

7. При сверлении отверстий под заклепки руководствуйтесь табл. 1.6.

После сверления отверстий необходимо снять заусенцы.

8. Шаг заклепочного соединения t (в мм) определяется по приближенным формулам:

$t=3d$ — минимально допустимый шаг (для односрезного шва) и $t=5d$ мм (для двухсрезного шва). Расстояние оси заклепки от края листа $a=2d+2$ мм, где d — диаметр заклепки в мм.

При ремонте герметических кабин применяют двухрядный заклепочный шов, шаг которого определяется по формуле $t=(4-5)d$, а расстояние между рядами по формуле $t_0=(0,6-0,8)t$.

9. Клепку ведут от середины шва к краям для предотвращения выпучивания листов. Поставив первую заклепку, следует ставить четвертую от нее в одну сторону и четвертую в другую сторону, затем две соседние с первой, далее — две оставшиеся.

После этого ставят пятую, шестую и т. д. заклепки в каждую сторону.

Количество заклепок в шве определяется по формуле $n \geq \frac{P}{P_0}$,

где P — усилие на узел, кгс;

P_0 — усилие, приходящееся на одну заклепку.

$$P_0 = Z \frac{\pi D^2}{4} (\tau)_{\text{ср.}}$$

где Z — число одновременно срезающихся сечений;

D — диаметр отверстий под заклепку, см;

$(\tau)_{\text{ср.}}$ — допустимое напряжение на срез, кгс/см².

Если считать, что заклепки могут работать не только на срез, но и на смятие, то число их должно быть:

$$n \geq \frac{P}{S_{\text{min}} \cdot d (\sigma)_{\text{сж}}}$$

где $(\sigma)_{\text{сж}}$ — допустимое напряжение на смятие, кгс/см²;

S_{min} — наименьшая толщина соединительных листов, см;

d — диаметр заклепки, см.

10. Чертежное обозначение заклепки состоит из четырехзначного числа, содержащего информацию о форме головки и материале заклепки, и добавляемых к нему индекса «А» и цифр, обозначающих диаметр и длину стержня заклепки.

Так, например, обозначение 3517А-5-10 имеет заклепка из дюралюминия Д-18 с полукруглой головкой диаметром 5 мм, длиной 10 мм.

В чертежах встречаются также обозначения заклепок:

ЗК — полукруглая, ЗУ — потайная; ЗДК — потайная двухконусная и ЗВ — плоско-выпуклая.

11. Для того чтобы отличить стержневые заклепки друг от друга по материалу, их маркируют.

На головках заклепок в процессе изготовления на высадных автоматах ставят условные обозначения в виде выпуклых или углубленных крестиков, точек, черточек (см. табл. 1.4).

Кроме того, иногда для отличия заклепок по диаметру и длине их окрашивают в разные цвета. Обшивочные заклепки с плотными головками маркируются, как правило, углубленным знаком. Это даст возможность контролировать заклепочный шов. Заклепки из сплава В65 и сталей 10, 15А не маркируются, отличить их можно по весу и цвету. Так же не маркируются заклепки из материалов 1Х18Н9Т, медные и лагунные.

Маркировка заклепок, применяемых на самолете Ан-24, Ан-26 и Ан-30, указана в табл. 1.2.

12 Несмотря на широкое применение на самолете заклепочных соединений, они имеют ряд существенных недостатков, которые необходимо учитывать при выполнении ремонтных работ.

Первым недостатком заклепочных соединений является отсутствие постоянства показателей его прочности. Причиной этого служат недостаточная, либо чрезмерная посадка стержня заклепки. И в первом, и во втором случае прочность заклепочного соединения оказывается пониженной. Вторым недостатком заклепочных соединений является неравномерность распределения нагрузки по отдельным заклепкам в направлении действия усилия. Наиболее нагруженными оказываются крайние заклепки и в меньшей степени — заклепки середине. При этом, чем больше число заклепок в заклепочном шве, чем жестче соединение и больше шаг заклепок, тем большей будет неравномерность распределения нагрузки по отдельным заклепкам.

Вследствие неравномерного распределения нагрузки по заклепкам соединение способно выдерживать меньшую нагрузку. Нормальным считается число заклепок или рядов в направлении действия основного усилия не более 12. При увеличении числа заклепок в ряду до 25 суммарная прочность всего заклепочного соединения снижается до 18%. Третьим недостатком является трудность контроля заклепочных соединений в процессе производства. О качестве заклепочного соединения можно судить только по внешнему виду заклепок, по плотности прилегания головок к соединяемым деталям и по плотности прилегания деталей друг к другу.







13. При кленке применяются подкладки, натяжки и обжимки.

Подкладка имеет на поверхности лунки, в которые устанавливаются закладные головки заклепок для того, чтобы они при расклепывании стержней (для образования замыкающей головки) не сминались.

Натяжка служит для того, чтобы плотно прижать друг к другу и к закладной головке склепываемые детали. Для этого натяжка вставляется в торце отверстием надевается на стержень заклепки, вставленной в склепываемые детали, и по ее головке наносится удары молотком.

Таблица 1.4

Материал заклепок и их маркировка

Алюминиевые сплавы								Стали	Медь и латунь
В94	В65	Д18	Д19П	АМг5П	АМц	АД1	20 ГА	10, 15 1Х18Н9Т	М-2, Л63
	Без маркировки							Без маркировки	

Обжимка применяется для отделки замыкающей головки. Изготавливается обжимка из углеродистой инструментальной стали У8. Рабочий конец обжимки закаливается.

Герметизация заклепочных и болтовых соединений

Герметичность характеризуется количеством воздуха, вытекающего из замкнутого контура в единицу времени, или интенсивностью падения избыточного давления в герметичном объеме (термокабине, отсеке).

Герметичность заклепочного шва зависит от его конструктивных параметров, типа заклепок, способа клепки и средств герметизации.

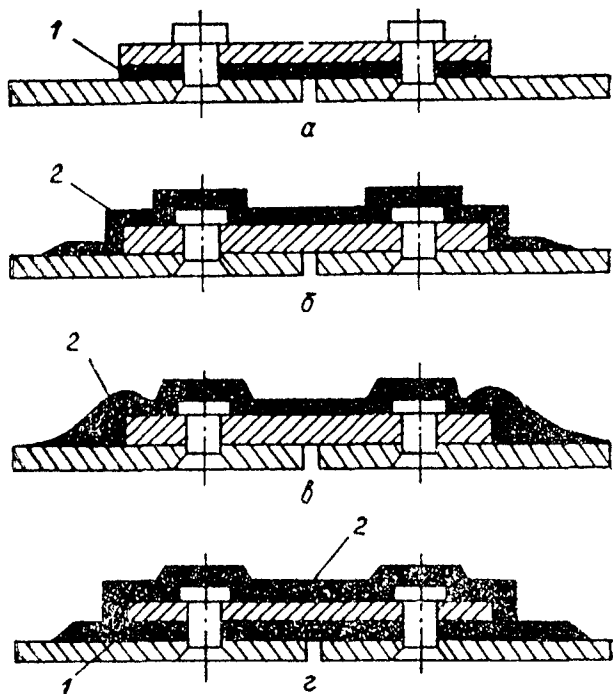


Рис. 1.1. Типовые схемы герметизации заклепочных соединений:

а — внутришовная — прочноплотное соединение; б, в — поверхностная — герметичные соединения с непроницаемым покрытием; г — комбинированная — прочноплотное соединение с внутренними пленками — прокладками.

1 — прокладка шва; 2 — герметизирующее покрытие (пленка) с внутренней стороны.

Лучшая герметичность соединения при прочих равных условиях достигается при соблюдении следующих размеров швов: шаг закле-

лок в ряду 15—20 мм, расстояние между рядами 10—12 мм, расстояние от кромки профиля 10—12 мм. Целесообразно применять двухрядные швы, так как трехрядные швы мало повышают плотность соединения.

Прессовая клепка обеспечивает более плотное соединение, чем ударная.

Исследования герметичности элементов заклепочного соединения показали, что большая утечка происходит через закладные половки и поверхности контакта элементов пакета. На рис. 1.1 показаны основные принципиальные схемы герметизации заклепочных швов, получивших распространение в самолетостроении.

При прочноплотной клепке диаметр крепежных элементов (заклепок, болтов) определяется из данных их расчета на прочность. Для лучшей герметизации соединений рационально уменьшать диаметр заклепок (болтов) и увеличивать толщину соединяемых элементов (пакета). При прочноплотной клепке диаметр отверстия под заклепку на 0,1—0,2 мм больше, чем диаметр заклепки. Герметичные болтовые соединения выполняются по 3-му классу точности, а в некоторых случаях и по 2-му.

Внутриниовые пленки — прокладки герметика должны быть тонкие (не более 0,3 мм). Перед установкой прокладки герметика прилегающая поверхность должна быть смазана техническим вазелином. Хорошие упругие свойства прокладки обеспечивают заполнение зазора при его увеличении, вызванном деформацией конструкции. Жгуты, используемые для внутриниовой герметизации, бывают ленточные и в виде валиков. Они обычно располагаются или в специальных канавках (рис. 1.2 а), или в полостях, образованных элементами герметизируемого соединения (рис. 1.2 б), или же по кромкам соединений (рис. 1.2 в). Для герметизации заклепочных соединений наносят пленку на отдельные элементы соединения — закладные половки и стыки. Для улучшения условий работы герметика в процессе пленкообразования на замыкающие головки и стыки предварительно наносятся пасты и замазки для сглаживания углов и острых кромок.

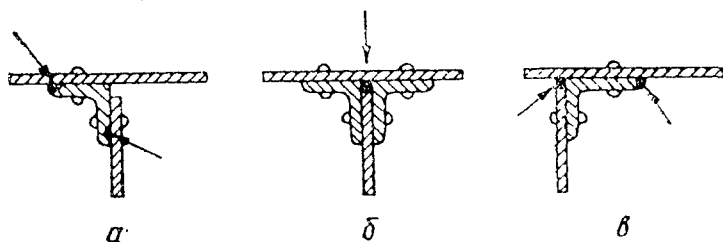


Рис. 1.2. Способы герметизации заклепочных швов с помощью жгутов:

а — в специальных канавках; б — в полостях, образованных элементами соединения; в — по кромкам соединений

Применяются также различные способы герметизации непосредственно заклевок. Наносится слой герметика на заклепке и стенках отверстия, пленка — на закладной головке. Ставится специальная уплотнительная прокладка или уплотнительный буртик на головке заклепки или уплотнительная шайба-прокладка.

Герметизация разъемных соединений, осуществляемых болтами, во многом аналогична герметизации заклепочных швов. Широко используется способ прокладок, которые располагаются на поверхности шайб или заключены в специальные выточки.

Анкерные гайки герметизируются с помощью уплотнительных колец, помещаемых в канавки, имеющиеся на винте или корпусе гайки. В герметичных отсеках применяют глухие анкерные гайки.

Соединения малых диаметров обычно уплотняются с помощью прокладок или жгутов.

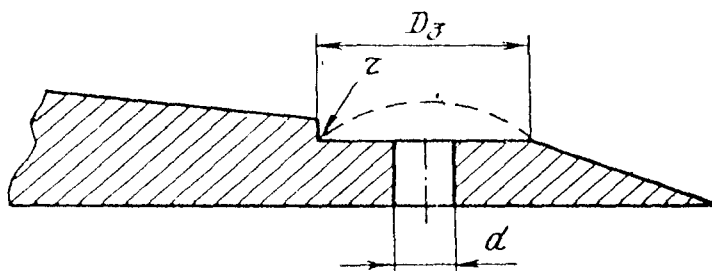
Герметизация глиновых соединений фюзеляжа самолетов Ан-24, Ан-26 и Ан-30 показаны на рис. 1.3.

Указания по клепальным работам на самолетах Ан-24, Ан-26 и Ан-30

Весь процесс кленки при ремонте подразделяется на ряд технологических операций:

- керновка и высверливание головок заклепок;
- удаление стержней заклепок;
- разметка и сверление отверстий под вновь устанавливаемые заклепки;
- образование гнезд под головку заклепки при потайной клепке;
- установка заклепок в отверстие;
- натяжка склеиваемого пакета;
- образование замыкающей головки;
- контроль качества кленки.

Примечание. В технологическом процессе предусматривать операцию цекования, если в чертежах изделия или ремонта имеются указания о выполнении цековки под закладные или замыкающие головки заклепок. При цековании отверстий под закладные и замыкающие головки заклепок диаметр торцевого зенкера выбрать в зависимости от диаметра заклепки по табл. 1.5.



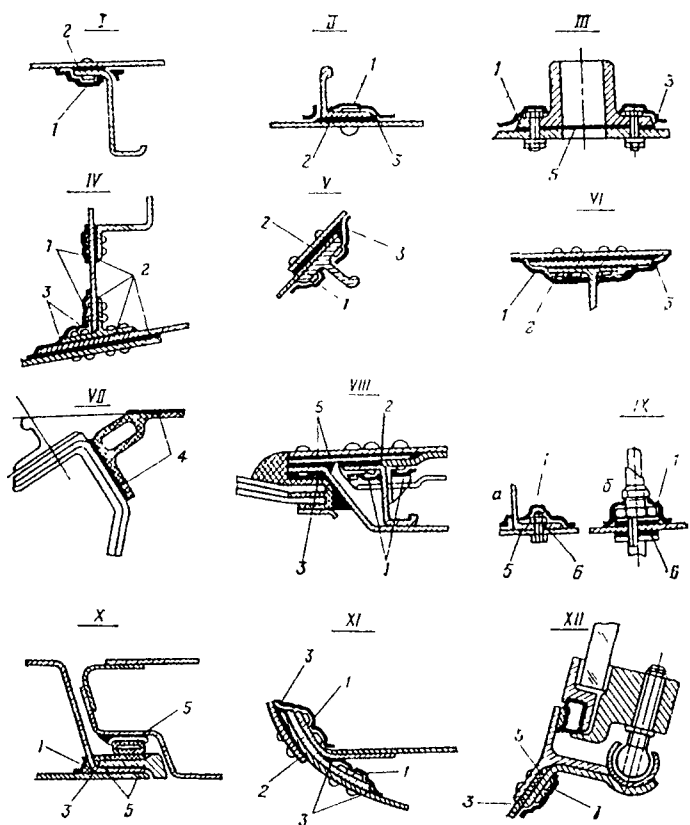


Рис. 13. Герметизация типовых соединений фюзеляжа:
 I — стык шпангоута с обшивкой; II — стык стрингера с обшивкой; III — фланцевое соединение; IV — соединение шпангоута 40; V — продольный стык обшивки без подкладной ленты; VI — стык обшивки по шпангоуту 17 и 20; VII — стык центроплана; VIII — уплотнение в проеме окна; IXa — крепление кронштейнов; IXb — штуцерное соединение; X — уплотнение проемов дверей и люков; XI — соединение скуловой балки; XII — уплотнение форточек
 1 — кистевой герметик У30МЭС-5; 2 — герметик ВГК-18 № 3;
 3 — шпательный герметик У30МЭС-5, 4 — клей КР-5-18;
 5 — уплотнительная лента У20-А; 6 — шайба из уплотнительной ленты У20-А

Таблица 15

Диаметр заклепки, мм	2,6	3	3,5	4	5	6	7	8
Диаметр сверла, DЗ, мм	12	14	18	20	22			
r, мм	1,5	2,0	3,0					

Керновка и высверливание головок заклепок. Перед высверливанием заклепки необходимо накернить. Керновка дает возможность высверливать заклепку строго по центру и сводить до минимума смещение сверла, что предохраняет обшивку от возможных повреждений.

Диаметр сверла для проведения этой операции выбирается на 0,1—0,2 мм больше номинального диаметра стержня заклепки. Высверливать заклепку следует на глубину высоты головки.

Удаление стержней заклепок. Стержень заклепки следует удалять с помощью пробойника диаметром на 0,1—0,2 мм меньше номинального диаметра заклепки и слесарного молотка. Со стороны замыкающей головки следует устанавливать поддержку во избежание деформации пакета.

Разметка и сверление отверстий под вновь устанавливаемые заклепки. При постановке новой усиливающей накладки разметку выполняют простым карандашом согласно ремонтному эскизу. При разметке части обшивки разметку ее следует выполнять, используя старые отверстия в каркасе. Диаметр отверстия под заклепку выбирается согласно табл. 1.6.

Примечание. Овальность замыкающей головки заклепки должна находиться в пределах допуска на диаметр

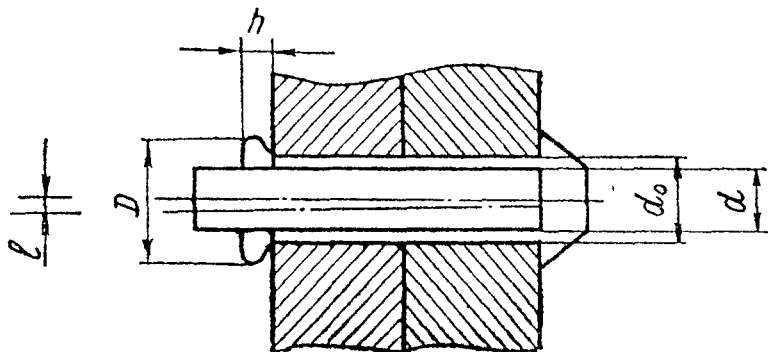


Таблица 1.6

Определение диаметра отверстия под заклепку и замыкающей головки заклепки в мм

Номинальный диаметр заклепки	2	2,6	3	3,5	4	5	6	7	8	10
Диаметр отверстия под заклепку, d_1	$2,1^{+0,1}$	$2,7^{+0,1}$	$3,1^{+0,1}$	$3,6 \pm 0,15$	$4,1^{+0,15}$	$5,1^{+0,15}$	$6,1^{+0,2}$	$7,1^{+0,2}$	$8,1^{+0,2}$	$10,1^{+0,2}$
Диаметр замыкающей головки заклепки, D	$3 \pm 0,2$	$3,9 \pm 0,25$	$4,5 \pm 0,3$	$5,2 \pm 0,3$	$6 \pm 0,4$	$7,5 \pm 0,5$	$8,7 \pm 0,5$	$10,2 \pm 0,5$	$11,6 \pm 0,8$	$14,5 \pm 1,0$
Высота замыкающей головки заклепки, h_{min}	0,8	1,1	1,2	1,4	1,6	2	2,4	2,8	3,2	4
Допустимое смещение замыкающей головки относительно оси стержня, l_{max}	0,1	0,2		0,3		0,4	0,5	0,6		0,7

Для клепки по имеющимся (старым) отверстиям в элементах конструкции применяют заклепки, аналогичные высверленным, если диаметр отверстия под заклепку не превышает 0,2 мм номинала для заклепок диаметром до 5 мм и 0,3 — свыше 5 мм. В любом случае применяйте заклепки следующего по величине диаметра:

расположение отверстий в швах (шаги, минимальные перемычки и др.) должно соответствовать требованиям чертежа или эскиза и удовлетворять технические условия на узлы и агрегаты;

не допускается расположение отверстий в зоне подсечки (на ее сбегах);

отверстия под заклепки должны иметь размеры, указанные в табл. 1.6;

величина овальности отверстий не должна выходить за пределы допускаемых отклонений на их диаметры, указанные в табл. 1.6;

положение осей отверстий под заклепки относительно поверхности детали должно обеспечивать плотное прилегание закладных болтов заклепок после клепки.

