

## ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Взаимосвязь технологии сварки и конструкции соединяемых элементов. ....	2
Выбор баз под сварку и простановка размеров на чертежах сварных сборочных единиц и конструкций.....	18
Выбор термической обработки после сварки. ....	19
Условные изображения и обозначения швов сварных соединений. ....	21

## Взаимосвязь технологии сварки и конструкции соединяемых элементов.

Технические преимущества сварных конструкций по сравнению с конструкциями, изготовленными другими методами получения неразъемных соединений, обеспечили широкое распространение сварки в различных отраслях машиностроения. Однако при оценке сварной конструкции прежде всего надо убедиться в том, что ее применение экономически целесообразно по сравнению с другими видами конструкций (цельнолитой, цельнокованой, клепаной или резьбовой).

Создание технологичной сварной конструкции невозможно без ее тщательной технологической проработки на этапах проектирования и конструирования.

По форме сопряжения свариваемых элементов можно выделить следующие основные типы швов сварных соединений (рисунок 4.4):

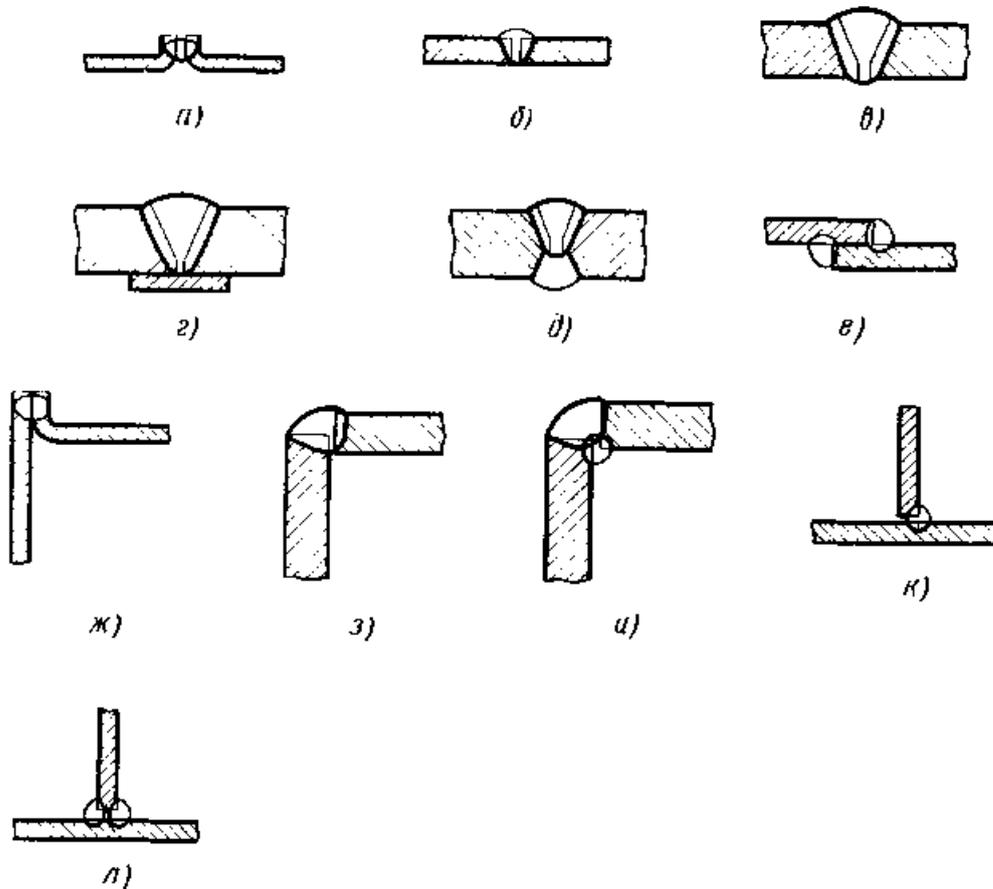


Рисунок 1. Основные типы швов сварных соединений

*a—д* —стыковые; *e* —нахлесточные; *ж—и* —угловые; *к, л* — тавровые.

