

Учебник можно найти в интернете

[Материаловедение | а. м. адаскин, в. м. зув](#)

academia-moscow.ru>ftp_share...fragments/fragment...

Адашкин А. М. *Материаловедение* (металлообработка) : учеб. пособие для. ... © Адашкин А. М., Зуев В. М., 2008 © Образовательно-издательский центр «Академия», 2012 ISBN 978-5-4468-0032-2 ©

1. Сделайте конспект

2. Готовые задания присылайте на электронную почту

То последняя пара дальше экзамен

Сдаем долги

45/5 Материалы для пайки металлов. Пайка металлов. Припой. Флюсы.

Пайкой называется процесс получения неразъемных соединений с помощью специальных сплавов или металлов, температура плавления которых ниже температур плавления соединяемых деталей.

Специальные сплавы, применяемые при пайке, называют **припоями**.

Флюсы являются вспомогательными материалами для получения качественной и надежной пайки.

Процесс пайки сопровождается нагреванием. В результате припой плавится, растекается по поверхности соединяемых деталей, заполняя зазор между ними. На границе соприкосновения расплавленного припоя и поверхностей соединяемых деталей происходят сложные физико-химические процессы. Припой диффундирует в основной металл, а поверхностный слой основного металла растворяется в припое, образуя промежуточную прослойку. После застывания образуется неразъемное соединение.

Наличие оксидных пленок, механических и органических загрязнений на поверхностях соединяемых деталей затрудняет процесс пайки. Поэтому перед пайкой соединяемые поверхности тщательно очищают, а в процессе пайки защищают от окисления вспомогательными составами, называемыми **флюсами**.

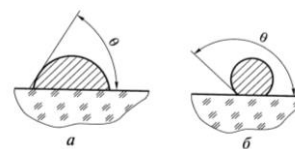


Рис. 11.3. Смачиваемость металла припоем:
а — припой смачивает металл ($\theta < 90^\circ$); б — припой не смачивает металл ($\theta > 90^\circ$)

Процесс пайки.

Процесс пайки сопровождается нагреванием. В результате припой плавится, растекается по поверхности соединяемых деталей, заполняя зазор между ними. На границе соприкосновения расплавленного припоя и поверхностей соединяемых деталей происходят сложные физико-химические процессы. Припой диффундирует в основной металл, а поверхностный слой основного металла растворяется в припое, образуя промежуточную прослойку. После застывания образуется неразъемное соединение.

Зачем необходимы флюсы при пайке?

Перед пайкой соединяемые поверхности тщательно очищают, а в процессе пайки защищают от окисления вспомогательными составами, называемыми **флюсами**.

Свойства припоев:

- ✓ хорошая жидкотекучесть;

- ✓ малый интервал температур кристаллизации;
- ✓ высокая механическая прочность;
- ✓ коррозионная стойкость;
- ✓ высокая электропроводность.

Жидкотекучесть – это способность легко растекаться в расплавленном состоянии и заполнять узкие зазоры и щели.

Таблица №1:

Виды припоев	температура плавления $T_{пл}$	Механические свойства: предел прочности при растяжении σ_p	Особенности при пайке:	Подвиды припоев:
мягкие	до 400 °С	не выше 50. . .70 МПа	при пайке преобладает адгезия (поверхностное сцепление), которая способствует смачиванию	низкотемпературные с температурой плавления $T_{пл}$ до 400 °С, легкоплавкие с температурой плавления T_m до 145°С
твердые	выше 400 °С	до 500 МПа	при пайке наряду с адгезией – сплавление и диффузия	электровакuumные

Марки припоев:

Название марок припоев определяется металлами, входящими в них в наибольшем количестве (олово - О, свинец - С, алюминий -А, серебро - Ср, сурьма - Су, медь - М, цинк - Ц, висмут - Ви, кадмий - К). Обозначение драгоценного или редкого металла, входящего в состав припоя, присутствует в названии марки даже при малых количествах этого металла в сплаве.

Таблица №2. Состав, основные свойства и область применения мягких припоев

Марка припоя	Химический состав, %	Температура плавления $T_{пл}$, °С	Область применения
ПОС - 30	Sn – 30; Pb – 68, Sb - 2	256	Пайка меди, латуней, оцинкованного железа
ПОС - 61	Sn – 61; Pb – 38,1; Sb – 0,8; Bi – 0,1	183	Пайка гибридно – пленочных микросхем, полупроводниковых микросхем, печатных плат, проводов радиодеталей
ПОС - 61+ 3% Ag	Sn – 61; Pb – 35,9; Sb – 0,1; Ag – 3	190	То же
ПОС - 90	Sn – 90; Pb – 9,7; Sb – 0,3	222	Пайка деталей с гальваническими покрытиями
ПОСК - 47	Sn – 47; Pb – 36; Sb – 5,5; Cd – 11,5	142	Создание контактов с посеребренной и омедненной керамикой