Допустимая величина одностороннего неприлегания калибра пробки к поверхности детали не должна превышать данных, указанных в табл. 1.7.

Таблица 1.7

Диаметр за- клепки, мм	2,6	3	3,5	4	5	6	7	8
Величина зазо- ра, мм	0,1	0,15			0,2		0,25	

Чистота обработки поверхности отверстий под заклепки после сверления должна быть не ниже $\nabla 5$ в однородных пакетах из сплавов В93 или В95 в сочетании со сталью или титановыми сплавами, $\nabla 4$ — в смешанных пакетах из Д16 и высокопрочных сплавов В93 или В95. Не допускаются грани, рваные кромки и трещины в отверстиях. В зависимости от толщины пакета и выбранной технологии сверление следует выполнять в одну или две операции:

сверление отверстий в окончательный размер;

предварительное сверление отверстий со стороны каркаса с последующим рассверлением до окончательного размера со стороны обшивки.

В пакетах из материалов различной прочности или толщины при двухстороннем подходе к месту обработки отверстия следует сверлить со стороны более прочного или толстого элемента, обеспечивая прижим тонкого или менее прочного элемента.

При сверлении отверстий со стороны обшивки рекомендуется применять насадку для обеспечения перпендикулярности отверстия к поверхности детали.

Сверление отверстий затупленными сверлами не разрешается. О затуплении сверла свидетельствует появление заусенцев на выходе сверла высотой более 0,3 мм, а также налипание стружки на его режущие кромки. Заусенцы, образующиеся на выходе сверла, следует удалять зенковкой с ограничителем, имеющей угол при вершине 120°. Глубина фаски не должна превышать 0,2 мм.

В местах с ограниченным подходом разрешается применять зенковки без насадки, сверлом большего диаметра или неметаллическим шпательем.

Образование гнезд под головку заклепки при потайной клепке. Для клепки впотай гнезда под головки заклепок должны быть глубиной меньше высоты головки заклепки. Допустимое выступание такой головки в гнездах относительно поверхности детали не более 0,15 мм; во внутренних каналах воздухозаборников силовой установки — не более 0,1 мм (рис. 1.4).

Гнезда для клепки впотай образуют тремя способами: зенкованием, штамповкой и комбинированным способом. Гранистость и задиры на поверхности гнезд не допускаются. Штампованные гнезда применяются для клепки впотай тонких листов (до 0,8 мм). Для получения требуемых глубин гнезд, соответствующих размерам расклепываемых заклепок, применяются регулируемые зенковальные насадки и специальные штамповочные подержжки, муансоны (рис. 1.5). Штампованные гнезда после рассверливания отверстий не должны иметь трещин и рваных кромок. Вокруг штампованных гнезд в пределах до 0,2 мм допускается местное вспучивание и провалы обшивки. При образовании гнезда под заклепку штамповкой отверстие под заклепку сверлят в два перехода:

предварительное сверление;

сверление в окончательный размер.

Диаметр сверл следует выбирать в зависимости от диаметра заклепок по табл. 1.8

Таблица 1.8

Диаметр заклепки, мм		2,0	2,6	3,0	3,5	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
Диаметр сверла, мм	при предварительном сверлении	—	2,3	2,6	3,0	3,5	—	—	—	—
	при сверлении в окончательный размер	2,1	2,7	3,1	3,6	4,1	5,1	6,1	7,1	8,1

Штампование гнезд в отверстиях, выполненных в окончательный размер, не разрешается.

Рекомендуется вести штампование гнезд на стационарных прессах и с помощью переносных прессов инструментом, обеспечивающим подчеканку. На готовых изделиях и при условиях ограниченного подхода разрешается выполнять штамповку с помощью подержжек с матрицей и муансонов.

Образование гнезд штамповкой в сплаве В95 АТн, магниевых сплавах производится с обязательным нагревом деформированной зоны и инструмента.

Чистота обработки поверхности зонкованных гнезд должна быть не ниже $\nabla 5$.

Величина овальности гнезд не должна превышать 0,2 мм для заклепок диаметром до 5 и 0,3 мм для заклепок от 6 мм и выше.

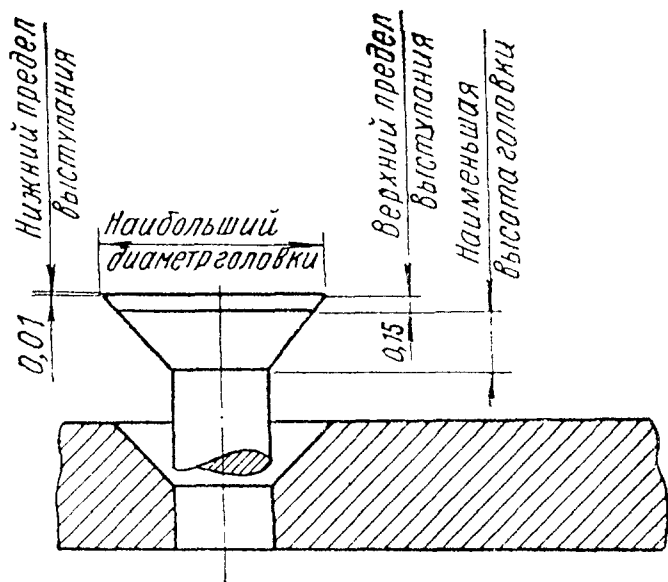


Рис. 1.4. Установка заклепки с потайной головкой

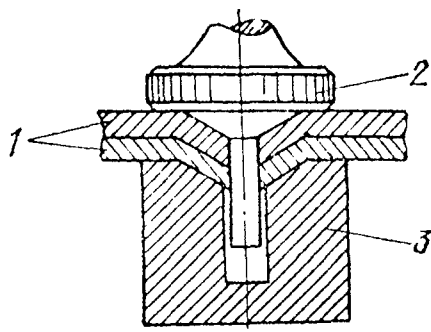


Рис. 1.5. Образование гнезд под головки потайных заклепок способом подштамповки:
1 — тонкая обшивка; 2 — специальный пуансон; 3 — специальная под-
держка

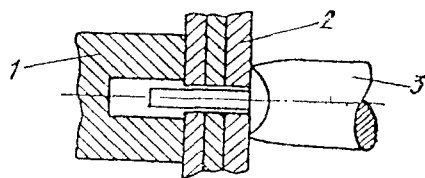


Рис. 1.6. Натяжка склепываемого пакета:
1 — поддержка; 2 — склепываемый пакет; 3 — обжимка

Натяжка склепываемого пакета. Для получения качественной и прочной клепки необходимо непосредственно перед образованием замыкающей головки произвести натяжку склепываемого пакета поддержками (рис. 1.6).

Образование замыкающей головки. Закладные головки заклепок после клепки должны плотно прилегать к поверхности соединяемых деталей. Неплотность прилегания в шве закладных головок заклепок допускается до 0,05 мм у 10% заклепок.

Забойны, трещины и другие механические повреждения на поверхности закладной и замыкающей головок заклепок не допускаются.

Клепка выполняется двумя методами: прямым и обратным.

При прямом методе клепки удары слесарным молотком наносятся непосредственно по стержню заклепки, а поддержка ставится под закладную головку.

Этот метод применим при клепке толстых пакетов, к которым обеспечен хороший подход. Прямой метод клепки обеспечивает более прочный шов и гладкую внешнюю поверхность.

При обратном методе клепки удары для образования замыкающей головки наносятся по закладной головке, а замыкающая головка образуется за счет осадки стержня при его ударах о поверхность поддержки. При использовании методом обратной клепки достигается большая производительность.

Рекомендуется применять этот метод и в тех случаях, когда суммарная толщина соединяемых деталей не превышает 5 диаметров заклепки, а диаметр заклепки не превышает 8 мм.

Метод обратной клепки дает возможность клепать в труднодоступных местах. Это обстоятельство особенно важно при выполнении ремонтных работ в условиях эксплуатации, когда затруднены подходы к ремонтируемому месту.

Для получения качественной клепки без утяжек, во всемости прочного соединения и хорошей гладкой поверхности швов склепываемых деталей большое значение имеет взаимодействие клепальника и подручного. В первый момент клепки клепальник нажимает на курок молотка, а подручный небольшим усилием — на поддержку, что способствует постепенной осадке стержня заклепки. По мере нарастания частоты ударов молотка подручный все сильнее должен прижимать поддержку.

При постановке усиливающих накладок выбор диаметра и количества заклепок следует производить исходя из условий равнопрочности соединения. Условие равнопрочности состоит в равенстве площади поперечного сечения усиливающей накладки сумме площадей поперечных сечений заклепок с одной стороны стыка.

Листы обшивки, идущие для ремонтных накладок, при бесцветном лаковом покрытии должны быть анодированы бесцветно. Покрывать их наружную поверхность надо лаком АК-113Ф горячей сушки, внутреннюю сторону — грунтом АК-069 или ФЛ-086.

Клепать следует пневматическим молотком (рис. 1.7) с применением обжимок и поддержек или переносными клепальными прессами. Зависимость между заклепками и шифрами обжимок приведена в табл. 1.9

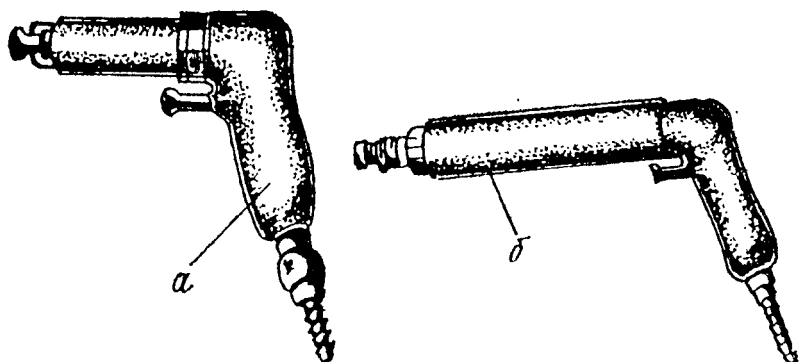


Рис. 1.7. Пневматические молотки:
а — 56 КМП-3; б — 57 КМП-4

Таблица 1.9

Шифр заклепки	Шифр обжимки
3501А-2,6	64300/Д-023
3501А-3	64300/Д-024
3501А-3,5	64300/Д-025
3501А-4	64300/Д-026
3501А-5	64300/Д-027

При потайной клепке тонких обшивок рекомендуется применять наконечник со специальной пластиной (рис. 1.8).

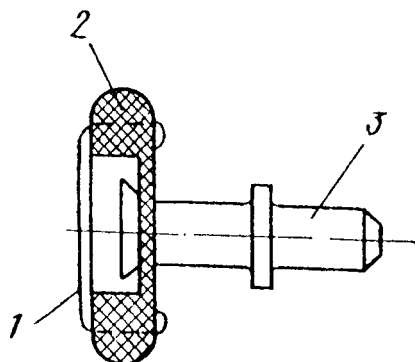


Рис. 1.8. Наконечник для потайной клепки:

1 — стальная пластина; 2 — резиновое кольцо; 3 — стержень

Пневматический молоток для клепки подбирайте по табл. 1.10.

Типы пневматических молотков для заклепок различных диаметров

Наименование	Диаметр заклепки, мм			
	2—3	3,5—5	5—6	7—8
Тип пневматического молотка	2КМ М-1 2КМН	5КМ, 57КМП-4 5КМП, 57КМП-5 4КМ, 56КМП-3 КБ-5, КМ-14 МА-1К, КМУ-13 КМП-24, КМП-13 КМП-23, КМП-31	6КМ М-3 МА-3 57КМП-6 КМП-31 КМП-24	7КМ РБ-54 РБ-58 КМ-42

Форму и размеры обжимок и поддержек выбирайте в зависимости от удобства подхода (рис. 1.9). Вес поддержки для прямого и обратного методов клепки в зависимости от материала и диаметра заклепки приведен в табл. 1.2.

Применение поддержек, вес которых меньше указанного в таблице, снижает качество заклепочного соединения, вызывая появление дефектов в виде вмятин и забовн.

Основная масса поддержки должна быть сосредоточена как можно ближе к оси стержня заклепки.

При ремонте применяются три основных вида клепки: открытая, закрытая (потайная) и двухсторонняя потайная.

При открытой и закрытой клепке для получения замыкающей головки не требуется дополнительной обработки пакета и заклепки. Особенную трудность представляет двухсторонняя потайная клепка, применяемая при склепывании клиновидных пакетов (клепка законцовок СЧК и центроплана). Сверление таких пакетов производится перпендикулярно их хордам, а гнездование — гнезду под головки заклепок перпендикулярно поверхности обшивки.

Длина заклепки в зависимости от ее диаметра и толщины склепываемого пакета подбирается по табл. 1.1.

Для двухсторонней потайной клепки применяйте заклепки с потайными головками и доработанными стержнями (рис. 1.10).

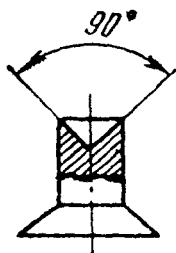


Рис. 1.10. Заклепка для двухсторонней потайной клепки

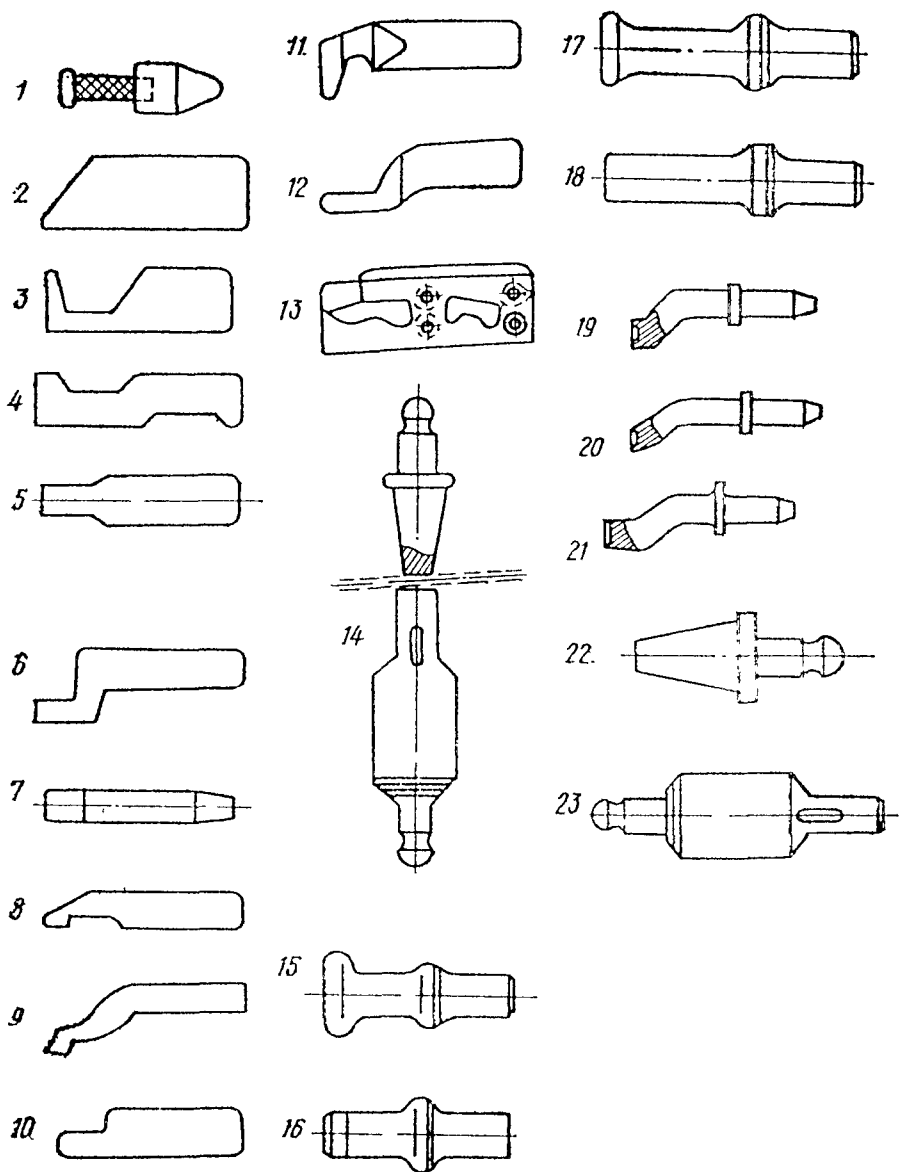


Рис. 1.9. Типовые поддержки и обжимки, применяемые при клепке (принятые на киевском авиазаводе):

