

Для любителей экзотики эта глава из книги  
“Благородные металлы” будет весьма полезна

### Припои

Припоями называются металлические сплавы, посредством которых в процессе паяния прочно соединяются в одно целое отдельные металлические части.

Температура плавления припоя должна быть ниже температуры плавления спаиваемых металлов (золота, серебра, платины).

При пайке изделий из драгоценных металлов припой не должен отличаться по цвету от спаиваемых предметов. Припой должен быть жидкотекучим, должен хорошо проникать в узкие зазоры и поры самого металла. Для образования прочного шва необходимо наличие процессов диффузий между припоем и основным металлом.

Прочность, твердость, устойчивость против коррозии, ковкость и электропроводность припоеv должны приближаться к соответствующим свойствам спаиваемых металлов.

В зависимости от температуры плавления и прочности припоя разделяются на:

1) тугоплавкие (твёрдые или крепкие), плавящиеся при высоких температурах и обладающие большой крепостью и высокой прочностью спая;

2) легкоплавкие (мягкие или слабые), плавящиеся при температуре ниже 300° и обладающие малой прочностью.

Плавка припоеv. Металлы, входящие в состав серебряных и золотых припоеv, плавят либо в тигле (при больших количествах припоя), либо на древесном угле при помощи паяльной грушки (при малых количествах припоя).

Плавление производят под слоем буры или древесноугольного порошка, причем сначала плавят тугоплавкие металлы — медь, золото, серебро и затем добавляют цинк, кадмий и олово. В процессе плавления содержимое в тигле помешивают деревянным или графитовым стержнем для получения однородного сплава.

Для получения весьма однородного припоя (способом «зернения» металла) расплавленный припой льют в воду тонкой струей сквозь пучок древесных прутьев, в результате чего происходит зернение. Затем собранные и высушенные зерна вторично плавят под слоем буры, отливают маленькие слитки и прокатывают их в тонкие листы.

Серебряные припоеи. Серебряные припой обладают высокой прочностью и пластичностью. В состав их входят серебро, медь, кадмий, марганец и свинец.

В припое не должно быть магния, алюминия и серы. Магний и алюминий сообщают припюю густотекучесть и плохое сплавление, а сера вызывает пористость спая. Сурьма и висмут сообщают хрупкость припюю. Примесей железа и мышьяка желательно не больше, чем это допускается для качественных латуней (Л80, Л68).

Марганец в серебряном припое способствует пайости припоя, и его желательно иметь до 1% за счет цинка. От содержания каждого из этих компонентов сплава зависят его цвет, прочность и температура. Чем больше в сплаве меди и меньше серебра, тем выше температура плавления и тем ниже прочность припоя. Наибольшей прочностью обладает припой, содержащий 66% Ag, 20% Cu и 14% Zn.

В зависимости от состава сплава припои применяются для пайки эмалирующихся и неэмалирующихся серебряных изделий и изделий из заменителей серебряных сплавов (примусных горелок, латуни, медных и бронзовых частей), а также для пайки ленточных пил и проводов в тех случаях, когда в местах спая электропроводность не должна резко уменьшаться.

В табл. 69 приведены типичные составы серебряных припоев, по стандартам различных стран.

Таблица 69

Типичные составы серебряных припоев  
(в %)