ПОСИС - 1	Sn – 30; Pb – 19, In – 50; Ag – 1	130	Пайка проводов к тонким пленкам на подложках из стекла
Сплав Вуда	Sn – 12,5; Pb – 25; Bi – 50; Cd – 12,5	65	Заливка деталей и пайка контактов, требующих пониженных температур
АВИА - 1	Sn – 55; Cd – 20; Zn – 25	200	Пайка алюминия и его сплав
АВИА - 2	Sn – 40; Cd – 20; Zn – 25; Al – 15	250	То же
ПСр – 2,5	Pb – 92; Ag – 2,5	300	Пайка проводов радиодеталей, работающих при повышенных температурах; пайка элементов микроэлектроники

Таблица № 3. Состав, основные свойства и область применения твердых припоев.

Марка припоя	Химический состав, %	Температура плавления $T_{пл}$, °C	Область применения
ПСр – 25	Ag – 25; Cu – 40; Zn – 35	765	Пайка стальных и медных деталей
ПСр – 70	Ag – 70; Cu – 20; Zn – 10	730	Пайка серебра и платины
ПСр – 36	<u>Cu – 36; Zn – 64</u>	800	Пайка латуней и бронз
ПМЦ - 62	Cu – 62; Zn – 38	920	Пайка меди и стали

Важнейшей характеристикой припоя является температура плавления $t_{пл}$. По этому признаку припои делятся на виды:

№	Виды припоев	Температура плавления, °C	Примеры	
1	Особолегкоплавкие	$t_{пл} \leq 145$	ртуть	$t_{пл} = 38,87^{\circ}\text{C}$
			галлий	$t_{пл} = 29,78^{\circ}\text{C}$
2	Легкоплавкие	$145 < t_{пл} \leq 450$	индий	$t_{пл} = 156,4^{\circ}\text{C}$
			олово	$t_{пл} = 231,9^{\circ}\text{C}$
			висмут	$t_{пл} = 271,3^{\circ}\text{C}$
			свинец	$t_{пл} = 327^{\circ}\text{C}$
			кадмий	$t_{пл} = 321^{\circ}\text{C}$
			цинк	$t_{пл} = 419^{\circ}\text{C}$
3	Среднеплавкие	$450 < t_{пл} \leq 1100$		
4	Высокоплавкие	$1100 < t_{пл} \leq 1850$		
5	Тугоплавкие	$t_{пл} > 1850$		

Особолегкоплавкие припои применяют – когда опасен перегрев паяемого металла, не подвергаемых пайке, но испытывающих нагрев.

Галлиевые припои.

Свойства:

- низкая температура плавления
- хорошая смачиваемость

Легирующие элементы: магний, титан, никель, медь, золото, серебро.

Пример: состав припоя Г7- 16,6% In, 7,2% Sn, 22% Cu, 4% Ag, ост. Ga

Г17- 13,8% In, 6,0 % Sn, 50% Ag, ост. Ga

Особенности – при нагреве на воздухе выше 400 °С галлиевые припои интенсивно окисляются и превращаются в темную порошкообразную массу. Поэтому пайку проводят в вакууме.

Припои с висмутом.

Сплавы на основе висмута с легирующими элементами: свинец, олово, кадмий и др. Сплав Вуда.

Свойства:

- увеличение объема при переходе из жидкого состояния в твердое,
- увеличение объема при охлаждении после затвердевания,
- плохо смачивают стали,
- применяют для пайки меди.

Особенности: используют при изготовлении емкостей для жидкостей.

Припои с высоким содержанием висмута

Припой	Химический состав, % мас.				Температура плавления, °С
	Bi	Pb	Sn	Cd	
Сплав Вуда	50	25	12,5	12,5	60,5
Сплав Розе	50	25	25	—	94
Сплав Д'Арсенваля	45,3	45,1	9,6	—	79
Сплав Липовица	50	26,67	13,33	10	—
ПОСВ33	33,3	33,4	33,3	—	130

Индиевые припой.

Легирующие элементы: олово, свинец, серебро.

Свойства:

- высокая смачиваемость по отношению к металлам и неметаллам (используют для пайки полупроводников, стекла, пластмасс)
- припой обладает низким электрическим сопротивлением (используют при монтаже ЭВМ, пайке печатных плат)

Оловянные и оловянно – свинцовые припой.

Свойства:

- легкоплавкие
- полиморфизм олова
- припой не наклепываются (под нагрузкой возможно явление ползучести – используют для соединений не испытывающих механических нагрузок - для пайки электронной техники)

Физико-механические свойства легкоплавких припоев

Припой	Сопротивление разрыву, МПа	Температура, °С		Плотность, г/см ³	ρ, мОм·м
		солидус	ликвидус		
ПОС-61	42	183	190	8,5	0,139
ПОСК50-18	39	142	145	8,8	0,139
ПОС40	37	183	238	9,3	0,159

Примечание. ρ — удельное электрическое сопротивление.

