосфористые.

#### з. МЯГКИЕ ПРИПОИ

К мягким припоям, широко применяющимся в различных отраслях хозяйства, относятся сплавы, которые в своей основе содержат олово и свинец и опличаются низкой температурой плавления.

Различное соотношение олова и овинца определяет свойства приносв.

Оловянно-свинцовые припои по сравнению с другими обладают рядом преимуществ: высокой смачивающей способностью, хорошим сопротивлением коррозии и окислению, удобством применения. Поэтому замена оловянносвинцовых припоев другими припоями не всегда дает положительные результаты.

В целях получения некоторых специальных евойств к оловянно-свинцовым припоям добавляют сурьму, висмут, кадмий, серебро.

Сурьма, так же как и серебро, повышает температуру плавления оловянно-свинцовых припоев; висмут и кадмий, наоборот, снижают ее. Сурьма увеличивает твердость и прочность припоев и снижает при этом их вязкие свойства.

В настоящее время на основе указанных элементов получено большое количество припосв, обладающих чрезвычайно низкой температурой плавления, доходящей до  $60^{\circ}$ .

#### Оловянно-свинцовые прилои

Классификация и химический состав оловянно-свинцовых прилоев и их физико-механические свойства приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Классификация и химический состав оловянно-свинцовых припосв
по ГОСТ 1499—54

	Условное	Химиче	еский сост	гав, °/0
Наименование припоя	обозначе- ние	олово	сурьма	свипец
Оловянно-свинцовый 90 Оловянно-свинцовый 61	пос-90 пос-61	89—90 59~ 61	Не более 0,15 Не более 0,8	Осталь- ное
Оловянно-свинцовый 50 Оловянно-свинцовый 40 Оловянно-свинцовый 30 Оловянно-свинцовый 18 Оловянно-свинцово- сурьмянный	ПОС-50 ПОС-40 ПОС-30 ПОС-18 ПОСС 4-6	49—50 39—40 29—30 17—18 3—4	То же 1,5—2,0 1,5—2,0 2,0—2,5 5-6	13 37 77 27

Наиболее важное свойство припоев — сопротивление срезу. Из табл. 2 следует, что у всех марок оловянносвинцовых припоев сопротивление срезу выше, чем у чистого олова. Выше также и предел прочности на растяжение и сжатие.

Таким образом, с точки зредия прочности соединений применение чистого олова в качестве припом не дает никаких преимуществ.

При выборе прилоев большое значение имеет температура их плавления, которая выбирается в соответствии с температурой плавления соединяемых сплавов.

У всех оловянно-свинцовых припоев начальная температура плавления одинакова и равна 183°, конечная же температура плавления различна и зависит от содержания олова. С увеличением содержания олова в припое конечная температура его плавления снижается, а при содержании 62% олова припой приобретает самую низкую температуру плавления (183°). С дальнейшим увеличением содержания олова температура конца расплавления повышается.

Физико-механические свойства оловянно-свинцовых припоев

0 10 , явийэниг аядвэУ	2,8	0,50	1	I	0,52	0,55	0,56	I	3,50
Сиачиваемость, жма	225		I	996	1130	1038	640		167
Капиллярность, мля	31,7	:	!	23,8	23,8	25,4	14,0		14,4
Твердость по Брине-	6,2	13,0	-	15,6	12,6	10,1	5,01	14,2	2,3
Жидкотекучесть, см	125	133	ı	115	91	63	90	23	134
Электропроводность, $0/0$ от чистой меди	13,9	[	[	11,0	10,2	9,5	8,		7,9
Предел пропорци- оизльности при сжа- тии, кг/мм <sup>2</sup>	1,7			2,9	2,8	2,8	2,3	හ හ	0,2
Сопротивление срезу, кг/жм <sup>2</sup>	2,19	2,70		3,54	3,67	2,90	2,52	3,6	1,27
Упарная вязкость,	5,29	1,85	I	4,59	4,75	4,67	3,86	8,0	[2,11]
Относительное удли- пение, °\0	43	25	က	32	63	58€	29	23,7	45
Предел прочности ку/мм <sup>3</sup>	1,9	4,3		3,6	3,2	3,3	2,8	5,9	1,1
Удельный вес, г/см <sup>5</sup>	7,31	7,57	1	8,87	9,31	69'6	10,23	10,7	11,37
-ваердевая затвердева- О°, кин	0	39	7	26	52	73	94	20	0
°C Конец расплавления,	232	222	190	209	235	256	277	265	327
Начало расплавления,	232	183	183	183	183	183	183	245	327
Марка припоя	Олово	пос-90	110C-61	пос-50	110C-40	11OC-30	ПОС-18	посс 4-6	Свивец

Необходимо отметить, что все оловянно-свинцовые прилои имеют тот или иной интервал затвердевания. Сплав, содержащий 62% олова, такого интервала не имеет. Переход его из твердого состояния в жидкое и из жидкого в твердое происходит при температуре 183°.

Этот припой обладает самой высокой жидкотекучестью. Применять его целесообразно в том случае, когда соединяемые поверхности имеют очень плотную пригонку с минимальными вазорами. В остальных случаях из-за высокого содержания дефицитного олова его применение нецелесообразно.

Припом, имеющие широкий интервал затвердевания, дают пористые и негерметичные соединения.

Прочность паяных соединений различных металлов, выполненных мягкими припоями, приведена в табл. 3.

Таблина 3 Предел прочности соединений, паяных оловянно-свинцовыми припоями (в  $\kappa e/mm^2$ )

		Ma	териа	алы и	характ	ер сое	дице	ний	
			виах	лестку	<u> </u>		l	в сть	1K
Марка припоя	латунь	медъ	железо	железо оцинко- ванное	железо гальвани- ческое	жесть лу- женая	латунь	медъ	железо
Олово ПОС-40 ПОС-30 ПОС-18 ПОСС 4-6 Свипец	4,5 4,6 2,8 3,3 3,0 2,0	4,6 3,7 2,7 5,1 2,4 1,9	3,8 6,1 5,0 3,1 4,9 1,4	5,1 4,7 4,2 4,3 2,6 1,7	4,8 3,7 3,8 —	4,9 3,6 4,6	5,9 8,0 8,8 9,7 7,7 2,6	9,0 7,8 9,1 9,0 — 3,6	7,5 10,0 11,5 10,5 7,9

Сравнительные данные коррозионной устойчивости оловянно-свинцовых припоев приведены в табл. 4.

Из данных табл. 4 видно, что сопротивляемость коррозии высокооловянистых припоев в кислоте выше, чем припоев с пониженным содержанием олова; в щелочах же, наоборот, сопротивляемость коррозии у высокооловянистых припосв ниже.

Электропроводность оловянно-свинцовых припоев находится в прямой зависимости от содержания в них

Таблица 4 Коррозионная устойчивость некоторых мягких припоев

	По	теря в весе	(B 2/M2) 1	в сутки в ср	едах
Марка припол	вода водопро- водная	туман из 4-процент- ного рас- твора пова- ренной со- ли	керосин	1-про- центный раствор соляной кислоты	1-про- центный раствор едкого натра
ПОС-40 ПОС-30 ПОС-18 ПОСС 4-6	0,008 0,006 0,008 0,022	$   \begin{array}{r}     +0.015 \\     +0.030 \\     +0.006 \\     +0.003   \end{array} $	0 0 0	4,0 4,7 7,2 11,2	3,0 2,7 2,4 2,2

олова. С увеличением содержания олова электропроводность припоя растет.

Жидкотекучесть у мягких припоев уменьшается с уменьшением в их составе онова. Наивысшей смачиваемостью обладают припои марок ПОС-40, ПОС-30, ПОС-50

# Области применения мягких припоев

Выбирая ту или иную марку оловянистого припоя, необходимо руководствоваться условиями службы паяного изделия.

Так при тщательном выполнении пайки меди и медных сплавов можно получить лочти равнопрочные соединения, применяя ПОС-61, ПОС-50 и ПОС-30. Поэтому стремление использовать припои только с высоким содержанием олова не всегда оказывается целесообразным.

Глубокие увкие щели в местах соединения требуют применения припоев с большим содержанием олова, обладающих высокой жидкотекучестью и хорошими капиллярными свойствами. Наоборот, если в местах соединений имеются широкие неглубокие щели или спаиваются наложенные друг на друга концы, то высокооловянистые припои использовать не следует, так как они легко вытекают из мест соединений. В таких случаях целесообразно применять припои с меньшим содержанием олова. В частности, для подавляющего большинства электротехнических соединений, требующих механической и электрической прочности, вполне удовлетворительные ре-

вультаты дают припои ПОС-30 и ПОС-40. На основании опыта, накопленного электротехническими заводами, можно утверждать, что припои ПОС-40 и ПОС-30 обеспечивают надежность самых разнообразных электротехнических соединений. Исключением являются только уникальные или особо ответственные по своему навначению электрические машины, а также отдельные виды электротехнической продукции, где соединения могут оказаться конструктивно сложными, и пайка их припоями ПОС-30 и ПОС-40 представляет некоторые технологические трудности, или тогда, когда необходимо проводить пайку при температуре ниже 200°. В таких случаях лучше всего применять припои ПОС-50 и ПОС-61. Этими припоями следует производить пайку:

- а) якорных и компенсационных обмоток крупных прокатных электродвигателей;
  - б) коллекторов и обмоток электрических машин;
- в) коллекторов крановых и тяговых электродвигателей:
- т) соединений высокочастотных генераторов и сварочных преобразователей;
  - д) соединений в отдельных видах конденсаторов;
- е) соединений в точных электроизмерительных приборах;
  - ж) тонких монтажных и обмоточных проводов;
    - з) вакуумноплотных швов.

Примерные области применения оловянно-свинцовых припоев представлены в таби. 5.

Таблица 5 Области применения оловянно-свинцовых припоев

Марка припоя	Области применения
ПОС-90	Пайка внутрениих швов пищевой посуды (электрочайники, электрокастрюли и т. п.) и меди-
ПОС-61	цинской ашпаратуры Пайка коллекторов электрических машин, коллекторов тиговых и крановых электродвигателей. Пайка высокочастотных генераторов и коллекторов сварочных преобразователей Пайка монтажных проводов диаметром до 0,1 мм и проводов с хлорвиниловой изолицией. Пайка бапдажей из антимагнитной про-

Марка припол	Области применения
	волоки для якорей электрических машин. Пай- ка изделий, пе допускающих пагрева свыше 200°. При ступенчатой пайке после применения при- посв 11ОС-40 и ПОС-30. Пайка герметических
ПОС-50	швов Пайка коллекторпых соединений многих электрических машии, точных электроизмерительных приборов, проволочных бандажей электрических машин, радиоаппаратуры, авиационных радиаторов
ПОС-40	Пайка и лужсние петушков и коллекторных пластии электрических машии, наконечников проводов счетно-ремающих машии. Пайка контактов электровакуумных ламп, радно- и электроаппаратуры. Пайка изделий из серебра, а также из оцинкованного и луженого железа. Пайка приборов, соприкасающихся с морской водой. Пайка газометров, ламповых и керосиновых резервуаров и карбидных ламп
пос-30	Пайка изделий из меди, латуни, броным и стали. Пайка и лужение радиаторных и воздухоохладительных трубок. Пайка всевозможных медных проводов и обмоток электрических двигателей. Пайка и лужение кабельных наконечников Пужение подшипников под заливку свинцовистыми баббитами, Горячее лужение изделий методом погружения в ваниу. Пайка изделий из цинка и оцинкованного железа. Пайка аккумуляторов. Лужение посуды для технических масел. Пайка водиных, керосиновых и бензиновых баков для тракторов. Пайка железиодорожной арматуры. Пайка при электромонтажных работах. Пайка кабельных муфт.
ПОС-18	монтажных расотах, наика касслыных муфт. Лужение посуды для масел. Лужение труб для воздухоохладителей Пайка свинцовых труб и свинцовых деталей, Пай- ка изделий из освинцованного, оцинкованного железа. Пайка листового цинка, меди, ла- туни и жести. Лужение перед последующей пайкой
ПОСС 4-6	павкой Пайка белой жести, железа, латуни, меди, свин- ца при наличии клепаных замочных швов. Выравнивание перовностей сварных соединений, вмятин в кузовах легковых автомобилей

Рассмотренные оловянно-свинцовые прилои выпускаются цветной мегаллургией в виде прутков, проволюки, лент и трубок, наполненных канифолью. Применение припоев в виде тонких проволок, лент и трубок с канифолью резко увеличивает производительность пайки, улучшает ее качество, особенно при использовании трубок с канифолью, которые дают возможность одновременно подавать прилой и флюс. В конечном счете это приводит к заметной экономии припоя.

# Малооловянистые и безоловянистые припои

В связи с высокой стоимостью олова и его дефицитностью возникла необходимость снижения содержания олова в припоях и в отдельных случаях даже полного его исключения. Однако исключение олова из мягких припоев вызывает ряд трудностей, так как металлы-заменители по своим свойствам должны быть сходны с оловом и в первую очередь иметь сходную с ним температуру плавлепия. Заменители должны быть низкоплавкими, обладать высокой способностью к смачиванию, а после образования паяного соединения иметь достаточную пластичность, обеспечивающую изгиб без образования трещин. Указанные требования ватрудняют выбор заменителей олова для мягких припоев. Однако сейчас уже имеется ряд марок малооловянистых и безоловянистых припоев, которые применяются в промышленности. В табл. 6 приведен химический состав таких припоев.

Таблица 6 Составы малооловянистых и безоловянистых припоев

М .	X	имический (	остав, º/	0	Интервал
Марка припоя	олово	свинец	сурьма	серебро	расплавле- ния, °С
1IOC-18	17 18	Остальное	2-2,5		183—277
110CC 4-6	3 4	,,	5—6		245—265
ПСр3	_	97	_	3	300—305
ПСр2,5	5,5	92	<u> </u>	2,5	295 305
				]	

Припои, содержащие 2,5 и 3% серебра, имеют некоторое преимущество перед одовянно-свинцовыми. Их механическая прочность несколько выше оловянно-свинцовых, выше также у них и температура плавления. Эти показатели в ряде случаев, особенно в электротехнике, являются весьма необходимыми.

В США такие принои получили большое распространение. Ими паяют сборные шины, клеммы, зажимы, плотные корровионноустойчивые швы. Применяются они для пайки сосудов, цистерн, водопроводной арматуры, автомобильных радиаторов и т. д.

Наиболее целесообразное содержание серебряных припоях серебра находится в пределах 1,5-3,0%. Они должны использоваться там, где возможно допустить более высокую температуру пайки. Существенный недостаток свинцово-серебряных припоев их низкая смачивающая способность.

Пайка этими припоями иногда требует применения активных флюсов, остатки которых удаляются раствором соляной кислоты с последующей ее нейтрализацией в воде, а затем в растворе соды. Окончательная промывка места пайки производится в воде.

Как видно из табл. 6, наряду с двойными сплавами свинец - серебро применяются и тройные сплавы свинец — олово — серебро; лоследние обладают более высокой смачивающей способностью.

#### Легкоплавкие припои

В практике имеют место случаи, когда необходимы припои с особенно низкой температурой плавления. Такие припои нужны для пайки тонких оловянных предметов, в том случае, когда припой должен выполнять роль температурного предохранителя (в электрических и тепловых приборах и др.), для пайки деталей, особенно чувствительных к перегреву, или при ступенчатой пайке.

Легкоплавкие припои изготовляют путем добавления к свинцу и олову висмута или кадмия или обоих этих металлов вместе. Они более хрупки, чем чистые оловянно-свинцовые припои, особенно если содержат значительное количество висмута.

В табл. 7 приведены составы легкоплавких припоев,

Химический состав легкоплавких припоев

	Хи	мический	состав,	D/o	Темпера-
Наименование припоя	олово	свинец	висмут	кадмий	тура плавле- ния, °С
ПОСК-50	50 33,4 56 15,5 25 20 40 13 13,3	32 33,3 32,5 25 20 20 26 26,7	33,3  52 50 60  48 50	18 44  20 13 10	145 130 184 96 110 121 150 70 60

#### 4. ТВЕРДЫЕ ПРИПОИ

Твердые припои главным образом применяются тогда, когда необходимо получить высокую прочность соединений.

#### Медь

Медь (се температура плавления 1083°) применяется для пайки стали преимущественно в печах с защитной атмосферой. Соединение получается достаточно прочным и пластичным. Пайка медью с применением газового пламени не рекомендуется, так как находящаяся в ней вакись меди восстанавливается водородом пламени, в результате чего образуются пары воды, которые вызывают дефекты в паяном соединении. Пайка медью в печах получила наибольшее распространение при изготовлении самых разнообразных конструкций, выполненных из углеродистых и низколегированных сталей.

#### Медно-цинковые припои

Температура плавления медно-цинковых припоев находится в пределах  $800-1050^{\circ}$ . Они применяются главным образом для пайки черных сплавов. В ряде случаев медно-цинковые припои используются для пайки цветных сплавов, допускающих нагрев до высоких температур. При пайке этими припоями происходит заметное выторание цинка, соединения получаются пористыми, в результате чего снижаются их пластические свойства.

В настоящее время нашей промышленностью выпускается всего лишь три марки медно-цинковых припоев, их классификация и технические условия на них регламентированы ГОСТ 1534—42.

Кроме этих припоев, примсняются латуни марок Л62 и Л68 (ГОСТ 1019—47), обладающие по сравнению с медно-цинковыми припоями более высокой механической прочностью и пластичностью.

В целях улучшения технологических свойств медноцинковых припоев — уменьшения окисления и испарения цинка при пайке, а также снижения температуры плавления — разработаны медно-цинковые сплавы, легированные оловом и кремнием. Присадка олова позволила снизить температуру плавления припоя, а присадка кремния — уменьшить угар цинка.

Рекомендованные ВНИИАвтогеном медно-цинковые припои, легированные оловом и кремнием, обеспечивают получение более плотных и прочных соединений с высокими характеристиками пластичности.

В табл. 8 и 9 приведены химический состав, физико-

Таблица 8 менений состав менен-пенений состав байманеский состав менен-пенений состав менен-пенений состав в пенений соста

Li a van a a a a a a a a a a a a a a a a a	Хими	ческий со	остав, <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	Приме	си, 0/0
Наименование припоя	медь	цинк	другие компоненты	свинец не более	железо не более
ПМЦ-36* ПМЦ-48* ПМЦ-54* Латунь Л62** Латунь Л68** Латунь ЛОК 62-0,6-0,4 Латунь ЛОК 59-1-0,3	36±2 48±2 54±2 60,5-63,5 67-70 60-63	Остальн.	— — — — — — — — — — — — — — — — — — —	0,5 0,5 0,5 0,08 0,03 0,1	0,1 0,1 0,1 0,15 0,1 0,2

<sup>\*</sup> По ГОСТ 1534—42. \*\* По ГОСТ 1019—47.

[-	Физико	-Mex	Физико-механические	свойства и области	и обл	асти	примекения медно-цинковых припоев	т припоев
Наименование То припоя	Температу- ра плавле- ния, °С	Удельный вес, 2/ся <sup>8</sup>	Удельное сопротив- ленне, ож. ям <sup>2</sup> ж	Предел прочности при расти- кеник, кејмж <sup>2</sup>	-изонтО тельяое удлине- о/°, эмн	Тверлость по Брине- лю	Материали, подвергаемие пайке	Условия применения
	825	7,7	0,03				Медные сплавы, содер- жащие до 69% меди	
	860	8,2	0,036	21	ಣ	130	Медиые сплавы, содержатие больше 68%	ской прочности Соединения, не полвер- гающиеся удару, изги-
				•	•	_	m Chu	оу, влоуации, при удо Влетворительном каче- стве паяного шва пайка малопроизво-
	880	8	0,04	56	4	06	Медь, томпак, бронза,	ж
	905	o rū	0,071	31	38	56	сталь Медь, сталь, никель, ма-	П
							лоуглеродистые стали, серые чугуны	и других изделий, от которых гребуется вяз- кость и пластичность. Капество пла
	938	& ô,	0,071	සි	40		То же	
	905		1		. <del></del>		Медь, сталь, никель, ма- лоуглеродистые стали, серые чугуны	То же, что и Л62, но обеспечивает получе- ние более высокой илотности шва
Латунь ЛОК 1981-108	902		l			ı	То же	Можно применять для изделий, работающих под давлением То же

механические свойства и назначение припоев медно-цинковой группы.

Припой ЛОК 62-0,6-0,4 обладает высокими технологическими показателями, имеет хорошую растекаемость и обеспечивает высокие механические свойства паяных соединений.

В табл. 10 представлены сравнительные характеристики механической прочности образцов из стали Ст. 3, соединения которых выполнены различными медно-цинковыми припоями (по данным ВНИИАвтогена).

Таблица 10 Механическая прочность паяных соединений, выполненных различными медно-цинковыми припоями

	Ср	едние показате	ли
Марка	предел прочиости при растяжении, кг/мм <sup>2*</sup>	сопротивление	угол загиба,
припоя		срезу, кг/мм <sup>2**</sup>	град.***
ПМЦ-48	31,3	20,9	12
л62	43,0	27,5	63
лок 62-0,6-0,4	43,8	31,6	72,5

<sup>\*</sup> Образцы толщиной 3 мм, шириной 15 мм.

Приведенные в табл. 8 медно-цинковые припои плохо сплавляются с чугуном, содержащим значительное количество графита. В целях получения надежного соединения чугунные дегали подвергают дробеструйной обработке, в результате которой частички графита удаляются с поверхности чугуна, после чего сцепление медно-цинкового припоя с чугуном происходит вначительно легче.

В целях получения более прочных соединений чугуна применяют медно-цинковые припои, содержащие олово и марганец, которые дают хорошие соединения со сплавами, богатыми углеродом.

При ремонте различных чутунных деталей применяют припой такого состава (в процентах): 57—60 меди, 38—51 цинка, 1 железа, 0,5 марганца, 1 олова.

<sup>\*\*</sup> Образцы толщиной 5 мм, шириной 10 мм, с величиной нахлестки 3 мм.

<sup>\*\*\*</sup> Образцы толщиной 3 мм, шириной 20 мм.

Устранение дефсктов в чугунном литье или соединение чугунных частей пайкой обладает перед сваркой тем преимуществом, что требует более низкого нагрева, в результате чего не происходит структурных изменений в чугуне и, как правило, соединения получаются более надежными.

Кроме того, стоимость паяных соединений впачительно ниже, так как они не требуют общего подогрева изделий.

#### Серебряные припои

По сравнению с другими известными в технике твердыми припоями группа припоев, содержащих серебро, напила в промышленности наибольшее применение.

Несмотря на дефицитность серебра, серебряные припои широко используются как в машиностроении, так и в приборостроении. Это объясняется свойствами, присущими таким припоям, — их достаточно высокой растекаемостью и смачиваемостью. Более низкая температура плавления серебряных припоев по сравнению с медноцинковыми дает возможность производить нагрев соединяемых элементов до меньших температур, что является важным технологическим преимуществом. С помощью серебряных припоев можно паять соединения как однородных, так и разнородных мсталлов. Эти соединения обладают высокой механической прочностью, достаточной пластичностью, необходимой электропроводностью и имеют хороший внешний вид.

Применять серебряные прилои особснно выгодно для конструкций, работающих в условиях вакуума и требующих непроницаемых швов. Физико-механические и технологические свойства серебряных прилосв находятся в вависимости от их состава.