Состав, %				Темпера- тура плав- ления, °C	Примечание
серебро	цинк	медь	кадмий		
1,0	65,0	25,0	9,0	725	Для пайки изделий из заменителей серебряных сплавов
4,0	46,0	50,0	—	829	Для пайки латуни, содержащей 58% и более, а также для пайки красной меди и бронзы
4,0	46,0	48,0	—	855	
5,0	45,0	50,0	—	860	
8,0	42,0	50,0	—	810	
8,0	50,0	42,0	—	830	
9,0	48,0	43,0	—	738	
10,0	37,0	53,0	—	—	Для пайки примусных горелок
10,0	15,0	75,0	—	820	Для грубой пайки никеля, нейзильбера, меди и томпака
12,0	18,0	70,0	—	820	
12,0	37,0	51,0	—	—	
12,0	50,0	38,0	—	—	Для пайки латуни
12,0	52,0	36,0	—	785	Для пайки латуни, содержащей 58% и более
14,0	19,0	67,0	—	780	
15,0	—	80,0	—	655	Содержит примесь фосфора 5%
16,0	19,0	65,0	—	790	Для тонкой пайки всех металлов, латуни, бронзы и т. п.
17,0	37,0	46,0	—	—	
20,0	20,0	60,0	—	750	
21,0	30,0	49,0	—	—	Для пайки никеля
25,0	35,0	40,0	—	765	Для тонких работ с чистым местом спая
30,0	20,0	50,0	—	700	Для пайки ленточных пил, железа и т. п.
33,3	6,7	60,0	—	690	Для пайки латуни
39,0	24,0	37,0	—	680	Для пайки проводов
43,0	20,0	37,0	—	—	
45,0	15,0	40,0	—	680	Для пайки тонких изделий
45,0	25,0	30,0	—	720	Для пайки медных и бронзовых частей

Состав, %				Темпера- тура плав- ления, °C	Примечание
серебро	цинк	меди	кадмий		
47,5	5,0	47,5	—	—	Содержит примесь 40% Sn, для пайки серебра
48,0	19,0	29,0	—	—	Для пайки серебряных изделий
50,0	20,0	30,0	—	—	То же
50,0	—	50,0	—	—	Для пайки эмалирующихся изделий
50,0	15,0	25,0	10,0	—	Для пайки тонких серебряных изделий
50,0	16,0	24,0	10,0	—	Для пайки проволоки из накладного серебра и золота
50,0	17,0	18,0	15,0	—	Для пайки изделий из цветных металлов
50,0	15,0	20,0	15,0	—	Для пайки медных и бронзовых частей
50,0	15,0	35,0	—	690	То же
50,0	16,5	15,5	18,0	625	Для пайки ленточных пил
50,2	16,6	33,2	—	695	Для пайки серебра
58,5	16,6	24,9	—	—	Для пайки серебряных изделий
61,0	10,5	28,5	—	700	Для пайки электропроводов
63,7	15,0	21,3	—	—	Для пайки никеля
65,0	15,0	20,0	—	720	Для пайки серебряных изделий
65,0	5,0	20,0	10,0	745	Для пайки электропроводов
66,0	10,0	23,0	—	720	Для пайки серебряных изделий
66,0	14,0	20,0	—	725	Для пайки никеля
66,0	12,3	21,7	—	—	Для пайки электропроводов
70,0	4,0	26,0	—	780	Для пайки стали
70,0	10,0	20,0	—	—	Содержит примесь 14% Ni, для пайки стали
75,0	10,0	15,0	—	—	Для пайки чугуна
75,0	5,0	20,0	—	755	Для пайки стали
80,0	—	20,0	—	—	То же
90,4	2,0	7,6	—	—	Для пайки никеля
31,5	6,9	47,6	—	—	Для пайки электропроводов
33,0	18,0	49,0	—	—	Для пайки чугуна

Примечание. Для серебра даны минимальные цифры, для цинка и меди разрешается допуск  $\pm 10\%$ .

В СССР существует ОСТ 2982 на серебряные припои. Он распространяется на тройные сплавы серебра, меди и цинка, приемлемые в качестве припоев. В зависимости от химического состава установлены марки серебряных припоев, состав которых приведен в табл. 70.