Позиция на рисунке	Метод клепки	тип поддержки (обжимки)
1	прямой	54350-08
2	обратный	54350-10
3	обратный	I 54350-11
4	обратный	II 54350-12
5	обратный	III 54350-13
6	обратный	IV 54350-14
7	обратный	VIII 54350-18
8	обратный	V 54350-15
9	обратный	VI 54350-16
10	обратный	VII 54350-17
11	обратный	IX 54350-19
12	обратный	X 54350-20

13 — поддержка нажимная для клепки замкнутых профилей диаметром от 27 до 33 мм — 54354-02; 14 — инструмент для клепки заклепок с потайной головкой к прессу КП-204М — 999.1963—7011—999.1963—7012 и для клепки заклепок с полукруглой головкой к прессу КП-204М — 999.1963—7013—999.1963—7019, а также для клепки заклепок с плоско-выпуклой головкой к прессу КП-204М — 999.1963 — 7020—999.1963 — 7026; 15 — обжимки для клепки заклепок с потайной головкой к пневмомолоткам 56КМП-3, 57 КМП-4, 57 КМП-5, КМП-13, КМП-31, КМП-14, КМУ-13, КМП-24 — 999.1962—7000 — 999.1962 — 7002; к пневмомолоткам 62КМ-6; 62КМ-7 и КМ-42 — 999.1962—7003 — 999.1962—7004; 16 — обжимки для клепки заклепок с полукруглой головкой к пневмомолоткам 56КМП-3, 57КМП-4, 57КМП-5, КМП-13, КМП-23, КМП-31, КМП-14, КМУ-13, КМП-24 — 999.1962—7005 — 999.1962—7013; к пневмомолоткам 62КМ-6, 62КМ-7, КМ-42 — 999.1962—7019; обжимки для клепки заклепок с плоско-выпуклой головкой к пневмомолоткам 56КМП-3, 57КМП-4, 57КМП-5, КМП-13, КМП-23, КМП-31, КМП-14, КМУ-13, КМП-24 — 999.1962 — 7020 — 999.1962—7028 и 999.1962—7035 — 999.1962—7043; к пневмомолоткам 62КМ-6; 62КМ-7, КМ-42—999.1962—7029 — 999.1962—7034 и 999.1962—7044 — 999.1962—7049; 17 — обжимки для прямого метода клепки к пневмомолоткам 56 КМП-3, 57 КМП-4, 57 КМП-5, КМП-13, КМП-23, КМП-31, КМП-14, КМУ-13, КМП-24 — 999.1962-7050 — 999.1962—7052; к пневмомолоткам 62КМ-6, 62КМ-7, КМ-42 — 999.1962—7053 — 999.1962—7054; 18 — обжимки для клепки заклепок с высоким сопротивлением срезу к пневмомолоткам 57КМП-5, 62КМП-6, КМП-31, КМП-24, КМ-42 — 999.1962—7055 — 999.1962—7057; 19 — обжимки изогнутые к пневмомолоткам для заклепок с полукруглой головкой — 54313-05; 20 — обжимки изогнутые к пневмомолоткам для заклепок с плоско-выпуклой головкой — 54313-06; 21 — обжимка изогнутая к пневмомолоткам для заклепок с плоской головкой — 54313-07; 22 — обжимка верхняя к прессу КП-204М — 999.1963—7011/001 — 999.1963—7012/001; обжимка верхняя для клепки заклепок с полукруглой головкой к прессу КП-204М — 999.1963—7013/001 — 999.1963—7019/001; обжимка для клепки заклепок с плоско-выпуклой головкой к прессу КП-204М — 999.1963—7020/001 — 999.1963—7026/001; 23 — обжимка нижняя к прессу КП-204М — 999.1963—7011/100

Длина заклепки в этом случае определяется по формуле $l=S+0,8d$, где l — длина заклепки; S — толщина пакета; d — диаметр заклепки.

Прочность заклепочного соединения должна соответствовать следующим требованиям:

- перекос отверстий под заклепки допускается до 0,1 мм при толщине пакета до 5 мм и 0,15 мм при толщине пакета более 5 мм;
- расстояние от центра заклепки до края листа должно выдерживаться с точностью до ± 1 мм и определяется по формуле $a=2d$, где d — диаметр заклепки.

Диаметр заклепки выбирайте по формуле $d=2\sqrt{S}$, где S — толщина пакета.

Шаг заклепочного соединения при ремонте силовых элементов планера определяется по формуле $t=3d+2$.

Число рядов и шаг клепок при замене участков обшивки выбирайте методом конструктивной аналогии; число заклепок в заклепочных швах при соединении профилей определяется путем расчета на равнопрочность.

Отклонение шага клепок при разметке допускается в пределах ± 2 мм

Герметическая клепка

В самолете герметичными выполнены пассажирская кабина, кабина экипажа, средняя часть крыла (СЧК), служащая для размещения топлива в межлонжеронном пространстве, и нижняя панель центроплана над кабиной.

Герметичность достигается внутришовой, поверхностной и комбинированной герметизацией уплотнительной лентой У20А-л и герметиком У30МЭС-5.

Герметизация накладок производится в два этапа:

первый этап — внутришовная герметизация заклепочных швов уплотнительной лентой У20А-л;

второй этап — поверхностная герметизация герметиком У30МЭС-5 (кистевой).

Технологический процесс герметической клепки состоит из следующих операций:

- заготовка накладки, обшивки;
- разметка, сверление и зенкование отверстий;
- разборка соединений, удаление заусенцев с отверстий;
- обезжиривание и наложение уплотнительной ленты или герметика;

установка на контрольные болты и клепка обшивки или накладки;

проверка герметичности;

дополнительная герметизация.

Накладки или обшивки заготавливаются согласно чертежу или при помощи старой снятой обшивки. При замене отдельных листов обшивки следите, чтобы она плотно прилегала к каркасу. Сверле-

ние и зенкование отверстий под заклепки производится после соединения деталей контрольными болтами

Зенковать отверстия следует зенкером с упором, гарантирующим правильную по глубине посадку головки заклепки: головка заклепки должна выступать над поверхностью обшивки в пределах 0,01—0,15 мм. Утопление головки не допускается. После сверления и зенкования отверстий удалите заусенцы, поверхность обшивки тщательно очистите от пыли и стружки, обезжирьте с помощью чистых салфеток, смоченных в бензине «Калоша» или Б-70.

После высыхания бензина, но не позже чем через 10 мин на обшивку наложите уплотнительную ленту. Лента должна лежать без складок и морщин и быть плотно прикатаана с помощью полированного ролика, промытого бензином Б-70.

Соединение уплотнительных лент делайте встык, без зазоров; стык располагайте между заклепками.

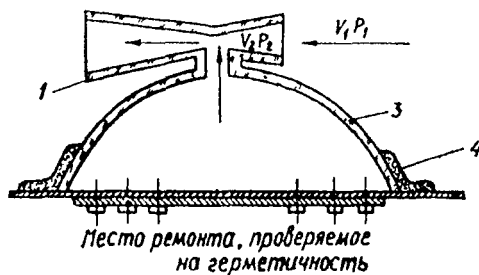
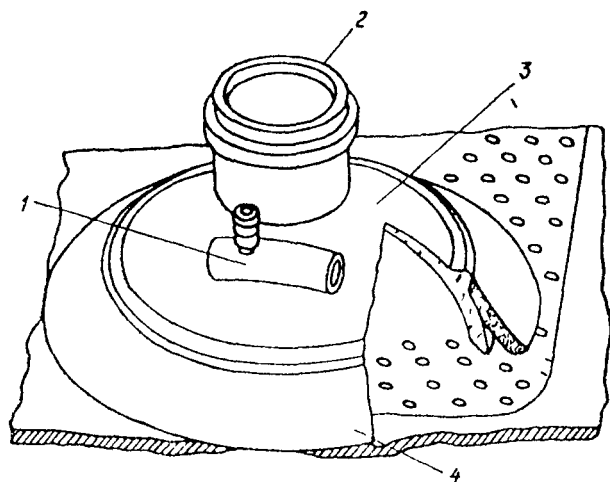


Рис. 1.11. Схема местной проверки на герметичность:
1 — эжекторный насос; 2 — вакуумметр; 3 — колпачок
из органического стекла; 4 — окантовка из губчатой
резины

Следите, чтобы пыль и стружка не попали на поверхность уплотнительной ленты.

Листы обшивки устанавливайте аккуратно, не сдвигая уплотнительную ленту, на контрольные болты или фиксаторы.

Прокалывайте отверстия в уплотнительной ленте через отверстия в обшивке при помощи полированного шила. Шило в процессе работы смачивайте водой и периодически протирайте бензином для удаления прилипшего герметика.

Перед клепкой нанесите на заклепки слой герметика УЗМЭС-5, кистевого. После клепки выполните поверхностную герметизацию ремонтируемого участка герметиком УЗМЭС-5 шпательным и кистевым.

После ремонта герметических кабин рекомендуется предварительно определить местную герметичность отремонтированного участка методом отсасывания воздуха, а в случае ремонта участка обшивки периметром более 2 м — общую герметичность кабины. Для определения герметичности шва методом отсасывания воздуха можно пользоваться колпачком с эжекторным насосом (рис. 1.11).

Перед испытанием проверяемый участок шва следует покрыть раствором нейтрального мыла. От баллона с сжатым воздухом через редуктор или от компрессора воздух под давлением 2—5 кгс/см² (в зависимости от размеров колпачка) подводится к эжекторному насосу. При проходе воздуха по эжекторному насосу воздух отсасывается из-под колпачка и создается разрежение.

По достижении разрежения в течение 1—2 мин ведите наблюдение за мыльной пеной. Наличие мыльных пузырей свидетельствует о негерметичности соединения. Негерметичность заклепочных соединений, вызванная некачественной клепкой, устраняется дополнительной герметизацией или заменой дефектных заклепок.

В ряде случаев заклепки дополнительно подтягивают или ставят заклепки большего диаметра.

Мелкие дефекты герметизации, вызывающие незначительные утечки воздуха, устраняются дополнительным нанесением герметика УЗМЭС-5 после обезжиривания негерметичных мест. Перед нанесением герметика на поверхность обшивку тщательно протрите бензином. Интенсивные утечки воздуха устраняются повторной герметизацией и, как исключение, установкой заклепок большего диаметра. Ранее нанесенный герметик срежьте и счистите с металла ножом, изготовленным из текстолита.

Прессовой способ клепки

Образование замыкающих головок прессованием производится на стационарных прессах для групповой и одиночной клепки, а также переносными клепальными прессами.

Тип пресса следует выбирать с учетом формы и габаритных размеров изделия, подлежащего клепке, а также усилий, потребных на образование замыкающих головок.

При групповой клепке применяются прессы типов КП-602, КП-503М, КП-403М и КП-405М; при одиночной — пресс КП-204.

Прессы КП-503М, КП-403М, КП-204М должны быть оснащены поддерживающими или поддерживающе-выравнивающими устройствами для клепки панелей и узлов, имеющих большие табаритные размеры и вес.

В зависимости от материала и диаметра заклепки, величины усилий прессования, потребные для образования одной замыкающей головки бочкообразной формы, приведены в табл. 1.11.

При групповой клепке следует применять штампы с прижимами.

При выборе формы и размеров штампа исходите из удобства подхода к местам клепки. Рабочие поверхности нижнего штампа должны иметь чистоту обработки $\nabla 4$ по ГОСТ 2789—59, достигаемую обработкой на пескоструйной установке.

Групповое расклепывание заклепок с плоско-выпуклыми головками (при толщинах обшивок более 2 мм из алюминиевых сплавов и более 1,5 мм из стали и титановых сплавов) рекомендуется производить штампами с доработкой рабочей поверхности поддержек согласно рис. 1.12, обеспечивающей уменьшение величины подмятия закладных головок.

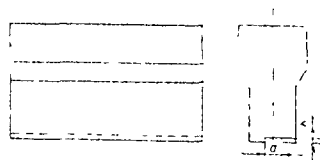


Рис. 1.12. Доработка поддержек 54389-11 групповых штампов для клепки заклепок с плоско-выпуклыми головками

Диаметр заклепок	2,6	3	3,5	4	5	6
а	10	11	12	13	16	18
h (дов. откл. $\pm 0,01$)	1,1	1,25	1,55	1,6	2,0	2,4

Контроль качества клепки

В процессе ремонта самолета обязательно проверяйте заклепочные соединения, правильность подгонки накладок, плотность прилегания обшивки к каркасу, разметку и расположение отверстий, форму и диаметр отверстий под заклепки, тип и материал установленных заклепок.

После окончания ремонта проверьте состояние закладных и замыкающих головок, величину выступания закладных головок заклепок над поверхностью обшивки и западания потайных головок заклепок (контроль осуществляйте в легкодоступных местах визуально либо при помощи лупы или индикатора), плотность прилега-

Величины усилий прессования в зависимости от материала и диаметра заклепки

Диаметр заклепки, мм			2,6	3	3,5	4	5	6	7	8
Усилия прессования (кгс) для заклепок	Из алюминиевых сплавов		800	1100	1500	2100	3400	3900	5400	7300
	из сталей марок	15 10	1100	1700	2000	2800	4200	5200	7300	—
		20ГА	—	—	3400	4300	5800	8000	—	—
		12Х18Н10Т	2200	3200	4500	5800	8800	—	—	—

Примечание. При групповой клепке для определения количества одновременно расклепываемых заклепок необходимо разделить величину усилия, развиваемого данным прессом, на указанную в таблице.

нения закладных и замыкающих головок заклепок к поверхности соединяемых деталей (проверку производите щупами), форму и размеры замыкающих головок (с помощью шаблонов), общее состояние поверхностей деталей, нет ли вмятин, забоин, царапин, утяжки, волнистости на поверхностях деталей по заклепочным швам.

Клепка может осложниться следующими дефектами: западание или выступание потайной головки заклепки выше допустимого, вмятины в зоне клепки, нарушение контура обшивки, повреждение защитного покрытия, механические повреждения на головках заклепок.

Дефекты могут быть исправимые и неисправимые. Исправимые дефекты устраняются заменой дефектных заклепок с выполнением и некоторых случаях дополнительных технологических операций. При неисправимых дефектах требуется замена отдельных деталей или узлов.

Основными причинами, вызывающими те или иные дефекты, являются:

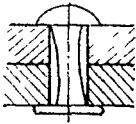
- несоответствующая термообработка заклепок;
- неудовлетворительная подготовка стержня заклепки перед установкой в ремонтируемый агрегат;
- неправильная подготовка ремонтируемой детали или агрегата к ремонту;
- нарушение операций сверления заклепочных отверстий;
- несоответствие инструмента выполняемым клепальным операциям;
- неумелые приемы клепки.

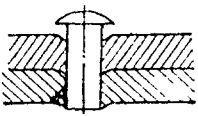
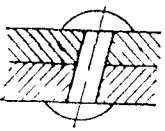
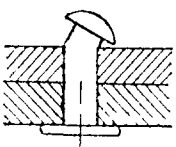
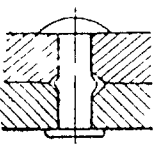
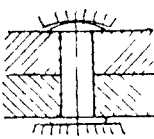
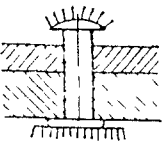
Виды и причины брака при клепке указаны в табл. 1.12.


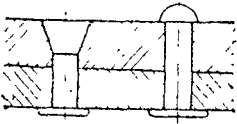
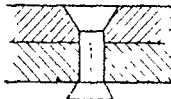
При ремонте гермовыводов обязательно проверяйте их герметичность. Герметичные выводы тяг и тросов управления проверяйте на плавность хода и величину усилия, необходимого на их перемещение. Допускаемое усилие для тросов не более 0,5—0,9 кгс.

Таблица 1.12

Виды и причины брака при клепке

Эскиз	Характеристика брака	Причина брака
	Изгиб стержня в отверстии	Диаметр отверстия чрезмерно велик

Эскиз	Характеристика брака	Причина брака
	Прогиб материала	Диаметр отверстия мал
	Смещение закладной головки	Отверстие просверлено косо
	Изгиб замыкающей головки	Длинный стержень заклепки, поддержка установлена не по оси заклепки
	Расклеивание стержня между листами	Листы не уплотнены натяжкой
	Подсечка листа	Лунка обжимки больше головки заклепки
	Несдвинутая головка	Закладная головка отошла при клепке

Эскиз	Характеристика брака	Причина брака
	Потайные головки выступают над поверхностью детали	Недостаточная глубина гнезда под потайные головки заклепок
	Трещины на головках заклепок	Недостаточная пластичность материала заклепок
	Неправильная форма замыкающих головок	Малая мощность клепально-го молотка. Недостаточный вес поддержки

Сварочные работы

1. В ремонте широко применяются сварные соединения. Хорошо поддаются сварке пержаивающиеся и конструкционные стали 12Х18Н10Т, 30ХГСА и другие, алюминиевые сплавы (АМц, АМг2 и др.), магниевые сплавы (МА-2, МА-8 и др.). Для титановых сплавов, которые плохо поддаются механической обработке (в частности сверлению), сварка является одним из основных видов соединений.

2. Для обеспечения качества сварки рекомендуется применять соотношение толщин свариваемых деталей от 1 : 1 до 1 : 2.

3. По способу соединений элементов различают сварные швы встык, сварные швы внахлестку — фланговые и торцовые, а также швы угловых и тавровых соединений. Сварной шов встык работает на разрыв, шов внахлестку — на срез. Наиболее распространенными являются сварные швы, работающие на срез, из них наиболее надежными являются фланговые швы.

В конструкциях баков (топливных, масляных, гидрожидкостей и др.) целесообразно применять сварку листов в отбортованном виде (рис. 1.13,а) до полного оплавления отбортовок (рис. 1.13,б). При сварке по кромке (рис. 1.13,в) без оплавления отбортовки, чтобы избежать коррозии, следует тщательно удалять остатки флюса на сварном шве.