Внесение в серебряные припои различных добавок—пижеля, марганца, кадмия и др. — расширяет области их применения, так как они при этом приобретают ряд дополнительных физико-химических, механических и технологических свойств.

Номенклатура серебряных припоев очень многообразна. Наиболее употребительные из них выпускаются нашей промышленностью в соответствии с ГОСТ 8190—56.

Этот ГОСТ классифицирует серебряные припои на пять групп.

К первой группе относятся припои, обладающие наивысшей электропроводностью; ко второй группе — припои общего применения.

В третью группу входят прилои, содержащие фосфор и обладающие самофлюсующей способностью при пайке меди и серебра,

Четвертая группа включает припои, легированные кадмием, марганцем и никелем, имеющие специальное назначение.

К пятой группе относятся преимущественно мягкие припои, содержащие серебро, олово, свинец и обладающие повышенной температурой плавления по сравнению с оловянно-свинцовыми.

Припои всех пяти групп выпускаются в виде слитков, полос, проволоки, размеры и допускаемые отклонения которых оговорены ГОСТ.

В табл. 11 приведены химический состав и физикомеханические свойства серебряных и серебряно-ципковых припоев по ГОСТ 8190—56.

Рекомендуемые области применения припоев, указанных в табл. 11, следующие:

Прилой ПСр10 предназначен для сосдинений из стали и цветных сплавов, допускающих нагрев до температуры 870°. Ето употребление возможно и в случаях, когда паяные детали подвергаются последующей термообработке при сравнительно высоких температурах.

ПСр12 применяется для пайки латуней с содержанием

58% меди и более.

ПСр25 применяется для пайки соединений из стали, меди и медных сплавов для получения более высокой механической прочности и чистоты места спая.

ПСр45 имеет высокое содержание серебра, которое придает припою почти белый цвет. Он используется для пайки стали, меди и ее сплавов, никеля и др. Соединения, выполненные этим припоем, хорощо сопротивляются коррозии и выдерживают удары.

ПСр50 имеет низкое электрическое сопротивление, применяется, когда необходима высокая электропроводность в сочетании с большим нагревом, поскольку температура полного расплавления его вначительно выше, чем

приноя ПСр72.

ПСр65 применяется для пайки ленточных пил и других изделий из углеродистой и малолегированной сталей.

j	Хими	Химический состав	×	физико-механические	инические	свойства	серебрян	серебряных припоев	e <sub>B</sub>	
		Состав, 0/0	. 0	Приме	Примесей не более, <sup>0/0</sup>	VIOTE	Температура кристадлязации, .С		Удель- пое элек- Предел	Предел
<b>М</b> арка припоя	odgađao	жейр	цинк	всего	в том числе свинца	пый вес, 2/сж³	начала	Конца	тросо- против- ление, ом. м. м.²	лрочно- сти при растяже- нии, кг/жж²
ПСр72 ПСр70 ПСр70 ПСр65 ПСр45 ПСр25 ПСр12м ПСр10	72±0,5 50±0,5 70±0,5 65±0,5 45±0,5 12±0,5 10±0,3	28±0.5 50±0.5 26±0.5 20±0,5 30±0,5 40±1,0 52±1,0	4±1,0 15,0±1,0 25±1,0 25±1,5 35,0+2,5 36±2,6 37±1,5 37±1,5	2,000 2,000 2,000 2,000 2,000 2,000	0,005 0,005 0,150 0,150 0,150 0,150 0,150	လွယ္လွတ္လွ လွ လွ လွယ္လွတ္လွ လွ လွ လွယ္လွတ္လွ လွ လွ လွ	779 850 775 740 725 775 825 825	779 779 730  660 745 780	0,022 0,025 0,042 	30—35 30—35 30,00 28,00 18,50

Примечание. Предел прочности всех ссребраных припосв ГОСТ 8190—56 не оговаривает, так же как и физико-механические свойства припоя ПСр65.

ПСр70 применяется для пайки соединений из меди, медных сплавов и драгоценных металлов. Этот припой употребляется в тех случаях, когда нужна повышенная вязкость и сопротивляемость коррозии. Широко используется для пайки токоведущих элементов, где место спая не должно резко уменьшать электропроводность.

Температура плавления припоя ПСр72 равна 779° и является самой низкой по сравнению с температурой плавления аналогичных сплавов. Электропроводность его очень высокая, она равла 77% электропроводности меди. Применяется там, где требуется высокая электропроводи-

мость паяного соединения.

Пайка перечисленными серебряными припоями требует применения флюсов или защитной атмосферы, без которых получить качественное соединение не представляется возможным.

Из табл. 11 видно, что серебряные припои стандартных марок обладают достаточно высокой механической прочностью; что же касается прочности паяных соединений, то она практически превышает прочность самого припоя и находится в зависимости от конструкции соединений и рода спаиваемых металлов.

# Медно-фосфористые припои

За последние 15—20 лет медно-фосфористые припои получили широкое применение в промышленности вследствие;

1) низкой их стоимости;

2) отсутствия в их составе дефицитных металлов;

3) хороших технологических свойств;

 способности к самофлюсованию при пайке меди и серебра;

5) удовлетворительных характеристик прочности и электропроводности паяных соединений.

Медно-фосфористые припои представляют собой двойные сплавы, состоящие из меди и фосфора.

В табл. 12 приведены типичные составы медно-фосфо-

ристых припоев, применяемых в промышленности.

Исходным материалом для приготовления этих припоев служит фосфористая медь, поставляемая по ГОСТ 4515—48, классификация и химический состав которой приведены в табл. 13.

#### Состав медно-фосфористых припоев

	Химический	Температура	
Марка припоя	медь	фосфор	расплавления, °С*
ПМФ-7 ПМФ-9	93 91	. 7 9	850—860 78 <b>0</b>

<sup>\*</sup> Данные ориентировочные.

Таблица 13 Характеристика марок фосфористой меди

	X	имиче	ский сост	aB, $0/0$				
Marks	компо	ленты	] пр	имеси		П		
Марка сплава			висмут	сурьма		Примерное назначение		
МФ-1	8.5— 10	Осталь- ноеј	Не более 0,002	Не более 0,002	0,4	для сплавов, обра- батываемых давле-		
МФ-2	8,5 10	70	Не более 0,005	Не более 0,1	0,8	нием В качестве лигатуры для литейных спла-		
МФ-3	7— 8,5	77	Не более: 0,005	Не более 0,1	1,0	вов В качестве раскисли- теля сплавов на медной основе		

Медно-фосфористые припои обладают хорошей жидкотекучестью. Для пайки используют медно-фосфористые сплавы, содержащие от 6 до 9% фосфора.

Некоторая хрупкость медно-фосфористых припоев ограничивает области их применения, в частности они не используются для пайки соединений, испытывающих в работе ударную или изгибающую натрузку.

Медно-фосфористые припои пригодны для пайки меди и латуни и совершенно не могут быть применены для пайки стальных деталей.

При пайке меди и серебра медно-фосфористые припои не требуют использования флюсов, так как они являются самофлюсующимися. Однако для найки медных сплавов флюсы необходимы.

Медно-фосфористые прилои успешно применяются для ряда весьма ответственных соединений электротехнического оборудования взамен дорогих и дефицитных серебряных и оловянистых припоев.

Медно-фосфористые прилои изготовляются:

- 1) в виде литых стержней. Пайка со стержнями распространена очень широко, однако она малопроизводительна и связана с большим расходом припоя;
- 2) в виде тонкой прокатанной полоски, для получения которой медно-фосфористый припой отливается в пластины толщиной 2,5—3 мм и при температуре 500—600° прокатывается в полосы толщиной 0,3—0,5 мм. От такой полоски плоскогубцами отламывают кусочки необходимого размера и вакладывают в места соединений.

В припое обычно должно содержаться не более 6,5—7% фосфора, так как в противном случае он обладает более высокой хрупкостью;

3) в виде медной фольги, облуженной медно-фосфористым прилоем.

Пента медной фольги погружается в тигель с расплавленным медно-фосфористым прилоем и вследствие высокой жидкотекучести прилоя покрывается очень тонким слоем его.

Затем ленту разрезают на заготовки нужной величины и формы, которые закладывают в места соединений. В этом случае качество пайки высокое при хорошей чистоте соединения.

### Припои с пониженной температурой плавления

Ряду отраслей промышленности пеобходимы припои с температурой плавления ниже, чем температура плавления твердых припоев общего применения, и заметно выше температуры плавления обычно применяемых мягких припоев, обладающих ограниченной механической прочностью.

Низкотемпературные серебряные припои по ГОСТ 8190—56

у дель-	пос электросо- против- ление, ом.жиз	0,072	l	0,22		_
Темперагу- ра, °С	-фэятва загаер- кинаяэд	635	595	099		
Темпе ра,	- Фонтае вкачен кинснод	650	605	700		
gWI	Удельный вес, г/	 9,3	8,4	9,7		
	Примесей всего	0,5	0,5	0,5		
	ни-	l	$0.3_{\pm}$	l		 _
	олово		l	3,1±01		
cocrab, 0/0	Кадмий	$18\pm1.0$	$26_{\pm 1.0}^{0.5}$	I		
Химический состав, 0/0	цияк	16±2	17 - 0.8			
~	медь	16-1,0	$16,7\pm^{0.7}_{0.3}$	28±1,0		
	серебро	50±0,5	40±1,0	62±0,5		
	Марка припоя	ПСр50-Кд 50±0,5	пср40	пср62		_

К числу таких твердых припоев, имеющих пониженную температуру плавления, относятся серебряные припои, содержащие кадмий.

Твердые серебряные припои с пониженной температурой плавления, выпускаемые нашей промышленностью, регламентированы ГОСТ 8190—56, их химический состав и другие свойства приведены в табл. 14.

В табл. 15 приведены химический состав и некоторые другие свойства наиболее употребительных в зарубежной практике припоев этой группы.

Таблица 15 Характеристика серебряных припоев с пониженной температурой плавления

	Χı	імичес	кий со	став,	Темпе ра,	рату-   °С	й вес,	овод- от оводно- й меди	
Ng n/n	cepeépo	медъ	цинк	Кадмий	прочик компо- нептов	начала плавле- ния	конца пдавле- ния	Удельный вес, г/см <sup>8</sup>	Электропровод- пость, ж от электропроводно сти чистой меди
1 2 3 4	35 45 50 50	26,0 15,0 15,5 15,5	21 16 16,5 15,5	18 24 18 16	-  3	608 608 626 646	702 618 635 688	9,49	23,9

Припой № 1 обладает широким интервалом затвердевания и рекомендуется для пайки соединений, в которых при подгонке могут быть допущены большие зазоры. Низкая температура плавления этого припоя расширяет возможности его применения для лайки соединений из металлов с низкой температурой плавления.

Принои № 2 и 3 имеютнизкую температуру плавления, обладают высокой прочностью и рекомендуются для пайки углеродистых и нержавеющих сталей, никеля и его сплавов, меди и медных сплавов.

Припой № 4 обладает низкой температурой плавления, он обеспечивает прочные соединения между деталями, имеющими большие зазоры. Рекомендуется при напайка карбидов вольфрама на другие металлы и является одним из лучших припоев для пайки деталей из вольфрама и молибдена.

Общий недостаток этих припоев — ограниченная пластичность паяных соединений. Некоторые исследователи отмечают положительное влияние лития на улучшение свойств серебряных припоев. Добавка 0,1% лития в серебряный припой повышает его жидкотекучесть, прочность и ударную вязкость. Особещно полезен литий при пайке сталей и пикелевых сплавов, содержащих легко окисляемые элементы — алюминий, титан, хром, молибден и вольфрам. Состав прапоя с присадкой лития следующий (в процентах): серебра 65,4; меди 19,5; цинка 15,0; лития 0,1.

Температура начала плавления такого припоя 693° и конца плавления 710°.

В табл. 16 приведены составы пизкотемпературных серебряных прилоев, содержащих цинк, кадмий и олово.

Таблица 16 Низкотемпературные серебряные припои на основе цинка, кадмия и олова

NC.	ļ	Химический состав, 0/0									
№ п/п	серебро	кадмий	цинк	олово	медь	_ Температу- ра растека- ния, °С					
1 2 3 4 5 6 7	5,0 15,0 20,0 20,0 40,0 30,0 20,0	78,4 70,0 66,0 30,0	16,6 15,0 14 	50 40 40 30,0	14	320 400 460 415 430 570 520					

Обладая низкой температурой затвердевания, являющейся в отдельных случаях чрезвычайно необходимой, серебряные припои указанной группы имеют и существенный педостаток — они малопластичны, поэтому не пригодны для соединений, работающих при ударных и изгибающих нагрузках.

Указанные в табл. 14, 15 и 16 припои имеют один общий и весьма существенный недостаток: помимо серебра, они содержат и такие остродефицитные элементы, как олово и кадмий. Поэтому они редко используются.

К числу припоев, имеющих полиженную температуру плавления в сравнешии с температурой плавления стандартных твердых припоев, можно отнести и группу меднофосфористо-серебряных и медно-фосфористо-сурьмянистых припоев. Добавки серебра в медно-фосфористые сплавы значительно их улучшают, в частности улучшают их смачивающую способность, повышают жаналлярные свойства и делают припои более легкоплавкими.

Исследования говорят не только об улучшении технологических свойств медно-фосфористых припоев при их оботащении серебром, но и о заметном повышении механической прочности паяных соединений. Что же касается пластических свойств, характеризуемых углом вагиба образца, то они практически остаются на том же уровне, что и у чисто медно-фосфористых припоев. Заметное улучшение пластических свойств припоя наступает лишь при 15% содержания серебра. Ударная же вязкость находится в весьма слабой зависимости от содержания серебра.

В табл. 17 представлены химический состав меднофосфористых припоев с различным содержанием серебра и температуры их полного расплавления, а в табл. 18 механические свойства этих припоев.

Таблица 17 Химический состав медно-фосфористых припоев с серебром

	Химич	еский со	став, <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	!
Марка припоя	фосфор	серебро	медь	Температура расплавления, °С
МФЗ* (ГОСТ 4515 –48) ПСрФ2-5 ПСрФ5-5 ПСрФ15-5	7,5 5,2 5,5 4,8	2,3 4,9 15,0	Остальное в п	710 685 710 703

<sup>\*</sup> Приной МФЗ взят для сравнения.

Области и условия применения медно-фосфористых припоев с серебром те же, что и медно-фосфористых припоев без серебра. Они рекомендуются для пайки мели и

ее сплавов и не рекомендуются для пайки стальных деталей вследствие того, что образуют хрупкие соединения.

Таблица 18 Механические свойства соединений из латуни Л62, спаянных медно-фосфористыми припоями, содержащими серебро

	Механическ	ие свойства		Ī	
Марка припоя	предел прочности на разрыв, кг/мм²	предел прочности на срез, кг/мм²	Угол загиба, град.	Ударная вязкость, <i>кгм/см</i> <sup>2</sup>	
МФЗ ПСрФ2-5 ПСрФ5-5 ПСрФ15-5	16,5 19,4 21,3 27,5	28,9 33,4 36,9 41,1	8 9 8 30	1,84 1,85 1,95 2,16	

В табл. 19 приведены химический состав и свойства серебряных припоев с фосфором по ГОСТ 8190—56.

Таблица 19 Серебряные припои с фосфором по ГОСТ 8190-56

	Хими	ческий -	состав,	вес,	ра кр		Удель- пое элек-		
Марка припоя	серебро	медь	фосфор	примесей всего	Удельный з г/см³	лизаці нача- ла	конца	тросоп- ротивле- ние, ом·мм <sup>2</sup>	
ПСр71 ПСр25Ф ПСр15	$71 \pm 0.5$ $25 \pm 0.5$ $15 \pm 0.5$		$ \begin{array}{c c} 1 \pm 0, 2 \\ 5 \pm 0, 5 \\ 4, 8 \pm 0, 3 \\ 4, 8 \pm 0, 3 \end{array} $	l .	9,8 8,5 8,3	795 710 810	750 650 635	0,04 0,18 0,22	

#### Припои специального назначения

Припои для пайки нержавеющих сталей. Пайка нержавеющих сталей, легированных специальными элементами, представляет известные трудности, так как в печах воледствие химического взаимодействия кислорода с легирующими элементами происходит окисление поверхности стали. Для удаления этих окислов, а также предупреждения дальнейшего их образования применяют различные флюсующие материалы.

Особенно летко образующимися и трудно удаляемыми окислами являются окислы таких элементов, как алю-

милий, титан, кремний, хром.

Оставшиеся после пайки флюсы вследствие своей химической активности зачастую вызывают коррозию металлов, и приходится прибегать к сложным и дорогим методам очистки изделий от них.

Поэтому нередко вместо применения флюсов найку осуществляют в вакууме или в восстановительной атмосфере сухого водорода, диссоциировалного аммиака в т. п.

Ряд зарубежных фирм для пайки нержавеющих сталей, не работающих при высоких температурах, в качестве припоя применяет медно-нижелевые сплавы, составы которых приведены в табл. 20.

Таблица 20

	Химический состав	, 0/0
пикель	железо	медь
3 5 10	5,0	Остальное

Указатные припои дагот высокую прочность лаяных соединений.

В США и Германии при пайко нержавеющих сталей применяются припои, содержащие серебро. Составы их приведены в табл. 21.

При пайке нержавеющих сталей, не содержащих никсля, преследуется цель получить не столько высокопрочные соединения, сколько соединения, хорошо сопротивляющиеся коррозии во влажной атмосфере.

Получение коррозионной устойчивости паяного соединения достигается применением припоев, содержащих

Таблица 21 Серебряные припои для пайки нержавеющих сталей

	<u> </u>	Хими	<b>ческий</b>	соста	в, 0/0		
№ п/п	cepebpo	марга- нец	олово		медь	цинк	Температура имавления, °С
1 2 3 4 5	85 27 49 65 40	15 10 8 5	   	6 5 2 10	$ \begin{array}{c c}  & - \\  & 40 \\  & 18 \\  & 28 \\  & 50 \end{array} $	17 20 —	960 -976 Около 800 " 650 — 820—840

Примечание. Припои  $\mathcal{N}_2$  2 и 3 характеризуются ограниченной растекаемостью.

пикель. Для этих целей в варубежной практике используются никельсодержащие серебряные припои, составы которых указаны в табл. 22.

Таблица 22 Припои для получения коррозионноустойчивых соединений при пайке нержавеющих сталей

		Хи	мичес	кий со	став, <sup>(</sup>	)/ <sub>0</sub>	
<b>№</b> п/п	cepeópo	01010	никель	инн	кадмий	медь	Температура пдавления, °С
1 2 3 4 5	63 60 40 50 40	6 10 -	2,5 2,0 5,0 3,0 2,0	25,0 15,5 28,0		Остамьное * "	802—821 759—777 849 688 779

Припов: № 1 и 2 почти не дают коррозии, но обладают плохой жидкотекучестью, поэтому они должны быть предварительно уложены во всех местах, где это возможно, чтобы участок, по которому припой растекается, был наименьшим. Соединения, полученные при пайке безникелевых нержавеющих сталей этими припоями, обладают внолие удовлетворительной коррозионной стойкостью.

Соединения, выполненные припоями № 3, 4 и 5, в очень незначительной степени подвержены коррозии, а сами припои в отличие от припоев № 1 и 2 обладают удовлетворительной жидкотекучестью.

Предусмотренный ГОСТ 8190—56 припой ПСр44 с успехом может быть использован для пайки нержавеющих

сталей.

Он имеет следующий состав (в процентах): серебра  $44\pm1$ ; меди 27-1-1; цинка  $16\pm2$ ; кадмия  $8\pm1$ ; марганца  $3\pm0,5$ ; никеля  $2\pm0,5$ .

Хорошие результаты при пайке наиболее распространенной хромоникелевой нержавеющей стали дает приной ПЖЛ, разработанный А. И. Губиным. Химический состав приноя ПЖЛ следующий (в процентах): никеля 27—30, кремния 1,5—2,0, бора 0,2 (по расчету), железа 0,5, меди — остальное.

Температура плавления этого припоя  $1080-1100^\circ$ . Он выпускается в виде прутков, проволоки и фольги. Пайка таким припоем предусматривает применение флюсов. В ряде случаев можно пользоваться плавленой бурой. Рекомендуемые зазоры в соединении 0.05-0.15 мм.

Припой ПЖЛ обладает высокой смачивающей способностью и допускает любой способ нагрева— газовым пламенем, токами высокой частоты, в печах и соляных ваннах. Этот припой в соединениях не образует хрупкости и трещин.

Если пайка хромо-никелевой нержавеющей стали проводится в восстановительной атмосфере или в важууме, то надобность во флюсах отнадает.

Припои для пайки твердосплавного инструмента. Припои, применяемые для напайки пластинок твердого сплава, не должны иметь чрезмерно высокой температуры плавления, так как это усложняет процесс пайки, что неизбежно сказывается на производительности и ведет к увеличению окисления твердого сплава.

Однако не следует, чтобы температура плавления припоя была очень низкой, так как при этом снижается сопротивляемость соединения нагреву инструмента в процессе резания, что ведет к снижению механической прочности.

Практически температура плавления припоев, применяемых для припайки пластинок твердого сплава, находится в предслах 900—1100°.

Составы припоев для напайки пластинок из твердых сплавов

			×	Химический состав, 0/0	ий сост	aB, 0/0			
Наименование припоя	Марка	медь	цинк	никель	марга- нец	железо	алюми- ний	приже-	алюми- приме- плавле- ний си ник,
Медь	M1	6'66	I	I	ı			0,1	1083
Латунь	5162	60,5 -63,5 89,5-37,5	39,5—37,5	I	ı			0,5	905
Никелевая латунь	JIH 58-5	5760	38 33	3833 4,5 -5,5	!			0,5	950
Марсанцовистая латунь	ЛМц 58-5	27 60	38-33		3,5—5,5	3,5—5,5 0,5—1,0		ō,0	850
Никель-марсанцовистая латунь	ЛНМц 56-5-5	54—59	38—30	3,5—5,5	3,5—5,5	38-30 3,5-5,5 3,5-5,5 0,5-1,0	l	6,0	006
Алюминкево - никель - марган - БАНМц 91,888,5 повистая бронза 5-3-2	БАНМц 5-3-2	91,8~-88,5	1	2,53,5	1,0-2,0	2,5-3,5 1,0-2,0 0,2-0,5 4,5-5,5	4,5 5,5 	٥,٥	1100
			•						

В табл. 23 приведены сплавы на медной основе, рекомендуемые для пайки твердосплавного инструмента.

Выбор прилосв, приведенных в табл. 23, определяется

условиями эксплуатации режущего инструмента.

Припой М1 примоняется при пайке в печах легко нагруженного инструмента из твердых сплавов вольфрамокобальтовой группы.

Припой Л62 аспользуется при пайке индукцаюнным и контактным методом твердых сплавов вольфрамо-кобальтовой группы для легко нагруженного инструмента.

Припоем ЛН 58-5 паяют тяжело нагруженный инструмент из твердых сплавов титано-кобальтовой группы, а припоем ЛМц 58-5 — легко нагруженный инструмент из тех же сплавов.

Наиболее универсальным припоем, применяемым во всех случаях, является ЛНМц 56-5-5. Им паяют инструмент из сплавов титано-кобальтовой пруппы, работающий в условиях высокого напрева места спая.

Для изготовления режущего инструмента путем напайки пластинок из быстрорежущей стали имеются специальные сварочные порошки с высокой температурой плавления. Их применение вызвано необходимостью производить термическую обработку режущей части инструмента при высоких температурах.