Свинцовые припой.

Легирующие элементы: сурьма, серебро, цинк, кадмий.

Свойства:

- легкоплавкие
- свинец склонен к ползучести при $t = - 33^{\circ}\text{C}$
- легированные припои предотвращают ползучесть и повышают прочность припоя
- повышают коррозионную стойкость паяных соединений алюминиевых сплавов
- легированные сурьмой и цинком – пайка стекла с металлом.

Кадмиевые припой.

Легирующие элементы: серебро, цинк.

Свойства:

- легкоплавкие
- предел прочности выше, чем у припоев на основе свинца и олова
- припои К1, К3, ПСр3Кд обеспечивают теплостойкость медных паяных соединений до $t = 250^{\circ}\text{C}$, припои ПСр8КЦН - $t = 300^{\circ}\text{C}$
- припои Cd -5 % Ag используют для пайки композитов с алюминиевой матрицей
- припои Cd -5 % Sn, имеют малое сопротивление – применяют при пайке печатных плат.

Состав и свойства кадмиевых припоев

Припой	Состав припоя, %				Температура, °С	
	Cd	Ag	Zn	Другие элементы	ликвидус	солидус
К1	96,7... 94,8	2,5 ... 3,5	0,8... 1,7	—	325	300
К3	97,45 ... 96,45	2,5 ... 3,5	—	0,05 Mg	330	320
ПСр3Кд	97... 95	2,3 ... 3,5	0,5 ... 1,5	0,05 ... 0,1 Mg	325	—
ПСр8КЦН	84	8	6	2 Ni	380	330

Цинковые припои.

Легирующие элементы: алюминий, кадмий, медь.

Свойства:

- цинк обладает невысокой пластичностью и прочностью, плохой способностью к растеканию и затеканию в зазор из – за высокой температуры плавления
- легированные припои – понижают температуру плавления и повышают прочность и пластичность (максимум прочности Zn – Sn 20 – 30%, высокая пластичность Zn – Cu 7 % - прокатывается в фольгу толщиной 100 мкм)
- для пайки алюминиевых сплавов – обеспечивают коррозионную стойкость, достаточно высокую прочность паяных соединений
- припои с кадмием – для пайки оцинкованного железа

Среднеплавкие и высокоплавкие припои.

Используют в тех случаях, когда изделие при эксплуатации может нагреваться до температур, превышающих температуры пайки легкоплавких припоев. Прочность этих припоев значительно выше.

Алюминиевые припой.

Легирующие элементы: кремний, магний, цинк, медь, марганец и др.

Свойства:

- среднеплавкие ($t_{пл} = 440 - 590^{\circ}\text{C}$)
- силумин (сплав Al–Si 11,7% $t_{пл} = 577^{\circ}\text{C}$) и сплавы на его основе - хорошая жидкотекучесть и коррозионная стойкость

Серебряные припой.

Легирующие элементы: медь, олово и др.

Свойства:

- сплавы системы серебро – медь с $t_{пл} = 780 - 950^{\circ}\text{C}$ – обладают высокой пластичностью, низким удельным электрическим сопротивлением, обеспечивают вакуумную плотность, поэтому их используют для пайки вакуумной аппаратуры.
- 72% серебра и 28% меди – обладают высокой теплопроводностью – применяют для соединения разнородных металлов с различной теплопроводностью
- припой системы Ag – Cu – прочность достигает 300 МПа
- припой системы Ag – Cu, легированные оловом, имеют пониженные $t_{пл} = 690 - 800^{\circ}\text{C}$ – обладают коррозионной стойкостью в атмосфере, содержащей H_2S , SO_4 , а так же морской воде.

Состав и свойства припоев системы серебро – медь

Припой	Состав, %		Температура, °C		Плотность, г/см ³
	Ag	Cu	ликвидус	пайки	
ПСр92	92,5	7,3 (0,2 % Li)	890	900...930	9,9
ПСр72	72	28	778	780...900	9,9
ПСр71	67	33	645	825...840	9,8
ПСр50	50	50	850	850...950	9,3

Флюсы.

на поверхности металла при его взаимодействии со средой, а так же с различными жирами, красками и т.п. образуются адсорбированные слои, оксиды. Они плохо или совсем не смачиваются припоем, поэтому должны быть удалены с паяемой поверхности. Кроме того, при нагреве уже очищенная поверхность может окисляться.

Флюсы служат для очистки поверхности перед пайкой и ее защиты при пайке.