В зависимости от формы поперечных сечений различают следующие швы: нормальный 1 (рис. 1.14), со специальной механиче-

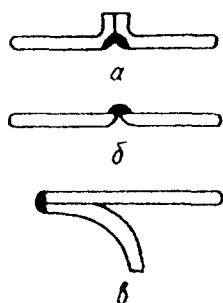


Рис. 1.13. Сварка листов баков:
а — сварка в отбортованном виде; б — сварка до полного оплавления отбортовки; в — кромочная сварка

ской разделкой 2 (лучше других работает на усталость) и с усилением 3 (при усталостном нагружении работает хуже двух предыдущих).

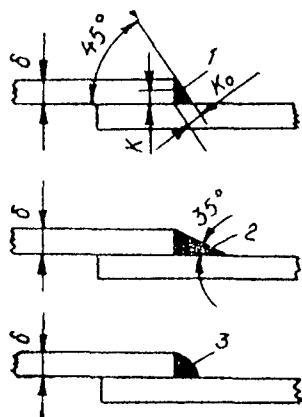


Рис. 1.14. Виды сварных швов:
1 — нормальный; 2 — с механической разделкой;
3 — с усилением

При расчете сварного соединения на срез расчетным принимают размер $K_0 = K \sin 45^\circ = 0,7K$.

4. При различных способах сварки легких сплавов получается неодинаковая прочность сварного шва. В табл. 1.13 указаны различные способы сварки некоторых алюминиевых сплавов (для сравнения приведены данные для сталей 30ХГСА и ЭИ-654).

5. Сваркой называется процесс получения неразъемного соединения путем оплавления стыкуемых кромок или участков поверхности.

Сварка, при которой оплавление материала производится с помощью электрической дуги или горящего газа, требует, как правило, присадочного материала, а сварка под действием тока, проходящего через контактирующие поверхности стыкуемых деталей, не требует присадочного материала.

Свариваемость алюминиевых сплавов

Способ сварки	Марка металла или сплава				
	АМг	Д16-Т	В95-Г	30ХГСА	ЭИ-654
Аргонно-дуговая ручная и автоматическая	удвл.	неудвл.	неудвл.	хорошо	удвл.
Дуговая автоматическая под слоем флюса	неудвл.	неудвл.	неудвл.	хорошо	удвл.
Ручная дуговая обкладным электродом	неудвл.	неудвл.	неудвл.	удвл.	неудвл.
Электроконтактная точечная и роликовая	хорошо	удвл.	удвл.	удвл.	удвл.
Электроконтактная стыковая	неудвл.	неудвл.	неудвл.	удвл.	неудвл.
Ручная кислородно-ацетиленовая	хорошо	неудвл.	неудвл.	хорошо	удвл.

Кислородно-ацетиленовая газовая сварка (КАС) применяется для цветных металлов и для термически не обработанных стальных деталей толщиной до 1,5 мм, а также для сталей марок 10А, 20А, 12Г2А, 12Х18Н10Т, ЭИ-400.

Атомно-водородная сварка (АВС) применяется для стальных деталей толщиной до 2 мм с $\sigma_b = 120$ кгс/мм², для выполнения коротких или сложных швов и для заварки трещин. АВС не рекомендуется для деталей из сплавов ЭИ-602, ЭИ-703, ВЖ-98, а также из сталей 30ХГСА и 30ХГСАА, термически обработанных на предел прочности выше 120 кгс/мм².

Дуговая электросварка (ДЭС) с металлическим электродом применяется для деталей из сталей марок 10А, 20А, 10Г2А, 12Г2А, 12Х18Н10Т, ЭИ-400 и сплавов ЭИ-435, ЭИ-437, ЭИ-602, ЭИ-703, ВЖ-98 при толщине свыше 1,5 мм с σ_b до 160 кгс/мм². Температура плазмы внутри дуги 5000–6000°C. Сталь 30ХГСА и 30ХГСАА могут в процессе сварки закаляться и образовывать трещины, поэтому сваривать их следует в помещениях, где нет сквозняков. Термически обработанную сталь 30ХГСАА после сварки подвергают отпуску в печи при температуре 200–250°C в течение 3 ч. Не рекомендуется электродуговая сварка для деталей из алюминиевых и магниевых сплавов.

Дуговая электросварка угольным электродом применяется при ремонте массивных деталей из литых алюминиевых сплавов: АЛ-2, АЛ-4 и др.

Не следует дуговой электросваркой сваривать соединения с отбортовкой, так как при этом возможны проплавление и прожог материала.

При толщине материала 3 мм диаметр электрода должен быть 3,0—4 мм, а сварочный ток 90—130 А.

Для наплавления узкого шва сварщик равномерно перемещает электрод вдоль шва, наклоняя его под углом 70—80° к поверхности сварки. При наплаве широкого шва электрод перемещают зигзагами.

Аргонно-дуговая электросварка (АрДЭС) применяется для деталей из всех марок алюминиевых, магниевых, пержаеющих и жаропрочных сплавов при толщине материала от 0,5 до 5 мм и более, а присадочная сварочная проволока используется без обмазки.

Сварка алюминиевых и магниевых сплавов производится перемещением тока. При толщине свариваемых кромок этих сплавов 2 мм диаметр электрода должен быть равен 2 мм, диаметр присадочной проволоки 2,5—3 мм, ток 100—120 А, давление аргона 0,15—0,2 кгс/см², расход его 9—11 л/мин. Горелка для аргонно-дуговой сварки снабжена смешанным клапаном для закрепления внутри сопла электродов диаметром 1,5; 2 и 2,5 мм.

Жаропрочные сплавы свариваются постоянным током прямой полярности.

При сварке нержавеющей стали толщиной 2 мм диаметры вольфрамового электрода и присадочной проволоки должны быть равны 3 мм, ток 70—120 А, длина дуги 3—4 мм, давление аргона 0,1—0,2 кгс/см² и расход аргона 5—7 л/мин.

Точечная контактная сварка бывает односторонняя (ток подводится с одной стороны) и двухсторонняя. Электроды изготавливаются из калиброванной меди. При сварке двух листов нержавеющей стали толщиной 1 мм диаметр контактной поверхности электродов должен быть равен 4,5—5 мм; время сварки 0,16 с, сила прижатия на электродах 350—500 кгс, ток 5000—5700 А, номинальная мощность 25—40 кВт. При сварке алюминиевых сплавов, если толщина более тонкого листа равна 1 мм, время сварки составляет 0,04 с, ток 40000 А для дюралюминия и 30000 А для сплава АМц. В первую очередь точечную сварку выполняют в труднодоступных местах. При большой длине свариваемого участка сварку ведут от середины к концам шва.

Роликовая сварка является разновидностью точечной сварки, только электроды имеют форму роликов, свариваемый пакет перемещается непрерывно, а ток подается с перерывами. Скорость перемещения пакета от 0,6 до 3 м/мин.

6. Присадочная проволока поставляется в мотках, перевязанных в трех или более местах. Концы мотка легко обнаруживаются. Поверхность проволоки не должна иметь следов коррозии. Смазывать проволоку маслом запрещается. Проволока снабжается сертификатом.

После получения проволоки ее испытывают на оплавление. Для этого на пластину размером 100×100 мм из материала той марки, для сварки которой предназначена проволока, наплавляются два-три валика нормальным (нейтральным) пламенем. Проволока, имеющая удовлетворительные сварочные свойства, плавится спокойно, без заметного шлакообразования и разбрызгивания. Валик получается низким, без наплывов, с часто расположенными чешуйками, а в окончании шва не имеется раковин и других дефектов.

В зависимости от марки присадочная проволока должна удовлетворять требованиям ГОСТ 2246—70 или ЧМТУ 5216—55 и ЧМТУ 3589—53 (табл. 1.14).

Таблица 1.14

Марки присадочной проволоки

Марка присадочной проволоки	СТ или ТУ на сварочную проволоку	Старая маркировка проволоки
Св-10X16H25M6	ГОСТ 2246—70	ЭН-395
Св-06X19H9T	ГОСТ 2246—70	Св-1X18H9T (Я1Т)
Св-04X19H9	ГОСТ 2246—70	Св-0X18H9 (Я1)
Св-08X19H10Б	ГОСТ 2246—70	Св-1X18H9Б
Св-18ХМА	ГОСТ 2246—70	

Примечание. Сварочная проволока выпускается по ГОСТ 2246—70 «Проволока стальная сварочная», где предусмотрено 56 различных марок проволоки, предназначенных для всех видов сварки.

Сварочная проволока изготавливается следующих диаметров: 0,3; 0,5; 0,8; 1,0; 1,2; 1,6; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10; 12 мм.

По химическому составу сварочная проволока разделяется на группы: углеродистая — 5 марок; легированная для сварки хромомolibденованадиевых сталей — 23 марки; высоколегированная для сварки хромистых сталей — 7 марок; для сварки хромоникелевых нержавеющей, теплоустойчивых и окислостойких сталей — 21 марка. Для аргонодуговой электросварки (АрДЭС) используется присадочная проволока, приведенная в табл. 1.11. В качестве защитной среды применяется чистый аргон марок А, Б и В по ГОСТ 10157—73. Химический состав аргона приведен в табл. 1.15.

Таблица 1.15

Химический состав аргона (в % к объему)

Марка аргона	Аргон (не менее)	Азот (не более)	Кислород (не более)	Влага, г/см ³ (не более)
Б	99,96	0,01	0,005	0,03
В	99,90	0,10	0,005	0,03

Аргон содержится в стальных цельнолитых баллонах типа «А» по ГОСТ 949—73 под давлением 150 кгс/см². Баллон емкостью 40 л вмещает 6 м³ газа. Окрашиваются баллоны в серый цвет с зеленой надписью **аргон чистый**. Под надписью по всей окружности расположена зеленая полоса.

Для сварки неплавящимся электродом применяются вольфрамовые электроды марки ВРП или ВА (технические условия НПО-021-512 или ТУ ВМ--2—529 - 57). Диаметр вольфрамового электрода выбирается в зависимости от силы сварочного тока (табл. 1.16).

Таблица 1.16

Зависимость диаметра вольфрамового электрода от сварочного тока

Род тока	Допустимый сварочный ток, А			
	при диаметре вольфрамового электрода, мм			
	1—2	3	4	5
Переменный ток	20—100	100—160	140—220	200—280
Постоянный ток прямой полярности	65—150	140—280	250—340	300—400
Постоянный ток обратной полярности	40—30	20—40	30—50	40—80

7. Флюсы поставляются порошком и в виде паст и служат для предохранения расплавленного металла от окисления, а также для раскисления и ошлакования окислов.

Расплавленные флюсы удаляют окисную пленку с поверхности металла, растворяя ее или образуя с ней легкоплавные химические соединения, а также предохраняют расплавленный металл от дальнейшего окисления, покрывая его тонкой пленкой.

Химический состав и назначение флюсов, применяемых при сварке деталей, приводятся в табл. 1.17.

8. Наличие легирующих элементов оказывает существенное влияние на свариваемость стали. Ниже приводятся данные о влиянии легирующих элементов:

Углерод. Содержание углерода свыше 0,3% резко понижает сварочные свойства стали, приводит к получению закалочных структур (особенно при наличии других легирующих элементов) и необходимости производить сварку с подогревом.

Марганец. Содержание марганца в любой стали как примеси в количестве до 0,3—0,8% положительно влияет на свариваемость. С увеличением содержания марганца свариваемость стали ухудшается из-за повышения закалчиваемости, увеличения прочности и твердости.

Таблица 117

Сварочные флюсы

Марка флюса	Химический состав, % (всех)	Назначение флюса
В-39	Углекислый барий—60, плавиковый шпат—21, двуокись титана—14, ферромарганец — 5, жидкое стекло (плотность 1,31—1,32) — 450—480 см ³ на 1 кг сухой смеси	Для сварки сталей 30ХГСА, 30ХГСНА
ВН13-6 (НЖ 8)	Фарфор — 30, мрамор—28, двуокись титана—20, ферромарганец — 10, ферросилиций—6, ферротитан—6, жидкое стекло (плотности 1,3—1,32) — 650 г на 1 кг сухой смеси	Для сварки нержавеющей и жаропрочных сталей и сплавов 12Х18Н10Т, ЭИ-402, ЭИ-435 и др
АФ 1А	Калий фтористый—50, натрий фтористый—28, натрий фтористый—3, литий фтористый—14	Для сварки алюминиевых сплавов. Флюс гигроскопичен. Хранить в герметичной упаковке
ВФ-156	Магний фтористый—24,8, барий фтористый—33,3, литий фтористый—19,5, кальций фтористый — 14,8, криолит натриевый марки К1 или К2—4,8, окись магния — 2,8	Для сварки сплавов на магниевой основе МА-1, МА-2, МА-3. Флюс гигроскопичен, рекомендуется хранить в герметичной упаковке
ВФ-156	Барий фтористый—35,2, литий фтористый—21,2, кальций фтористый — 17,4, магний фтористый — 26,2	Для сварки сплавов на магниевой основе МА-1, МА-2, МА-3. Флюс гигроскопичен, рекомендуется хранить в герметичной упаковке
Ф 77	Натрий кремний фтористоводородный—20, калий фтористый — остальное	Для сварки алюминиевой бронзы марки Бр.АЖМц-10-3-1,5

Кремний повышает прочность, твердость и упругие свойства стали. При содержании до 0,3% кремний является обычной примесью в стали, и его количество на свариваемость не влияет. Увеличение содержания кремния приводит к образованию тугоплавкого вязкого оксида, насыщенного шва неметаллическими включениями, снижению ударной вязкости и резкому уменьшению пластичности.

Хром при содержании 0,2—0,3% является обычной примесью в стали. В конструкционных сталях его содержится до 3% и в специальных — от 12 до 35%. Хром образует с углеродом карбиды, способствует образованию закалочных структур типа мартенсит, значительно окисляется с образованием тугоплавкой окиси.

Никель при содержании 0,2—0,3% является обычной примесью в стали. В конструкционных сталях его содержится от 1 до 5%, в специальных — от 8 до 25%. Никель значительно повышает пластичность и прочность стали, улучшает ее свариваемость.

Молибден в конструкционных сталях содержится до 0,2—0,5%, в инструментальных — до 0,8%, а в быстрорежущих — до 2,5%. Молибден измельчает зерно, повышает ударную вязкость и сопротивление знакопеременным нагрузкам.

Титан и ниобий являются сильно карбидообразующими элементами, в сталях их содержится до 0,5%. В нержавеющие хромоникелевые стали их добавляют для уменьшения межкристаллитной коррозии. Титан повышает стойкость хромоникелевых швов против горячих трещин, способствует мелкозернистой структуре. Ниобий при содержании в шве до 1% в сочетании с углеродом вызывает горячие трещины. С большим содержанием ниобия стойкость швов хромоникелевой нержавеющей стали против горячих трещин повышается. Склонность к трещинам в присутствии углерода заметно увеличивается при наличии в шве титана, ниобия и хрома.

Вольфрам является карбидообразующим элементом, в количестве до 8—10% он вводится в инструментальные и штамповые стали. Вольфрам свободно окисляется, в связи с этим в процессе сварки нужно обеспечивать защиту от кислорода.

9 Малоуглеродистая сталь хорошо сваривается всеми видами сварки, термической обработкой не упрочняется.

Сталь хромансиль хорошо сваривается электродуговой и аргонодуговой сваркой. При газовой сварке она имеет склонность к образованию трещин. Сварку рекомендуется производить при температуре окружающего воздуха не ниже +5°.

Хромоникелевые стали 1X18H9B, 1X18H9T и другие хорошо свариваются электродуговой, аргонодуговой и газовой сваркой. Сплав ХН78Т (ЭИ-435) этими видами сварки сваривается также хорошо, но требует тщательной подготовки места сварки. Сплав ЭИ-602 хорошо сваривается аргонодуговой сваркой, удовлетворительно электродуговой и неудовлетворительно газовой.

Алюминиевые сплавы марок АД, АД1, АМц, АМг, АМгЗ, АВ и Д16 свариваются аргонодуговой и газовой сваркой.

В качестве присадочного материала при сварке сплавов АД, АД1, АМц, АМг6Т применяется проволока того же состава, что и свариваемый материал. При сварке сплавов АМг, АМг3, Д1 и Д16 кроме проволоки того же состава рекомендуется применять проволоку АК, состоящую из 95% алюминия и 5% кремния. Сплавы Д1 и Д16 можно сваривать с применением присадочной проволоки В61.

Магнєвые сплавы марок МА-1, МА-2 и МА-8 свариваются аргоно-дуговой и газовой сваркой. В качестве присадочного материала при сварке применяется проволока того же состава, что и свариваемый материал. Допускается применение полосок, нарезанных из листового материала той же марки, что и основной материал.

Сварка меди и ее сплавов определяется их теплофизическими свойствами:

1) теплопроводностью, которая у меди в 5,5 раза, а у ее сплавов в 2,5—3 раза выше, чем у железа. Это вызывает сильный теплоотвод от места сварки и создает широкую зону разогрева металла, прилегающего ко шву, вследствие чего для сварки требуются более концентрированные источники тепла;

2) большим по сравнению с железом коэффициентом теплового расширения, что приводит к деформациям свариваемого изделия;

3) способностью к сильной окисляемости с образованием окислов меди Cu_2O , которая дает с медью эвтектический сплав с температурой плавления 1063°C т. е. ниже температуры плавления меди (1083°C). В результате этот сплав при затвердевании располагается по границам зерен меди и делает ее хрупкой;

4) способностью растворять газы, окружающие сварочную ванну. Например, медь растворяет водород и окислы углерода. Затем при охлаждении металла растворимость газов понижается, и они стремятся выйти из металла сварочной ванны; однако выход газов затрудняется быстрым затвердевающим металлом сварочной ванны, что вызывает пористость сварочного шва;

5) резким понижением механических свойств и увеличением хрупкости при повышенных температурах. Медь при температуре 500°C и выше теряет прочность и пластичность, что приводит к появлению трещин при деформациях.

Для получения качественных сварных соединений необходимо обеспечить: защиту сварочной ванны от окисления; раскисление жидкой меди в сварочной ванне посредством введения раскислителей; применение источников тепла, обеспечивающих концентрированный нагрев.