В табл. 24 приведены составы сварочных порошков, применяемых при пайке быстрорежущей стали.

Таблица 24 Состав порошков для напайки пластинок из быстрорежущей стали

	•••	Coc	тав в	весовы	$(\mathbf{x}^{-0})_0$			1
ферромар- ганец (70— 80)	ферроси- лиций (70—80)	стальная стружка	чугунная стружка	медная стружка	стекло тол-	бура плав- лепая	сода тех-	Темпера- тура плав- ления, °С
40 60 — 25 60	$\begin{array}{c c} 12 \\ 10 \\ - \\ 32 \\ 5 \\ - \end{array}$	72 		5 10 16	15 - - - 30	15 10 30 32 10	1 	1325—1345 1190—1300 1200—1220 1250—1280 1290—1330 1300—1320

Входящие в состав сварочных порошков компоненты проссиваются через сито с числом отверстий 100—200 на 1 см² и тщательно перемещиваются.

Для принайки пластинок из быстрорежущей стали, кроме порошков, применяются также медно-ликелевые припои, обеспечивающие высокую прочность соединения. Составы этих припоев приведены в табл. 25.

Таблица 25 Составы припоев для пайки режущего инструмента с пластинками из быстрорежущей стали

		Сод	ержан	ие элеме:	итов, 0/₀		Темпе-
Марка припоя	медь	никель	железо	марга- нец	крем- ний	цинк	ратура плавле- пия, °С
ГПФ ГФК	66 72 74 73	10—14 5—4	12—14 7—6	4,2—5,0 4—5	1,0—1,9 43	68	1180—1280 1015—1150

Припои для пайки алюминия и его сплавов. Проведение пайки алюминия и его сплавов представляет известные трудности вследствие быстрого образования на поверхности изделия химически стойкой пленки окиси алюминия. Поэтому без химически активных флюсов, растворяющих оксидную пленку, производить пайку алюминия не представляется возможным.

Наиболее широко применяемым прилоем для пайки алюминия и его сплавов является сплав, состав которого приведен в табл. 26.

Таблица 26 Состав припоя 34А для пайки алюминия и его сплавов

Наименование компонентов	Состав осповных компонентов, <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Кремний	5,5—6,5 27—29 Остальное

Согласно нормали авиационной промышленности 276 АМТУ—49 этот припой изготовляется в сортаменте, приведенном в табл. 27.

Табляца 27 Сортамент припоя 34A

Толіцина прутков,	Длина прутков,	Допускаемые откло-
<i>мм</i>	мм	пения по длипе, <i>мм</i>
4 6 8	500 600 700	-20 -20 -20 -20

Пайка припоем 34A производится с применением флюса той же марки, характеристика которого приведена ниже, в главе о флюсах.

### 5. ФЛЮСЫ

Для получения качественных паяных соединений необходимо, чтобы соединяемые поверхности были тщательно очищены от окислов, следов жира и грязи. В противном случае органические вещества обугливаются, вызывая дефекты в паяных соединениях. При быстром нагреве, если поверхность загрязнена, газы не успевают выделиться из сплава и во время остывания образуют в соединениях поры.

Поэтому перед проведением пайки производится соответствующая их обработка резцом, обдувкой дробыо или химическим травлением.

Однако такой очистки новерхностей сплошь и рядом оказывается недостаточно. Дело в том, что в процессе натрева под пайку они покрываются тонким слоем различных окислов, препятствующих проведению найки. Расплавленные припои перестают смачавать соединяемые поверхности и растекаться по ним. Для того чтобы устранить вредное влаяние окислов на ход всего процесса пайки, применяют флюсы, которые:

а) сплавляют и удаляют окислы с поверхности металла спаиваемых соединений и припоя и предохраняют их от окисления в процессе пайки;

б) снижают поверхностное натяжение расплавленных припоев и, следовательно, улучивают их растекаемость и смачиваемость.

К флюсам предъявляются следующие требования:

1. Температура плавления флюса должна быть ниже температуры плавления припоя, но температура его испарения должна быть выше температуры плавления припоя.

2. Флюс должен активно восстанавливать окислы или связывать их в прочные и легкоплавкие химические соединения, обладающие высокой жидкотекучестью. Активность флюсов зависит от температуры пайки.

Флюс, хорошо защищающий поверхность изделия при пайке припоем с низкой температурой плавления, может оказаться недостаточно активным при использовании припоя с более высокой температурой плавления. И наоборот, флюс, температура плавления которого выше температуры плавления припоя, не обеспечивает требуемую чистоту поверхностей.

Может случиться, что флюс, успешно предотвращающий образование окислов при пайке меди, оказывается недостаточно активным при пайке легированной стали, содержащей хром. Поэтому важно выбирать флюс, достаточно активный для данного основного металла, с учетом температуры плавления применяемого припоя.

3. Флюс должен обладать малым удельным весом и при температуре пайки иметь минимальную вязкость, с тем чтобы легко всплывать на поверхность металла, а не оставаться в паяном соединении.

Это условие особенно важно, если необходимо получить не только прочные, но и плотные паяные швы.

- 4. Флюс не должен вступать в соединение с основным металлом и припоем и не должен ими поглощаться, так как поглощение флюса или продуктов его разложения приводит к потере коррозионной устойчивости изделий и к снижению механической прочности соединения.
- 5. Флюс и образованные им шлажи после охлаждения должны удаляться с повержности основного металла и паяных соединений сравнительно легко и простыми средствами.

Большинство флюсов для твердой пайки вызывает коррозию металла и поэтому остатки их необходимо удалять с поверхности деталей. Очистка поверхности от

остатков флюса обычно выполняется горячей водой или механическим способом. В некоторых случаях флюс лучше отделяется, если погрузить еще не остывшие после пайки детали в воду. Необходимо полько следить за тем, чтобы температура деталей че была слишком высокой и охлаждение в воде не вызвало появления трещин или вакалки основного металла.

Некоторые флюсы не могут быть удалены промывапием в воде и требуют травления деталей после пайки. Иногда бывает полезно добавлять в горячую воду немного кислоты.

В задачу флюсов не входит удаление посторонних веществ органического происхождения, например жиров, масел и др. Органические вещества должны быть удалены с изделий химическим или механическим путем. Флюс предупреждает окисление в процессе нагрева и ни в коем случае не может заменить вышеуказанную очистку.

В настоящее время еще по удалось изыскать флюсы, которые были бы применимы для всех основных металлов и припоев, а также отвечали бы всем возможным требованиям практики. Поэтому номенклатура флюсов довольно обширна, а выбор их производится в соответствии со свойствами слаиваемых металлов и используемых припоев.

В табл. 28 приведены флюсы для мягкой пайки.

а в табл. 29 -- флюсы для твердой пайки.

Флюсы для твердой пайки употребляются в виде порошков, пасты или жидкости, газов, покрытий на прутке припоя.

Порошкообразный флюс употребляется довольно часто. Будучи нагретым до температуры 650°, порошок размягчается и становится вязким. Поэтому он хорошо пристает к нагретому изделию или прутку припоя.

Однако при газовой пайке в самом начале нагрева он лерко сдувается с изделия пламенем, в результате чего металл остается незащищенным.

Чтобы избежать этого, флюс смешивают с водой или спиртом, полученную пасту жистью наносят на изделие. Такой флюс наиболее удобен, так как равномерное нанесение его на изделие упрощается. В ряде случаев перед паянием мелкие детали полностью погружаются в такую пасту.

# Флюсы для мягкой пайки

(По данным Г. И. Апухтина)

	пиТ	Кислотные	<u> </u>	Антикоррози- Ониме
	Наимено- вапие	Хио- рыс- тый цияк	Таста 15-85	При- ма 1
11)	Состав флюса	30-процентений раствор хлори- стого ципка в воде. Прв 263 пых металлов, кроме цин- поверхности осаждается кри- стого ципка, имеющий тем- пературу плавления 263°     26-процентений раствор хлори- стого ципка, имеющий тем- пературу плавления 263°    26-промывка в 5-процентном расс- да жовых и оципкованных де- пой раздельной промывкой в горячей воде при темпера- гали магкой гряпкой, сухими опиещая их в сущильный шкаф	Паста 1. Хлористый ципк — 15% 15-85 2. Вазелин — 85%	1. Хлористый цинк 73 г. 2. Хлористый аммоний 27 г. 3. Спирт 1 л. 4. Глицерин 60 г. 5. Вода дистиллировапная 1 л.
о дани	Темпера- тура пай- ки, °С	Выше 263	Выше 263	
(ПО даппым 1. И. Апухтина)	Области применения	Для пайки черных и цвет- пых металлов, кроме цин- ковых и оципкованных де- талей	При пайке и лужении чер- ных и цветных металлов	При пайке черпых и цвег- ных металлов, никеля, платины и ее сплавов
	Способ удаления остатков	Промывка в 5-процентном растворе кальцинированной соды с последующей двухкратной раздельной промывкой в горячей воде при температуре 70°.  Влагу удаляют, протирая детали мягкой тряпкой, сухими опилками или помещая их в сущильный шкаф	263 ных и цветных металлов щетки, с последующей промывкой в воде.  Осушка производится так же, как и в предыдущем случае	170 и При найке черпых и цвет- Промывка в горячей воде с по- выше ных металлов, никеля, следующей просушкой в су- платины в ее сплавов кой тряпкой яли опялкамя

табл. 28	TATKOB	розии на Цветиме имвеки в ведующей заано в	ызывает. тряпкой, тилового соотно-	моченной	
Продолжение табл. 28	Способ удаления остатков	Флюс не вызывает коррозии на чериых металлях. Цветиые силавы требуют промывки в горячей воде с последующей просушкой, как указано в предыдущих случаях	Флюс коррозии не вызывает, Швы протираются тряпкой, смоченной в смеск этилового сиирта и бензина (в соотно- шении 1:1)	ротирка тряпкой, смоченно спиртом или растворителем	
ı	Способ	₩	Флюс корроз Швы прот смоченой в спирта и бе пении 1:1)	Протирка	То же
	Области применения	Пайка трубных деталей из черных металлов и спла- вов на медной основе	Пря найкс меди, латуни, бронзы, константана, серебра, платины. Обеспечивает хорошее качество соединений и чистоту швов	При пайке монтажных со- Протирка тряпкой, смоченной единений из меди и ее спиртом или растворителем ной зачисткой мест пайки	При пайке монтажных со- сдинский из меди и се сплавов методом погру- жения
	Темпера- тура цай- См., пя		l	150— 350	300
-	Состав фалоса	ФИМ 1. Ортофосфорная кислота с удельным весом 1,7—200 см <sup>3</sup> 2. Спрт 1 л 3. Вода 1 л	<ol> <li>Вазелин технический 100 г</li> <li>Салициловая кислота 10 г</li> <li>Триэтаноламин 10 г</li> <li>Спирт этиловый 40 г</li> </ol>	Кавифоль натуральвая	Раствор канифоли в этиловом синрте: канифоли 15%, этилового спирта 85%
	Наимено- вание	ФИМ	BTC		жэ
	пиТ	ррозиопные	Уитико	CLOTHME	Рески

Ñ
табл.
Гродолжение
-

е табл. 28	OCTATKOB	,	ротирка мягкой тряпкой, смоченной спиртом, ацетоном
Продолжение табл.	Способ удаления остатков		мягкой ой спиртом
İ	Способ	То же	Смочення
	Области примскения	При пайке герметичных систем и топких трубок, меля и ее сплавов. Обеспечивает высокую мехапическую прочность соединений	Три пайке черпых и цвет- пых металлов, в том чис- ле пержавеющих сталей, никеля, серебра, нихрома и оципкованных изделий Требует предварителього удаления окислов с по- верхности соединений и их обезжиривания
	Темпера- тура пай- ки, °С		330
	Состав флюса	1. Канифоль 50 <i>г</i> 2. Глицерин 100 <i>см</i> <sup>3</sup> 3. Денатурат 850 <i>см</i> <sup>3</sup>	1. Қапифоль 2. Анлын соляпокислый 3. Триэтаполамип 4. Метафенилдиамип 5. Диэтиламин солянокислый 6. Спирт
	Наимено- вапие	Гли- пери- но-ка- нифо- левый	N L
	пиТ	рескисполные	Vкливированные

# Флюсы для твердой пайки

Бура (плавлепая)	Назпачепие флюса  Для пайки меди, бронзы, стали мед- по-ципковыми, медно-никелевыми и другими тугоплавкими приноями стальным выше бальковой грудпы к стальным дер- жавкам медпыми и медпо-никеле выми приноями и приноями и приноями и приноями и приножими и медпо-никеле выми приноями и медпо-никеле выми пасты, замешенной па воде или спирте.  При пайке пластин из твердых спла- выми приноями и двух весо- вых частей вазелина, либо смеси буры с ацегопом, доведентой до тесто- образного состояния. Флюсы в ви- де насты применяются ири найке многолевыйного инструмента	Примечанис  Бура расплавляется, после охлаждения измельчается в порошок и проскоивастся через сито с 400 отверстиями па 1 см².  Приготовлентый порошок очень гигроскопичен, а поэтому должен храниться в закрытых бапках.  Применяется в виде порошка или пасты, замешенной па воде или спирте.  При пайке пластин из твердых сплавов применяется в виде порошка или пасты, состоящей из трех весовых частей вазелина, либо смеси буры с ацетопом, доведенной до тестообразаного состояния. Флиосы в виде насты применяется в выте насты применяется в выте насты применяются при пайке многолезьвйного инструмента
тористый калий 43%, борная кислота 57%	Фтористый калий 43%, борная Для найки серебряными припоями кислота 57% пластин твердых силавов к сталь-	

Состав флюса	Назначение флюса	Примечание
Борная кислота 70±2%, бура. 21±2%, фтористый кальций 9±1%	Борная кислога 70 $\pm$ 2%, бура Для найки нержавеющих сталей и условное 21 $\pm$ 2%, фтористый кальций жаропрочных сплавов латунью $N$ 200. 9 $\pm$ 1% с температурой плавления выше пасты, зам 900°	Условное обозпачение — флюс № 200. Применяется в виде порошка или пасты, замешенной на воде
Борная кислота 80 ± 1%, бура 14 ± 1%, калынй фтористый 5,5 ± 0,5%, лигатура (4% Мg, 48% A1, 48% Сu), 0,5 ± 0,1%	То же	Условное обозпачение — флюс № 201. Применястся в виде по- ропика или пасты, замешенной на воде
Бура плавленая 50%, борная кислота 50%, разведенные в растворе хлористого цинка Бура плавленая 60%, фтористый калий 30%, борная кислота 10%	Бура плавлевая 50%, борная Для пайки нержавеющих и жаро- Применяется в виде порошка или растворе хлористого цинка прочных сталей медно-никелевыми водного раствора прочных сталей медно-никелевыми припоями и медно-никелевыми и медно-никелевыми и медно-никелевыми ирипоями	Применяется в виде порошка или водного раствора
Бура 50%, борная кислота 50% Бура 90%, борная кислота 10% Бура 95%, марганцовокислый калий 5%	Бура 50%, борная кислота 50% для пайки латунными припоями го же пластинок твердых силавов со стальными державками Бура 90%, борная кислота 10% при пайке твердых ставнов вольфрамо-кобальтовой группы фрамо-кобальтовой группы припоями и Компоненты замешиваются на стого цинка стого цинка	То же  **  **  **  **  **  **  **  **  **

Для пайки стали, меди и ее сплавов твердыми припоями наиболее часто употребляются бура и борная кислота, активной частью которых является борный ангидрид.

Борный ангидрид образуется при распаде буры во

время ее натрева.

При температуре пайки он вступает в реакцию с окислами металлов и образует химические соединения, выходящие в шлак.

Остывая, шлаки покрывают всю поверхность паяного соединения стекловидной коркой, трудно удаляемой с поверхности.

Бура содержит в большом количестве кристаллизационную воду, которая, выделяясь при нагревании, сильно вспучивает флюс. Поэтому перед применением ее прокаливают при температуре 400—450° или же плавят, а после охлаждения превращают в порошок. Из плавленой или прокаленной буры приготовляют флюсующую пасту, вамешивая полученный таким образом порошок на спирте или воде.

Борный ангидрид также можно получить, нагревая борную кислоту. Он наиболее активен при температуре 900°.

900.

В качестве флюса обычно применяют смесь буры и

борной кислоты.

Для пайки нержавеющих и легированных сталей твердыми припоями с температурой плавления выше 850° бура, борная кислота и их смеси не пригодны вследствие их малой активности по отношению к окислам металлов, образующихся на спаиваемых поверхностях этих сталей. Для пих берут более сложные флюсы, в состав которых входят фтористые соли.

Для найки конструкционных, нержавеющих сталей и медных оплавов серебряными припоями с температурой плавления 600—800° бура или борная кислота как самостоятельные флюсы не применяются, а используется борный ангидрид в смоси с фтористыми солями калия. Такая композиция отличается высокой флюсующей способностью.

При пайке предметов санитарии или сосудов для съестных припасов не должны использоваться флюсы, которые могут оказать ядовитое действие (например, хлористый цинк, фосфорная кислота).

Если соединяют металлы, для которых существенное вначение имеет электропроводимость, то флюсы не должны быть кислотными, поскольку такие флюсы вызывают усиленную коррозию.

Для пайки серебряными припоями, имеющими температуру плавления ниже, чем медные и медно-никелевые, применяют флюсы, указанные в табл. 30. Их флюсующая способность проявляется при более низких температурах, чем флюсов, помещенных в табл. 29.

Таблица 30 Флюсы для пайки различных металлов серебряными припоями

Состав, %	<b>Пазначение</b>	Примечание
Тетрафторборат калия $30-50$ , борная кислота $70-50$ Борный ангидрид $35\pm2$ , фтористый калий (обсзвоженный) $42\pm2$ , тетрафторборат калия $23\pm2$	ционных и нержавею- щих сталей, жаропроч- ных и медных спла- вов, а также соедине- ний из различных ме- таллов и сплавов, в ча- стности меди с нержа-	Условное обо- эначение № 209
Борная кислота 60, фтористый калий 40 Бура 50, борная кислота 35, фтористый калий 15	веющей сталью То же Применяется для пайки припосм ПСр45, имсющим низкую температуру плавления. Рекомендуется главным образом для пайки мелких дсталей	Условное обо- значение 188. Применяется в виде пасты, замешенной на воде или спирте. Флюс плавится при темпера- туре 600°

Флюс 34А для пайки алюминия и его сплавов представляет собой порошок, получаемый путем сплавления солей хлористого калия, лития и цинка с фтористыми солями калия или натрия.

Химический состав флюса приведен в табл. 31.

Приемку флюса производят по химическому составу и соответствию технологической пробе. Технологической

Таблица 31

# Химический состав флюса 34А

	Химиче <b>ск</b> ий состав, <sup>9</sup> / <sub>0</sub>				
Наименование компонеятов	пределы колебаний компонентов	оптимальный состав компонен- тов			
Калий или натрий фтористый Цинк хлористый Литий » Калий »	9—10 6—10 29—35 Остальное	10 8 32 50			

пробой устанавливают активность флюса на растекае-мость по алюминию в электропечи при температуре  $600^\circ$  в течение 3 мин. Площадь растекания 1 г припоя при 1 г флюса по поверхности должна быть не менее 12  $cm^2$ .

## Глава II

# ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ТЕХНОЛОГИИ ПАЙКИ

### 1. ПАЙКА МЯГКИМИ ПРИПОЯМИ

Соединения, паянные мягкими припоями, не выдерживают больших механических нагрузок. Чтобы усилить их прочность, в ряде случаев проставляют ваклепки, винты или делают фальцы. Припой же в этом случае рассматривают как средство для уплотнения соединения. В токоведущих соединениях мягкие принои обеспечивают необходимую электропроводность.

Паять мягкими приноями можно многие металлы, однако степень подготовки их под найку, флюсование и очистка различны. Различна также и скорость пайки. Так, например, цинк, серебро сравнительно легко растворяются в расплавленном припое, поэтому тонкие листы и проволоку из них необходимо паять как можно быстрое и при более низкой температурс.

Применение мятких припоев для пайки стальных деталей требует проведения предварительного лужения соединяемых поверхностей. Только в этом случае обеспечивается требуемое качество паяного соединения.

Пайка мяткими припоями осуществляется несколькими способами:

- а) с помощью паяльника;
- б) погружением деталей в ванну с расплавленным припоем;
  - в) пламенем паяльной лампы или горслки.

# Пайка с помощью паяльника

Паяльник представляет собой кусок чистой меди, насаженный на ручку, которому придана молоткообравная форма или форма обычного стержня.

Рабочая часть паяльников выполняется обычно в виде

тупого лезвия. Рабочая часть торцового паяльника имеет форму острия.

Паяльники изготовляют весом от 200 г до 2 кг. Чем

легче наяльник, тем удобнее он для работы.

В результате высокой теплопроводности и теплоемкости меди паяльник хорошо аккумулирует тепло и быстро передает его на рабочую часть, что ускоряет проведение процесса пайки.

Паяльники изготовляют каж для периодического, так и для непрерывного напрева. В первом случае нагрев осуществляется с помощью бензиновой или керосиновой лампы, тазовой торелки, в торне и т. д., во втором случае — благодаря переходу электрической энергии в тепловую (электропаяльник).

Перед пайкой рабочую часть паяльника зачищают напильником и затем облуживают. Небольшое количество припоя помещают в желобок, выполненный в куске нашатыря, и движением нагрегого паяльника по нашатырю и припою залуживают его рабочую часть. Перед пайкой на соединяемые поверхности наносится флюс, а затем уже паяльником с пругка припой подается в места соединений. Если паяют мелкие изделия, то можно полызоваться припоем, осевшим на лезвии паяльника.

Прилой должен ваполнить все щели, вытесняя из них остатки флюса.

Пайку соединений лучше всего производить в горизонтальном положении. Крупные медные изделия со степками большой толщины предварительно натревают до температуры 100—150° во избежание быстрого охлаждения паяльника. При пайке электротехнических соединений весьма удобно пользоваться трубчатым припоем с канифольным флюсом. Благодаря этому увеличивается производительность и экономится припой. Нередко приходится применять различные приспособления, которые точно фиксируют положение спаиваемых деталей. Конструкция их зависит от размеров и формы спаиваемых деталей.

# Пайка погружением в ванну с расплавленным припоем

В массовом или круппосерийном производстве целесообразно осуществлять пайку погружением соединяемых деталей в расплавленный прилой. Особенно широко при-

меняется этот способ лайки в электро- и радиопромышленности,

Температура ванны с оловянно-свинцовыми припоями обычно на 80—100° превышает температуру их расплавления. Более высокий нагрев ванны, с одной стороны,

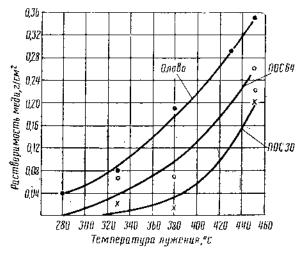


Рис. 2. Растворимость меди в различных припоях в зависимости от температуры ванны при погружении

приводит к повышенному угару припоя и, с другой, — к заметному растворению в припое металла спаиваемых деталей, особенно меди. Зависимость растворимости меди от температуры нагрева ванны припоя при попружении медных изделий показана на рис. 2. Из приведенных данных следует, что: 1) чем выше температура ванны при погружении изделий, тем интонсивнее происходит растворение меди в припое, и 2) растворимость меди в припое тем больше, чем выше содержание в нем олова. В чистом олове растворимость меди максимальная.