Таблица 70

## Состав серебряных припоев

Марк и и их обозн- чение	Химический состав, %								Примечание	
	Скрепка		Медь		Примеси					
	нор- мальный состав	допуск	нор- мальный состав	допуск	свинец	допуск	цинк			
ПСр 10	10	± 0,3	53	± 1	0,5	1			Для пайки, примусных горелок, для пайки латуни с содержанием меди 58% и более; для более тонких работ, когда требуется чистота места спая; для пайки медных и бронзовых частей	
ПСр 12	12	± 0,3	36	± 1	0,5	1		Осталь- ное		
ПСр 25	25	± 0,3	40	± 1	0,5	1				
ПСр 45	45	± 0,5	30	± 0,5	0,3	0,5				
ПСр 65	65	± 0,5	20	± 0,5	0,3	0,5	Осталь- ное	Для пайки ленточных шил		
ПСр 70	70	± 0,5	26	± 0,5	0,3	0,5	Осталь- ное	Для пайки проводов в тех случаях, когда в местах спая не должна резко уменьшаться электропроводность		

**Пайка серебряных изделий.** Спаяемые части скрепляют либо железной проволокой (для крупных частей, браслетов и т. д.), либо устраивают искусственную подстилку (для мелких изделий).

Искусственная подстилка состоит из 65% порошка древесного угля и 35% мелко истолченной огнеупорной глины. К смеси добавляют горячей кашицы, состоящей из 50 г рисовой муки на 250 см<sup>3</sup> воды. В подстилку, помещенную в выемке камня или кирпича, вдавливают мелкие предметы, затем вынимают их, сушат подстилку в печи, закладывают предметы обратно и производят пайку.

Очень мелкие части (запонки, булавки, серьги и т. д.) крепят сначала сургучом или шеллаком, а затем все изделие погружают в гипсовую с небольшим количеством песка кашицу. После высыхания освобождают от гипса шов спая, снимают сургуч и производят пайку.

Для предохранения спаяемых поверхностей от окисления и растворения окислов, образующихся при нагревании, а также для обеспечения свободного растекания припоя по поверхности спаяемых металлов применяют плавень, состоящий из буры или борной кислоты или смеси их.

Крупные изделия спаивают в горне или в жаровне на древесных углях. Мелкие изделия спаивают при помощи паяльной лампы. В случае необходимости предохранить некоторые части изделий от действия жара при пайании их обмазывают глиной или кашецией, состоящей из смеси обожженных квасцов, мела и воды.

Для удаления излишней буры после пайки изделия погружают на несколько минут в слабый раствор серной кислоты.

В качестве заменителей серебряных припоев для пайки стали применяются припой следующего состава (в г):

1. Латунь . . . . .	12
Нейзильбер . . . . .	10
Цинк . . . . .	2
Олово . . . . .	3
2. Нейзильбер . . . . .	100
Латунь . . . . .	10
Цинк . . . . .	9
Олово . . . . .	3

В качестве заменителя серебра для пайки чугуна с большим успехом применяется припой в виде пасты, содержащей 17% Cu, 59% Fe, 23%  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ , и 1%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

Для улучшения качества пайки чугуна необходимо предварительно тщательно очищать поверхность излома и крепко натирать ее латунной щеткой до пожелтения.

Для пайки зубоврачебных монтажных стальных деталей и изделий из нержавеющей стали применяется специальный припой, содержащий 37% Ag, 38,2% Cu, 15% Zn, 5% Mg, 4,0% Ni, 0,5% Cd и 0,3% Mn.

Подготовка и пайка стальных деталей. Подогнанные друг к другу монтажные стальные детали очищают в местах спайки напильником, шабером и мелкой наждачной бумагой и фиксируют обычно в огнеупорном гипсе с обнаженной наибольшей поверхностью спаиваемых частей. Готовые кусочки припоя, смоченные флюсом, накладывают на очищенные места спаиваемых предметов, предварительно смазанных обезвоженной бурой. Наилучшие результаты дает смесь, содержащая 90% буры и 10% борной кислоты и применяемая в виде порошка сухого или смоченного водой, керосином или спиртом.

Зафиксированные части, подсушенные до обезвоживания гипса на легком огне, нагревают паяльным пистолетом сначала до расплавления буры легким восстановительным пламенем, а затем под усиленным огнем до полного заполнения мест пайки припоеем.

Испытание серебряных припоев. В табл. 71 приведены результаты пайки серебряными припоями.