Титан обладает высокой прочностью и пластичностью при малом удельном весе ($4,5 \text{ г/см}^3$), удовлетворительной теплоустойчивостью и высокой коррозионной стойкостью.

При сварке большую роль играет сродство титана кислороду, азоту и водороду, содержание которых для технического титана, применяемого в сварных конструкциях, не должно превышать: водорода — 0,01, азота — 0,04 и кислорода — 0,15%. Азот и кислород резко повышают прочность и снижают пластичность титана. Водород

род влияет главным образом на склонность титана к хрупкому разрушению.

Для получения качественного сварного соединения рекомендуется:

- ограничивать содержание вредных примесей в техническом титане и, в первую очередь, азота, кислорода, водорода и углерода;
- защищать шов и околошовную зону при сварке плавлением чистыми инертными газами (аргоном, гелием) или бескислородными флюсами;
- выбирать рациональные режимы сварки для получения лучших механических свойств и структуры металла шва и околошовной зоны;
- предусматривать термическую обработку сварных изделий из титановых сплавов, обладающих высокой прочностью.

В настоящее время сварка технического титана и его сплавов производится автоматической и ручной сваркой — вольфрамовым и плавящимся электродом в среде аргона и гелия. Ввиду того, что титан имеет высокую склонность к росту зерна при высоких температурах и характеризуется малой скоростью охлаждения, сварку ведут на минимально возможной допустимой энергии.

Для уменьшения длительности пребывания металла при температурах интенсивного роста зерна рекомендуется применять многослойную сварку длинными участками (с полным охлаждением слоев), а также теплоотводящие накладки и подкладки.

10 При подготовке самолетной детали к сварке необходимо очистить деталь от грязи или смазки, а затем удалить защитное покрытие: кадмиевое, краску, эмаль, лак и др. Такие защитные покрытия мешают выполнению сварки, проникают в свариваемый шов и ослабляют его.

Кадмиевое покрытие удаляется путем погружения кромок свариваемого соединения в один из следующих растворов:

1) смесь из 11,1 л воды, 28,5 л соляной кислоты и 5,7 л нашатырного спирта;

2) смесь из 0,5 кг азотнокислой соли, аммиака и около 4 л воды;

3) смесь 73 см³ соляной кислоты с 27 см³ воды и 2 г сурьмы.

Краска, эмаль и лак могут быть удалены следующими способами:

1) очисткой стальной щеткой;

2) применением наждачной бумаги;

3) обдувкой песком;

4) с помощью растворителей лаков и красок;

5) с помощью 10%-го горячего раствора каустической соды.

После применения раствора каустической соды или растворителей деталь должна быть погружена в 10%-ный раствор азотной кислоты и затем тщательно вымыта горячей водой, чтобы удалить полностью растворители, каустическую соду и др.

Ржавчина и окалина на стальных деталях удаляются обдувкой песком или ветонью, смоченной в бензине.

11. При сварке КАС алюминиевых сплавов желательно иметь нейтральное (нормальное) сварочное пламя, для этого рекомендуется небольшой избыток ацетилена в пламени. Однако всегда необходимо стремиться к тому, чтобы содержание ацетилена и кислорода в пламени было в равной пропорции. Сварочное пламя должно быть не только нейтральным, но и мягким, что достигается регулировкой игольчатых вентилей для получения малой скорости поступления смеси газов в наконечник горелки.

12. Качество подварки дефектов зависит от разделки свариваемого места. Ниже приводятся правила разделки деталей перед сваркой.

Одиночные трещины после определения их размеров засверливаются сверлом диаметром 2,0—2,5 мм: прямолинейные трещины — только по концам, а криволинейные и разветвленные — по концам и в точках пересибов и разветвлений, чтобы предотвратить развитие трещин в процессе сварки из-за возникающих напряжений (рис. 1.15). Затем производится V-образная разделка их с помощью напавера или шлифовального камня, заточенного под углом $60-90^\circ$.

Трещины разделяют на глубину, равную $3/4$ толщины основного материала, чтобы удалить из нее окислы и нагар. Не рекомендуется производить разделку зубилом, так как это приводит к увеличению размеров трещины. Поверхностные трещины зашлифовываются напильниками до полного устранения. В случае, если трещина пересекает ребра жесткости детали, ее прорезают до основного металла шлифовальным камнем толщиной до 1,5—2 мм.

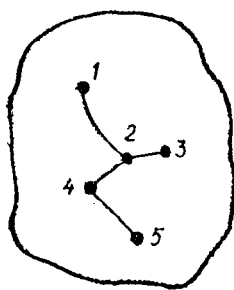


Рис. 1.15. Схемы засверливания криволинейных трещин: 1, 2, 3, 4, 5 — отверстия для засверливания сверлом $\varnothing 2-2,5$ мм

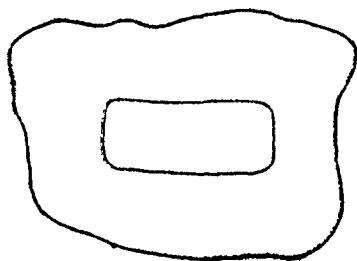


Рис. 1.16. Схема удаления поврежденного участка

Групповые трещины, прогары или пробойны удаляются по плавному контуру (по кругу); прямолинейные участки вырезаются шлифовальным кругом (рис. 1.16), а криволинейные засверливаются. Затем кромки зачищаются личным напильником и шлифовальной шкуркой. После этого по лючку изготавливается вставка или накладка, первая подгоняется так, чтобы зазор между ней и кромками лючка не превышал 1 мм. Накладка делается такой величины, чтобы она перекрывала лючок по 8—10 мм на сторону. Далее поверхности основного материала и вставки зачищаются металлической щеткой или шлифовальной шкуркой на расстоянии 10—15 мм от места наложения сварного шва.

При отслаивании швов роликовой сварки поврежденный участок зачистите до металлического блеска шлифовальной шкуркой зернистостью 170—200 или металлической щеткой, а место шва продуйте сжатым воздухом. Затем алюминиевой или медной выколоткой произведите рихтовку отслоившегося листа до полного прилегания и далее обезжирьте поверхность вокруг места сварки бензином Б-70.

При наличии **выработки и глубоких следов наклепа** участок зачищайте до металлического блеска: на плоских деталях шлифовальным кругом или шкуркой (в зависимости от глубины поврежденного слоя, имеющего «черноту»), а на цилиндрических деталях проточите на токарном станке. Свариваемые кромки и поверхность угалей вокруг места сварки зачистите от нагара и других загрязнений, а также обезжирьте.

13. Общие рекомендации:

1) никогда не применяйте для сварки неизвестные и непроверенные сварочные материалы: электроды, сварочную проволоку, флюсы и др.;

2) ни в коем случае не допускайте сварку изделий по трещинам, загрязненным окислами, ржавчиной, маслом, краской и др.;

3) излишек наплавленного в сварной шов металла всегда приводит к образованию концентраторов напряжений и увеличению деформации;

4) увеличение силы тока или напряжения на дуге без соответствующего увеличения скорости сварки, завышение погонной энергии при сварке приводят к увеличению деформаций сварочной конструкции;

5) коробление конструкции возрастет из-за несоблюдения требований технологического процесса — нарушения сварочных режимов, последовательности и порядка сборки и сварки, порядка наложения швов и т. п.;

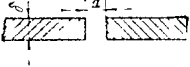

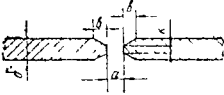
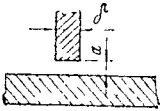
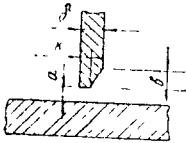
6) при выполнении многослойных сварных швов производите тщательную зачистку каждого наложенного слоя от шлака и брызг;

7) не оставляйте незаделанными кратеры в конце шва;

8) разделку кромок в зависимости от толщины свариваемого материала производите в соответствии с табл. 1.18;

9) поправку дефектных мест производите только с разрешения инженера, с указанием марки материала, присадочной проволоки, способа сварки.

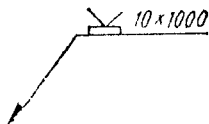
Разделка кромок в зависимости от толщины свариваемого материала

Вид соединения	Толщина материала δ , мм	Размер, мм		
		λ	a	b
Бескосое стыковое 	1,5		0,5—1,0	—
	2,0		0,5—1,0	—
	2,5		0,7—1,2	—
V-образное стыковое 	3,0	1,0—1,5	1—2	4
	5,0	1,0—1,5	1—2	1
	10,0	1,5—2,0	1—2	5
	15,0	2,0—3,0	1—2	6
X-образное стыковое 	10,0	2,0	1—2	5
	15,0	2—3	1—2	6
	20,0	2—3	1—2	7
Тавровое бескосое 	1,5	—	0,5—1,0	—
	2,0	—	0,5—1,0	—
	3,0	—	0,5—1,0	—
	5,0	—	0,5—1,0	—
	10,0	—	0,5—1,0	—
Тавровое однокосое 	5,0	0,5—1,0	0,5—1,0	7
	10,0	1—2	0,5—1,0	12
	15,0	2—3	0,5—1,0	17

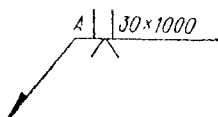
10) знаки в основных обозначениях швов на чертежах представляются в следующем порядке:

- а) для швов стыковых соединений:
буквенное обозначение вида сварки;
условный графический знак;
толщина шва a ;
длина шва l ;

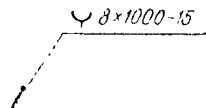
Пример обозначения одностороннего шва на остающейся подкладке со скосом двух кромок, выполненного дуговой электросваркой, толщина шва 10 мм, длина 1000 мм:



Пример обозначения двустороннего шва, выполненного автоматической дуговой электросваркой по ручной подварке, без скоса кромок, толщина шва 30 мм, длина 1000 мм, с V-образным скосом кромок для ручной подварки:

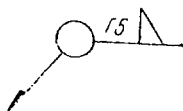


Пример обозначения одностороннего стыкового шва с криволинейным скосом двух кромок, выполненного дуговой электросваркой, толщина шва 8 мм, длина 1000 мм, с порядковым номером 15 по таблице, помещенной на чертеже:

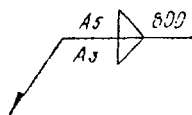


- б) для швов угловых соединений:
буквенное обозначение вида сварки;
катет шва K ;
условный графический знак;
толщина шва a ;
длина шва l ;

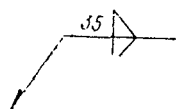
Пример обозначения одностороннего шва без скоса кромок, катетом 5 мм, выполненного по замкнутому контуру газовой сваркой:



Пример обозначения двустороннего шва без скоса кромок, толщиной (расчетными катетами шва) 5 и 3 мм, выполненного автоматической электродуговой сваркой при длине шва 800 мм:



Пример обозначения двустороннего шва без скоса кромок с катетами шва 5 мм, выполненного дуговой электросваркой в защитных газах:



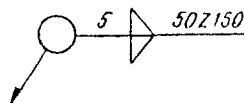
в) для швов тавровых соединений;
буквенное обозначение вида сварки;
катет шва K ;
условный графический знак;
толщина шва a ;

длина провариваемого участка l прерывистых швов или диаметр точки d для точечных швов;

знак, характеризующий взаимное расположение участков шва (вспомогательный знак);

шаг прерывистого или точечного шва l .

Пример обозначения шва без скоса кромок, толщиной (расчетным катетом шва) 5 мм при длине провариваемого участка 50 мм и шаге 150 мм, с шахматным расположением участков, выполненного по замкнутому контуру дуговой электросваркой:



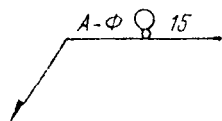
г) для швов соединений внахлестку, выполненных в прорезном отверстии с проплавлением:

буквенное обозначение вида сварки;

условный графический знак;

диаметр отверстия или ширина прореза для швов с круглым или удлиненным отверстием или ширина проплавления для швов с проплавлением d .

Пример обозначения одностороннего шва с проплавлением, при ширине проплавления 15 мм, выполненного автоматической дуговой электросваркой под флюсом:



д) для швов соединений внахлестку, выполненных контактной сваркой:

буквенное обозначение вида сварки;

диаметр точки для точечных швов или ширина шва для роликовых швов; d ;

умножительный графический знак;

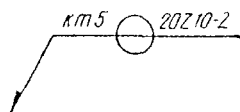
расстояние между точками e_1 или длина проваренного участка роликового прерывистого шва l ;

знак, характеризующий взаимное расположение точек или участков (вспомогательный знак);

расстояние между рядами точек e_2 или шаг прерывистого роликового шва t ;

количество рядов точек n .

Пример обозначения двухрядного одностороннего точечного шва, диаметром точки 5 мм и расстоянием между точками 20 мм, при шахматном расположении точек и расстоянии между рядами точек 10 мм.

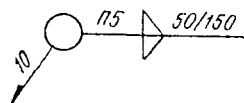


Примечания: 1. Цифровые значения величин a и l , d и l разделяют знаком умножения (\times).

2. Цифровые значения величин l_2 и n разделяют знаком тире (—).

Обозначение нескольких сварных швов, одинаковых по типу и размерам, указывают один раз на полке линии-выноски, проведенной к одному из швов, с указанием на линии-выноске количества этих швов. Остальные швы отмечают только линиями-выносками.

Пример обозначения одного из 10 двусторонних прерывистых швов таврового соединения без скоса кромок с катетом шва 5 мм, при длине провариваемого участка 50 мм и шаге 150 мм, выполненного по замкнутому контуру полуавтоматической дуговой электросваркой:



14. Расчет на прочность основных типов сварных соединений производите в соответствии с табл. 1.19.

Таблица 119

Тип сварного соединения	Эскиз	Род нагрузки и расчетные формулы
Стыковое при перпендикулярном расположении швов к действующим силам		Растяжение $N = [\sigma'_p] l_{ш} \delta$ Сжатие $N = [\sigma'_{сж}] l_{ш} \delta$
Внахлестку с применением лобовых угловых швов		Срез $N = 1,4 K l_{ш} [\tau']$
Внахлестку с применением лобовых и фланговых швов		Срез $N = 0,7 l_{ш} K l [\tau']$ $l = l_1 + l_2 + l_3$
Впритык с двумя угловыми швами		Растяжение $N = 1,4 K l_{ш} [\tau_p]$ Сжатие $N = 1,4 K l_{ш} [\sigma'_{сж}]$
Впритык с разделкой для сварки		Растяжение $N = \delta l_{ш} [\sigma'_p]$ Сжатие $N = \delta l_{ш} [\sigma'_{сж}]$
Впритык или встык		Изгиб $M_{из} = W [\sigma'_p]$

Условные обозначения:

- N — усилие, действующее на сварное соединение, кгс;
 δ — толщина свариваемого металла, см;
 $l_{\text{ш}}$ — длина сварного шва, см;
 $[\sigma_p']$, $[\sigma_{\text{нж}}']$, $[\tau']$ — допускаемые напряжения на металл шва при растяжении, сжатии и срезе, кгс/см²;
 K — катет углового шва, см;
 $M_{\text{из}}$ — изгибающий момент, кгс·см;
 W — момент сопротивления, см³.

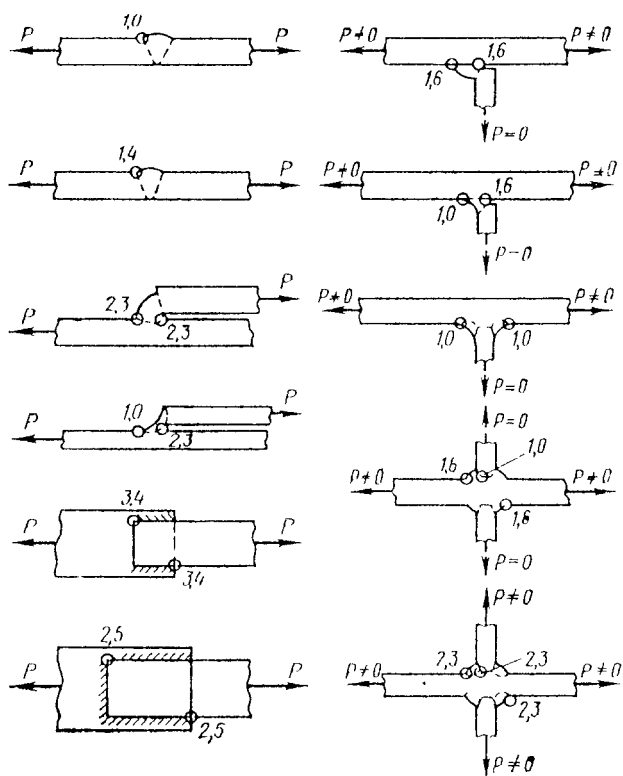


Рис 117 Коэффициент концентрации напряжений β в сварных соединениях

Действие на сварное соединение знакопеременной и переменной нагрузок учитывается при расчете коэффициентом γ , который определяется по формуле

$$\gamma = \frac{1}{(a\beta + b) - (a\beta - b)q} \leq 1,$$

где β — эффективный коэффициент концентрации напряжений, значение которого принимается по схеме (рис. 1.17);

$q = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}}$ — характеристика циклов переменных напряжений;

a и b — коэффициенты, значения которых для углеродистой стали: $a=0,58-0,90$, $b=0,26-0,30$ и низкоуглеродистой стали $a=0,65-0,95$, $b=0,30$.

Сварка в среде защитных газов

Существует два способа сварки в среде защитных газов: сварка неплавящимся (угольным, графитовым, вольфрамовым) электродом и сварка плавящимся электродом из проволоки примерно такого же состава, что и свариваемый металл.

В качестве защитных газов применяются:

а) инертные газы — аргон и гелий при сварке титана, молибдена, циркония, тантала, алюминия, магния и других металлов и сплавов, активных по отношению к кислороду;

б) углекислый газ — при сварке малоуглеродистых, некоторых конструкционных и специальных сталей;

в) водород и азот — первый применяется при атомоводородной сварке, а второй — при сварке меди.