Швы стыковой сварки с оплавлением газовым пламенем отбортованных кромок без присадочного материала применяют при толщине свариваемого материала 1—3 мм (рисунок 1, *a*). При толщине свариваемого материала

ла до 6 мм при ручной и до 10 мм при автоматической электросварке применяют стыковые соединения без разделки кромок (рисунок 1б), при больших толщинах — с разделкой кромок (рисунок 1,в). Этот вид сварки, в том числе с подкладкой (рисунок 1,з) или подваркой с обратной стороны и двусторонней разделкой кромок (рисунок 1,д), широко применяют при сварке труб, листового и прокатного материала, ферм, рам и других конструкций. В основном для этого вида соединений используют электросварку плавящимся электродом под слоем флюса.

Нахлесточными соединениями (рисунок 1,е) соединяют полосы, листы, прокатные профили в случаях, когда стыковые сварные соединения трудно выполнить. В основном для этого вида соединений применяют электросварку. Угловое соединение с оплавлением металла газовым пламенем (рисунок 1,ж) применяют для сварки сосудов, коробок из тонкого листа. При больших толщинах листов применяют односторонние (рисунок 1, з) или двусторонние (рисунок 1, и) швы без скоса кромок, выполняемые преимущественно электросваркой. Тавровое соединение (рисунок 1, к, л) не требует особенно точной подготовки кромок; область применения — корпусные детали, рамы и др.

Таблица 1

Характеристика основных способов сварки

Сварка	Материал свариваемых деталей	Рекомендуемая толщина или площадь сечения свариваемых элементов	Сварное соединение	Метод очистки элементов перед сваркой
Электродуговая ручная металлическим электродом	Сталь, алюминиевые сплавы	>1,5 — 2 мм	Стыковое, нахлесточное с отбортовкой, тавровое	Механический (стальной щеткой, дробеструйная обработка), химический
Автоматическая под флюсом	Сталь	>2 — 2,5 мм	То же	Стальной щеткой или газовым пламенем
Электродуговая угольным электродом	Низкоуглеродистая сталь, алюминий, медь	4 — 12 мм	Стыковое с отбортовкой	Механический (стальной щеткой, дробеструйная обработка), химический

Продолжение таблицы 1

Аргонодуговая	Коррозионно-стойкая сталь, алюминиевые и магниевые сплавы, титан и его сплавы	<4 мм	Стыковое, тавровое с отбортовкой	То же
Атомно-водородная	Легированные стали	<8 мм	То же	То же
Газовая	Сталь, алюминиевые и медные сплавы	<2 мм 10 мм	Стыковое с отбортовкой	Механический (стальной щеткой)
Газопрессовая	Сталь	<25 000 мм <sup>2</sup>	Стыковое	Обработка резанием торцов
Контактная стыковая: оплавлением  сопротивлением	Сталь и алюминиевые сплавы	<25 000 мм <sup>2</sup>	-"	Механический (стальной щеткой, дробеструйная обработка), химический
	Сталь, алюминиевые и медные сплавы	Диаметр прутка <10мм	-"	Обработка резанием торцов
Контактная (точечная)	Сталь низкоуглеродистая, легированная, коррозионно-стойкая, алюминиевые и медные сплавы	Не более 12; 10; 6 и 2,5 мм	Нахлесточное	Холоднокатаная сталь — без очистки, горячекатаная сталь — травление, дробеструйная обработка или обработка резанием
Роликовая	То же	<2 мм	-"	Дробеструйная обработка и обработка резанием
Трением	Сталь углеродистая, легированная, цветные сплавы	Круглые детали диаметром <40 мм	Стыковые	Стальной щеткой, дробеструйная обработка
Электрошлаковая	Сталь углеродистая и легированная	20—600 мм	Стыковые	

Конденсаторная	Сталь углеродистая, легированная и коррозионно-стойкая	0,03—0,6 мм	Нахлесточное	Тщательная очистка и обезжиривание
Ультразвуком	Однородные и разнородные металлы и сплавы	0,05—0,5 мм		
Электронным лучом в вакууме	Химически активные и тугоплавкие металлы и сплавы	<10 мм	Стыковые	
Лучом лазера		<1 мм	Нахлесточное	