В целях установления правильного температурного режима ванны с припоем ПОС-61 при пайке радиотехнических нечатных схем была определена зависимость площади смачивания от температуры припоя. Из полученных результатов, приведенных на рис. 3, следует, что для

данного случая пайки наивыгоднейшая температура нагрева ванны 245-250°, но и в этом случае площадь растекания припоя составляет не более 90%. Для получения 100% площади растекания потребовалось перемощать

спаиваемое изделие по вер-

калу припоя.

В качестве флюса  $\Pi | \mathcal{D} \mathcal{H}$ пайке погружением чаще всего применяется хлористый цинк. Если выполняются электротехнические соединения, то используется канифольный флюс.

Технология пайки заключается в следующем. Детали

собирают под пайку, применяя необходимые приспособления. Затем места пайки

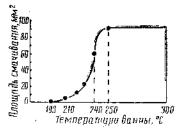


Рис. 3. Кривая зависимости площади смачивания от температуры припоя

погружают в хдористый цинк. После необходимой выдержки их во флюсе последнему дают возможность стечь и места соединений погружают в ванну с расплавленным припоем, на поверхности которого также находится флюс. После окончания пайки во избежание коррозии детали промывают горячей водой. Токоведущие части погружают в ванну с припоем, на поверхности которого находится канифольный флюс.

Пайка погружением обеспечивает высокую производительность и возможность соединения сложных конструкций. Однако этот метод связан с повышенным расходом припои.

# Пайка пламенем паяльной лампы или горелок

К лаянию пламенем прибогают в том случае, когда использование паяльника не представляется возможным. Совсем не рекомендуется применять пламя при паянии мелких деталей, тонких проволок и цинка вследствие трудности регулирования температуры нагрева и возможности подплавления металла спаиваемых деталей Пламя паяльных лами и горелок чаще всего испольвуется собственно не для процесса пайки мягкими припоями, а как средство нагрева паяльников при монтажных и ремонтных работах.

# 2. ПАЙКА ТВЕРДЫМИ ПРИПОЯМИ И ПРИМЕНЯЕМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Нагрев изделий при твердой пайке осуществляется:

- а) газовым пламенем;
- б) в печах, главным образом электрических;
- в) в соляных ваннах;
- г) индукцией токов повышенной или высокой частоты;
- д) электрическим сопротивлением на контактных сварочных машинах;
- е) погружением соединяемых изделий в расплавленный припой.

# Пайка газовым пламенем

Ручная или механизированная пайка газовым пламе-, нем широко распространена в опытном и мелкосерийном производстве, а также при паянии крупных и громоздких сборных изделий.

Этот метод имеет ряд достоинств, главными из которых являются: незначительная стоимость оборудования, относительно легкое персмещение источника нагрева по отношению к нагреваемому изделию, возможность проведения нагрева нозависимо от формы и размеров спаиваемых изделий.

При пайке тавопламенными торелками наряду с ацетиленом широко применяются разнообразные доступные и дешевые горючие газы или пары горючих жидкостей. В некоторых случаях используются смеси торючего газа с воздухом ввамен кислорода.

Качество горючего газа определяется его теплотворной способностью, температурой пламени при сгорании его в смеси с кислородом или воздухом и содержанием негорючих составляющих (балласта).

Применяемые газы должны иметь теплотворную способность не менее 2400 *ккал/м*<sup>3</sup>, температуру пламени не ниже 1800° и пегорючих составляющих не более 35%.

Газы для газопламенных горелок в основном состоят из смеси газообразных или жидких углеводородов и водорода. При сгорании этих горючих в смеси с кислородом или воздухом выделяется вначительное количество тепла.

Сжиженные или жидкие горючие перед улотреблением должны быть превращены в газообразное состояние. Поэтому горелки для бензина или керосина снаб-

жены испарителями, при ломощи которых осуществляется переход горючего в газообразное состояние.

Перед поступлением в горелку жидкое горючее очищается от механических примесей и влаги путем фильтрования через войлок и клой каустической соды.

В табл. 32 приведены данные об основных физических, тепловых и взрывчатых свойствах наиболее употребительных при пайке горючих газов.

Помимо перечисленных в табл. 32 газов, для пайки могут быть использованы и другие горючие газы, например, светильный таз, получаемый путем сухой перегонки каменного угля, торфа или сланцев, пары бензола, изобутилен.

Выбор газовой смеси производится в вависимости от требуемой температуры и характера нагрева (общий или местный), возможностей производства, степени теплопроводности спаиваемых деталей и свойств применяемого припоя.

Лучшие результаты газовой пайки достигаются при применении ацетилено-кислородной омеси, так как ацетилен обоспечивает наиболее высокую температуру пламени.

Высокая температура ацетилено-кислородного пламени не загрудняет выполнения пайки, так как рабочий имеет возможность свободно регулировать нагрев, приближая или удаляя пламя от изделия, или проводить нагрев наружным факслом, имеющим температуру около 2000°. Помимо ацетилена, хорошее спокойное пламя дают и другие горючие газы при сгорании с кислородом: водород, светильный газ, нефтяные газы. Они развивают достаточно высокую температуру, благодаря чему достигаются вполне удовлетворительные результаты.

В зависимости от состава горючей смеси можно установить три равличных вида пламени: нормальное, или нейтральное, окислительное и науглероживающее. При работе нормальным ацетилено-кислородным пламенем отношение между объемами подаваемых в горелку кислорода и ацетилена должно быть 1,1 или 1,2. Пламя имеет голубоватый цвет и резко очерченное ядро, температура его близка к максимальной. Если указанное соотношение не выдерживается и наблюдается избыток кислорода, то зоны пламени укорачиваются, ядро приобретает конусную форму и окраска пламени становится

пайке
при
употребляемых
газов,
горючих
Характеристика

Пределы вары- чего газа в сме- чего газа в сме- си с воздухом, °/о транспортировки	2,2—81,5 1. В стальных баллонах в растворенном со- стоянии под давлением 16—20 ати 2. Вместо ацетилена хранится и транспортируется в железных барабанах карбид калыция, из которого получается ацетилен	3,3—81,5 В стальных баллонах под давлением 150 ати	4,8-16,7 To жe 3,1-15,0 × 2,2-9,5 × 1,5-8,4 × ×
Необходимое количество кис- лорода, ж <sup>3</sup> на 1 м <sup>3</sup> горючего газа лля пол-подавае- ного мое в го- сгорания релку	1,15	0,25	1,5 4,0
	.5. .5.	6,0	0 20 20 0 20 20 20 20 20
Температура воспламенения, О.	428	410	340
Температура Э°, инэжыпп	3150	2100	2000 2050 2050 2050
Tennoropean cuocobocct, kkaa/m³ npn 20°C n 760 mm pr. cr.	1,179 11500	2570	8 530 14 000 20 600 27 500
Удельный вес, кг/м³ при 20° С и 760 мм рт. ст.	1,179	0,0898	0,715 1,36 2,0 2,7
Химиче- ский состав или формула	7. C.	H <sub>3</sub>	$\begin{array}{c} \text{CH}_4 \\ \text{C}_2 \text{H}_6 \\ \text{C}_3 \text{H}_8 \\ \text{C}_4 \text{H}_{10} \end{array}$
Наименова-	1 Адетилен	Водород	Метан Этан Пропан Бутан 1
Ž,		C/3	87400

фиолетовой. Это часто приводит к пережогу металла и сдуванию флюса.

Окислительное пламя с соотношением расхода кислорода к расходу ацетилена 1,3—1,4 следует применять для пайки медпо-цинковыми и бронзовыми припоями мелких, средних и особенно крупных изделий. Это пламя дает вовможность на 5—10% сократить время нагрева и способствует получению плотных соединений благодаря минимальному испарению цинка.

При избытке ацетилена ядро приобретает веленоватый цвет, удлиняется, теряет резкость очертания, пламя становится контящим за счет выделяющегося свободного уплерода, удлиняется и приобретает желтоватую окраску.

Нормальное керосино-кислородное пламя может быть получено при соотношении кислорода к керосину, равном 1,5  $M^3/\kappa s$ . По своей форме и строению это плами сходно с ацетилено-кислородным.

Нормальное пламя природного газа и кислорода достилается при соотношении кислорода к природному газу, равном 1—1,3. Факел пламени синевато-желтый. Ядро имеет форму удличенного конуса. При избытке кислорода пламя укорачивается. В случае избытка природного газа ядро и факел пламени сильно удлиняются. Ядро приобретает бледно-зеленую окраску, а факсл становится бледно-оранжевым. При пайке, так же как и при сварке, состав пламени обычно устанавливается и регулируется паяльщиком «на глаз», ло его внешнему виду.

Мощность газового пламени, характеризующаяся количеством тепла, вводимого в нагреваемый металл за единицу времени, зависит от расхода торючего газа. При использовании для нагрева под пайку газов-заменителей ацетилена эквивалентная мощность пламени устанавливается с учетом коэффициента вамены ацетилена другим горючим. Коэффициент этот выражает отношение расхода горючего таза к расходу заменяемого им ацетилена. Если замена осуществляется в соответствии с указанным коэффициентом, скорость пайки и качество соединения практически остаются неизменными. В табл. 33 приведены вначения коэффициентов вамены ацетилена другими горючими.

Смещение горючего с кислородом или воздухом и их сгорание происходят в специальных горелках для сварки или сходных с ними горелках для найки. В зависимости

Коэффициенты	зямены	апетилена	лрусими	гооючими
Коэффициснія	замены	ацегилска	Apythan	1 Obto Munic

Наименование газа- заменителя	Коэффициент замены
Керосин	1,35
Метан	1,7
Природный газ типа саратовского	2,0
Коксовый газ	3,2

от тото, для какого горючего горелки приспособлены, они подразделяются на ацетиленовые, водородные, для светильного газа и т. д. По способу подачи горючего и кислорода различают инжекторные и безынжекторные горелки.

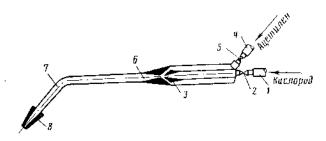


Рис. 4. Схема инжекторной горелки

В СССР как для пайки, так и для сварки преимущественно применяются сварочные горелки инжекторного типа, работающие на горючих газах низкого давления. Схема такой горелки покавана на рис. 4. Принцип действия инжекторной горелки заключается в следующем: кислород под давлением от 1,5 до 3,5 ати проходит по трубке І через вентиль 2, регулирующий давление, в инжектор 3 с узким отверстием. Из отверстия инжектора кислород выходит с большой скоростью, вследствие чего в инжекторной камере происходит сильное разряжение. Горючий газ, подводимый по трубке 4, снабженной регу-

лировочным вентилем 5, под низким давлением в 0,02—0,8 ати вследствие разряжения в инжекторной камере устремляется в нее и засасывается в смесительную камеру 6, где и смешивается с кислородом. Далее смесь газов направляется по трубке наконечника 7 к выходному отверстию мундштука 8. Инжектор и камера смещения находятся в наконечнике. Состав газовой смеси регулируется притоком ацетилена. Каждая горелка обычно снабжена комплектом наконечников, обеспечивающих получение пламени различной мощности.

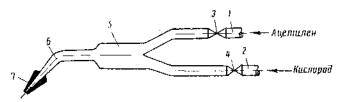


Рис. 5. Схема безынжекторной горелки

В процессе работы инжекторных торелок вследствие их нагревания соотношение между горючим газом и кислородом изменяется. Это является их недостатком.

Безынжекторные горелки (рис. 5) работают более устойчиво. Давление ацетилена в них должно быть не менее 0,5—1,5 ати, а кислорода 1—3 ати. Из газопроводящих трубок 1 и 2 кислород и ацетилен через регулирующие вентили 3 и 4 поступают в смесительную камеру 5, а ватем смесь газов по трубке наконечника 6 поступает к выходному отверстию мундштука 7. Регулирование пламени осуществляется изменением притока кислорода и ацетилена.

В некоторых случаях сварочные горелки, которыми производится пайка, снабжаются специальными наконечниками. Мундштуки у таких наконечников имсют внутренние сопла и боковые отверстия, через которые в горючую смесь подсасывается воздух. Этим достигается понижение температуры пламени и предохранение припоя от выгорания.

И́ироко применяется для пайки инжекторная сварочная горелка типа СУ. Горелка дополнительно укомплектовывается многопламенными мундштуками к наконечникам с № 2 по № 7. Эти мундштуки дают мягкое, рассре-

доточенное пламя, пеобходимое для более равномерного нагрева поверхности спаиваемого изделия, а также способствуют увеличению скорости нагрева ва счет увеличения на 15—20% эффективной мощности пламени. В табл. 34 приведена техническая характеристика горелки СУ. Данные таблицы действительны как для работы однопламенными, так и многопламенными мундштуками, так как расход газа для каждого номера наконечника с переменой конструкции мундштука не меняется.

Таблица 34

Номер наконечника и расход газов, л/час								
Наимено- вание газа	0	1	2	3	4	5	6	7
Ацетилен Кислород	75 85	150 165	300 330	500 550	750 825	1200 1320	1700 1870	2500 2750

Техническая характеристика горелки СУ

Многопламенные мундштуки следует применять в случае пайки круппогабаритных деталей со швами вначительной длины,

Горслка СУ может работать на газах-заменителях ацетилена, например природном газе (типа саратовского), метане, пропане, нефтяном газе и др. Для этой цели она должна быть снабжена опециальным наконечником типа НП-Г. Такие наконечники выпускаются ваводами газосварочной аппаратуры.

При работе на газах-заменителях давление газа должно быть не ниже 50 мм рт. ст. В отличие от наконечников, используемых при работе с ацетиленом, наконечники НП-Г имеют в мундштуках, инжекторах и смесительных камерах отверстия несколько больших размеров.

На керосине может работать керосино-кислородная горелка. Она состоит из корпуса испарителя и головки и снабжается двумя сменными многопламенными мундштуками № 3 и 4. В комплект горелки входит гакже бачок для горючего емкостью в 5 л. В него вмонгирован руч-

пой воздушный насос, подающий керосип через шланг в горелку. Техническая характеристика керосино-кислородной горелки приведена в табл. 35.

Таблица 35 Техническая характеристика керосино-кислородной горелки

	Помер мундинтука			
Показатели	3	4		
Давление кислорода, кг/см² Давление керосина, » Расход кислорода, л/час Расход керосина, г/час	3—5 1,5—2,5 540—820 390—550	5—7 2,5—3 820—1100 550—720		

Моплюсть пламени горелки выбирается в вависимости от толщины и теплопроводности спаиваемого металла, а также температуры плавления применяемого припоя и определяется количеством проходящего через горелку горючего газа в литрах в течение часа.

При паянии ацетилено-кислородным пламенем мощность горелки устанавливается так же, как и при оварке: из расчета расхода ацегилена в литрах ва час работы на 1 мм толщины спаиваемого металла в зависимости от его теплопроводности.

Завышение мощности пламени наряду с ускорением нагрева вызывает увеличение расхода горючих газов, повышает опасность перегрева и пережога спаиваемых металлов и припоя, требует для проведения найки более квалифицированного рабочего и в конечном счете не дает снижения стоимости соединения.

Таким образом, повыщение производительности и экопомичности процесса ручной газовой пайки наиболее целосоюбразно осущоствлять не путем увеличения мощности пламени, а ваменой однопламенных горелок горелками с иногопламенными мундштуками.

Метод газовой пайки относится к категории ручных процессов и в отличие от других методов нагрева требует от рабочих-паяльщиков высокой квалификации. Это обстоятельство в сочетании с относительно низкой скоростью пайки приводит к значительному ее удорожанию.

В последние годы на ряде предприятий успенно осуществляется механизация газовой пайки при серийном и массовом производстве. Это дает повышение качества соединсний, удещевление процесса и увсличение производительности. Малогабаритные изделия устанавливают на вращающемся столе, а горелку укрепляют неподвижню. При пайке круглых деталей или донышек в цилиндрических сосудах изделия от специального привода вращаются вокруг своей оси. Для точной фиксации подлежащих пайко деталей и предупреждения возникновения растягивающих напряжений в отдельных случаих рекомендуется применять вспомогательные устройства и приспособления. Установку изделия в приспособлении и извлечение его можно поручить малоквалифицированному рабочему. В связи со сложностью контроля температуры для предупреждения перегрева целесообразно нопрерывно передвигать горелку относительно изделия.

В практике имеют место случаи, когда применяют установки, состоящие из нескольких торелок. В этих установках спаиваемые изделия могут перемещаться в воне нагрева. Сосредоточенный нагрев обеспечивает повышение окорости пайки. В таких установках имеется возможность быстро изменять взаимное расположение горелок применительно к форме спаиваемого изделия.

Механизированная газовая лайка может быть применена и в поточном производстве. На дегали, подлежащие пайке, предварительно накладывают припой. Затем их устанавливают на конвейер, передвигающийся вдоль двух рядов горелок. Время пребывания изделий в зоне нагрева и положение горелок фиксируются. При выполнении кольцевых соединений деталям в зоне нагрева сообщастся вращательное движение. Механизированные конвейерные установки для газовой пайки обычно снабжаются автоматическими регуляторами температуры.

По компактности установки для пайки газовыми горелжами мало уступают установкам для пайки токами высокой частоты, а по эксплуатационным расходам они не менее экономичны.

Недостаток установок заключается в том, что на них трудно создать защиту поверхности паяных изделий от окисления.

В этом отношении пайка на таких установках уступает пайке в электропечах, и ее можно рекомендовать

лишь при использовании серебряных или медно-фосфористых припоев с примснением флюсовой ващиты.

При твердой пайке газовым пламенем, как правило, применяются серебряные, медно-цинковые и медно-фосфористые принои.

Применять в качестве прилоя чистую медь не следует, так как образующийся при горении горючего газа (ацетилена) в кислороде водород восстанавливает имеющиеся в меди окислы, в связи с чем соединение становится хрупким и пористым.

При нагреве ручной газовой горолкой лучше всего припой в виде проволоки или прутка вносить рукой. В некоторых случаях, например при пайке толстостенных медных труб, хорошие результаты дает предварительное облуживание соединяемых деталей.

Как указывалось выше, при механизированных процессах газовой пайки припой должен быть варанее наложен на детали. Он используется в виде проволоки, порошка, листов, колец, шайб. Форма припоя должна приближаться к форме паяного соединения. Для изделия круглой формы наиболее подходит проволочное кольцо. Если поверхность копряжения спаиваемых деталей илоская, то следует брать плоскую прокладку припоя, выштамлованную из листа.

Припой необходимо располагать на некотором расстоянии от зоны подвода тепла таким образом, чтобы он не расплавился до того, пока изделие не нагреется до пребусмой температуры. Необходимое количество припоя определяют вычислением или пробной пайкой нескольких образдов.

При ручной пайке путем соответствующего направления нагрева можно «заставить» припой подниматься вверх. В тех случаях, когда возможность перемещения горелки ограничена, припой необходимо вводить с учетом действия силы тяжести. Тогда в расплавленном состоянии он будет стекать вниз. Всегда следует учитывать, что правильное расположение припоя является важным средством повышения качества соединений.

Как правило, тазовое иламя должно быть нейтральным. Восстановительное пламя приводит к выгоранию цинка и в конечном счете к ослаблению соединения.

При пагреве необходимо пользоваться только наружной оболочкой пламени, его широкой частью, а не ма-

леньким, наиболее ярким и горячим ядром, находящимся у выходного отверстия сопла горелки. Соприкосновение с ядром неминуемо приводит к пережогу спаиваемых деталей и припоя.

Опыт ноказывает, что пайка наиболее производительна в том случае, когда паяльщик держит горелку левой рукой, а правой устанавливает детали, добавляет флюс, припой и пр.

При ручной газовой пайке большого количества деталей целесообразно проводить их предварительный нагрев, который в значительной мере экономит время. Подогрев можно производить в обычных газовых или муфельных печах.

В целях предохранения изделия от появления пленки окислов во время подогрева в печи на него предварительно наносится слой флюса.

На рис. 6 показана пайка газовой горелкой машино-

строительных деталей.

Ручная газовая лайка производится следующим образом: изделия располагаются на верстаке или в кондукторе так, чтобы в процессе пайки их можно было передвигать. Флюс в виде порошка или пасты наносится на спаиваемые поверхности варанее или непосредственно перед самой найкой. В случае необходимости он наносится также и на те участки, которые следуст предохранить от окисления.

В процессе пайки требуется дополнительное введение флюса. Лучшим средством подачи флюса является погружение горячего конца прутка приноя в ящик с сухим порошкообразным флюсом.

Горелку с пламенем нужно постоящю держать в движении для обеспечения равномерности прогрева. О степени нагрева изделия лучше всего судить по началу плавления припоя; делать заключение о степени нагрева по цвету нагреваемых деталей, который вависит от окружающего освещения, чужно с большой осторожностью. Нагревая разнородные металлы или сплавы, пламя следует направлять в первую очередь на тот из них, который является лучшим проводником тепла. Чем теплопроводнее металл, тем шире должна быть вона нагрева. Для достижения равномерного нагрева деталей различной толщины большие сечения необходимо прогревать в течение более продолжительного времени.

Расплавление приноя лучше всего производить путем касапия им мест соединения нагретых деталей. Нельзя плавить приной непосредственно пламенем и допускать его стежание. Пламя следует держать перед местом пайки, так как приной стремится ватекать в более торячие



Рис 6. Ручная 1930вая пайка машиностроительных деталей

места. Не следует также перегревать участок найки в течение длительного времени, так как это может привести к изменению состава припоя и уменьшению эффективности действия флюса.

Во время припайки пластинок из бысгрорежущих сталей или твердых сплавов к режущему инструменту пламя нужно направлять на тело державки, чтобы не допустить местных перегревов и тем самым не ухудшить режущих свойств пластинок.

По окончании пайки изделию необходимо дать медленно остыть до полного ватвердевания припоя. Детали цветных сплавов можно охлаждать погружением в воду.

Флюсы, составленные на базе полевого шпата, удаляют путем погружения деталей на длительное время в горячую воду с последующей очисткой металлическими щетками. Флюсы, состоящие из буры, удаляют путем протравливания в слабом растворе серной кислоты и последующей промывкой в воде.

После хорошо выполненной пайки соединения бывают гладкими и ровными.

К числу педостатков, присущих пайке газовым пламепем, отпосятся: коробление изделий, которое может быть следствием локализованного нагрева, окисление их, невозможность выполнения соединений в трудподоступных местах и одповременной лайки нескольких соединений на одном изделии. При тщательно отработанной технологии влияние этих факторов на качество соединений может быть сведено и минимуму.

## Пайка в печах

Пайка в печах является наиболее производительным и экономичным процессом соединения деталей из черных и цветных сплавов в условиях серийного производства. Наиболее целесообразно паять в печах мелкие и средней величины штампованные и точеные детали. Важными преимуществами пайки в лечах являются: возможность точного и легкого регулирования температуры, минимальное коробление изделий благодаря равномерному нагреву, а при применении ващитной атмосферы определепного состава — выход деталей со светлой и чистой поверхностью. Пайка твердыми припоями в печах, особенпо электрических, как правило, наиболее экономична по сравнению с другими методами пайки. Стоимость леталей, паянных в почи, значительно меньше стоимости аналогичных деталей, изготовленных из поковок, отливок или с помощью сварки. Этот метод применим также при одповременной пайке нескольких соединений, а также при пайке в труднодоступных местах.
Применение печей наиболее распространено при пая-

шии медью стальных деталей. Пайка в печи обычно про-

изводится в специальной атмосфере, обладающей способностью восстанавливать окислы, имеющиеся на поверхности изделий, а также предупреждать их образование как при нагреве, так и при охлаждении.