Аргон тяжелее воздуха, и его применение обеспечивает хорошую защиту дуги и сварочной ванны от действия воздуха. Дуга в аргоне горит устойчиво.

Гелий легче аргона в 10 раз, и его расход при сварке на 30—40% превышает расход аргона. При сварке в среде гелия дуга обладает большей проплавающей способностью, чем в аргоне.

Аргонно-гелиевая смесь создает условия устойчивого горения дуги и ее высокой тепловой мощности. Применение смеси, состоящей из 40% аргона и 60% гелия, при сварке алюминия обеспечивает получение более плотных швов, чем при защите аргонном.

Смесь аргона с углекислым газом (90% аргона и 10% углекислого газа) при сварке малоуглеродистых и низколегированных сталей способствует устранению пористости в сварных швах и улучшает формирование шва при сварке тонколистовых сталей.

Смесь аргона с азотом (70—80% аргона и 20—30% азота) применяется при сварке меди плавящимся электродом.

Углекислый газ выполняет функцию защитного газа в сочетании со сварочной проволокой некоторых марок, содержащей повышенный процент раскислителей — марганца и кремния.

Сварка в среде инертных газов может производиться на постоянном и переменном токе. При этом род тока оказывает существенное влияние на конечные результаты сварки. Так, например, при сварке малоуглеродистой, низко- и среднелегированной, нежелезистой высоколегированной и жаропрочной сталей, а также

титана и его сплавов, циркония, молибдена, тантала, меди и ее сплавов и других активных металлов хорошие результаты получаются при использовании постоянного тока прямой полярности. Постоянный ток обратной полярности для указанных металлов не рекомендуется.

Наилучшие результаты сварки алюминия, магния и их сплавов получаются при применении переменного тока. Постоянный ток прямой полярности в данном случае не рекомендуется.

Сварка в среде углекислого газа в основном производится на постоянном токе обратной полярности, при этом требуется источник питания дуги с жесткой или возрастающей характеристикой

Аргонно-дуговая сварка применяется при изготовлении сварных изделий из металлов, активных по отношению к кислороду (алюминий, магний, тантал, титан, молибден и др.). Она подразделяется на ручную и автоматическую, неплавящимся (вольфрамовым) и плавящимся электродами. Сварку выполняют на постоянном токе при прямой и обратной полярности и на переменном токе с применением осциллятора. Напряжение на дуге 12—26 В при длине ее от 1 до 4 мм. Удлинение дуги приводит к ухудшению качества сварных швов. Аргон подается в горелку под давлением от 25 до 400 мм вод. ст.

В сварочной дуге переменного тока разрушаются пленки окислов металлов (алюминия и его сплавов, магния и др.), что позволяет производить сварку этих металлов без флюсов, обеспечивая высокие свойства сварных соединений. Можно также сваривать

Характеристики защитных газов, используемых при сварке, указаны в табл. 1.20

Плазменная сварка деталей

При обычной дуговой сварке температура в зоне дуги составляет 5000—6000°C, а форма дуги определяется разностью потен-

Таблица 1.20

Характеристики защитных газов, используемых при сварке

Наименование газа	Содержание примесей, % (не более)				Содержание чистого газа, % (не менее)	ГОСТ или ТУ
		кислород	углекис- лый газ	другие газы		
Аргон чистый марки А	1	0,003	—	—	99,99	ГОСТ 10:57--73
Аргон чистый марки Б	0,01	0,005	—	—	99,96	
Аргон чистый марки В	0,10	0,005	—	—	99,90	
Аргон технический	12—16	0,4	0,3	—	83,3	ТУ МХП 4196—54
Гелий технический	0,3—0,4	Следы	—	Следы	99,7	ВТУ МХП 0446—54
Гелий технический, II сорт	0,6—1,5	Следы	—	Следы	98,5—99,7	ВТУ МХП 0446—54
Азот технический, I сорт	—	0,5	—	—	99,5	ГОСТ 9223—59
Азот технический, II сорт	—	1	—	—	99,0	ГОСТ 9293—59
Водород технический (полу- ченный электролизом воды)	—	0,5	—	—	99,5	ГОСТ 3022—45
Водород технический (полу- ченный электролизом раство- ров)	—	0,5	—	1,5	98,0	ГОСТ 3022—45
Углекислый газ пищевой	0,7	0,8	—	0,5	98,5	ГОСТ 8050—76

Примечание. Все газы, перечисленные в табл. 1.20, содержатся в баллонах в газообразном состоянии под давлением 150 ± 5 кгс/см², исключая углекислый газ, который находится в баллоне в жидком состоянии под давлением 75 кгс/см².

прерывная подача аргона через штуцер 4. Струя аргона, протекая в кольцевой зазор между дугой и стенкой сопла, отсасывает дугу от стенок и дополнительно сжимает ее. При выходе из сопла аргон образует облако защитного газа, как при аргонно-дуговой сварке.

Сопло охлаждается водой, протекающей по внутренним каналам 5 сопла. Формой и размером сопла можно регулировать температуру дуги. Вследствие высокой температуры дуги и концентрации энергии на малой площади контакта при плазменной сварке скорость перемещения электрода вдоль шва больше, чем при

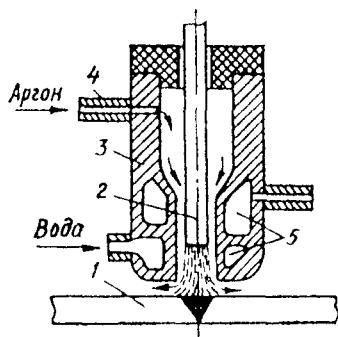


Рис. 1.18. Схема плазменной сварки.
1 — свариваемые детали; 2 — электрод;
3 — наконечник; 4 — штуцер, 5 — каналы

аргонно-дуговой сварке, а зона нагревания металла вдоль шва меньше. Это улучшает качество сварки.

Плазменную сварку применяют для наплавки покрытий из тугоплавких металлов, резки металлов, термообработки, пайки. Можно варить тонколистовые материалы из тугоплавких металлов.

Выбор мощности горелки

Мощность горелки определяется количеством ацетилена, потребляемого в течение 1 ч работы и подбирается в зависимости от толщины свариваемого металла и способа сварки.

При сварке малоуглеродистых и низколегированных сталей необходимая мощность горелки определяется по следующим эмпирическим формулам: для левого способа $W = (100—130) \delta$ л/ч, для правого способа $W = (130—150) \delta$ л/ч, где δ — толщина свариваемой стали, мм.

При сварке латуни, бронзы, алюминиевых сплавов и чугуна мощность горелки устанавливается примерно такая же, как для сварки стали. При сварке меди мощность горелки подбирается по формуле $W = (150—200) \delta$ л/ч.

Присадочная проволока выбирается в зависимости от состава свариваемого металла.

Повторная сварка стальных сварных соединений

1. При необходимости повторной заварки какого-либо дефекта в сварном стальном соединении надо полностью удалить старый шов, чтобы обеспечить необходимую глубину расплавления металла. Старый шов удаляют с помощью фрезы или наждачного круга. Вокруг места сварки удаляют также окалину и защитное покрытие металла.

Повторную сварку производят как кислородно-ацетиленовым пламенем, так и электрической дугой, но предпочтительнее более приемлемая для деталей, прошедших термообработку, так как при этом виде сварки тепло в большей степени сосредоточивается в одном месте и не вызывает термических напряжений. В то же время для сварки металла толщиной менее 1,5 мм при невозможности обеспечить металлическую опору рекомендуется применять газовую сварку.

Для предотвращения образования трещин, вызываемых термическими напряжениями, места, подлежащие заварке, нормализуют и затем они снова после сварки подвергаются новой нормализации и термической обработке. В тех случаях, когда металл нельзя подвергать повторной термообработке после сварки, делают предварительный нагрев соединения перед сваркой до температуры 315—370°C.

При нагревании прочность металлов уменьшается по мере приближения к точке плавления, где она равна нулю. Алюминиевые сплавы, латунь, бронза, медь, чугун и даже некоторые сплавы из стали при высоких температурах, близких к их точкам плавления, становятся очень хрупкими. Если эти металлы подвергнуть действию нагрузки при высокой температуре, они могут сломаться или дать трещины в области нагрева.

Если металл будет нагреваться неравномерно, произойдет неравномерное его расширение, что может привести к короблению и даже поломке металла. При равномерном повышении температуры по всей массе металла таких явлений не будет. Легко понять, что при сварке концентрированный подвод тепла в каком-либо одном месте детали вызовет местное расширение металла и, как следствие, его деформацию или растрескивание от внутренних напряжений.

2. Нельзя ремонтировать сваркой самолетные детали, нормальная работа которых зависит от соответствующих механических качеств, полученных холодной обработкой. К ним относятся:

- стальные ленты обтекаемого профиля и просы;
- детали, паянные твердым или мягким припоем (приводя, проникая в сварку, ослабляет ее);
- детали из стальных никелевых сплавов, подвергавшихся термообработке: самолетные болты, наконечники танлеров, оси и др.

3. Сварные узлы и детали обычно изготавливаются из углеродистых и низколегированных сталей марок 10А, 20А, 25ХГСА, 30ХГСА, 10Г2А и из сталей аустенитного класса 1Х18Н9Т и др., при этом применяются следующие виды термической обработки (табл. 1.21).

Таблица 1.21

Температура закалки, отжига и нормализации некоторых сталей

Марка стали	Температура нагрева при закалке, нормализации и изотермическом отжиге, °С	Температура нагрева при низком отжиге, °С	Температура нагрева при неполном отжиге, °С
10, 10А, и 15 А	890±10	700±10	—
20, 20А и 25	880±10	700±10	—
25ХГСА	900±10	690±10	—
30ХГСА	900±10	690±10	780±10
30ХГСНА	900±10	680±10	780±10
1Х18Н9 (ЭЯ1)	1050—1180	—	—
1Х18Н9Т (ЭЯ1Т)	1050—1180	—	—
10Г2А, 12Г2А	890±10	680—720	—

Подготовленная термическая обработка преследует цель — подготовить металл к штамповке и гибке. Для сталей 30ХГСА, 25ХГСА и 30ХГСНА применяются изотермический или низкий отжиг, а для сталей 10А, 20А, 10Г2А и 12Г2А — нормализацию.

Пластичность аустенитных сталей 1Х18Н9Т и других достигается закалкой. Если после сварки изделие термически не обрабатывается, то изготовленные детали из сталей 30ХГСА, 25ХГСА и 30ХГСНА перед сваркой подвергаются закалке и отпуску на требуемый предел прочности, а изготовленные из сталей 10А, 20А, 10Г2А и 12Г2А — нормализации.

4. Промежуточная термическая обработка применяется для устранения в деталях повышенной прочности. Рекомендуется применять:

1) низкий отжиг — для деталей из малоуглеродистых и низколегированных сталей, подвергающихся правке;

2) неполный отжиг — для деталей из сталей марок 30ХГСА и 30ХГСНА, подвергающихся механической обработке (фрезерование, сверление и др.);

3) закалку — для изделий из аустенитных сталей.

5. Окончательная термическая обработка производится для придания требуемых механических свойств и улучшения структуры металла в зоне сварного шва. Для деталей применяются:

а) изготовленных из сталей 30ХГСА и 30ХГСНА — закалка с последующим отпуском на заданную прочность;

б) изготовленных из сталей 10Л, 20А, 10Г2А и 12Г2А — нормализация или нормализация с отпуском.

6. Повторная термическая обработка служит для исправления дефектов ранее проведенной термической обработки и снятия внутренних напряжений.

Контроль качества швов сварных соединений

Контроль перед сварочными работами начинается с проверки исходных материалов и испытанием готовой продукции. Необходимо проверить, снабжен ли поступающий металл сертификатом заводов-изготовителей, затем проверить металл на образование трещин при сварке.

Электродная и присадочная проволока должны удовлетворять требованиям ГОСТ 2246—70. Кроме того, проволоку испытывают на оплавление; проволока, имеющая удовлетворительное качество, плавится без заметного шлакообразования и разбрызгивания. Образовавшийся при наплавке валик шва должен быть близким, без наплывов, с часто расположенными чешуйками.

Готовые электроды проверяют внешним осмотром и пробной сваркой согласно требованиям ГОСТ 2523—51.

С помощью щупов и шаблонов измеряют величину зазоров и углов раскрытия шва, а также превышение одной кромок над другой.

Состояние сварочного оборудования и инструмента в большой степени влияет на качество сварного соединения, поэтому его регулярно проверяют и не допускают производства сварочных работ на неисправном оборудовании.

На качество сварного шва также оказывает влияние состояние и конструкция электродержателя и исправность пазовой лопатки. Электродержатель должен иметь небольшой вес, не сильно нагреваться при сварке, допускать простое и быстрое вкладывание электродов и иметь гибкий кабель длиной не менее 2 м.

Газовая горелка не должна иметь неплотностей в вентилях и в местах присоединения шлангов. Отверстие мундштука горелки должно быть правильной формы, а пламя — правильной очерченности.

Контролю внешним осмотром подвергаются все сварные изделия. Места, вызывающие сомнение в том, что шов нормальный, осматриваются с помощью лупы. Перед внешним осмотром поверхность сварного шва и свариваемого изделия на расстоянии 10—20 мм по обе стороны шва зачищается от лака, капель металла, краски и других загрязнений.

При осмотре выявляются внешние пороки сварных швов: отклонения в размерах швов и изделия (поводка, коробление и др.), наплывы, подрезы, незаваренные кратеры, наружные трещины, непровары корня шва, свищи и др. Сварные швы на изделиях из легированных сталей проверяются дважды: сразу после окончания

сварки и днен через 20—30, как как в этих сталях структурные превращения происходят очень медленно и они могут вызывать появление трещин. Проверку формы и размеров сварных швов осуществляют с помощью измерительных инструментов и шаблонов. Нормальные размеры швов в зависимости от вида соединения приведены в табл. 1.22

Испытание сварных швов на плотность проводится после внешнего осмотра с целью обнаружения в сварных швах трещин, непроваров, газовых пор и шлаковых включений, наличие которых делает сварные швы непроницаемыми для жидкостей и газов.

Керосином проверяются сварные швы на резервуарах, работающих без давления. Способ заключается в том, что сварное соединение с одной стороны окрашивается меловым раствором, после высыхания которого другая сторона смачивается керосином. При наличии в шве пор или других неплотностей керосин проникает через них и выступает на окрашенной мелом поверхности в виде жирных пятен. В зависимости от толщины металла и расположения швов обследование шва на проникновение керосина производится в промежутки от 15 мин до 2—3 ч.

Сжатым воздухом проверяются сварные швы на емкости, все отверстия которой можно заглушить. При испытании емкость погружается в воду и заполняется сжатым воздухом под давлением, предусмотренным техническими условиями на приемку изделия. Если невозможно погрузить все изделие в воду, то швы с наружной стороны смачиваются мыльной водой. Места швов, имеющие неплотности, определяются по появлению пузырей.

Гидравлическим способом испытываются все сосуды и аппараты, работающие под давлением. Испытание заключается в том, что сосуд заполняется водой, давление которой обуславливается техническими условиями, обычно (1,5—2,0) $P_{\text{раб}}$ и выдерживается некоторое время под этим давлением. Затем давление воды снижается до рабочего и производится осмотр швов с обстукиванием их молотком с закругленным бойком. Неплотности в сварных швах обнаруживаются по появлению течи или мелких капель на поверхности (потение).

Физические методы контроля - магнитный, люминесцентный, красками и другие - находят широкое применение при ремонте авиационной техники. Этими методами проверяется качество сварных соединений без их разрушения или повреждения.

Контроль готовых электродов заключается в испытании сварочных свойств электродов, прочности покрытия и прочности выплавленного металла. Прочность покрытия электродов с обмазками марок ВИ-10-6 и ВИ-12-6 проверяется путем свободного падения электрода плашмя с высоты 1 м на гладкую стальную плиту. Если при падении покрытие не разрушается, электрод признается годным.

При испытании сварочных качеств электрод должен удовлетворять следующим требованиям: дуга должна легко возбуждаться

и гореть равномерно, без чрезмерного разбрызгивания; покрытие должно плавиться равномерно и одновременно с электродным стержнем; наплавленный металл должен равномерно покрываться шлаком, который после охлаждения должен легко удаляться. Испытания механических свойств наплавленного металла проводятся по ГОСТ 6996—66.

Деформация изделий после контактной сварки и ее устранение

Деформация соединений при контактной сварке вызывается двумя основными причинами: неравномерностью нагревания свариваемых деталей и местными пластическими деформациями материала под давлением электродов.

Образование стянутого пояса. При соединении цилиндрических или конических обечайек в месте наложения поперечного шва образуется стянутый пояс, т. е. уменьшение диаметра в зоне сварного шва (рис. 1.19а).

Выпучивание замкнутого шва изделия. Замкнутые сварные швы вызывают обычно выпучивание изделия, сопровождающееся потерей устойчивости участка, окруженного швом (рис. 1.19б).

Различные контактные площади электродов. Неравномерность нагрева свариваемых деталей вследствие различной контактной площади электродов приводит к деформациям вида, показанного на рис. 1.19в.