Таблица 71

## Результаты пайки серебряными припоями

Состав припоя, %					Объект пайки	Наблюдение при пайке
серебро	медь	цинк	магний	и ртуть		
49,16	29,44	19,71	1,0	—	Стальная проволока $\varnothing = 0,23$ мм при $R = 223$ кг/мм <sup>2</sup>	Паяет плохо, дает ломкий и хрупкий изгар
49,70	30,02	19,25	—	1,15	Пайка встык	Паяет быстро, дает провисающий очень пластичный нагар
48,63	51,29	Следы	—	—	Пайка в пламени спиртовой лампы	Не паяет, изгаряне дает и тугоплавок
24,58	40,00	Остальное	—	—		Паяет плохо
8,05	52,07	»	—	0,5	Примусные горелки (ЛС59 и Лб2)	Паяет хорошо
9,30	75,20	»	—	0,5		Для пайки непригоден вследствие тугоплавкости
9,76	52,40	»	—	—	Пайка в пламени паяльной лампы	Паяет хорошо

Сопротивление на разрыв припоя шва, по данным Желнина и Опарина, приведено в табл. 72.

Таблица 72

Состав, %			Сопротивление на разрыв кг/мм <sup>2</sup>		Состав, %			Сопротивление на разрыв кг/мм <sup>2</sup>	
серебро	цинк	медь	припоя	шва	серебро	цинк	медь	припоя	шва
4,0	48,0	48,0	19,6	20,9	66,0	14,0	20,0	45,4	40,4
9,0	48,0	43,0	13,0	—	75,0	5,0	20,0	42,4	36,2
12,0	50,0	38,0	18,5	18,4					

Расход серебряного припоя для пайки меди приведен в табл. 73

Таблица 73

Расход серебряного припоя для пайки меди  
(в г)

Толщина меди мм	Количество при- поя на 1 м пайки	Количество буры на 1 кг припоя
8,0 — 7,0	1200	300 - 350
6,5 — 6,0	1100	
5,5 — 5,0	1000	
4,5 — 4,0	750	
3,75 — 3,5	750	
3 — 2,75	350	
2,5 — 2,00	250	
1,5 — 1,00	150	
1 — 0,85	100	

Заменители серебряных припоев. Серебряные припои для пайки в большинстве случаев могут быть заменены латунными. Латунные припои применяются для пайки меди, бронзы, латуни, нейзильбера, железа, чугуна и стали. Для понижения их температуры плавления и увеличения жидкотекучести добавляется олово. Состав наиболее распространенных латунных припоев приведен в табл. 74.

Таблица 74

Состав латунных припоев

Состав, %		Температура плавления °C		Сопротивление разрыву кг/мм <sup>2</sup>		Цвет
медь	цинк	конец	начало	припоя	шва	
54	46	881	870	33,7	—	Желтый
50	50	865	853	27,7	27,0	Светло-желтый
45	55	851	830	10,0	15,0	Почти белый
42	58	835	830	3,5	16,8	То же
40	60	830	823	1,8	18,5	•
33	67	807	740	3,2	2,9	•

Латунный припой приготавливается путем сплавления меди и цинка, входящих в его состав.

Для экономии серебра рекомендуется применять низкопробные серебряные припои. Возможное применение низкопробных припоев вместо высокопробных показано в табл. 75.

Таблица 75.

## Применение низкопрочных припоев

Марка припоя	Метр	Состав, %				Примесей не более				Примерное назначение	Серия
		серебро	олово	цинк	никель	олово	цинк	никель	бронза		
ПСр45	30±1	25	45±0,5	—	—	0,05	0,1	0,2	0,5	Для пайки стальных, медных, бронзовых и латунных деталей	700
ПСр25	40±1	35	25±0,5	—	—	0,05	0,1	0,2	0,5		765
ПСр12	36±1	52	12±0,5	—	—	0,05	0,1	0,2	0,5		785
ПМФ7	93±1	—	—	7,0	—	0,1	0,1	0,1	0,5	Заменитель припоея ПСр25 и ПСр12 для пайки медных, бронзовых и латунных изделий	800
БпФ16-5	80±1	—	15±0,5	—	5±0,5	—	0,05	0,1	0,1	Заменитель припоея ПСр45 и ПСр25 для пайки бронзовых и латунных деталей	705
ИЛ60-1	60±1	38,7	—	1±0,2	—	0,3±0,1	0,1	0,1	—	Заменитель припоя ПСр12 для пайки стальных, медных и бронзовых деталей	980