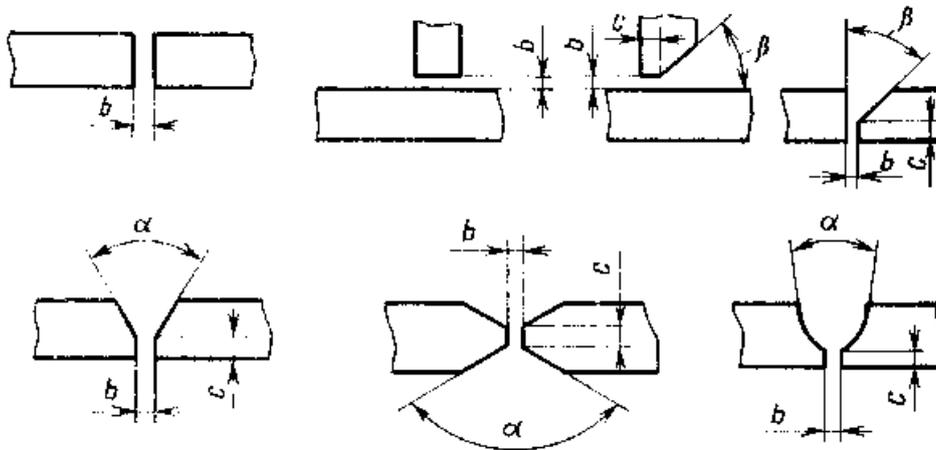


Рисунок 2. Конструктивные элементы деталей, подготовленных к сварке

Конструкция и размеры сварных швов зависят от вида сварки (таблица 1) и определяются соответствующими государственными стандартами: ГОСТ 5264—80, ГОСТ 8713—79, ГОСТ 11533—75, ГОСТ 11534—75, ГОСТ 14771—76, ГОСТ 14776—79, ГОСТ 14806—80, ГОСТ 15164—78, ГОСТ 15878—79, ГОСТ 16037—80, ГОСТ 16038—80, ГОСТ 16098—80, ГОСТ 23518—79 (СТ СЭВ 2533—80), ГОСТ 23792—79.

Форму разделки кромок и их сборку под сварку характеризуют четыре основных конструктивных элемента (рисунок 2): зазор  $b$ , притупление  $c$ , угол  $\beta$  скоса кромки и угол  $\alpha$  разделки кромок, равный  $\beta$  или  $2\beta$ .

Существующие способы дуговой сварки без разделки кромок позволяют сварить металл ограниченной толщины (при односторонней ручной сварке — до 4 мм, при механизированной под флюсом — до 18 мм). При сварке металла большой толщины необходима разделка кромок. Угол скоса кромки обеспечивает определенный угол разделки соединения, что необходимо для доступа электрода и дуги в глубь соединения и полного проплавления кромок на всю их толщину.

Стандартный угол скоса кромок в зависимости от способа сварки и типа соединения изменяется в пределах от  $20^\circ \pm 5^\circ$  до  $60^\circ \pm 5^\circ$ . Тип и угол разделки кромок определяют количество необходимого дополнительного металла для заполнения разделки шва, а значит, и производительность сварки. Так, X-образная разделка кромок по сравнению с V-образной позволяет уменьшить объем, наплавленного металла в 1,6—1,7 раза; уменьшается время на обработку кромок. Однако возникает необходимость вести сварку с одной стороны шва в неудобном «потолочном» положении или кантовать свариваемые изделия.

Обычно притупление  $c = 2 \pm 1$  мм; его назначение — обеспечить правильное формирование шва и предотвратить прожоги в вершине шва. Зазор  $b$  обычно равен 1,5 — 2,0 мм; при принятых углах разделки кромок зазор необходим для провара вершины шва; в отдельных случаях при различных способах сварки зазор может быть равен нулю или достигать 8—10 мм и более. В месте стыка свариваемых заготовок необходимо предусматривать возможность применения автоматизированных методов сварки.