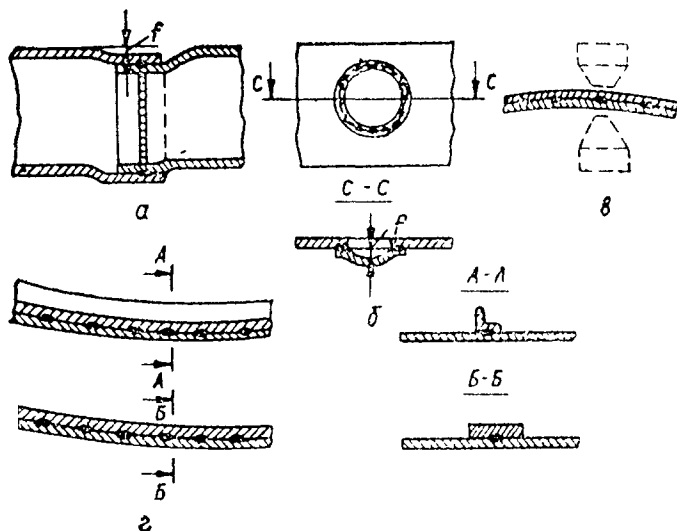


Рис. 1.19. Деформация деталей (изделий) при контактной сварке: а — уменьшение диаметра изделия в зоне сварного шва; б — потеря устойчивости участка, окруженного швом; в — неравномерность нагрева из-за различной контактной площади электрода; г — деформация вследствие сварки деталей различного сечения

Нормальные размеры в мм сварных швов (соединений)

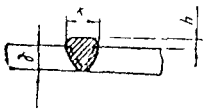
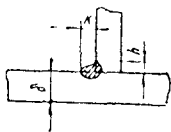
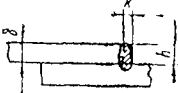
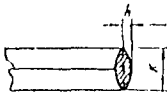
Толщина свариваемо- го материала δ , мм	Встык		Впритык			
						
	Для газовой сварки	Для дуговой сварки	Для газовой сварки		Для дуговой сварки	
	размер K	размер K	размер K	размер h	размер K	размер h
0,5 + 0,5	3—4	—	3,5—4,5	3,5—4,5	—	—
0,5 + 1	3—4,5	—	4—5	4—5	—	—
1 + 1	4—5,5	4—5	4—5,5	4—5,5	2,5—4,5	2,5—4,5
1 + 1,5	4—6,5	4—5	4—5,5	4—5,5	3—4,5	3—4,5
1 + 2	4,5—6	4—5,5	5—6,5	5—6,5	3—5	3—5
1 + 3	—	4—5,5	5—7	5—7	3,5—6	3,5—6
1,5 + 1,5	4,5—6	4—6	5—6,5	5—6,5	3,5—6	3,5—6
1,5 + 2	4,5—6	4,5—6	5,5—7,5	5,5—7,5	4—6	4—6
1,5 + 3	5—6,5	4,5—6,5	6—8	6—8	4—7	4—7
2 + 2	5,5—7	5—7	6—8,5	6—8,5	5—7	5—7
2 + 3	6—7,5	5,5—7	6,5—8,5	6,5—8,5	5—7	5—7
2 + 4	6,5—8	5,5—8	7—9,5	7—9,5	5—7,5	5—7,5
2,5 + 2,5	6—8,5	6—8	6,5—9	6,5—9	5—7,5	5—7,5
2,5 + 4	7—9	6—9	7,5—10	7,5—10	5—8	5—8
3 + 3	7—9	7—9	7—9,5	7—9,5	6—8	6—8
3 + 4	—	8—9	—	—	6—8,5	6—8,5
4 + 4	—	8—10	—	—	7—8,5	7—8,5

Таблица 1.22

Внахлестку				Бортовое	
					
Для газовой сварки		Для дуговой сварки		Для газовой и дуговой сварки	
размер K	размер h	размер K	размер h	размер K	размер h
3—4	Не менее 1,25 толщи- ны верхнего листа	—	—	1. Не менее сум- марной толщины листа	Не менее 1,5 толщины меньшего листа
3,5—4,5		—	—		
4,5—5		2,5—4,5	1—2	2. В необходи- мых случаях допу- скается зашпловка до плоскости листа	
4,5—6		3—4,5	1—2,5		
5—6,5		3—5	1—3		
5—7		3,5—6	1,5—5		
5—7		4—6	1,5—8		
5—7		4—6	1—3		
5,5—7,5		4—7	2—3		
5,5—8		4—7	2—4		
6—8,5		5—7	2—4		
6,5—9		5—7,5	2—6		
6,5—9		5—7,5	2,5—5		
7,5—10		5—8	2,5—6		
7—10,5		6—8	3—6		
—		6—8,5	3,5—7		
—		7—9	3,5—7		

Электрод с большой контактной поверхностью больше нагревает ту деталь, с которой он имеет непосредственный контакт, поэтому изделие после остывания выпучивается в направлении этого электрода. Для устранения такого вида деформации применяют электроды одинакового диаметра.

Неравномерный нагрев. Деформации вследствие неравномерного нагрева наблюдаются и при сварке деталей различного сечения. При этом деталь меньшей по площади поперечного сечения будет нагреваться по большей температуре и больше расширяться, чем деталь большего сечения (рис. 1.19г).

Предупреждение деформаций. В качестве общих мероприятий, предупреждающих возникновение деформаций или значительно уменьшающих их величину, рекомендуется прихватка деталей перед сваркой, наиболее рациональная последовательность и направление швов, применение нагрева или охлаждения деталей во время сварки.

Устранение деформаций. Деформации кольцевых сварных изделий устраняются путем обтяжки их на прессах типа ПКД-2. Сварные изделия произвольной формы правятся после сварки на оправках или плитах рихтовкой, т. е. выпрямлением киянкой (теревяным или резиновым молотком).

Хорошие результаты при устранении деформации дает также проковка точечных или фриктовых швов после сварки, так как эти соединения, обладая достаточной вязкостью, хорошо деформируются в холодном состоянии.

Прихватка деталей перед сваркой. Предварительная сборка и прихватка деталей выполняется за две операции, в первой из которых свариваемые детали прихватываются, во второй — полностью свариваются. Такая последовательность операций устраняет возможное смещение деталей при сварке и снижает суммарную деформацию больших участков шва.

Практикой установлено, что количество сварных точек для прихватки деталей составляет примерно 20% от общего количества точек в шве. После прихватки собираемых деталей контролируют размеры изделия и качество сварных точек, а затем изделие передают на окончательную сварку.

Рекомендации по сварке силовых труб и трубопроводов

Трубы одинакового диаметра сваривают швом встык без разделки кромок, а при большой толщине стенок — с разделкой (рис. 1.20а).

Соединение косым стыком (рис. 1.20б) нетехнологично и не увеличивает прочности соединения.

Для повышения изгибной прочности трубы на участке стыка развальцовывают на конус или на раструб (рис. 1.20в). С этой же целью применяют соединение с обжатием или развальцовкой

(рис. 1.20г) одной из труб. Последний способ предпочтительнее, так как развальцовывать трубы проще, чем обжимать. Усиление места стыка труб можно производить постановкой наружной муфты. Внутренние муфты уменьшают живое сечение труб, вследствие

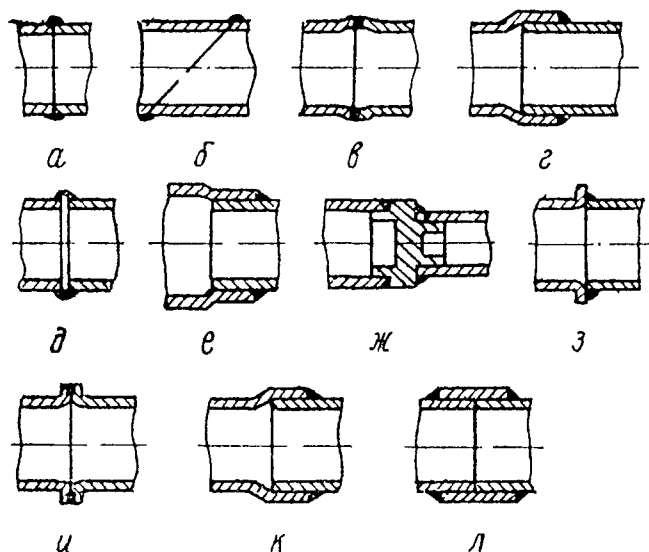


Рис. 1.20. Способы сварки труб и трубопроводов

чего этот способ соединения нежелателен для трубопроводов, его применяют преимущественно для силовых конструкций. В силовых конструкциях применяют прочное и жесткое соединение на диафрагмах (рис. 1.20д).

Усиление стыка наружными ребрами ухудшает внешний вид конструкции и уступает по прочности другим соединениям. Соединение с врезными ребрами прочнее, но очень трудоемко в изготовлении.

Способы соединения труб различного диаметра при небольшой разнице диаметров показаны на рис. 1.20е. При значительной разнице диаметров вводят промежуточные вставки, из них конические вставки (рис. 1.20ж) обладают высокой жесткостью и допускают соединение труб с большой разностью диаметров.

Тонкостенные трубы сваривают встык валиковым швом предпочтительно газовой сваркой, с отбортовкой одной (рис. 1.20з) или двух (рис. 1.20и) кромок, а также роликовой сваркой. Если диаметр и длина труб допускают введение внутрь электродов, применяют роликовую сварку по отбортованным кромкам.

Соединение усиливают развальцовкой (рис. 1.20к) или муфтами (рис. 1.20л)

Соединения, показанные на рис. 1.20к и л, центрированные; остальные нуждаются в центрировании при сварке.

Паяльные работы

1. Пайка узлов деталей является весьма важной частью технологического процесса. От паяных соединений требуется высокая прочность и герметичность при работе в нагруженных тепловых условиях и при наличии вибраций деталей. Поэтому при пайке узлов авиационной техники применяются наиболее совершенные способы пайки и лучшие припои.

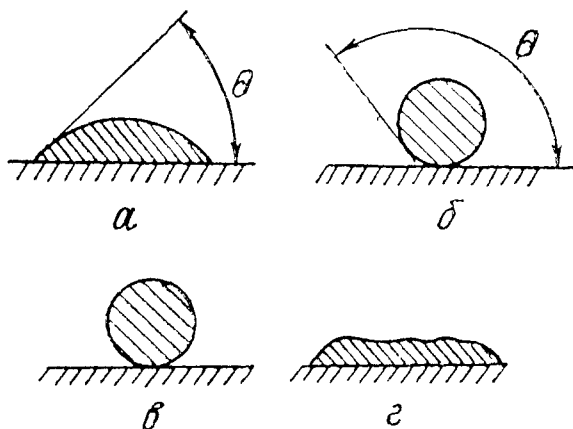


Рис 1.21. Смачивание поверхности припоем

2 Пайкой называется процесс соединения металлических деталей в нагретом состоянии, при котором зазор между ними заполняется более легкоплавким металлом и сплавом, называемым припоем, скрепляющим детали при их охлаждении. Для соединения пайкой необходимо, чтобы детали были хорошо подогнаны друг к другу и чтобы жидкий припой хорошо смачивал соединяемые поверхности и обеспечивал хорошее прилипание.

3. Практически смачиваемость оценивается краевым углом θ (рис 1.21), образуемым между плоскостью смачивания и прямой, проведенной от границы раздела между поверхностью и припоем касательно к поверхности капли жидкого припоя (рис. 1.21а и б). Хорошее смачивание и растекание поверхности показано на рис. 1.21г (краевой угол $\theta=0$). На рис. 1.21в показано, что припой совершенно не смачивает поверхность ($\theta=180^\circ\text{C}$).

4 Смачиваемость значительно зависит от чистоты смачиваемой поверхности. Если на поверхности имеются загрязнения или окислы, то припой не будет взаимодействовать с металлом поверхности. Поэтому поверхности под пайку тщательно подготавливают

(защищают и обезжиривают). Кроме того, в процессе нагрева деталей под пайку на поверхностях быстро образуются окислы.

Для предотвращения окисления поверхности нагрев и пайка ведутся в вакууме, в защитной атмосфере или с флюсами, растворяющими окислы и предупреждающими дальнейшее окисление.

5. Большое значение имеют зазоры между соединяемыми поверхностями. Наиболее благоприятные (оптимальные) зазоры находятся практически с учетом свойств материалов соединяемых деталей, марки припоя, способа пайки, конструкции деталей и других факторов.

6. Затекание припоя в зазоры между деталями зависит не только от смачиваемости и величины зазоров, но и от расположения соединяемых поверхностей относительно горизонта. При горизонтальном расположении поверхностей, на которые растекается припой в зазоре, высота поднятия припоя зависит от его свойств, величины зазора и времени выдержки.

При вертикальном расположении поверхностей на величину поднятия припоя в зазоре оказывает, кроме того, действие веса того столбика припоя на который он поднимается в зазоре. Припой может подниматься только на определенную высоту, определяемую условием равновесия капиллярных сил и веса столбика жидкого припоя. Время выдержки влияет на величину поднятия припоя только в первые 10 мин. В дальнейшем наступает равновесие и припой выше не поднимается.

При пайке длинных швов с большой соединяемой поверхностью припой для лучшего растекания располагают не в одном месте, а равномерно по всей поверхности она в виде фольги или путем напеснения припоя на поверхность напылением или гальваническим способом. При пайке деталей, которые соединяются как горизонтальными, так и вертикальными длинными швами, или деталей, имеющих более сложную комбинацию швов, для лучшего растекания припоя рекомендуется медленное перемещение деталей в процессе пайки.

Характеристика припоев и требования к ним

1. Припоями называют сплавы, применяемые для соединения металлов пайкой. Припой имеют температуру плавления значительно ниже, чем соединяемые металлы, и обладают способностью сплавляться с ними. В зависимости от температуры плавления и прочности различают мягкие припои ($t_{пл}$ до 400°C , σ_b до 7 кгс/мм^2) и твердые ($t_{пл}$ выше 500°C , σ_b — 5 кгс/мм^2). Наиболее распространенными являются припои, изготовленные на базе олова и свинца.

Олово и свинец — металлы, имеющие низкие температуры плавления, обладают высокой пластичностью и коррозионной

стойкостью. На их основе изготавливаются мягкие припои. Припои этой группы изготавливаются также на базе цинка и меди.

Твердые припои являются композициями олова и меди, серебра и меди, цинка, кадмия и никеля.

В табл. 1.23 приведены химический состав, свойства и назначение некоторых наиболее распространенных припоев.

2. Выбор припоя зависит от соединяемых металлов, способов пайки, конструкции узла, требований к прочности, термостойкости, коррозионной стойкости и др.

3. Припой должен обеспечить заданную конструкцией узла прочность и плотность соединения. Он может не обладать высокой прочностью, но в процессе взаимной диффузии с соединяемыми металлами должен образовать сплав нужного качества.

Температура плавления припоя выбирается ниже той температуры, при которой соединяемые детали начинают терять свою форму, т. е. плавиться или сильно деформироваться вследствие размягчения.

Припой должен обладать хорошей смачиваемостью соединяемых поверхностей и хорошо проникать в малые зазоры, удовлетворяя требованиям технологии его нанесения на соединяемые поверхности способом напыления гальваническим или иным. Если припой употребляется в виде тонких лент или листов (фольги), то он должен обладать хорошей пластичностью для изготовления фольги и ее укладки на поверхности, подлежащие пайке.

Паяный шов должен удовлетворять техническим требованиям, предъявляемым к узлу по коррозионной стойкости, кислотоупорности, термостойкости и т. д.

Коэффициенты теплового расширения припоя и соединяемых металлов должны быть близкими друг другу.

4. Серебряные припои получили распространение для пайки деталей из нержавеющей стали. Они обеспечивают высокую прочность соединений и обладают хорошей смачиваемостью.

Припой NiCr85 применяется для пайки нержавеющей стали в нейтральных газах (аргон, гелий) и жаропрочных сплавов в средах с газообразным флюсом. Этот припой не может быть использован при пайке в вакууме или для получения вакуум-плотных соединений вследствие легкого испарения марганца.

Серебряные припои обладают хорошей пластичностью и могут подвергаться горячей или холодной прокатке и волочению для получения фольги, прутков, листов, лент, проволоки и т. д.

5. Для получения высокопрочных соединений применяется чистая медь и сплавы меди с другими металлами. Чистая медь при пайке сталей в печах с газовой средой хорошо затекает в зазоры и обеспечивает высокую прочность и пластичность шва. Соединение в шве образуется за счет растворения меди в железе и проникновения меди по границам зерен.

Химический состав, свойства и назначение припоев

Таблица 1.23

Марка припоя	Химический состав, %					Температура плавления, °С	кгс/см ² σ_B	Назначение
	Sn	Sb	Pb	Zn	Ag			
Припой оловянно-свинцовые								
ПОС-90	89—90	0,15	10,6—9,6	—	—	220	4,3	Пайка электроаппаратуры
ПОС-61	59—61	0,8	39,9—37,9	—	—	185	4,7	Пайка радиоаппаратуры, ЭВМ
ПОС-50	49—50	0,8	49,6—50,9	—	—	210	3,8	Пайка радиаторов
ПОС-40	34—40	1,5—2,0	59,1—57,6	—	—	235	3,8	Пайка радио- и электроаппаратуры
ПОС-30	29—30	1,5—2,0	69,1—67,6	—	—	256	3,3	Пайка кабельных оболочек
ПОС-18	17—18	2,0—2,5	81,6—79,1	—	—	277	2,8	Пайка радиаторов
Припой оловянно-цинковые								
ПОЦ-90	89—90	—	—	11—10	—	202	—	Пайка бронз.
ПОЦ-70	69—70	—	—	31—30	—	325	—	Спайка Al с Fe
ПОЦ-60	59—60	—	—	41—40	—	345	7,1	Пайка Al
ПОЦ-40	39—40	—	—	61—60	—	365	—	
Припой свинцово-серебряные								
ПСр 3	—	—	96,0—98,0	—	2,7—3,3	303	—	Пайка электроаппаратуры
ПСр 2,5	5,0—6,0	—	91,0—93,0	—	2,2—2,5	305	31,0	
ПСр 2	20,0—31,0	—	61,5—64,5	—	1,7—2,3	235	—	Пайка латуни
ПСр 1,5	14,0—16,0	—	82,0—85,0	—	1,2—1,5	270	33	

Недостатки пайки медью:

1) высокая температура пайки (1150—1200°C), при которой происходит заметный рост зерна стали и ухудшение ее механических качеств.

2) при пайке сталей и сплавов с большим содержанием никеля медный припой начинает диффундировать в сплав еще до начала плавления припоя, а в расплавленном состоянии образует новый сплав, который плохо растекается и заполняет зазоры. Поэтому паять медью рекомендуется лишь при быстром нагреве, чтобы предотвратить диффузию, например при нагреве токами высокой частоты.