**Электродная пайка серебром.** Разработан новый метод пайки серебра припоеем, позволяющим получать достаточно прочное соединение различных металлов. Особенность нового метода состоит в том, что нагрев и расплавление серебряного припоя осуществляются угольными электродами, между которыми зажимаются соединяемые детали. Широкое применение этого метода потребовало специального оборудования, новых припоеев и типов соединений.

Угольные электроды закрепляют в специальных клемцах, между которыми зажимают соединяемые детали. Плотность тока в проводах, подводящих ток к электродам, в несколько раз превышает обычную. Такая плотность взята для уменьшения веса клемец.

Пайку производят преимущественно угольными или графитовыми электродами, но можно применять и вольфрамовые электроды, а также электроды из сплавов с более низким сопротивлением и соответственно измененным напряжением.

При пайке необходимо применять флюсы, чтобы защитить соединение от окисления, растворить окислы, образующиеся во время нагрева, и обеспечить свободное растекание припоя. Отдельные места на поверхности необходимо оставлять голыми, чтобы обеспечить электрический контакт между соединяемыми деталями для прохождения тока.

Типичным припоеем для электродной пайки является следующий сплав: 50% Ag, 15,5% Cu, 18% Cd и 16,5% Zn. Точка плавления его 627°. Такой припой пригоден для пайки всех черных и цветных металлов, которые могут быть нагреты до температуры 650° без ухудшения их свойств.

Как правило, соединения, выполненные пайкой серебром, должны работать на срез, поэтому их следует паять внахлестку. Стыковых соединений следует избегать. Наложение валиков из серебряного припоя обычно не повышает прочности соединения.

При выполнении соединений внахлестку должно быть обеспечено достаточное давление на соединяемые детали. Ток для нагрева электродов включается с перерывами, чтобы тепло равномерно распространялось по электродам.

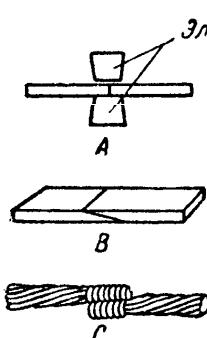
Нагрев надо продолжать до тех пор, пока не будет достигнута надлежащая температура пайки, характеризующаяся свободным растеканием припоя. Другой признак достижения требуемой температуры — скопление окислов на расплавленной поверхности припоя. В этих случаях дальнейший нагрев бесполезен и даже может оказаться вредным.

После выключения тока необходимо усилить давление, которое можно снимать лишь после того, как соединение остывает.

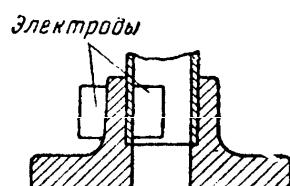
Припой подводят к соединяемому месту двумя способами: либо его предварительно помещают между деталями, либо подают в виде проволоки или прутка после того как детали нагреваются

до температуры пайки. Предпочтительнее первый способ, так как он автоматически показывает достижение соответствующей температуры, когда припой начинает плавиться.

На фиг. 59 показано несколько типов соединений. При стыковых соединениях шириной до 25 мм кромки должны быть прямоугольными и должны плотно прилегать друг к другу. Электроды подводятся с боковых сторон. При соединениях шириной свыше 25 мм (фиг. 59, A) детали с плотно пригнанными кромками захватываются между электродами, и припой покрывает соединение. Соединение со скосом (фиг. 59, B) применяется при толщине



Фиг. 59. Типы соединений.



Фиг. 60. Типы соединений.

соединяемых деталей свыше 3 мм, причем ширина скоса берется примерно равной тройной толщине спаиваемых деталей, а припой предварительно помещается между соединяемыми поверхностями. Электроды располагаются так, как показано на фиг. 59, A.