Для пайын применяются лечи разных типов — камерные, конвейсрные с роликовым подом, толкательные, муфельные и пр. Эти лечи имеют или электрический или пламенный нагрев. Наибольшее распространение имеют печи с электрическим нагревом. Печи пламенного типа используются главным образом только для пайки крупных узлов. При этом они должны быть снабжены газо-



Рис. 7. Электрическая печь конвейерного типа

непроницаемым муфслем, изолирующим продукты торения, в основном состоящие из окиси и двуокиси утлерода, и водяные пары от соединяемых деталей. В электрических печах камеры натрева и охлаждения должны быть также герметичны для предупреждения вагрязнения и утечки печной атмосферы.

Выбор типа печи производится в зависимости от объема производства, веса, формы и размеров спаиваемых поделий, стоимости оборудования, стоимости его эксплуатации и обслуживация.

В современном массовом производстве широко распространены электрические шечи непрерывного действия конвейерного и рольгангового типа. Печи конвейерного типа (рис. 7) применяются для пайки относительно мел-

ких изделий, а рольгангового типа — для более тяжелых (рис. 8).

В конвейерных печах изделия загружаются на непрерывно движущуюся сетчатую ленту, изготовленную из жаропрочных сплавов (нихрома).

Чтобы уменьшить возможность образования на изделиях окалины, печь разделяют на две камеры — нагревательную и охладительную, снабженную водяной рубашкой.

Нагревательные элементы из хромо-никелевого сплава размещаются на своде, моду, а в ряде случаев и по боковым стенкам нагревательной камеры. Они выполняются из проволоки или ленты и имеют форму спиралей или изогнутых полос.

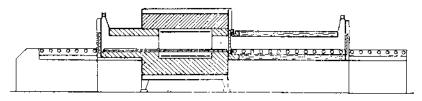


Рис. 8. Схема электрической печи рольгангового типа

Нагревательная камера подразделяется на две и более температурные зоны.

Температура в печи поддерживается автоматически, с помощью пирометров с регуляторами, изменяющими напряжение на зажимах трансформатора, к которым подключены нагревательные элементы печи. Точнос регулирование томпературы и выдержки нагрева обсспечивает получение стабильного качества пайки. Аппаратура управления допускает регулирование температуры печи в широком диапазоне.

Во время работы печи в нагревательной и охладительной камерах поддерживается контролируемая защитная атмосфера.

Печь имеет дверки для вагрузки и выгрузки изделий, которые открываются не полностью, а лишь настолько, чтобы пропустить изделие. Защита печи от пропикновения наружного воздуха во время открытия дверец или через щели для прохода ленты осуществляется с помощью экранов из торящего газа.

В вависимости от конфигурации изделий и типа припоя расход электроэнергии в печи на 1 кг паяных изделий колеблется в пределах от 0,35 до 0,8 квт/час.

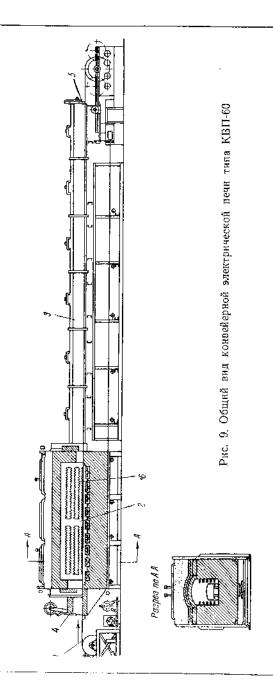
На рис. 9 показана конвейерная печь типа КВП-60, выпускаемая заводом электрстермического оборудования. Печь предназначена для пайки стальных изделий твердыми припоями в ващитной атмосферс. Обрабатываемые изделия укладываются на ленту конвейера 1, сплетенную из жаропрочной проволоки, и проходят камеру нагрева 2, а затем камеру охлаждения 3. Камера нагрева по длине разбита на две самостоятельно регулируемые тепловые воны, мощностью 40 квт каждая. Регулирование температуры автоматическое. Защитный газ подается через боковую стенку печи на уровне пода в двух точках: в середине и в конце камеры нагрева.

Во время загрузки печи заслонка входной камеры устанавливается на необходимую высоту щели. Выходящий через загрузочную щель газ сгорает, образуя пламенную завесу.

Камера охлаждения состоит из отдельных водоохлаждаемых секций, соединенных между собой фланцами с асбестовым уплотнением. На выходной секции камеры охлаждения имеется заслонка 5, обеспечивающая при помощи пружинного устройства необходимую высоту разгрузочной щели. Выходящий из разгрузочной щели газ отсасывается в систему цеховой вентиляции. Нагревательные элементы 6, выполненные из нихромовой ленты, уложены в виде змеек на шамотные полочки огнеупорной футеровки боковых стенок печи. Питание осуществляется от двух автотрансформаторов. Каркас печи сварной, газонепроницаемый.

### Технические данные печи;

Мощность, квт			80 - 10%
Напряжение, в			132
Число фаз			3
Частота тока, пер/сек			50
Рабочая температура, °С	,		1150
Производительность печи, кг/час			40
Размеры рабочего пространства:			
ширина, мм			300
высота, мм			300
длина камеры нагрева, мм .			3150
длича камеры охлаждения, мм		,	7620



## Габаритные размеры:

ширина, мм						2615
длипа, мж .	٠					15500
высота, им .						2175
Общий вес, $r$ .				,		15,7

Следует отметить, что в промышленности нашли применение печи с сетчатыми конвейерами производительностью от 40 до 320 кг/час (включая всс изделий и конвейера).

Печи рольгангового типа применяются для пайки более тяжслых изделий и в основном отличаются от конвейерных печей только устройством копвейера и транс-

портирующих частей.

Конвейер рольганговой печи состоит из охлаждаемых водой роликов, размещенных в ряд по всей длине печи. Концы роликов помещены в самоцентрирующихся шарикоподшилниках, установленных снаружи корпуса печи. Каждый ролик имеет свои ввездочки, приводимые во вращение цепной передачей, размещенной в газонепроницаемых коробках вдоль камер шечи. Изделия, подлежащие пайке, укладываются непосредственно на роликовый столили устанавливаются на направляющих рельсах либо в лотках. Печи рольгангового типа особенно удобны тем, что практически могут быть выполнены любой длины.

Такие печи широко внедряются в автомобильную и другие отрасли промышленности, где производство имеет массовый и поточный характер. Производительность рольганговых печей обычно вначительно выше конвейерных и достигает от 200 до 1000 кг/час (включая вес изделий и опорных устройств).

Несмотря на большие преимущества конвейерных и рольганговых печей, являющихся печами непрерывного действия, их применение экономически целесообразно только тогда, когда они полностью вагружены в течение

суток.

Мстодические толкательные лечи относятся к печам периодического действия. Они менее приспособлены для массового производства, однако стоимость их вначительно ниже. Во всех лечах этого типа загрузка обрабатываемых изделий производится с одного конца, а выгрузка — с другого. Передвижение деталей внутри рабочего пространства печи осуществляется по рельсовому пути на специальных поддонах при помощи толкатель-

ного механизма. Подъем и опускание дверец, а также приводы толкательного механизма и разгрузочного стола обычно автоматически сблокированы. Интервал толкания ретулируется таким образом, чтобы он соответствовал времени, необходимому для выполнения найки в вонс нагрева. Камера охлаждения имеет водяную рубашку и отделена от камеры нагрева дверцей.

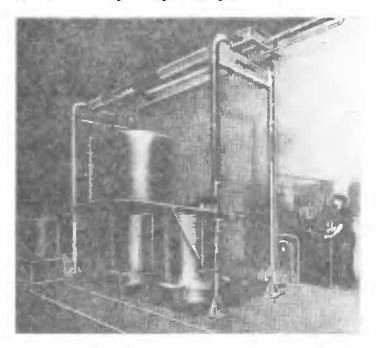


Рис. 10 Электрическая печь колпакового типа

Для пайки больших и тяжелых деталей применяют печи колпакового типа. Впешний вид такой печи показан на рис. 10. Детали размещают на поду печи, представляющем кобой теплоизолированную плиту, и пакрывают газонепроницасмой ретортой из жаропрочной стали. Внутрь реторты подается ващитная атмосфера. В вависимости от масштабов производства и длительности охлаждения может быть установлено несколько реторт в ряд. Для нагрева под пайку реторту накрывают переносным

колпаком, на внутренних стенках которого, футерованных отнеупорным кирпичом, размещены нагреватели, и выдерживают в этом положении в течение такого времени, пока в ней не будет достигнута требуемая для пайки температура. После проведения пайки колпак поднимают и накрывают им другую реторту, в то время как первая постепенно охлаждается. Гермстизация щелей между краями реторты и колпака и подом осуществляется с помощью песочных ватворов.

При сравнительно небольшом объеме производства рационально использовать специальные камерные печи ограниченных габаритов. Они позволяют производить пайку изделий любого веса. Расходы по их приобретению и эксплуатации невелики. Наряду с пайкой твердыми припоями в них может проводиться термическая обработка: светлый отжиг или нормализация, светлая закалка и цементация в твердом карбюризаторе.

Для пайки медью применяются камерные печи производительностью от 20 до 120 кг/час.

Изделия, подлежащие пайке, обычно подаются в печь в поддонах. Поддоны опираются на литые рельсы из жаропрочного сплава, помещенные внутри печи вдоль нагревательной и охладительной камер. Для мелких деталей поддоны выполняются из проволочной сетки, сплетенной из нихрома, с ячейками небольшого размера. Для более тяжелых деталей применяют поддоны из ленточной сетки. Особенно тяжелые детали устанавливаются на литые поддоны. Конструкция этих поддонов приспособлена к размерам и форме спаиваемых изделий.

В условиях опытного и мелкосерийного производства, если отсутствуют специальные камерные или герметически закрытые муфельные печи, для пайки могут быть использованы обыкновенные камерные закалочные печи с электрическим или газовым обогревом, специально не приспособленные для работы с защитными атмосферами, но обеспечивающие получение требуемой для пайки температуры. На рис. 11 показана печь такого типа. Она предназначена для закалки, но может быть использована и для пайки. Изделия, подлежащие пайке, помещают в газонепропицаемый контейнер, выполненный из нержавеющей стали. После удаления из него воздуха и заполнения свободного пространства защитным газом контейнер устанавливают на под лечи и нагревают до необхо-

димой температуры. Недостатком этого способа является низжая производительность. Несмотря на это, во многих случаях он весьма выгоден.

Как уже выше указывалось, очень важным обстоятельством, влияющим на процесс лайки, является наличие в печах соответствующей атмосферы.

В качестве восстановительной атмосферы используются следующие тазы: водород, диссоциированный аммиак, продукты неполного сгорания диссоциированного

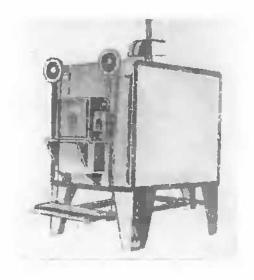


Рис. 11. Камерная электрическая печь

аммиака, продукты неполного сгорания городского светильного газа, сжиженные углеводородные газы, а также газы, лолученные путем сжигания в специальных газогенераторах антрацита, кокса, бурого угля или дров.

Водород является лучшим восстановителем при лайке, однако вследствие высокой стоимости и взрывоопасности в смеси с воздухом он применяется в печах очень небольшого объема и специальной конструкции.

В последнее время взамен водорода с успехом используются продукты диссоциации аммиака, нагретого до температуры 700—900° в присутствии соответствующего ка-

тализатора. Получаемая при этом газовая омесь, состоящая из 75% водорода и 25% авота, практически пригодна для большинства случаев пайки в печах. Особенно часто эта атмосфера используется во время пайки нержавеющих сталей. После тщательной осушки диссоциированного аммиака применение его почти исключает случаи окисления поверхности спаиваемых в печах изделий.

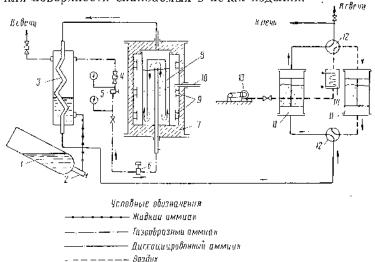


Рис. 12. Схема установки для диссоциации жидкого аммиака: I — баллон с жидким аммиаком, 2 — выпускиой клапаи, 3 — испаритель высокого давления, 4 — клапаи для отключения,  $\delta$  — редуктор,  $\delta$  — предотранительный клапаи, 7 — диссоциатор,  $\delta$  — реторта с каталаватором (железной стружкой), g — электронагреватела, 10 — термопара, 11 — колонки адсорбера, 12 — четырехходовые крапы, 13 — воздуходувка, 14 — воздухоннаголь

На рис. 12 показана схема установки для диссоциации жидкого аммиака. Жидкий аммиак под давлением 7—8 ат из баллона I поступает в испаритель высокого давления 3, где он, нагреваясь, переходит в газообразное состояние. Затем газ редуцируется, проходя через редуктор 5, и под низким давлением в 1000 мм вод. ст. поступает в реторту 8 диссоциатора 7.

В регорте, ваполненной катализатором, при нагреве до 700—900° газообразный аммиак разлагается на водород и азот. Из диссоциатора торячий газ проходит по змеевику испарителя 3, где он отдает свое тепло жидкому аммиаку, переходящему в газообразное состояние.

Охлажденный до  $2-5^{\circ}$  диссоциированный аммиак поступает в адсорбер 11, состоящий из двух, попеременно работающих колонок, ваполненных силикогелем или алюмогелем.

Проходя через слой адсорбента, холодный газ освобождается от влаги и ватем осущенный поступает в печь. После осущки газа содержание в нем влаги не превышает 0,01%.

Атмосфера, полученная путем диссоциации аммиака, значительно дешевле чистого водорода.

При частичном сжигании диссоциированного аммиака в смеси с воздухом и последующем охлаждении и осущке продуктов порения получают ващитную атмосферу следующего состава: водорода 7—20%, авота — остальное.

Наряду с диссоциированным аммиаком эта атмосфера широко применяется при пайке малоуглеродистых сталей. Снижение содержания водорода в этой атмосфере делает ее взрывобезопасной.

Наиболее дешевая восстановительная атмосфера получается от неполного сжигания светильного таза. После охлаждения и осушки продуктов сжигания получают защитный газ, имеющий примерно следующий состав; водорода от 15 до 20%; окиси углерода от 10 до 15%; двуокиси углерода от 1,5 до 4%; азота — остальное.

Эта атмосфера является восстановительной для большинства случаев пайки черных и цветных сплавов, за исключением меди и сталей с высоким содержанием алюминия, титана, кремния, хрома и др.

В состав многих ващитных атмосфер входят сжиженные углеводородные газы (бутан, пропан, изобутан и др.) или их смеси.

При частичном ожигании этих газов получают защитный газ, по своему составу сходный с газом, полученным от сжигания городского светильного паза.

В табл. 36 приведон состав ващитных газов, получаемых от сжигания различных горючих материалов.

Жаждая печь для пайки, как правило, спабжается пебольшим газогенератором. Однако на крупных предприятиях, где имеется много печей, для пайки и термообработки целесообразно устраивать одну газогенераторную установку, осуществляющую централизованное питание ващитным газом.

Расход защитного газа может колебаться в доволь-

Состав защитных газов

T		Cocı	г <b>ав</b> газа, <sup>о</sup>	la	
Горючий материал	водород	окись углерода	двуокись углерода	метан	азот
Антрацит Кокс Бурый уголь Дрова	16,5 9 13,5 18	28 30 27 21	3,5 2,5 5 10	0,1 5 3	51 58,4 49,5 48

но широких пределах. Ориентировочно он составляет 0.15-0.3  $m^3$  на 1  $\kappa s$  изделий.

Пайка в печах характеризуется применением самых разнообразных припоев. Однако, выбирая припой, необходимо следить, чтобы температура пайки этим припоем была ниже точки плавления основного металла не менее чем на 50°.

Наиболее широкое распространение при пайке в печах стальных изделий получил припой из чистой меди блатодаря ее свойству хорошо смачивать сталь, растекаться по ней в воостановительной атмосфере, а также прошикать под действием капиллярных сил в очень узкие заворы между соединяемыми поверхностями. Прочность соединений, паяшных медью в печи, значительно выше прочности самой меди и во многих случаях незначительно уступает прочности стали. Малоуглеродистые стали и стали, содержащие такие легирующие элементы, как алюминий, кремний, титан, хром и др. в количестве, не превышающем 2%, при пайке медью не гребуют применения флюсов.

Во всех случаях пайки в печах припой накладывается предварительно. Он может применяться в виде проволоки, фольги, кусочков, порошка или наноситься на детали гальваническим, химическим путем или путем металлизации. Выбор формы припоя, обеспечивающей наилучшее заполнение соединения, зависит от размеров и формы спаиваемых изделий, наличия места для его размещения и потребного количества припоя.

Наиболее распространенной формой припоя, которая обеспечивает достаточно точную его дозировку и хорошую пригонку к соединяемым частям, являются кольца

из проволоки. Для обеспечения пружинности кольца изготовляют из твердой или полутвердой проволоки, а для облегчения их навивки иногда берут ее в отожженном состоянии.

На рис. 13 показаны примеры правильной установки колец припоя при вертикальном и горизонтальном положении изделий в печи. В первом случае (рис. 13, а) туго посаженное кольцо размещено над местом соединения. После расплавления под действием силы тяжести припой потечет вниз и в силу явлений капиллярности ватечет в вавор между цилиндром и фланцем. Капиллярные силы будут втятивать припой в зазор, ограничивая его растекание по горизонтальной поверхности фланца.

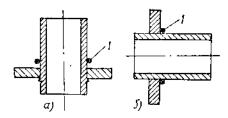


Рис. 13. Расположение колец из припоя при вертикальной и горизоптальной установке изделий в печи: a— вертикальная установка,  $\delta$ — горизонтальная установка; I— кольцо из припоя

Во втором случае (рис. 13, б), когда цилиндрическая часть изделия имеет горизонтальную ось, кольцо из припоя должно плотно прилегать к заплечику между цилиндром и фланцем для обеспечения втягивания припоя в зазор при его расплавлении. На рис. 14 показаны примеры замкнутого расположения колец из припоя в канавках (рис. 14, а, б), пазах (рис. 14, в) или раззенковках (рис. 14, г). При таком расположении колец исключено их коробление и смещение, а расплавленный припой ватекает только в соединение. Кроме того, он корошо удерживается на установленном месте при транспортировании узла. Если необходимо разместить припой на гладкой поверхности или на изделиях с диаметром более 50 мм, кольца скручивают.

Для пайки прямых соединений используют прямолинейные отрезки проволоки. Чтобы избежать коробления или скручивания их при нагреве, длина одного такого отрезка не должна превышать 100—125 мм. Поэтому, например, выполняя наружные соединения большой протяженности, укладывают один за другим несколько отрезков проволоки.

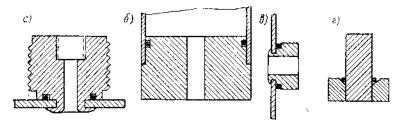


Рис. 14. Примеры замкнутого расположения колец из припоя: a и  $\theta$ —в канавках, s—в пазу, s—в раззенковке

Припой из фольги обычно применяется в виде полосок различной ширины, квадратиков или шайб. Такая форма наиболее целесообразна в случае пайки нахлесточных или стыковых соединений плоских сопрягаемых поверхностей. На рис. 15 показаны примеры применения припоя из медной фольги.

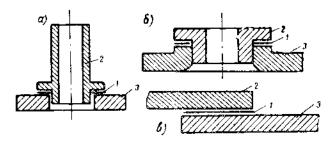


Рис. 15. Применение припоя в виде фольги:  $a = b - \epsilon$  втулочные соединения,  $a - \epsilon$  нахлесточное соединение;  $t = \epsilon$  припой,  $2 = \epsilon$  на соединяемые детали

В ряде случаев вблизи места соединения трудно разместить кольцо из припоя или фольгу, значительно проще уложить кусочки припоя, нарезанные из проволоки или полосы. На рис. 16 показано применение кусочков припоя при пайке.

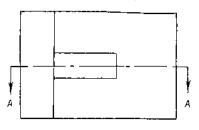
При пайке в печах удовлетворительные результаты дает гальванический метод нанесения припоя, а также метод металлизации.

Однако применительно к втулочным соединениям эти методы имеют тот недостаток, что после расплавления припоя его может оказаться недостаточно для заполнения всего зазора. Поэтому на такие соединения целесообразно дополнительно укладывать кольца из припоя.

В США металлизационное покрытие медным припоем применяется, в частности, при пайке стальных пустотелых лопастей воздушных винтов самолетов.

Толщину слоя припоя, нанесенного гальваническим путем, необходимо подбирать опытным путем в зависимости от конфигурации соединяемых поверхностей.

Для каждой марки припоя следует выбирать 
оптимальное значение зазора, при котором расплавленный припой хорошо смачивает соединяемые 
поверхности и растекается 
между ними. Глубина 
проникновения припоя будет тем больше, чем меньше величина зазора, если,



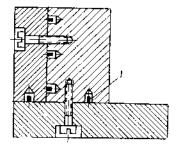


Рис. 16. Применение припоя в виде кусочков, нарезанных из проволоки или полосы:

I — припо**й** 

жонечно, эта величина не выходит за пределы рекомендуемых для данного припоя значений.

Для получения хороших результатов пайки очень важно, чтобы относительное положение собранных под пайку деталей не нарушалось под действием высокой температуры или при движении их в печи. Предупредить возможное смещение деталей можно различными способами, например подчеканкой, надкерниванием, прихваткой, точечной или дуговой сваркой, устройством на одной из деталей заплечика, применением различного вида

взаимозамкнутых соединений, свинчиванием деталей, применением клиньев или простейших вспомогательных приспособлений и т. п. На рис. 17, а, б, в, и г показаны примеры скрепления спаиваемых деталей.

В случае, когда штампованная деталь сопрягается с трубчатой, отверстие под трубчатую деталь нужно делать с вытяжкой, как показано на рис. 18, а и б. Такая конструкция облегчает сборку деталей и дает большую прочность и плотность паяного соединения. Просечка отверстия и вытяжка обычно выполняются штампом на прессе.

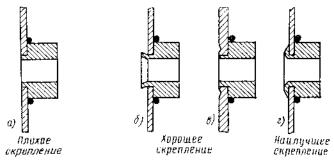


Рис. 17. Скрепление деталей для предупреждения их смещения при пайке в печи:

a — плотная посадка фланца на шейку втулки при горизонтальном расположения оси втулки не исключает его смещения при пайке, так как от нагрева отверстве во фланце расширится и он будет качаться,  $\delta$  — небольшая отбортовка шейки на втулке,  $\varepsilon$  — накернивание фланца,  $\varepsilon$  — разральцовка или расклепка удлиненной шейки

Для предупреждения раскрытия тонкостенных трубчатых элементов во время нагрева их в печи и прохождения через нее часто применяют взаимозамкнутые соединения с завальцованными краями, как показано на рис. 19.