Для этого швы должны быть достаточно протяженными и непрерывными, а соединяемые сечения — одинаковыми по толщине. Следует предусматривать возможность свободного доступа ко всем швам не только в процессе проведения сварки, но и для последующего осмотра и контроля.

Выбранный метод должен обеспечивать помимо необходимых прочностных и эксплуатационных свойств конструкции ее минимальную деформацию в процессе сварки, что зависит от жесткости конструкции, режима сварки и толщины соединяемых элементов. Увеличение деформации приводит к необходимости назначать большие припуски на обработку резанием. Сварочные деформации можно уменьшать определенной последовательностью наложения швов, установкой дополнительных ребер жесткости, прочным закреплением свариваемых заготовок, предварительной деформацией обратного знака и другими приемами, однако они усложняют и удорожают процесс сварки.

В качестве составных частей свариваемой конструкции можно применять заготовки, полученные методами литья, прокатки, штамповки и др. Примером такой конструкции может служить задний мост автомобиля (рисунок 3), где корпус  $b$  и крышка корпуса  $5$  дифференциала выполнены методами литья, кожух  $3$  — методом прокатки, корпус подшипника полуосей  $1$  — методами штамповки. Сборка выполнена методами контактной стыковой (швы  $2$ ) и электродуговой (швы  $4$ ) сварки.

Во всех случаях, где возможно, необходимо применять соединения со

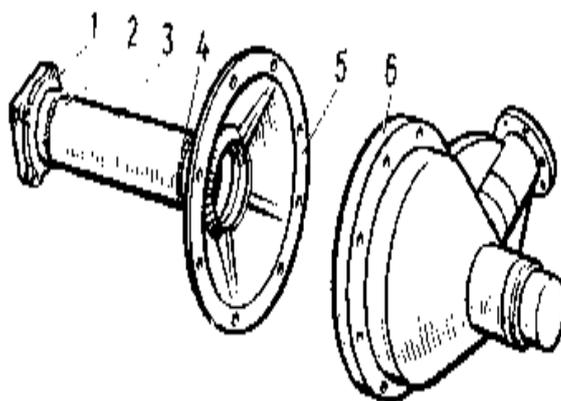


Рисунок 3. Задний мост автомобиля

стыковыми швами вместо соединений с угловыми швами, соединения, выполняемые в нижнем положении, вместо соединений с вертикальными либо потолочными швами и т. д. Расстояние между параллельными швами, как правило, должно быть не менее 4—5 толщин свариваемых деталей и не менее 10 мм при толщине до 2 мм.

Соединения нахлесточные и с накладками не рекомендуются для деталей толщиной более 10 мм. Длину нахлестки не следует назначать менее четырех толщин свариваемых листов.

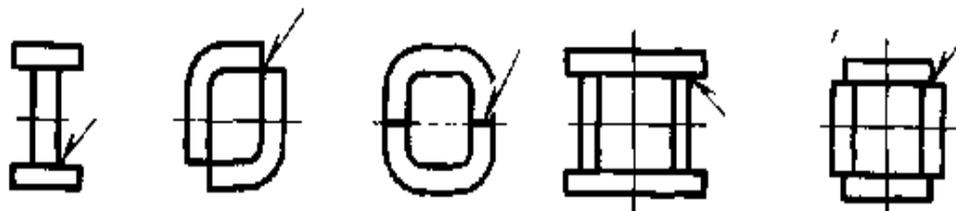


Рисунок 4 Элементы конструкции с симметричным расположением деталей и швов

Швы в конструкции следует располагать с учетом обеспечения минимальных деформаций и напряжений, возникающих при сварке. Желательно не допускать пересечения угловых швов. Во избежание совмещения швов не следует располагать продольные стыки обечаек цилиндрических емкостей по одной прямой. Не рекомендуется применять прерывистые симметричные швы или электрозаклепочные соединения, если к сварным швам не предъявляют высоких требований в отношении прочности и плотности соединений. После сварки наименьшие деформации возникают при таком расположении швов в свариваемых элементах, при котором сумма моментов инерции объема металла швов относительно центра сечения элемента равна или близка к нулю. В связи с этим следует стремиться к конструированию элементов с симметричным расположением деталей и швов (рисунок 4).