6. Понижения температуры пайки до 850—905°C можно достичь в результате **добавления в медь цинка**. Такие сплавы называются медно-цинковыми припоями. Они обладают хорошей жидкотекучестью и пластичностью.

Недостаток медно-цинковых припоев состоит в том, что их прочность зависит от температуры. При нормальной температуре их прочность значительно выше прочности меди, а при температуре выше 400°C прочность этих припоев резко падает.

При пайке медно-цинковыми припоями деталей из нержавеющей стали типа 1Х18Н9Т образуются трещины, вследствие чего эти припои для пайки таких сталей не рекомендуются.

7. Для пайки деталей, работающих при температурах выше 500°C, применяются припои на основе никеля или благородных металлов.

Отечественные жаропрочные припои применяются следующих марок: П77 — температура плавления 1200—1250°C, П77-1 — температура плавления 1100—1150°C, № 22 — температура плавления 1100°C и № 27 — температура плавления 1150°C. Детали, спаянные этими припоями, могут длительно работать при температуре 800—850°C, не теряя прочности. А прочность швов в зависимости от марки основного металла колеблется от 9,1 до 21,7 кгс/мм² (9,1—21,7 МПа/мм²).

8. Для пайки **титана и его сплавов** применяют серебряные припои ПСр40 и ПСр45, чистое серебро, сплав серебра (85%) и марганца (15%).

При пайке в среде аргона чистым серебром получают соединения с прочностью на растяжение около 19 кгс/мм² (190 МПа/мм²), а серебряно-марганцовистым припоем — до 25 кгс/мм² (250 МПа/мм²). Серебряно-марганцовистый припой используют также для пайки титана с нержавеющей сталью при прочности на срез до 25 кгс/мм² (250 МПа/мм²), если поверхность титана предварительно покрыта серебром.

9. Для пайки труб, листов и арматуры применяются **серебряные припои** ПСр45, ПСр25, ПСр12, содержащие соответственно 45, 25 и 12% серебра (остальное — медь). Чем больше серебра в припое, тем больше вязкость и прочность шва и тем ниже тем-

температура плавления. Припой ПСр12 имеет температуру плавления 785°C.

10. Для пайки алюминиевых сплавов применяется припой 34А (28% меди, 6% кремния и остальное алюминий) с температурой плавления 450°C.

Флюсы и требования к ним

Соединение деталей припоем происходит только тогда, когда поверхности очищены от окислов и других пленок. Для удаления окисных пленок и подготовки поверхности к смачиванию ее припоем применяются флюсы, защитные или восстановительные газовые среды или пайка в вакууме.

1. Флюсы могут быть твердые и газообразные. Растекание твердого флюса и припоя при нагреве по поверхности металла показано на рис. 1.22.

При температуре плавления флюс смачивает поверхность металла и растекается по ней, взаимодействуя с образовавшимися на поверхности металла окислами, удаляет их и тем самым очищает поверхность (рис. 1.22а). К моменту расплавления флюса (рис. 1.22б) поверхность металла будет подготовлена для молекулярного взаимодействия с припоем и он равномерно растечется по поверхности (рис. 1.22г). Аналогичные явления происходят при затекании флюса и припоя в зазоры.

2. Температура плавления флюса должна быть ниже температуры плавления припоя. Флюс должен хорошо смачивать соединяемые поверхности металлов и затекать в зазоры между этими поверхностями.

При температуре несколько ниже температуры плавления припоя флюс должен удалять с поверхности соединяемых деталей и с поверхности припоя все окислы, не выделяя при этом вредных газов и не вступая в химическую реакцию с припоем или с металлом соединяемых поверхностей.

В процессе пайки флюс должен защищать от окисления поверхность металла и припоя, способствуя лучшему затеканию припоя в зазоры.

Плотность флюса должна быть меньше плотности припоя, чтобы предотвратить его перемешивание с припоем.

Остатки флюса после пайки должны легко удаляться.

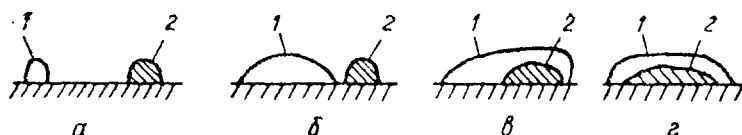


Рис. 1.22. Растекание флюса и припоя на поверхности:
1 — флюс; 2 — припой

3 Хлористый цинк (травленая соляная кислота) применяется при пайке железа, меди и бронзы; получается при химическом взаимодействии соляной кислоты с цинком.

Чтобы получить травленую соляную кислоту, на пять частей крепкой соляной кислоты берут одну часть мелко раздробленного цинка. Чем меньше куски цинка, тем быстрее протекает реакция. Хлористый цинк считается годным к употреблению после того, как прекращается выделение пузырьков водорода, а на дне сосуда остаются кусочки цинка. После травления хлористый цинк обязательно профильтровывают от загрязнений и хранят в закрытом стеклянном сосуде.

4 Соляная кислота применяется в качестве флюса при пайке изделий из цинка или оцинкованного железа. Перед употреблением кислоту разбавляют на 50—100% водой и таким раствором смазывают (узкой полоской, равной ширине шва) места пайки.

5 Нашатырь (солянокислый аммоний) хорошо растворяет жировые вещества и применяется при лужении.

6 Канифоль (гарпиус) имеет обескисляющее действие значительно слабее указанных выше флюсов, поэтому при ее применении снимаемые детали тщательно очищают напильником или шабером.

Остатки флюса непровоскопичны, не вызывают коррозии паяных мест и обладают электронизолирующими свойствами. Это имеют в виду при ремонте деталей электрооборудования и радио. Остатки канифоли смывают с изделий денатурированным спиртом или скипидаром.

При пайке проводов радио- и электрооборудования, тросов и других используют канифоль, которая употребляется в виде шо-рошка или раствора в скипидаре или глицерине.

Контроль качества пайки и характерные пороки

Качество соединений пайкой требует проведения тщательного контроля при подготовке деталей к пайке, при сборке под пайку, в процессе пайки и последующего контроля готовых узлов.

1 При подготовке деталей под пайку контролируется качество очистки поверхности, толщина нанесенного слоя припоя или правильность укладки фольги, геометрические размеры деталей. При сборке контролируется весь процесс сборки. Особое внимание при сборке тонкостенных деталей уделяется контролю величины зазоров между деталями и отсутствию напряжений при закреплении узла на приспособлении. В процессе пайки непрерывно контролируются режимы пайки: среда, температура, время выдержки и т. д.

2 После пайки каждый узел подвергается контролю качества пайки визуальным осмотром, гидро- и пневмоиспытаниями, рентгеновским просвечиванием швов и другими методами.

При проверке прочности гидротиснением узла межрубашечное пространство герметизируется, заполняется жидкостью (обычно водой с примесью хроманика для предупреждения коррозии) и создается давление, предусмотренное ТУ на испытания. Давление при гидротиснении должно превышать рабочее давление в узле на 20—50%. После испытания узел осматривают. Если гидротиснение прошло успешно (не обнаружено разрывов или заметных деформаций), то узел может быть допущен к работе по условиям прочности.

При проведении пневмотиснения на плотность в межрубашечное пространство подается воздух под давлением, определяемым ТУ на испытания, а места возможных неплотностей обмазываются мыльной эмульсией. При выходе воздуха через поры, свищи, трещины и другие неплотности образуются мыльные пузыри, обнаруживающие места неплотностей. Иногда (если позволяет конструкция) весь узел помещают в водяную ванну и по образующимся пузырькам воздуха определяют места и характер неплотностей.

Испытания на проходимость каналов проводятся проливкой воды через эти каналы. Степень сужения канала определяется измерением секундного расхода воды через каждый канал при определенном давлении на входе. Допустимое колебание расхода воды устанавливается ТУ на испытание данного узла.

3. Характерными пороками пайки являются следующие:

Непропан — участки поверхности, где не произошло соствления деталей припоем; они также образуются вследствие плохого смачивания паяемых поверхностей припоем, что объясняется чаще всего плохой подготовкой поверхностей перед пайкой; остатки окисной пленки, наличие рисок на паяемых поверхностях, расположенных поперек направления затекания припоя. При плохом смачивании в тавровом соединении деталей швы получаются выпуклые, порывистые. Непропан образуются и при недостаточной активности флюса при пайке с флюсом или когда загрязнена среда при пайке в инертном газе; при недостаточном разрежении или наличии вредных паров при пайке в вакууме; при недостаточном нагреве деталей; при недостаточном количестве припоя.

Причиной неспропаев может быть также неправильно выбранный зазор между деталями или неравномерность зазора. В больших зазорах припой не удерживается капиллярными силами и стекает в соседние участки, образуя непропан. При очень малом зазоре или при отсутствии зазора припой может не проникнуть между деталями и также образуется неспропай.

Подрезы основного металла, образующиеся вследствие разъедания поверхности паяемого металла припоем, уменьшают сечение деталей и понижают их прочность. Они особенно опасны при вибрационных нагрузках, так как являются концентраторами напряжений. Разъедание поверхности припоем возможно в том случае, когда припой и паяемые металлы образуют эвтектику или растворы с низкой температурой плавления. Подрезы образуются при

завышении температуры пайки; при длительном времени нагрева или выдержки; при скоплении большого количества припоя в одном месте. Подрезов можно избежать, если строго регламентировать количество припоя и режимы пайки: температуру пайки, время выдержки, скорость охлаждения.

Шлаковые и флюсовые включения в швах появляются в результате плохого вытеснения флюса припоем. При медленном нагреве узлов, собранных с малыми зазорами, флюс, растворяя поверхностные окислы, изменяет свой состав, делается вязким и плохо удаляется из малых зазоров. При неравномерных зазорах или неравномерном нагреве паяемых поверхностей припой растекается неравномерно и может окружить некоторые участки флюса, препятствуя его удалению. При затекании припоя в зазор с двух сторон одновременно флюс не может выйти из зазора, образуя включения и непропай. Флюсовые и шлаковые включения снижают прочность соединений, особенно когда они расположены в начале зазора гагтели, так как являются в этом случае концентраторами напряжений.

Газовые пузыри и пористость шва появляются в результате застывания в шве части газов, выделяющихся при пайке. Газы образуются в результате разложения флюса или химического взаимодействия газовой защитной среды с припоем или металлом паяемых деталей. Разложение флюса (кипение) наблюдается при перегреве или при наличии во флюсе влаги.

При плохой очистке поверхностей перед пайкой флюс взаимодействует с остатками окислов, жира, грязи, при этом также выделяются газы. Количество газовых пузырей в шве возрастает с увеличением площади спаия, так как при этом затрудняется выход газов. При пайке в вакууме газовых пузырей и пористости в швах не наблюдается.

Трещины в металле шва появляются при наличии растягивающих напряжений в шве при его остывании. Эти растягивающие напряжения возникают по разным причинам. Одной из них является усадка припоя при его кристаллизации. Если угловой шов (гагтель) излишне высок и припой образует выпуклый мениск, то усадка припоя может привести к образованию трещины.

При местном перегреве металла паяемых деталей в околошовной зоне и низкой теплопроводности, особенно пержажавеющих сталей и жаропрочных сплавов, могут возникнуть растягивающие напряжения, что иногда приводит к образованию трещины в припое. Растягивающие напряжения в шве возникают также вследствие различной величины усадки при остывании паяемых деталей и припоя, если коэффициенты линейного расширения металлов соединяемых деталей и припоя неодинаковы. Если разность в усадке деталей в процессе кристаллизации припоя большая, а припой при этом не имеет достаточной пластичности, то возможно образование трещин.

Трещины в металле паяемых деталей появляются при действии растягивающих напряжений на металл, прочность и пластичность которого ухудшены в результате взаимодействия жидкого припоя с поверхностью паяемых деталей. Снижение прочности и ухудшение пластичности металла при смачивании его другим расплавленным металлом (припоем) объясняется понижением поверхностной энергии твердого металла при адсорбции (поглощении) поверхностью металла жидкого припоя. Расплавленный припой проникает в микротрещины на поверхности металла, расклинивает их, чем способствует хрупкому разрушению.

Различные припои неодинаково снижают прочность металлов, например при контакте жидкого серебристого припоя ПСр25 с нержавеющей сталью 1Х18Н9Т прочность последней снижается на 11%, а при контакте этой стали с жидким медно-цинковым припоем прочность стали снижается на 35%. Жаропрочный сплав ЭИ-437Б, покрытый жидким кадмием теряет свою прочность на 70%, и удлинение его снижается до нуля.

Чтобы предупредить образование трещин в металле паяемых изделий, при пайке не следует допускать растягивающих усилий, которые могут возникнуть в результате натягов и перекосов при сборке и напряжениях от неравномерности нагрева; перераспределения внутренних напряжений при нагреве паяртованных деталей; жесткой фиксации узла на приспособлении, не позволяющей деталям свободно удлиняться и расширяться.

Для получения герметичных швов при пайке лаконочников проволочных, оплетки металлизации и для лужения применяются мягкие припои, изготавливаемые из легкоплавких сплавов. Наиболее применимы оловянно-свинцовые припои ПОС 40, ПОС-30, ПОС-18, содержащие соответственно 40, 30 и 18% олова. Температура плавления этих припоев 235—277°C.

Раздел 1. ОСНОВЫ КЛЕПАЛЬНЫХ, СВАРОЧНЫХ И ПАЯЛЬНЫХ РАБОТ

Основы клепальных работ

Заклепочные соединения широко применяются в самолетостроении и при ремонте самолета. Детали при клепке соединяются внахлестку (листы накладываются друг на друга) или с помощью дополнительных накладок встык.

1. Процесс клепки представляет собой соединение двух или большего числа деталей посредством деформирования (расклепывания) стержней заклепок, вставленных в предварительно просверленные в деталях отверстия.

Применяются заклепки, имеющие следующие стандартные диаметры в мм: 1; 1,4; 1,6; 2; 2,6; 3; 3,5; 4; 5; 6; 7; 8; 10. Заклепки диаметром свыше 10 мм в самолетостроении почти не применяются из-за невозможности вести холодную клепку. Заклепки, применяемые на самолетах Ан-24, Ан-26 и Ан-30, отражены в табл. 1.1 и 1.2, помещенных на вклейке № 1 в конце книги.

Примечание. Допускается применение заклепок \varnothing 4,5 и 5,5 мм, предусматриваемых в нормальх предприятий.

2. Для заклепок применяются следующие марки алюминиевых сплавов: АМг5П, Д-18, Д-19П, АМц, В65, В94; стальных: 10, 15А, 20Г2, 12Х18Н10Т, 20А, 1Х18Н9Т; медных — М2; латунных — Л63. Состояние материала заклепок при постановке их в конструкцию (согласно техническим условиям 104 АТУ и 93 АТУ57) должно быть таким, как указано в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Материал		Состояние заклепок при постановке в конструкцию
Алюминиевые сплавы	В65	Закаленные и состаренные
	Д18П	
	АМг5П	Отожженные
	АМц	Без термообработки
	ДП	
	Д-19П	После закалки в течение не более 6 ч для заклепок диаметром от 2,6 до 5 мм, 4 ч для заклепок диаметром 6 мм, 2 ч для заклепок диаметром 7 и 8 мм
Стали	15; 10	После отпуска
	20 ГА	После закалки и отпуска
	Х18Н9Т	Закаленные
	(1Х18Н9Т)	
Медь	М2	Отожженные
Латунь	Л63	

Наиболее важными заклепочными сплавами являются Д18 и В65, способные расклепываться в любое время после старения.

3. Прочность материала заклепок на срез для сплавов В65, Д18, АМг5П и АМц составляет соответственно 27; 20; 17; 7,5 кгс/мм²; для сталей 20Г2, 1Х18Н9Т (Я1Т), 15А-55, 44 и 35 кгс/мм².

Разрушающие усилия на срез заклепок приведены в табл. 1.2.

4. Диаметр стержней заклепок подбирается из условия равнопрочности элементов соединения и приблизительно должен быть равен толщине наиболее тонкого из скрепляемых листов, поделенной на 0,8 ($\sim \frac{\pi}{4}$) и умноженной на отношение сопротивлений: ли-

ста — смятию и заклепки — срезу. Так, например, для герметичного шва диаметр заклепки из Д18П при толщине обшивки из

Д16АТ 2 мм должен быть равен $\frac{2}{0,3} \cdot \frac{30}{19} = 4$ мм. При меньшем

диаметре заклепки листы будут недогружены, при большем — перегружены. Диаметр заклепки также можно подбирать и по эмпирической формуле $d = 2 \sqrt{S}$, где d — диаметр заклепки, мм; S — суммарная толщина соединяемых деталей, мм (см. табл. 1.1).

5. Для обеспечения достаточной прочности заклепочного соединения добиваются, чтобы замыкающие головки имели выгодные размеры: диаметр замыкающей головки $D = (1,5 \div 1,6)d$ и высота $h = (0,4 \div 0,6)d$, где d — диаметр стержня заклепки, мм. Для определения диаметра и высоты замыкающей головки руководствуйтесь табл. 1.6.

Длина заклепки выбирается с таким расчетом, чтобы стержень заклепки заполнял зазор в заклепочном отверстии, а металла выступающей части стержня было бы достаточно для образования замыкающей головки:

$$L = S + 1,3 d,$$

где L — длина стержня заклепки, мм;

d — диаметр заклепки, мм;

S — суммарная толщина соединяемых деталей (листов), мм.

Подбор длин заклепок для самолета Ан-24 приводится в табл. 1.1.

6. При ручной клепке применяются молотки массой 150—200 г для заклепок диаметром до 2,5 мм; 200—350 г для заклепок диаметром до 3 мм; 350—400 г для заклепок диаметром до 4 мм и 400—450 г для заклепок диаметром до 5 мм.

Поддержки должны иметь массу в 4—5 раз большую массы молотков.

Вес поддержек, применяемых для клепки самолетов Ан-24, указан в табл. 1.2.

Конец клепки определяется по звуку ударов — они становятся приглушенными.