В последние годы в промышленности производят паяные трубы из омедненной стальной лепты с толщиной слоя покрытия, не превышающей 0,004 мм. Труба путем завальцовки выполняется двухстенной, как показано на рис. 20. При такой конструкции нет необходимости в применении каких-либо предохранительных мер против раскрытия ее при пайке в печи, а также в добавочном при-

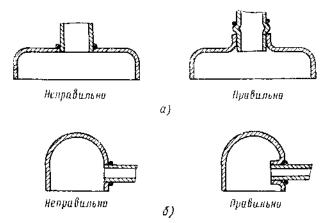


Рис. 18. Вытяжка при сопряжении штампованных и трубчатых деталей

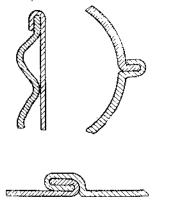


Рис. 19. Тины взанмозамкнутых соединений с завальцованными краями



Рис. 20. Паяная труба из омедисниой стальной ленгы; I— слой мели, нанессиный гальнаническим путем

пое. Эти трубы используются в качестве трубопроводов для газа и масла в авто- и авиапромышленности, для гидротормозов и других целей. Они обладают высокой прочностью и хорошо сопротивляются вибрационным нагрузкам.

Эффективными опособами, обеспечивающими правильное взаимное положение деталей, являются прихватка с помощью точечной сварки, свинчивание или установка клиньев.

В некоторых случаях, когда ни один из перечисленных способов фиксации деталей не может быть применен, приходится использовать вспомогательные приспособления. Нужно иметь в виду, что это приводит к снижению про-

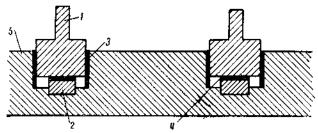


Рис. 21. Приспособление из графитовой пластины для фиксации деталей при пайкс в печи вольфрамовых контактов для магнето автомобилей:

Г — стальной стержень, 2 — вольфраморый днск, 8 — асбестовые прокладки, 4 — припой из медной фольги, 5 — графитовая пластика

изводительности печей, так как при пайке приходится расходовать тепло на нагревание приспособлений, которые, кроме того, требуют значительных затрат, связанных с их изготовлением и экоплуатацией.

Приспособления выполняются в виде литых опорных элементов и проволоки из жаропрочных сплавов, а также в виде графитовых или угольных пластин.

Приспособления из графитовых и угольных пластин удобны тем, что материал, из которого они сделаны, не подвергается короблению, легко обрабатывается. Однако при пайке стальных деталей возможно их науглероживание. Науглероживание исключается, если на поверхность графита или угля положить тонкую асбестовую прокладку. На рис. 21 показано применение приспособления, изготовленного из графитовой пластины.

На рис. 22 показан прижим, используемый в качестве приспособления при пайке стыковых соединений (например составного режущего инструмента).

При пайже в печах иногда не применяют специальных приспособлений и изделия укладывают непосредственно на проволочный конвейер или на загрузочный лоток, поверхности которых покрыты химически стойкими окисными пленками, препятствующими прилипанию к ним спаиваемых деталей.

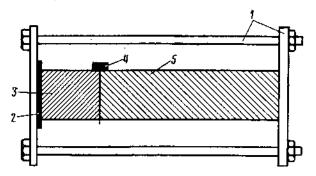


Рис. 22. Прижим, используемый при пайке стыковых соединений составного режущего инструмента: 1— прижим из нихрома, 2— слюдяная прокладка, 3— твердосплавная пластия», 4— медный припой, 5— стальная державка

Полые изделия обязательно должны быть снабжены выпорами, обеопечивающими свободный выход расширяющегося под действием высокой температуры печи воздуха и ваполнение внутренней полости изделия атмосферой печи. Отсутствие выпора или его неправильное расположение может привести к смещению деталей под действием давления расширившегося воздуха или к плохой пайке в связи с покрытием внутренней поверхности окислами.

Выпор особенно необходим в случае пайки стальных изделий медью, копда для получения прочных и плотных швов применяют плотную пригонку соединяемых деталей, при которой выход воздуха из полости через вазоры в сборке практически невозможен или очень ватруднен. При свободной пригонке заворы в местах сопряжения сами по себе служат корошими неинляционными отвер-

стиями, и тогда в дополнительных выпорах нет необходимости.

Выпор следует располагать спизу, как показано на рис. 23, б, чтобы водяные пары, образующиеся во внутренней полости изделия, легко выходили из нее.

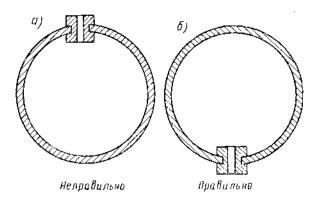
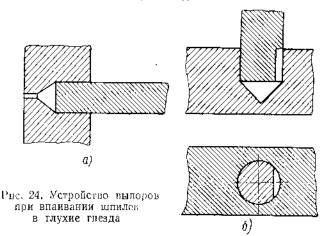


Рис. 23. Пример расположения выпора при паянии полых изделий



Если выпор расположен сверху, как показано на рис. 23, а, то водяные пары останутся в полости изделия, в результате внутренияя поверхность окислится, что приведет к неудовлетворительному качеству пайки.

При влаивании шпилек в глухие гнезда зачастую приходится предусматривать выпоры. Их выполняют путем просверливания отверстия на детали с пнездом (рис. 24, a) или снятия лыски на шпильке, как показано на рис. 24,  $\delta$ .

Иногда необходимо ограничить растекание припоя по поверхности изделия небольшой волой, непосредственно прилегающей к соединению, и в особенности тогда, когда покрытие прилоем препятствует выполнению других технологических операций.

Ограничивать растекание припоя можно разными путями: устройством на поверхности изделия выточек или уступов, в которых припой будет скопляться, или же, наоборот, полировкой части поверхности стальных изделий, в результате которой припой плохо растекается, хромированием или начесением на чистые и полированные поверхности опаиваемых изделий хромовой кислоты. Выбор способа зависит от характера изделия и условий производства. Применяя хромовую кислоту, нужно следить ватем, чтобы она не затекла в соединение.

На рис. 25 представлены примеры выполнения пайкой в печи различных изделий.

## Пайка в соляных ваннах

Пайку изделий из черных и цветных сплавов можно вполне удовлетворительно выполнять в соляных ваннах, которые обычно используются для нагрева и термохимической обработки.

При этом методе собращные под пайку изделия с предварительно уложенным и закрепленным вблизи сосдинения припоем погружают в ваниу с расплавленной солью, нагретой до температуры, несколько превышающей температуру плавления применяемого припоя.

Расплавленная соль является не только средой, передающей тепло нагреваемым изделиям. Она также ващищает изделие от окисления, поэтому во многих случаях применения флюса не требуется.

Промышленностью изготовляются соляные электрические печи-ванны нескольких типов, отличающихся по конструктивному исполнению и техническим данным. Выбор типа ванны производится в зависимости от состава соли, требуемой рабочей температуры, разморов, формы и коли-



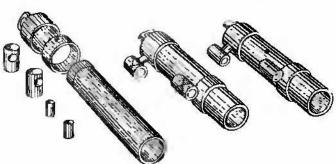


Рис. 25. Различные машиностроительные изделия, выполняемые из отдельных деталей пайкой в печи

чества одновременно спаиваемых изделий и других факторов.

В табл. 37 приведены технические данные электропе чей-ванн для твердой пайки, выпускаемых ваводами электропромышленности.

При пайке в соляных ваннах могут применяться различные чистые или технические соли, а также смеси солей.

Обычно в состав ванн входят хлористые соли. При пайке в интервале температур 700—900° удобно работать с хлористыми солями щелочных металлов, например со смесью, состоящей из 55% хлористого калия и 45% хлористого натрия, имеющей температуру плавления 650°. При пайке адюминивных издедий применяют специальные составы ванн из фтористых солей. Для пайки припоями в области температур 530—590° используют смеси хлористых и углекислых солей. При нагреве цветных металлов хорошие результаты дает смесь из 50% углекислого натрия и 50% хлористого калия, имеющая температуру плавления 585°. Пайку стали медью, латунью или бронзой можно выполнять в ванне, состоящей из смеси 70—80% хлористого бария и 30—20% хлористого натрия. Температура плавления этой смеси находится в пределах 620--650° и ее можно применять при нагреве до 1300°.

Раскисление ванн производят либо бурой в количестве 2—5% от веса солей ванны, либо мелко размолотым 75-процентным ферросилицием в количестве около 1% от веса соли. Ввиду разрушительного действия буры на кладку ванны употребление ее менее целесообразно. Ванну следует раскислять через каждые 15—20 час. ее работы. После ввода раскислителя ванну необходимо тщательно перемещать и удалить шлак.

С течением времени вапна загрязняется и пасыщается медью и цинком. Загрязнение ванны металлическими примесями оказывает очень вредное действие на качество паяных соединений, поэтому периодически ванну необходимо останавливать, вычерпывать из нее половину или две трети объема отработациой смеси и заменять свежей солью.

Паряду с этим следует система гически пополнять естественную убыль соли. Эта убыль в основном состоит из

Гехнические даниые электропечей-вани, применяемых для гвердой пайки

		}		Transfer of the state of the st		200				
				INIE SEC	Direct In	מיווטר				
Показатели		тигельные	a)	соляные электрод-   ные однофазиые с	е влект пофази	DOM-	COMBHEIG	соляные примо-	COSERUM	солиные элект-
		į		циркуляцией	цией	СОЛИ	Tod .	родиые		фазиме
	B-10	B-20	B-30	C-20   C-25	C-25	C-45	C-50	C-100	C-35	C-75
Габаритные размеры пе-							\$			
чл: размер в плане (или диаметр),	1170× ×1080	1380× ×1290	1450× ×1310	1100	1100	0011	2016× ×1750	2200× ×2080	006	1100
	1800	2010 300	2260	2350 220	2350 380	2350	1310 600×	$^{1485}_{600  imes 900}$	1820 220	1870 340
ны (или расстояние между противонолож-			<u></u> -				98 ×			
пыми гранями), мм Глубина тигля или ван-	350	535	555	460	475	909	450	450	420	580
ны, мм Номинальная мощность,	10	20	30	20	25	45	90	001	35	75
кат Первичное напряжение, в	220	220	220 или	380 или	380	380	380	380	380	380
ã.	1 850	1 850	820 820 820	1300	кан 220 1 850	850 1300	или 220 3 600	или 220 3 850	ван 220 3 1300	лан 220 илн 220 3 3 3 1300   1300
температура в гиле яли ванне, °С Продзводятельность,	30	<b>8</b> .	130	80	96	200	100	160	30	55
кајчис Вес печи с футеровной, т	1,0	1,4	8,1	1,7	1,25	2,4	2,6	3,2	0,85	1,55

угара, составляющего в месяц примерно 5% от веса солей в ванне, и механического уноса солей, осевщих на деталях, который в смену составляет около 4—5% от веса соли в ванне.

Во избежание выброса расплавленной соли из ванны нужно следить за тем, чтобы применяемые соли не содержали влаги.

Подготовка ванны к работе (рис. 26) сводится к следующему. Перемешанную смесь солей 2 засыпают в тщательно очищенную ванну 1. После этого включают понижающий трансформатор и при минимальном напряжении подводят дополнительный электрод (шпагу) 3, подсоеди-

ненный к жакой-либо из фаз трансформатора, к одному из основных электродов 4 ванны, который подключен к другой фазе трансформатора. Обравующаяся при этом электрическая дуга начнет плавить смесь солейи, корасплавленная соль ваполнит пространство между основными электродами, ток пройдет через нее, так как расплав-

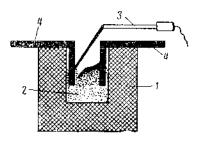


Рис. 26. Схема подготовки ванны к работе

ленная соль является проводником электричества. Теплота, образующаяся вследствие сопротивления, оказываемого солью при прохождении через нее тока, расплавит всю остальную соль, поэтому надобность в дополнительном электроде отпадает.

Регулирование температуры ванны осуществляют за счет изменения числа витков вторичной обмотки понижающего трансформатора путем соответствующей перестановки секционного переключателя. Переключение следует производить при отключенном от сети трансформаторе.

При пайке медью температура соляной ванны должна быть 1120—1150°, при пайке латунью — 920—980°, при пайке серебряными припоями — в пределах от 530° до 900° (в зависимости от марки припоев), а при пайке алюминия — около 660—670°.

Необходимую температуру расплавленных солей в ван-

не поддерживают автоматически с помощью прибора теплового контроля.

Конструкция паяного соединения должна исключать возможность смещения соединяемых деталей, а также смещения или сноса припоя под действием интенсивной циркуляции кипящей соли. Способы скрепления соединяемых деталей и панесения припоя аналогичны применяемым при пайке в электропечах. Располагать припой лучше всего над соединением, с тем чтобы его затекание осуществлялось сверху вниз.

В некоторых случаях пайки в соляных ваннах целесообразно применять флюсы, например при пайке латунью, при одновременной пайке толстых и тонких деталей на одном изделии. В качестве флюса употребляют буру, борную кислоту или смесь из того и другого. После нанесения на изделия флюсы должны быть тщательно просущены.

Несколько подготовленных под пайку изделий устанавливают на снабженные захватами тонкие стальные или чугунные листы со штырями или отверстиями, в ряде случаев их нанизывают на длишную ось и в таком виде потружают в ванну. Для предупреждения попадания в ванну влаги изделия рекомендуется перед потружением подсушить.

Время выдержки изделий в вание и температуру пайки подбирают опытным путем.

Следует имсть в виду, что при увеличении сверх необходимого времени пребывания изделий в ванне возможно вытекание припоя.

Пайку изделий из алюминия обычно выполняют припоями из силумина. Разница между температурой плавления этого прилоя и основного металла незначительна, поэтому за температурой ванны гребуется особенно усиленный контроль.

С целью достижения равномерною распределения температуры внутри алюминиевых изделий их целесообразно перед погружением в ванну предварительно подогреть до 300—400°. Этот подогрев особенио необходим, если толщина стенок изделия колеблется в широких пределах.

После проведения пайки изделия охлаждают на воздухе и затем промывают в горячей воде, чтобы удалить соли

При правильно выполненном процессе пайки поверхность изделия имеет серовато-серебристый цвет а вокруг места соединения образуется небольшая галтель припоя с выходом его на противоположную сторону соединения.

В последние годы объем применения пайки в соляных ваннах непрерывно возрастает благодаря следующим се преимуществам:

- 1) возможности получения равномерного нагрева изделия под пайку и точной регулировки температуры в пределах до  $\pm~10^\circ$ ;
  - 2) минимальному короблению изделий;
- 3) высокой скорости напрева вследствие непосредственной теплопередачи, в несколько раз превышающей скорость нагрева в печах с радиационным нагревом;
- 4) возможности одновременной пайки нескольких соединений на одном или нескольких изделиях;
- 5) возможности частичного нагрева спаиваемых деталей за счет погружения их на определенную глубину;
- 6) надежной защиты стальных изделий от окисления и обезуглероживания. Эта защита является действенной не только при нагреве, но и при охлаждении на воздухе, так как расплавленные соли обравуют пленку, предохраняющую изделие от воздействия на него окружающей атмосферы;
- 7) во многих случаях не требуется применения флюсов:
- 8) возможности совмещения операций цементации и закалки с операцией пайки, благодаря чему отпадает необходимость в повторном нагреве.

Пайка в соляных ваннах в настоящее время широко применяется на Горьковском автомобильном заводе, на Рижском заводе радиотехнических изделий и на многих других предприятиях.

На Рижском велосипедном заводе с успехом применяется конвейерная пайка в соляных ваннах всех узлов велосипедной рамы.

Непрерывность процесса пайки в ваннах, достигасмая применением конвейеривадии, дает высокую производительность, сокращает потребность в производственных площадях, облегчает условия труда и обеспечивает стабильное качество соединений за счет устранения влияния субъективных факторов.

## Пайка с помощью индукционного нагрева токами повышенной или высокой частоты

Метод индукционной пайки заключается в том, что участок, подлежащий нагреву, помещается в быстропеременное электромагнитное поле, создаваемое одно- или многовитковой катушкой-индуктором, питаемым от специального машинного или лампового генератора. Простейший индуктор представляет собой кольцо или спираль из нескольких витков медной трубки, имеющей круглое или прямоугольное сечение. На участке, расположенном возле витков, возбуждаются вихревые токи, вследствие теплового действия которых происходит нагрев до требуемой температуры.

В процессе нагрева между изделием и индуктором существует только лишь электромагнитная связь через раз-

доляющий их воздушный промежуток.

Метод индукционной пайки создает благоприятные условия для полной автоматизации процесса, что в овою очередь обеспечивает стабильность качества соединений за счет постоянства установленного режима.

Индукционный нагрев может быть применим не только для пайки стальных изделий, но и изделий из цветных сплавов.

Пайка токами высокой частоты обеспечивает мгновенный нагрев требуемых участков за счет концентрации монцного электромагнитного поля.

По сравнению с другими методами индукционная пайка имеет следующие преимущества.

- 1) в десятки раз сокращается время нагрева, что приводит к вначительному уменьшению окисления спаиваемых поверхностей;
- 2) за счет локализации нагрева воной паяного соединения сокращается удельный расход электроэнергии;
- 3) высокая производительность благодаря возможности концентрации больших мощностей в небольшом объеме металла;
- 4) высокое качество за счет постоянства режима при автоматизации процесса;
- 5) возможность с помощью соответствующих индукторов производить одновременную пайку нескольких соединений на одном изделии;
  - 6) удобство применения в поточном производстве;

- 7) возможность пайки вакаленных изделий, так как благодаря местному нагреву примыкающие к соединению участки поверхности изделия остаются ненапретыми;
- 8) удобство наблюдения за процессом пайки. В результате этого можно быстро исправлять нарушения во взаимном расположении спаиваемых деталей;

9) низкая стоимость:

10) облегчаются условия труда рабочих.

В качестве источника тока при индукционном нагреве под пайку могут быть использованы установки с машинными или ламповыми генераторами.

Машинные генераторы строятся на частоты от 500 до 8000 пер/сек при мощностях от 15 до 1000  $\kappa s \tau$ , а ламповые — на частоты от 100 000 до 1 000 000 пер/сек при мощностях от 5 до 500  $\kappa s \tau$ .

Количество тепловой энергии, выделяемой в нагреваемом изделии, и распределение этой энергии по его сечению зависят от величины удельной мощности, подводимой к изделию, частоты тока, питающего индуктор, геометрических размеров и формы изделия на участке, подлежащем пайке, и других факторов.

Чем больше частота тока, тем меньше толщина слоя, в котором выделяется основное количество тепла от индуктированных в изделии вихревых токов.

Наиболее важным фактором, определяющим правильный выбор типа генератора и конструкции нагревательной установки, является установление оптимального значения частоты литающего тока, лотребной удельной мощности и времени нагрева.

Обычно руководствуются теми же общими принципами, какие приняты при выборе установок повышенной или высокой частоты для нагрева под закалку или «сквозного» нагрева под ковку и штамповку.

В целом ряде случаев приходится применять либо уже имеющиеся на данном предприятии установки для индукционного нагрева, либо, приобретая новые установки, ориентироваться на тот сортамент их, который выпускается нашей промышленностью.

При пайке изделий сложной формы время нагрева и удельная мощность обычно подбираются опытным путем. Среднее значение ватрат электроэнергии при нагреве 1 кг стали для пайки медью составляет 0,5 квт-ч/кг.

Предприятия электропромыщленности выпускают три

типоразмера индукционных нагревательных установок с машинными генераторами. Установки мощностью  $50~\kappa s r$  имеют частоту  $2500~\mathrm{nep/cek}$ , а установки мощностью  $100~\kappa s r = 2500~\mathrm{n}$   $8000~\mathrm{nep/cek}$ . Установка комплектуется из напревательной станции, преобразователя повышенной частоты и автотрансформаторного пускателя.

Нагревательная станция содержит: высокочастотные трансформаторы, питающие нагревательные индукторы, конденсаторную батарею, аппаратуру контроля и управления машинным преобразователем повышенной частоты, аппаратуру для автоматического управления процессом нагрева и систему водяного охлаждения.

Высокочастотные нагревательные установки с ламповыми генераторами ЛГ-60 и ЛГ-30 выпускаются двух типоразмеров соответственно с номинальной мощностью генератора в 60 и 30 квт. Каждый типоразмер установки в свою очередь имеет два исполнения — А и Б. Индекс А указывает на возможность использования установки для целей нагрева и плавки, а Б — только для целей нагрева. От установки с индексом А установка с индексом Б отличается отсутствием индукционной плавильной печи и уменьшенной величиной емкости закалочного контура.

В комплект высокочастотной нагревательной установки входят следующие элементы: силовой трансформатор, ламповый генератор, шкаф колебательных контуров, закалочный (нагревательный) трансформатор и индукционная печь (для исполнения с индексом A).

Основные элементы схем нагревательных установок с машинными и ламповыми генераторами одинаковы. В упрощенном виде эти схемы показаны на рис. 27, *a*, *б*.

Возможность получения высококачественного паяного соединения при использовании нагревательных индукционных установок повышенной или высокой частоты в значительной мере определяется рациональной конструкцией индуктора, которая должна удовлетворять требованиям технического задания по нагреву.

В большинстве случаев рациональные конструкции индукторов создаются практическим путем, на основе учета специфических особенностей этого метода нагрева, и окончательная доводка индуктора производится при пробной пайке нескольких образдов.

В тех случаях, когда изделие имеет простую форму и сечения спаиваемых элементов одинаковы, чаще всего

применяют одно- или двухвитковые индукторы, по форме подобные форме изделия. Их изготовляют из круглой, квадратной  $(10\times10)$  или прямоугольной  $(10\times20)$  медной трубки. Трубки квадратного или прямоугольного сечения могут быть получены путем профилирования

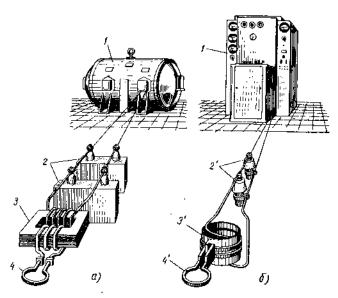


Рис. 27. Основные элементы схем нагревательных установок с питанием от манинного (а) и лампового (б) генераторов;

I— машинный преобразователь повышенной частоты, I'— ламповый генератор высокой частоты, 2— конденсаторная батарея с бумажно-масляными конденсаторами, 2'— конденсаторная батарея с керамнческими конденсаторами, 3— высокочастотный понижающий трансформатор с железиым сердечником, 3'— высокочастотный воздушный понижающий трансформатор, 4 и 4'— нагревательный индуктор

круглой трубки диаметром 12/10 и 20/16 мм на ручном приспособлении. На рис. 28 показаны одновитковый (а) и двухвитковый (б) индукторы. Одновитковый индуктор представляет собой разрезное кольцо из медной трубки прямоугольного сечения. В двухвитковом индукторе, изготовленном из круглой трубки, оба витка имеют равный диаметр и соединены между собой последовательно. Применение профилированной трубки обеспечи-

вает наиболее высокий к. п. д. индуктора и равномерный нагрев спаиваемой детали.

Распределение температуры вдоль нагреваемой поверхности и по сечению изделия зависит от величины удельной мощности, подводимой к каждому квадратному сантиметру нагреваемой поверхности. Для получения равномерного и одновременного нагрева участка, находящегося против индуктора, все витки его должны быть на одинаковом расстоянии от поверхности этого участка.