На фиг. 59, С, показано соединение кабелей. Концы их обертывают, чтобы удержать в неизменном положении жилы, а затем сплющивают и зажимают между электродами. Припой подводится всегда с наружной стороны. При соединении деталей с разной теплопроводностью, например стали с медью, необходимо применять электроды с различным сопротивлением: для стали электрод должен обладать более низким сопротивлением, чем электрод, подводимый со стороны медной детали. Подбирают электроды опытным путем. Таким же образом поступают при соединении двух деталей из одного и того же металла, но различной толщины. На фиг. 60 изображены два случая соединения пайкой трубчатых элементов. Пайка осуществляется постепенным перемещением электродов.

В табл. 76 приведены составы припоев для пайки обычных золотых изделий разных проб.

Золотые припои. Увеличение содержания меди в припое повышает его тугоплавкость. Прибавление кадмия, цинка, латуни или замена меди латунью делает припой более легкоплавким.

Медь и серебро, входящие в состав припоя, существенно изменяют его цвет: увеличение содержания меди изменяет золотисто-желтый цвет припоя на красный, увеличение количества серебра делает припой светло-желтым, зеленоватым и даже белым.

Таблица 76

Состав припоея для пайки обычных золотых изделий  
(в %/0)

№ припоя	Золото	Серебро	Медь	Кадмий	Цинк	Примечание
1. Для изделий 979, 958 и 854-й проб						
1	60,9	23,6	15,5	—	—	Тугоплавкий
2	66,6	22,1	11,1	—	—	•
3	66,6	16,7	16,7	—	—	•
4	75,0	3,0	10,0	12,0	—	•
5	80,2	19,8	—	—	—	Легкоплавкий
2. Для изделий 750-й пробы						
1	53,3	33,4	13,3	—	—	—
2	47,9	30,1	19,0	12,0	—	—
3	48,4	27,2	24,4	—	—	—
4	50,0	30,0	20,0	—	—	—
5	75,0	16,7	8,3	—	—	—
6	80,0	15,0	5,0	—	—	—
7	75,0	3,0	10,0	12,0	—	—
3. Для изделий от 583-й пробы и ниже						
1	60,0	10,0	20,0	10,0	—	Легкоплавкий
2	56,0	15,0	18,0	11,0	—	•
3	50,0	20,0	20,0	10,0	—	•
4	50,0	25,0	23,0	—	2,0	Твердый
5	50,0	31,0	20,0	—	—	Тугоплавкий
6	42,5	32,5	25,0	—	—	•
7	42,5	40,0	16,6	—	0,9	Твердый
8	11,8	52,0	29,4	—	5,8	Наиболее легкоплавкий, применяется для ремонта старых изделий, особенно при наличии в них нескольких спаек
9	76,1	19,0	4,9	—	—	Твердый
10	75,0	25,0	—	—	—	•
11	66,6	16,7	16,7	—	—	Менее твердый

Золотые припоя для эмалируемых изделий. Для золотых изделий, покрываемых эмалью, необходимо применять припой, выдерживающие температуру эмалирования (табл. 77).

**Состав припоев для эмалируемых изделий  
(в %)**

№ при- поя	Золото	Серебро	Медь	Латунь	Цинк	Примечание
1	90,5	9,5	—	—	—	—
2	80,0	15,0	5,0	—	—	Для изделий из сплава 750-й пробы
3	50,0	25,0	18,7	6,3	—	—
4	50,0	30,0	20,0	—	—	—
5	42,5	32,5	25,0	—	—	—
6	42,5	40,0	16,6	—	0,9	—
7	76,1	19,0	4,9	—	—	Для изделий из сплава 583-й пробы
8	75,0	25,0	—	—	—	—
9	66,6	16,7	16,7	—	—	—

Примечание. Припой № 4, 5, 8 и 9 применяются также для изделий, подвергаемых интенсивному травлению.

Припой № 7 применяется для пайки бледного золота, припой № 8 — для пайки зеленого золота и припой № 9 — для пайки красного золота.