Они должны:

- хорошо смачивать поверхности металла и улучшать растекаемость припоя;
- растворять и удалять окислы и загрязнения с поверхности соединяемых деталей;
- защищать в процессе пайки поверхность металла и расплавленный припой от окисления, образуя жидкую или газообразную зону;
- снижать поверхностное натяжение расплавленного припоя для улучшения смачивания им основного металла;
- иметь рабочую температуру на 50...100⁰С ниже температуры плавления припоя;
- не вызывать коррозию;
- не изменять своего состава при температуре пайки;
- легко удаляться с поверхности после пайки.

По действию на соединяемые поверхности флюсы подразделяют на:

- активные (кислотные),
- бескислотные,
- активированные,
- антикоррозионные.

Активированные (кислотные) флюсы интенсивно растворяют оксидные пленки на поверхностях соединяемых деталей, обеспечивая хорошую адгезию и механическую прочность пайки. Поскольку основу этих флюсов составляют активные вещества (соляная кислота, хлористые и фтористые соединения металлов), остатки флюса после пайки вызывают интенсивную коррозию спаев и основного металла. Поэтому активные флюсы применяют только в случае, когда возможна тщательная промывка и полное удаление остатков флюса.

При монтажной пайке радиоэлектронной аппаратуры использование активных флюсов исключено.

Бескислотные флюсы - это канифоль и флюсы, приготовленные на ее основе с добавлением неактивных компонентов (спирта, глицерина). Остатки бескислотных флюсов не вызывают коррозии места пайки и не изменяют электрическое сопротивление изоляции (например, флюсы КС, ФПП).

Активированные флюсы готовят на основе канифоли с добавкой активаторов (небольшого количества салициловой кислоты, солянокислого диэтиламина, солянокислого или фосфорнокислого анилина и т.п.). Высокая активность некоторых активированных флюсов позволяет производить пайку без предварительного удаления оксидов после обезжиривания. Однако при пайке с помощью флюсов этого типа требуется промывка мест пайки растворителями.

Антикоррозионные флюсы готовят на основе органических кислот, фосфорной кислоты с добавлением различных органических соединений и растворителей. Остатки этих флюсов не вызывают коррозии (например, флюс ВТС).

По температуре применения различают флюсы:

- для низкотемпературной пайки $t < 450^{\circ}\text{C}$
- для высокотемпературной пайки $t > 450^{\circ}\text{C}$

Для низкотемпературной пайки сталей, меди и ее сплавов в качестве флюсов широко используют **канифоль**.

Главная составляющая часть канифоли – абиетиновая кислота $\text{C}_{20}\text{H}_{30}\text{O}_2$, плавящаяся при $t = 173^{\circ}\text{C}$.

Расплавленная канифоль растворяет оксиды, очищает поверхность, защищает паянный шов от коррозии.

Виды флюсов на основе канифоли:

- КЭ (30% канифоли, 70 % этилового спирта)
- ЛК2 (1% хлорида аммония, 3 % хлорида цинка, 30 % канифоли, 66 % этилового спирта)

Для низкотемпературной пайки алюминия применяют фторидно – боратные флюсы (Ф59А, Ф61А)

Для высокотемпературной пайки медных сплавов и сталей применяют буру $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, борную кислоту H_3BO_3 .

Для высокотемпературной пайки алюминия применяют флюсы, содержащие хлориды калия, натрия, лития, цинка с добавками фторидов. Например, состав флюса Ф34А: 54 -56 % KCl ; 29 -30 % LiCl ; 8 -12 % ZnCl_2 ; 9 -11 % NaF .

Термическая обработка паяных деталей.

При необходимости закалки паяных деталей следует выбирать припой, температура плавления которых выше температуры закалки стали.

Пример:

Закалка паяного изделия – режущий инструмент с напаянными твердосплавными пластинками. Закалка инструмента может быть совмещена с пайкой. Инструмент подстуживают до температуры закалки стали, а затем охлаждают в соответствующей среде для получения структуры мартенсита, при этом остаточные напряжения в твердом сплаве – отрицательные (сжатия).

Инструмент с корпусами из стали 45 и 50 охлаждают в воде, из сталей 40Х,9ХС, 35ХГСА – в масле, стали 5ХН, 18Х2Н4ВА, 20ХГНМ закалывают с охлаждением на воздухе (воздушно-закалывающиеся стали), однако корпуса больших сечений (свыше 40 -50 мм) следует охлаждать в подогретом масле.

Если нагрев осуществляется в агрегатах, включающих нагревающее (печи) и охлаждающее оборудование, осуществляется закалка всего корпуса. Такая технология характерна для массового производства.

При пайке на установках ТВЧ, весьма распространенной в промышленности, закалки всего корпуса не происходит. Закаливается только посадочное гнездо, в которое устанавливается твердосплавная

пластина, и прилегающая к нему зона. Если необходимо упрочнение всего корпуса, закалку инструмента осуществляют после пайки.