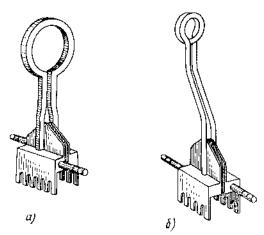


Рис. 28. Индукторы для высокочастотной индукционной пайки:  $\alpha$  — одновитковый кольцевой индуктор из трубки примоугольного сечения,  $\delta$  — двухвитковый кольцевой индуктор из круглой трубки

Это может быть достигнуто при точном центрировании или, независимо от точности центрирования, вращением изделий относительно индуктора со скоростью 5—10 оборотов за цикл натрева.

При пайке по индуктору протекает ток большой силы. Распределение этого тока по сечению витка кольцевого индуктора неравномерно. Наибольшую плотность тока имеет внутренняя поверхность витка, которая ближе всего расположена к изделию.

Для предупреждения перегрева и расплавления индуктора от тепла, выделяющегося протекающим по немутоком, его охлаждают проточной водой. Размеры внутреннего сечения медной трубки индуктора должны обеспечивать прохождение требуемого количества воды.

При питании индуктора током от лампового генератора толщина стенки должна быть 1 мм, а при питании от машинного генератора — в пределах от 1,5 до 2 мм.

Равномерный и одновременный нагрев изделий, имеющих переменные сечения, может быть достигнут кочструкцией индуктора, обеспечивающей передачу в каждый из нагреваемых элементов количества эпергии, пропорционального их массе.

Для перераспределения тепла, выделяемого при пайке изделий сложной формы, часто прибегают к параллельному соединению витков индуктора, изменению их формы или расстояния от напреваемой поверхности. При параллельном соединении витков индуктора ток, протекающий по каждому из витков, будет обратно пропорционален геометрическим размерам витка и величине зазора между ним и деталью.

В тех случаях, когда толстостенные участки сопрягаются с тонкостенными, последние могут быть нагреты до требуемой температуры за счет теплопроводности.

Когда производится пайка разнородных метадлов, наибольшее количество энергии нужно сконцентрировать на деталях, имеющих меньшее электрическое сопротивление, так как такие детали труднее нагреть.

Высокий к. п. д. индуктора может быть получен, если его конструкция обеспечивает получение наиболее плотного переменного электромагнитного поля. При прочих равных условиях наибольшая концентрация электромагнитной эпергии достигается при изготовлении индукторов из трубок малого сечения. Если производится нагрев наружной поверхности изделия, размер наружного диаметра индуктора вначения не имеет. Когда нагреву должна быть подвергнута внутренняя поверхность, внутренний диаметр индуктора нужно выполнить по возможности большим.

Чтобы свести к минимуму рассеивание магнитного потока и увеличить плотность тока в месте нагрева, вазор между индуктором и изделием необходимо устанавливать минимальный. Вместе с тем величина зазора должна исключать возможность перегрева или оплавления близко расположенных к индуктору поверхностей, а также обеспечивать легкую загрузку и выгрузку изде-

лий. Хотя увеличение сазора приводит к худшему использованию тенератора и снижает к. п. д. индуктора, в практике инотда сознательно прибегают к этому для того, чтобы получить равномерный нагрев изделий сложной формы. При повышенном вазоре возникает необходимость увеличивать время нагрева. Минимальный вазор при нагреве под пайку тонкостенных изделий обычно составляет 2—3 мм.

Максимальные заворы, применяемые иногда при пайке толстостенных изделий, изделий сложной формы, а также при сопряжении толстостенных изделий с тонкостенными, могут достигать 15—20 мм. При небольших зазорах нужно следить за тем, чтобы витки индуктора не были расположены очень близко к острым выступам или кромкам изделия, так как возникает опасность оплавления или порчи изделия вследствие его самыжания с витками индуктора. Такая опасность воврастает при испольвовании многовитковых индукторов, а также при пайке в массовом производстве, когда трудно обеспечить точное центрирование изделия относительно индуктора. В этом случае полезно изолировать индуктор асбестовым шнуром или слоем теплостойкой эмали. В. В. Вологдин рекомендует для изоляции индукторов эмаль следующего состава (в процентах): песка кварцевого 38, свинцового сурика 40, двуокиси олова 12, поташа 10. Эмалирование производится нанесением на очищенную поверхность мелко растолченной сметанообразной массы эмали с последующей просушкой в печи при температуре 60—80° и прокалкой при 800—850° до оплавления этой массы.

Изоляция индуктора оказывается полезной и при пайке с применением флюсов, большинство которых хорошие проводники тока; она предохраняет индуктор от возможных витковых замыканий через флюс.

В тех случаях, когда необходимо предотвратить нагрев отдельных участков на поверхности изделий, расположенных в зоне действия электромагнитного поля индуктора, рекомендуется устанавливать защитные экраны из листовой меди толициной 1,5—2 мм. Для пайки цветных металлов и сплавов, чтобы увеличить количество энергии, передаваемой изделию индуктором, следует выбирать многовитковые индукторы и минимальные зазоры. На рис. 29 показаны различные конструкции индукторо

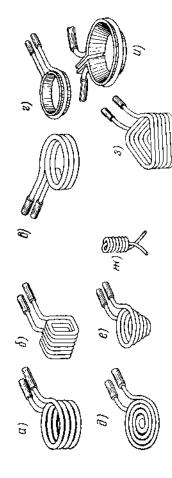


Рис. 29. Различные конструкции индукторов, применяемых для натрева под пайку:

 $\mathfrak{a}$  — многовитковый круглый нилуктор,  $\mathfrak{b}$  — многовитковый прямоугольный индуктор,  $\mathfrak{s}$  н  $\mathfrak{s}$  — трех- и одновитковый цилиндрические индукторы,  $\mathfrak{d}$  — плоский индуктор,  $\mathfrak{s}$  — многовитковый конический индуктор,  $\mathfrak{x}$  — внутрений индуктор,  $\mathfrak{z}$  — многовитковый фи. гурный индуктор, и - одновитковый конический индуктор  $\mathfrak{a}-\mathfrak{m}$ ноговитковы $\mathfrak{k}$  круглы $\mathfrak{k}$  нилуктор,  $\mathfrak{b}-\mathfrak{m}$ ноговитковы $\mathfrak{k}$ 

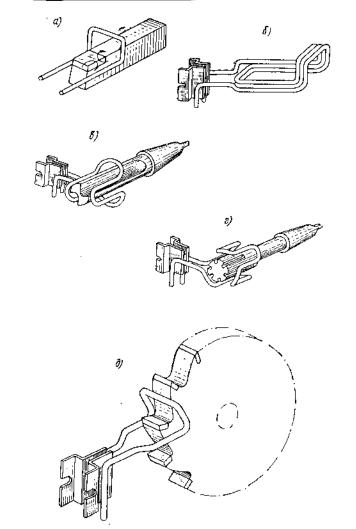


Рис. 30. Индукторы для нагрева под пайку различного режущего инструмента:

a — одновитковый петлевой индуктор для пайки резцов,  $\delta$  — миоловитковый петлевой индуктор для пайки резцов, a — индуктор для папайки сверд, a — нидуктор для напайки зенкеров и разверток, a — индуктор для изпайки фрез

торов, применяемых при нагреве под пайку различных машиностроительных деталей. На рис. 30 показаны

индукторы для пайки режущего инструмента.

Для того чтобы индуктор в полной мере удовлетворял требованиям производства, он должен не только обеспечивать получение необходимой формы нагретого участка, но также быть простым в изготовлении и удобным в ра-

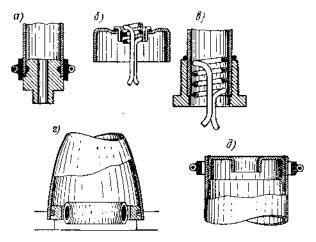


Рис. 31, Примеры конструктивного оформления и расположения индукторов при пайко различных изделий

боте. На рис. 31 показаны примеры конструктивных форм и расположения индукторов при пайке различных изделий. Рис. 31, а иллюстрирует тайку массивного фланца с тонкостепным цилиндром. Наружный спиральный кольцевой индуктор передает энергию цилиндру и фланцу. На рис. 31, б показан способ соединения штампованного стакана с внутренней вставкой. В этом случае применен индуктор для внутреннего нагрева вставки. На рис. 31, в для припайки к трубе муфты, имеющей наружную резьбу, также применен индуктор для внутреннего нагрева. Такой индуктор исключает оплавление резыбы. На рис. 31, г показан случай, когда к тонкостенному конусу припаивается массивный пояс. Нагрев участка пайки со стороны пояса производится одновитковым внутренним индуктором. На рис. 31, д изображена припайка

горловины к цилиндрическому резервуару с помощью одновиткового внутреннего индуктора.

Метод индукционной пайки услешно осуществляется в тех случаях, когда припой из меди, латупи или сплавов серебра в виде проволожи, фольги, верен или порошка предварительно укладывается в места соединений или вблизи от них. Требуемое количество припоя устанавливается на основании расчета и корректируется при пробных пайках.

Для получения качественного соединения при индукционной пайке во всех случаях, ва исключением пайки меди медно-фосфористыми припоями, необходимо применять флюс. Флюсы выбираются в зависимости от химического состава спаиваемых материалов и используемых припоев. Составы их приведены в главе І. При пайке стали, бронзы и латуни медными, медно-цинковыми и серебряными припоями в качестве флюса чаще всего употребляется плавленая бура или смесь плавленой буры с борной кислотой.

Наиболое целесоюбравно применять флюс в виде жидкости или пасты. Такой флюс следует наносить на изделия и припой путем логружения или кистью незадолго до начала пайки.

Перед пайкой обязательна подсушка изделий для полного удаления влаги.

С помощью индукционного нагрева припаивают пластинки из твердых сплавов и быстрорежущих сталей к державкам резцов, фрез и другого инструмента, производят пайку медицинского инструмента, электродов свечей для двигателей внутреннего сгорания, лопастей полых стальных самолетных винтов, элементов топливной системы и других деталей, а также изделий широкого потребления.

При пайке однотипных изделий повышение производительности процесса может быть достигнуто за счет одновременной пайки нескольких изделий в многоповиционном индукторе.

На рис. 32 показан четырехпозиционный индуктор для одновременной пайки четырех изделий.

В условиях массового производства широкое примеиение находит механизированная индукционная пайка, при которой изделие автоматически поступает в зону действия индуктора и удаляется из нее после пайки, напри-104 мер, с помощью конвейерного устройства с проходным индуктором, как это показано на рис. 33.

Хотя процесс индукционной пайки весьма производителен и дает возможность осуществить соединение в очень короткий промежуток времени, при проведении его на воздухе нагретая поверхность изделия все же окисляется. Флюсы дают лишь ограниченную защиту от окисления, так как ими обычно покрывают только сопрягаемые уча-

стки стыкуемых элементов. Образующийся на остальной, не покрытой флюсом поверхности нагретого изделия слой окалины будет тем толще, чем выше температура нагрева этой поверхности и больше его длительность.



Рис. 32. Четырехпоэнционный индуктор для однопременной пайки четырех изделий

Поэтому, когда при соединении ответственных изделий окисление поверхности недопустимо, а защита всего изделия при помощи флюсов невозможна, пайку следует

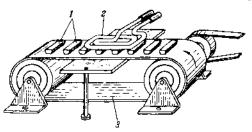


Рис. 33. Схема конвейерного устройства для пайки металлических коробок: 1— коробок, 2— нндуктор, 3— асбестовая лента конвейера

проводить в вакууме. В этом случае совершенно отпадает необходимость флюсования. После такой пайки изделия имеют чистую, светлую поверхность, а качество паяных соединений исключительно высокое.

Устройство для найки в вакууме схематически показапо на рис. 34. Подлежащее лайке изделие 1 устанавливается на столе 2 и покрывается стеклянным колпаком 3. Через отверстие в столе по трубке 4, соединенной с системой, которая откачивает из-под колпака воздух, воздух удаляется из него и в нем создается разряжение порядка  $10^{-3}$  мм рт. ст. Плотное сопряжение колнака со столом осуществляется кольцевой резиновой прокладкой 5 за счет атмосферного давления. Индуктор 6 при номощи гибких шин соединен с высокочастотным генератором. Когда изделие, накрытое стеклянным колпаком,

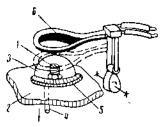


Рис. 34. Схема индукционной пайки в вакууме

поступает под индуктор, последний опускают, включают генератор и место спая начинает нагреваться. Защитный стеклянный колпак не препятствует прохождению электроматнитной энергии в спаиваемую деталь, и интенсивность нагрева сохраняется такой же, как и при пайке на воздухе. После пайки и охлаждения в вакууме под колпак по-

дается воздух и готовое изделие извлекается,

Пайка в вакууме особенно целесообразна для небольших изделий, изготовляемых крупными партиями, так как она дает возможность осуществить автоматизацию процесса.

Автоматическая пайка в вакууме применяется, например, при изготовлении свечей важигания авиационных моторов. Для этой цели создан специальный многопозиционный станок-автомат, на котором осуществляется высожокачественное соединение в течение 4—5 сек.

При всех положительных особенностях метода индукционной вакуумной лайки применение его в промышленности пока еще очень ограничено, вследствие того что он в основном может быть использован для пайки малогабаритных изделий простой формы, а также из-за технических трудностей, овязанных с изготовлением специализированного оборудования.

## Пайка на электрических контактных машинах

Пайка сопротивлением осуществляется на обычных контактных машинах для стыковой, точечной и роликовой сварки или на аппаратах, специально предназначенных для электронагрева.

Этот метод является сравнительно новым и характеризуется высокой производительностью. Он может применяться с одинаковым успехом при любом характере производства.

При данном методе тепло развивается в непосредственной близости от соединения, прилой помещается в нужном месте перед проведением нагрева, за редким исключением (припои, содержащие фосфор) употребляется флюс.

Преимущество пайки сопротивлением заключается в том, что нагрев протекает в течение короткого периода времени.

В результате концентрированного нагрсва в самом месте пайки все изделие чаще всего не успевает полностью прогреться и в связи с этим изменить свои физические и механические свойства.

Пайка может производиться к применением медных,

прафитовых, угольных и других электродов.

При употреблении медных электродов тепло развивается ва счет потерь энергии, связанных с прохождением электрического тока большой силы, при низком напряжении, непосредствению через изделис, подлежащее пайке.

Так как наибольшее переходное сопротивление имеет участок между припоем и спаиваемыми поверхностями, в нем выделяется основное количество тепла.

В случае использования графитовых или угольных электродов разогрев ивделий до температуры пайки происходит как ва счет теплопроводности от раскаленных углей, так и ва счет тепла, выделяемого в них при прохождении тока, как это имеет место при применении медных электродов.

Такие электроды особенно целесообразны в случае пайки меди и ее сплавов, обладающих высокой тепло- и электропроводностью, малыми переходными сопротивлениями и большой теплоемкостью.

Для получения достаточного количества тепла при сравнительно малых значениях сопротивления спаиваемых изделий и переходного сопротивления, а также и времени нагрева необходимо применять ток большой силы.

Электрические контактные машины в вависимости от мощности трансформатора обеспечивают получение низких напряжений— от 1 до 20 в, при силе тока от сотен

до десятков тысяч ампер. На рис. 35 показана принципиальная схема устройства контактных машин. Встроенный в машину понижающий однофазный сварочный трансформатор имеет секционированную первичную и вторичную обмотки. Вторичная обмотка выполнена из одного витка. Регулирование напряжения между элек-

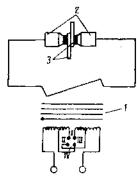


Рис. 35. Принципиальная схема контактного нагрева: I— нагревательный траисформатор, 2— электроды, 3— деталя

тродами, присоединенными концам вторичной обмотки трансформатора, осуществляется изменения коэффициента при 'постоянном трансформации – напряжении, Самое первичном высокое папряжение на электродах появится тогда, когда первичная обмотка с помощью переключателя будет включена наименьшее число витков (положение  $\mathit{IV}$ ) и, наоборот, низкое — при наибольшем числе (положение <math>I). Повышепонижение вторичного напряжения влечет за собой соответственное повышение или понижение силы тока во вторичной цепи. При этом изменение расхо-

дуемой, а следовательно, и потребляемой мощности находится приблизительно в квадратичной зависимости от изменения напряжения.

Во время паяния более крупных деталей с помощью графитовых или угольных электродов в процессе нагрева приходится несколько раз выключать ток. Это дает возможность осуществить более равномерный нагрев деталей и предохранить их от случайных местных перегревов.

На рис. Зб локазана лайка мелких деталей на машине для точечной сварки.

Обычно подготовленное к пайке изделие важимается между электродами машины. Затем включается ток и производится разогрев до тех пор, лока приной не расплавится и не начнет вытекать наружу. После прекращения подачи тока изделие выдерживается мекоторое время под давлением до момента ватвердевания припоя. При пайке величины тока и давления должны быть ниже, чем при оварке. В случае чрезмерно большого давления ме-

жду контактами приной может выдавливаться из соединения. При очень малом давлении возможен перегрев поверхности изделия в месте контактирования электродов. Нужно иметь в виду, что некоторые существующие контактные машины, используемые для пайки, не дают удовлетворительных результатов из-за очень внизкого значения напряжения во вторичной цепи.



Рис 36, Пайка мелких узлов на точечной сварочной машине

Во многих случаях для пайки сопротивлением применяются клещи с графитовыми пластинами, литаемые от передвижного трансформатора контактной машины, с которой они соединяются с помощью гибких кабелей. На рис. 37 схематически показаны клещи для пайки. Эти клещи состоят из двух шин 1, выполненных из меди сечением  $10 \times 50$  мм. Один конец каждой шины онабжен держателем 2, куда вставляются сменные графитовые пластины 3. Спаиваемое наделие зажимается между графи-

товыми пластинами с помощью винта 4, вставленного в обойму, изолированную от медных шин. В процессе работы токоподводящие медные шины охлаждаются проточной водой. Вода подводится и сливается с помощью резиновых шлангов, подсоединяемых к ниппелям 5.

Питание клещей производится от трансформатора мощностью 6,1 ква, который допускает регулировку вторичного напряжения в пределах от 6,8 до 10 в. Длина вылега вторичной обмотки составляет около 5 м при сечении в 240 мм².

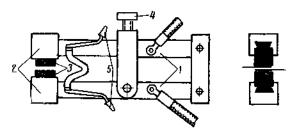


Рис. 37. Клещи для пайки твердым припоем

Включение тока осуществляется через контактор от кнопки, выведенной к клещам.

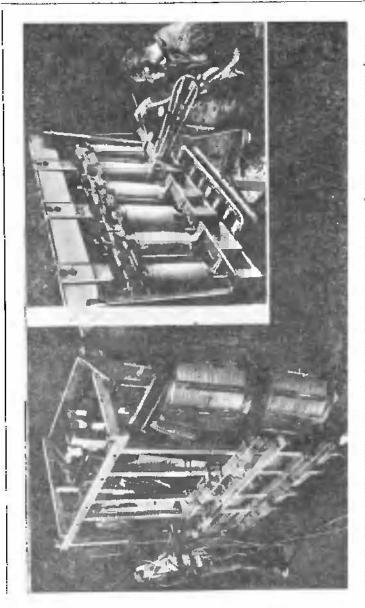
Конструкция клещей настолько проста, что они легко могут быть изготовлены на любом предприятии. Для питания клещей может быть использована контактная мащина, обеспечивающая напряжение во вторичной цепи не ниже 6—8 в.

Размеры клещей и сечения токоподводящих кабелей должны быть увязаны с мощностью траноформатора контактной машины.

При пайке с помощью клещей иногда желательно помещать между сопрягаемыми кромками минимальное количество припоя и после расплавления ранее введенного добавлять его по мере необходимости с прутка или полоски, изготовленных из припоя и покрытых флюсом.

Пайка соединений обмоток электрических машин и трансформаторов чаще всего выполняется с помощью клещей. Примеры такой пайки приведены на рис. 38, 39.

Контактные машины совершенно безопасны для обслуживающего персонала, так как максимальное значе-



трансформа-Рис. 38. Контактиал пайка клещами отводов и выводных концов обмотки склового тора Припой в виде прутка подвосится к соединению в момент пайки

ние папряжения в месте нагрева не превышает 10—12 в Паящые соединения, полученные контактным способом обладают хорошим качеством и в фяде случаев по прочности не уступают основному металлу.



Рис. 39. Қонтактная пайка клещами выводных колдов обмотки сварочного трансформатора

При этом способе пайки во многих случаях оказывается излишним устройство кондукторов или приспособлений, служащих для взаимного фиксирования деталей, так как самим электродам может быть придана необходимая форма, обеспечивающая требуемое положение сопрягаемых элементов. Во врсмя работы необходимо внимательно следить ва состоянием электродов, ибо их неравномерный износ может вызвать чрезмерный местный нагрев деталей.

Эффективность действия электродов, в особенности графитовых или утольных, сильно снижается, если они случайно оказываются покрытыми флюсом

В некоторых случаях пайки деталей из цветных металлов с помощью медных электродов их нагрев и остывание происходят настолько быстро, что для предохранения

от местных окиолений в качестве флюса целесообразно применять раствор смолы в денатурированном спирте. Иногда оказывается целесообразным вместо флюса использовать струю защитного газа, направленного на место спая.

На контактных машинах можно производить пайку соединений практически любых профилей, не опраничиваясь лишь нахлесточными соединениями. Применение контактных электросварочных машин особенно хорошо зарекомендовало себя при

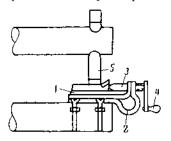


Рис. 40. Схема пагрева для пайки твердосплавных резцов на точечной сварочной машине:

I — изолирования плита, 2 — токоподводящая шина, 3 — торцовый электрод, 4 — рукоятка перемещения торцового электрода, 5 — верхний электрод

пайке обмоток электрических машин и аппаратов, выводов трансформаторов, шин, кабелей и проводов, петушков

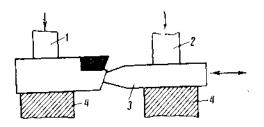


Рис. 41. Схема нагрева для пайки твердосплавных резцов на стыковой сварочной машине:

I — токонодвод и электрод левой губки, 2 — токопровод и электрод правой губки, 3 — торцовый электрод, 4 — изолированные плиты

с пластинками коллектора, кабельных наконечников, контактов, резцов, а также стальных ленточных полотен.

На рис. 40 и 41 показаны схемы контактного нагрева при пайке на стыковой и точечной машилах твердосплавных пластин к державкам резцов, а на рис. 42 — схема пайки (наварки) резцов с пластинами из быстрорежущей стали на машине для стыковой сварки.

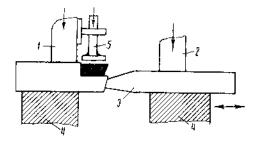


Рис. 42. Схема пайки (наварки) резцов с пластинами из быстрорежущей сталн на стыковой сварочной машине: 1—токоподвод и электрод правой губки, 2—тороподвод и электрод правой губки, 3—тор

токоподвод и электрод правой губки, S — торцовый электрод,  $\mathcal{I}$  — изолированные плиты, S — рычажный пресс для прижима пластины после окончания нагрсва

### Пайка погружением соединяемых элементов в расплавленный припой

Для осуществления пайки таким методом необходима подогревательная ванна, содержащая расплавленный припой, покрытый сверху слоем флюса. В целях уменьшения количества тепла, отбираемого у ванны погружаемыми в нее изделиями, последние рекомендуется предварительно подогревать.

Иногда припой расплавляют в графитовом или отнеупорном тигле и для защиты от окисления засыпают слоем древесного угля. Тигель должен вмещать достаточное количество расплавленного припоя с тем, чтобы при погружении в него изделия не произошло существенного чонижения температуры припоя.

Значительное повышение производительности процесса пайки достигается погружением предварительно разогретого изделия в ваину с расплавленным флюсом, имеющим температуру 750°, а затем уже погружением его в тигель с расплавленным припоем.

Поверхности, неподлежащие пайке, предохраняют от налипания на них припоя путем обмазки их графитом с

добавками небольшого количества алунда или извести. можно удалить электролитическим Излинки припоя путем.

Длительность погружения в ванну с припоем зависит от температуры и размеров ванны, температуры подогрева изделий, их размеров и веса. Обычно она колеблется от 1.5 до 10 мин.

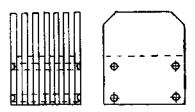
Пайка погружением в расплавленный припой применяется в производстве паровых турбин и велосипедных рам 1. При пайке турбинных лопаток в вависимости от их

материала употребляется латунный или серебряный

припой.

Для велосипедных рам в качестве припоя применяют латунь, так как другие припои не удовлетворяют всем техническим требованиям соединения.

Паяные соединения в рамах имеют очень большие размеры, с тем чтобы обеспечить необходимую соответствуюпрочность,



Pac. 43. Контакты автомата ВАБ, спаинаемые методом порасплавленный гружения припой

щую требованиям при их эксплуатации.

Одним из примеров пайки методом погружения изготовление контактов автомата рис. 43 видно, что контакт представляет собой конструкцию из медных пластин, скрепленных медными ваклепками.

Для уменьшения переходного сопротивления между пластинами ва счет имеющихся заворов основание контакта пропаивается серебряным припоем методом погружения. В целях лучшего затекания припоя в вазоры между пластинами их поверхности подвергаются гальваничеокому серебрению. Процесс пайки производится следующим образом. В вание под слоем флюса, в данном случае буры, расплавляется серебряный припой, в который погружается основание контакта. Выдержка контакта в ванне производится до момента достижения тем-

<sup>1</sup> На некоторых отечественных заводах пайку велосипедных рам. производят в соляных вапнах.

пературы, при которой серебряный припой легко стекает с контакта. Чревмерная выдержка контакта в расплавленной ванне приводит к сильному его оплавлению; то же самое происходит, если припой перегрет. Из ванны контакт переносится под струю воды. Вследствие резкого охлаждения бура, покрывающая контакт, растрескивается и отскакивает. Окончательная очистка контакта производится с помощью щетки.

Подобным же способом в ванне с серебряным припоем спаивают различные детали, имеющие небольшие площади сечений, например проволоки, мелкие полоски. Концы проволок или полосок должны быть тесно сжаты до полного затвердевания припоя. Приспособления для пайки следует снабжать захватами для погружения и извлечения изделий.

Пайка погружением была первым, широко применявшимся методом соединения изделий. В настоящее время этот вид пайки используется сравнительно редко и главным образом при пайке мягкими оловянно-свинцовыми припоями. По сравнению с другими методами он наименее совершенен и экономичен, а область его применения очень узка.

### з. Очистка деталей перед пайкой

К числу основных условий получения качественного паяного соединения относится тщательная очистка соединяемых поверхностей деталей от окислов, жира и грязи. Это условие ни в какой мере не вависит от методов нагрева или применяемых припоев и флюсов.

Очистку необходимо производить непосредственно перед пайкой, так как расплавленный припой не смачивает загрязненных участков и не растекается ло ним.

В производственной практике, как уже указывалось, применяются химический и механические способы очистки, однако лучшим способом подготовки поверхности под пайку является химическое травление, которое не дает повреждений основного материала.

Обезжиривают детали путем промывания в каустической соде или жирорастворителях, например бензине, ацетона, денатурированиюм спирте, четыреххлористом утлероде, трихлорэтилсне. Особенно тщательно должны быть удалены все тяжелые масла и сало. Из легких ма-

сел на деталях могут оставаться только те, которые после своего сторания не оставляют углерода.

Масла, содержащие свинец, должны быть полностью удалены, так как наличие их препятствует смачиванию деталей припоем, а следовательно, и проникновению его в соединение. Прутки, проволока и трубы, которые предварительно были протянуты или прокатаны с применением таких смазок, имеют поверхностную пленку, препятствующую выполнению пайки. Эта поверхностная пленка перед пайкой должна быть удалена промыванием в соответствующих химических реактивах или механическим шлифованием (например наждачной буматой).

Частичное удаление окисных пленок механическим способом обычно производится с помощью вращающейся проволючной щетки, наждачного полотна или дробеструйной обработкой.

Перед механической очисткой с деталей должны быть удалены жир и грязь.

Производить очистку обдувкой леском не следует, так как при этом на поверхности детали могут застревать отдельные песчинки, которые будут препятствовать смачиванию соединений и свободному затеканию в них припоя.

## 4. КОНСТРУКЦИЯ И ПРОЧНОСТЬ ПАЯНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

При конструировании паяных соединений нужно руководствоваться следующими соображениями.

Прочность соединения непосредственно зависит от площади спая и взаимной подгонки соединяемых деталей.

Посадку под пайку лучше всего делать преосовой с натягом около 0.03 мм на каждые 25 мм диаметра. Однако посадка может быть выполнена и скользящей с зазором до 0.04-0.05 мм, но при пайке стали— не более 0.15 мм.

Для соединения цветных метадлов вазор может быть несколько большим, чем в случае пайки стали. Вообще нужно стремиться к тому, чтобы в процессе пайки было постоянно обеспечено взаимное плотное прилегание деталей по всей спаиваемой поверхности.

Прочность пайки вначительно уменьшается при переходе от прессовых посадок к скользящим и тем более по мере увеличения вавора. Например, в случае вамены прес-

совой посадки ходовой прочность спая при прочих равных условиях уменьшается на 30—40%. Поэтому всегда нужно стремиться к тому, чтобы перед лайкой соединения были по возможности более плотными. Необходимо указать, что при пайке медью тщательно очищенных стальных деталей припой проникает в соединения, полученные после развальцовки, в заклепочные нівы, а также и винтовые соединения.

Следует, однако, иметь в виду, что в случае чрезмерно плотных соединений вследствие теплового расширения, происходящего при температурах лайки, развивается сильное взаимное давление деталей, что может привести к их сращиванию, аналогично тому как это происходит при сварке кузнечным способом или при плотном контакте в вакууме. Естественно, что в данном случае проникновение припоя в соединение ватрудняется.

Устанавливая оптимальную величину вазора, необходимо также принимать во внимание состав и свойства припоя и основного металла. С увеличением растворимости основного металла в припое проникновение последнего в зазор затрудняется.

Кроме того, величина завора зависит от типа соединения и площади поверхности, которая должна быть смочена и заполнена припоем.

При пайке медью или серебряными прилоями черных металлов зазоры должны быть в пределах от 0,03 до 0,15 мм, а при пайке серебряными припоями цветных металлов—в пределах от 0,05 до 0,25 мм. Для медно-цинковых прилоев, применяемых при пайке черных металлов, зазоры должны быть в пределах от 0,05 до 0,25 мм. При соединении цветных металлов медно-цинковыми и медно-фосфористыми припоями зазоры следует выдерживать в пределах от 0,1 до 0,3 мм.

На рис. 44 показаны примеры правильных и неправильных конструкций паяных соединений.

При конструировании соединения и производстве пайки нужно стремиться в максимальной степени использовать явление капиллярности. Это обстоятельство имеет важное значение при проведении пайки в печах. Следует иметь в виду, что галтели и выточки в местах сопряжений недопустимы, так как они вызывают местное увеличение вазора, что приводит к ослаблению или ограничению капиллярного действия припоя. Правильным расположением соединений в сложной конструкции может считаться такое, которое позволяет выполнять все или большинство из них, не изменяя общего положения изделия. В случае, когда приходится последовательно осуществлять несколько соединений, расположенных в непо-

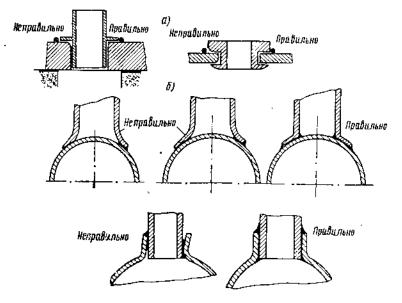


Рис. 44. Примеры правильных и неправильных конструкций паяных соединений:

a — фаски и закругления нарушают капиллярное течение припоя, b — плохая подгонка сопряваемых деталей, которая всегда приводит к низкому качеству паяного шва

средственной близости друг к другу, а спаиваемые детал. изготовлены из материала, обладающего высокой тепло-проводностью, появляется опасность, что при жаждом последующем паянии можно повредить то, что сделано ранее. Тогда применяют припои, обладающие различными температурами плавления, и начинают пайку с наиболее тугоплавкого, постепенно переходя на более легкоплавкие.

Соединений в стык как наименее прочных следует по возможности избегать или делать их только в том случае, когда выполнение телескопических, нахлесточных соеди-

нений или соединений с косым стыком почему-либо не представляется возможным.

Повысить прочность стыковых соединений можно путем увеличения площади спая, что достигается скосом кромок по линии стыка, а также конструированием косых или зубчатых стыков, как показано на рис. 45. В случае выполнения сопряжений трубчатых элементов в стык увеличение их прочности может быть достигнуто сборкой соединяемых деталей на внутренней или наружной вспомотательной втулке, которая припаивается к обеим деталям на участке стыкования.

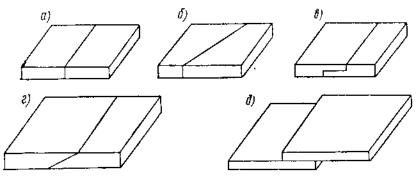


Рис. 45. Варианты конструктивных форм сопряжений плоских листовых элементов под пайку:

a — прямой стык, b — косой стык, b — зубчатый стык, c — соединение в стык со скосом кромок, d — нахлесточное соединение

Варианты конструкций сопряжений трубчатых элементов приведены на рис. 46, а, б, в, и г. На рис. 46, а показаны соединения труб внахлестку, а на рис. 46, б — в стык со скосом кромок. Соединения со скосом кромок наиболее целесообразны при пайке толстостенных труб, так как без увеличения толщины они обеспечивают высокую прочность в месте пайки. Нахлесточные соединения выполняются путем отбортовки, развальцовки или расточки одного или двух соединяемых концов. В соединениях со вспомогательной втулкой (рис. 46, в и г) желательно предусматривать посадочное место под втулку.

Таким образом, прочность лаяных соединений зависит от следующих факторов:

1) качества обработки слашваемых поверхностей. Более грубые поверхности обычно дают прочные соединения

в силу более эффективного явления капиллярности. Поэтому вачастую оказывается технологически полезным перед пайкой производить накатывание (рифление) деталей;

2) правильности выбранного вавора. При назначении определенного вида посадки для конкретного соединения (в пределах ранее указанных величин) необходимо, как уже было сказано выше, учитывать следующие факторы: конструктивную форму соединения, расстояние, на которое должен переместиться припой в процессе пайки

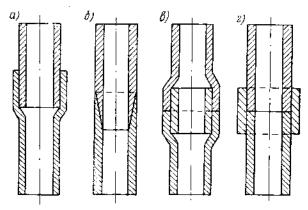


Рис. 46. Варианты конструктивных форм сопряжений трубчатых элементов под пайку:

a — соединение внахлестку, b — соединение в стык со скосом кромок, b — соединение с внутренией вспомогательной втулкой,  $\varepsilon$  — соединение с наружной вспомогательной втулкой

в силу явлений капиллярности или под влиянием силы тяжести, состав и свойства основного металла, припоя и флюса, метод пайки и, наконец, юбразует ли припой промежуточный сплав с основным металлом.

Так как вполне качественные соединения могут быть получены далеко не всегда, необходимо стремиться к тому, чтобы площади соединений были возможно большими, и этим компенсировать отдельные дефекты пайки.

В тех случаях, когда припой и основной металл не образуют промежуточного сплава, прочность соединения примерно равна прочности припоя в литом состоянии. В тех случаях, когда припой и основной металл образуют

тажой сплав, прочность соединения обычно значительно повышается.

Например, в случае паяния медью деталей, выполненных из малоуглеродистых сталей, прочность соединений близка к прочности спаиваемого материала, а иногда и превышает её.

Медь имеет предел прочности при разрыве 19—21 кг/мм², в то время как соединение медью при пайке мягкой стали обладает пределом прочности при разрыве свыше 34 кг/мм².

Прочность соединений, полученных с помощью серебряных и медно-фосфористых прилоев, может быть при-

нята для расчетов порядка 18 кг/мм2.

При пайке латунью стальных деталей прочность соединений ниже, чем при пайке медью. В этом случае их предел прочности при разрыве составляет около  $23-26 \ \kappa s/mm^2$ .

### 5. ТЕРМООБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ ПОСЛЕ ПАЙКИ

Детали из углеродистых и легированных сталей после пайки могут быть подвержены любому виду термообра-ботки — цементации, отжигу, нормализации, закалке и отпуску. Цементацию после пайки рекомендуется производить во всех случаях, так как, несмотря на соответствующие предохранительные меры, все же иногда имеет место обезутлероживание.

В тех случаях, когда детали из углеродистой стали в силу необходимости были подвержены цементации до пайки медью в печи, в качестве предохранительной меры против обезуглероживания в процессе пайки следует производить тщательную очистку восстановительной атмосферы в печи.

Защитное гальваническое покрытие деталей медью вначительно уменьшает обезуглероживание, но полностью его не предотвращает.

Необходимые предосторожности следует принимать при цианировании слаянных изделий, так как продолжительное пребывание их в цианирующей среде вызывает некоторое ослабление паяных соединений.

Детали, получившие в процессе обработки нагартовку (наклел), при пайке улучшают свою структуру. Практи-122 чески процесс пайки для таких деталей совмещается с операцией отжига.

 Термообработка после пайки, как правило, благоприятно отражается на качестве изделий так как способствует измельчению зерен, выросших в процессе пайки.

### 6. ДЕФЕКТЫ ПАЯНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

При тщательно отработанном технологическом процессе и хорошо организованном пооперационном контроле качество паяных соединений всегда высокое. Это особенно важно в массовом производстве, когда осуществляется пайка большого количества однотипных изделий.

Появление брака может произойти вследствие таких основных причин:

- 1) недостаточной или чрезмерно высокой температуры пайки:
  - 2) плохой очистки деталей;
- 3) нарушения состава защитной атмосферы в печи или недостаточной ващиты основного металла и припоя флюсом;
  - 4) неправильных ваворов между собранными частями;
- 5) прекращения жапиллярного течения припоя и неполного заполнения им соединений.

Если температура нагрева соединяемых поверхностей недостаточна, то затекание припоя в соединение будет плохим, что повлечет ва собой полное или частичное нарушение его прочности.

Перегрев же может привести к вытеканию припоя с противоположной стороны соединения или к пережогу как самого припоя, так и поверхностей соединяемых деталей.

Следствием неравномерного нагрева спаиваемых поверхностей являются наплывы припоя с наружной или внутренней стороны соединения, а также возникновение напряжений и деформаций в деталях.

Полное или частичное отсутствие смачиваемости соединения припоем и его растекаемости может произойти в результате недостаточно тщательной очистки деталей от жира, грязи и окислов перед пайкой. После проведения пайки качество такого соединения будет неудовлетворительным вследствие низкой механической прочности,

большого количества посторонних включений и отсутствия плотности.

Нарушение требуемого состава защитной атмосферы или плохая защита флюсом основного металла и приноя от окисления могут быть причиной того, что припой при расплавлении сохранит свою первоначальную форму, не растечется по шву. Активность флюса может быть повышена, если его наносить на изделие перед пайкой и в достаточном количестве. При пайке в печи смачиваемость и растекаемость можно улучшить, уменьшив содержание в атмосфере печи водяного пара, двуокиси углерода, а также приняв необходимые меры по предотвращению проникновения в рабочую камеру воздуха (например устроить экраны или зонты у входных дверей печи).

Неправильные вазоры в соединении могут нарушать проникновение припоя в шов. При большом вазоре прочность соединения снижается в связи с нарушением диффузионного процесса между припоем и основным металлом.

Кроме того, дстали следует устанавливать таким образом, чтобы процикновение припоя в соединение осуществлялось главным образом за счет силы тяжести.

Зачастую неудовлетворительное качество пайки является результатом неправильной конструкции паяного соединения, так, например, если одна из двух деталей имеет острый угол, а другая скошенный, то после сборки их в этом месте получится пустое пространство, куда припой не сможет проникнуть.

Если поверхности сопряжения деталей отполированы, то смачиваемость их припоем будет вначительно хуже, чем если бы они были шероховатыми.

Несмотря на то, что дефектные соединения могут быть исправлены путем распайки, очистки соединения от припоя и повторных операций сборки и пайки, ущерб от брака всегда намного превышает фактическую стоимость бражованных деталей. Поэтому во всех случаях брак надо предупреждать.

#### 7. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПАЯНЫХ ШВОВ

Вся совокупность работ по пооперационному контролю качества паяных изделий может быть представлена следующей схемой.

## 1. Контроль исходных материалов

- 1) спаиваемых металлов:
  - 'а) химический анализ,
- 2) припоя и флюса:
  - а) химический анализ,
- б) механические испытания паяных соединений на пробных образцах.

# 2. Контроль дзталей и сборки

- 1) проверка основных размеров деталей;
- 2) осмотр качества очистки сопрягаемых поверхностей;
- 3) контроль правильности сборки под пайку.

# 3. Контроль за процессом пайки

1) контроль технологического режима пайки.

# 4. Контроль паяных изделий при приемке

- 1) без разрушения:
  - а) внешний осмотр (наличие галтелей),
  - б) проверка герметичности,
- в) проверка прочности испытанием контрольными нагрузками;
  - г) просвечивание паяных соединений;
- 2) с разрушением выборочный контроль с целью определения механической прочности паяных соединений и степени заполнения шва припоем

Внешний осмотр соединений лучше делать сразуже после пайки. Этому виду контроля нужно подвергать все лаяные соединения.

Если соединение выполнено качественно, то по всему его периметру должна быть небольшая равномерная галтель из припоя.

Внешний вид некачественного шва характеризуется наличием непропаянных мест в виде щелей, наплывов и натеков прилоя, а также подплавлений кромок деталей.

Соединения, признанные годными по внешнему виду, при необходимости подвергают испытанию на непрони-

цаемость. Эти испытания могут быть произведены давлением воды или воздуха или пробой на керосин.

Выборочному контролю качества пайки путем разрушения обычно подвергают не более 5% изделий из партии. При этом виде контроля определяются механичеокая прочность соединения и степень заполнения соединения припоем.

Значение предела прочности паяного соединения на изделии не должно отличаться от соответствующих значений, полученных при испытании образцов, более чем на 5—10%.

Степень заполнения шва припоем определяется путем измерения суммарной площади непропаянных участков, которая не должна быть больше 15-20% от площади, подлежащей пайке, подсчитанной по чертежу. При этом паяный шов должен быть герметичным, если это требование обусловлено техническими условиями.

На некоторых предприятиях качество паяных соединений проверяется путем испытания всех изделий контрольной нагрузкой.

Эта нагрузка составляет не более 50% минимальной предельной величины, которую должна выдержать деталь с доброкачественным паяным швом.

Такой контроль серийных деталей предназначен исключительно для проверки качества паяного шва и ни в какой мере не характеризует работоспособность соединения лод действием действительных нагрувок, которые будут иметь место при работе всего узла.

Несмотря на то, что контрольная нагрузка по своему характеру значительно меньше рабочей, подбирать ее нужно весьма осторожно, с тем чтобы избежать повреждения деталей и получить правильное суждение о качестве паяного соединения.

### ОГЛАВЛЕНИЕ

	GT
ПРЕДИСЛОВИЕ	3
Глава І	
основы пайки и применяемые материалы	
1. Сущность процесса пайки	5 8 9
Оловянно-свинцовые припои	10 13 16 17
4. Твердые припои	18
Медь	18 18 22 25 27 32 39
5. Флюсы	
1. Пайка мягкими припоями	50 50 51 53
2. Пайка твердыми припоями и применяемое оборудование	54
Пайка газовым пламенем	54 67 87
Пайка с помощью индукционного нагрева токами повышенной или высокой частоты Пайка на электрических контактных машинах Пайка погружением соединяемых элементов в расплав-	94 106
ленный прилой 3. Очистка деталей перед пайкой 4. Конструкция и прочность паяных соединений 5. Термообработка деталей после пайки 6. Дефекты паяных соединений 7. Контроль качества паяных швов	123 124 127

#### ЛИТЕРАТУРА

Абаза С. А., Куликов Ф. В., Лехциев И. Р. Твердая пайка, Госэнергоиздат, 1948. Апухтин Г. И. Технология пайки монтажных сосдинений в

приборостроении, Госэнергоиздат, 1957.

Асиновская Г. А. Газопламенная пайка металлов, ВНИИАвтоген, Руководящие материалы, вып. 7, 1955.

Вюлогдин В. В. Пайка при индукционном нагреве, Машгиз,

1957.

Захаров Б. П. и Шапиро Н. И. Пайка медно-фосфори-

стым прилоем, Сборник ЦБТИЭ, выл. 32, 1951.

Имшенник К. П. и Бухман Н. А. Пайка твердосплавного инспрумента, Машгиз, 1951.

Коган А. Г. Пайка стальных изделий в солиных ваннах

Ленинградский дом техники, 1954.

Лехциер И. Р. Фосфористо-медный припой — заменитель олова в электропромышленности. «Вестник электропромышлен-пости», № 9, 1945.

Лозинский М. Г. Высокочастотная пайка в машиностроении.

«Вестник машиностроения», № 3, 1947.

Лозинский М. Г. Поверхностная закалка и индукционный нагрев стали, Машииз, 1949.

Шмыков Л. А. и Малышев В. В. Контролируемые атмосферы, Машгиз, 1953.

Яковлев Н. Ф. Пайка в машиностроении, Госиздательство

BCCP, 1956.

Богословский С. Д. и Сердюк С. В. Скоростная капиллярная пайка стальных изделий токами высокой частоты, Машгиз, 1949.

Смирягин А. П. и Шпагин А. И. Оловянистые броизы,

баббиты, принои и их заменители, Металлургиздат, 1949.

Усов В. В. и Займовский А. С. Проводниковые, реостатные и контактные материалы, Госэнергоиздат, 1957.

# Куликов Федор Васильевич

## Лехциер Илья Романович

## основные методы мягкой и твердой пайки

Научный редактор И. И Ильевский

Редактор Т. И. Рычек Технический редактор Ю. Н. Гюроков Корректор Л. Д. Шахбазова

Сдало в набор 2/VII 1958 г. Подп. к печ. 29/IX 1958 г. Формат бум,  $84 \times 108/_{32}$ —6,56 п. л. В 1 п. л. 39 000 зн. Уч.-изд. л. 6,4. Уч. № 109/3694. Тираж 15 000 экз, Цена 2 руб. 25 кол.

Тип. Трудрезервиздата, Москва, Хохловский пер., 7. Зак. 897.

2 руб. 25 коп.