Допускаемая разность толщин свариваемых листов $s_1 - s_2$ , мм.	1	2	4	6
Толщина более тонкого листа $s$ , мм ...	2-3	4-30	32-40	40-50

Если разность толщин листов, свариваемых встык, превышает указанные пределы, то на более толстом листе с одной или обеих его сторон должен быть сделан скос длиной  $L = 5(s_1 - s_2)$  до толщины более тонкого листа. Допускается смещение одной свариваемой кромки относительно другой не более 0,5 мм при толщине листа до 4 мм, 1,0 мм при толщине листа 4—10 мм и 10 % при толщине более 10 мм.

Катеты угловых швов рекомендуется выбирать в зависимости от толщины свариваемых элементов. В большинстве случаев для элементов толщиной до 8—10 мм катет  $K$  из условия прочности принимает  $K \approx s$ . Накладки, обрабатываемые после сварки, приваривают швами с катетом:  $K < (0,5 \dots 0,8) s$ ;  $K_{min} = 3$  мм. При сварке труб шов проваривают на полную толщину стенки.

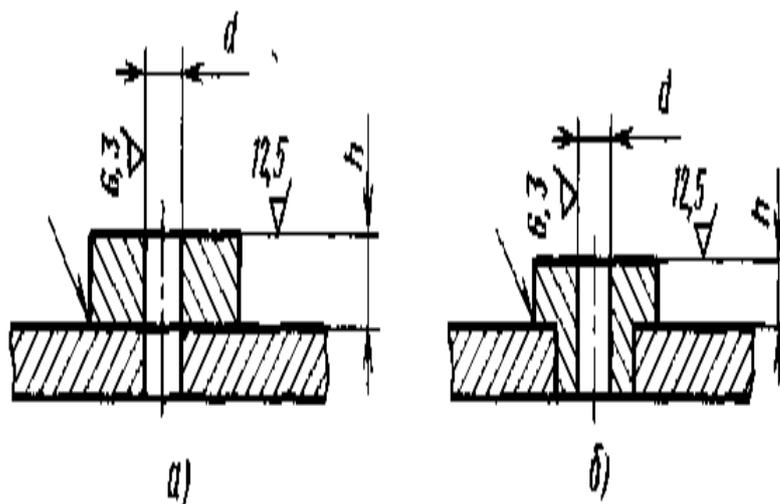


Рисунок 5. Сварные соединения втулок и бобышек с плоскими деталями

При установке втулок, бобышек или других деталей (с последующей обработкой их поверхности) конструкцию соединения рекомендуется выполнять, как показано на рисунок 5, а. Желательно предусматривать фиксацию свариваемых деталей без применения специальных приспособлений (рисунок 5,б).

На рисунок 6 приведены технологичная и нетехнологичная конструкции фланца, которые собирают из четырех деталей простой формы, получаемых резкой на гильотинных ножницах. Следует отметить, что при единичном изготовлении и небольших размерах детали конструкция, приведенная на рисунок 6, а, также технологична.

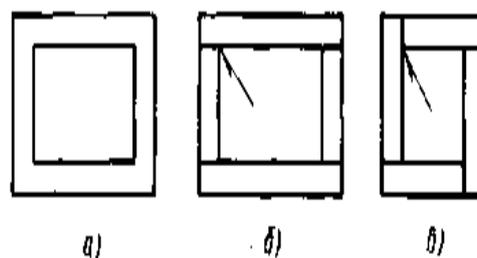


Рисунок 6. Нетехнологичная (а) и технологичная (б, в) конструкции фланца

При конструировании деталей типа «вилки» необходимо стремиться к применению штампосварных вариантов. На рисунок 7 показаны конструкции деталей до (а) и после (б) технологического контроля.

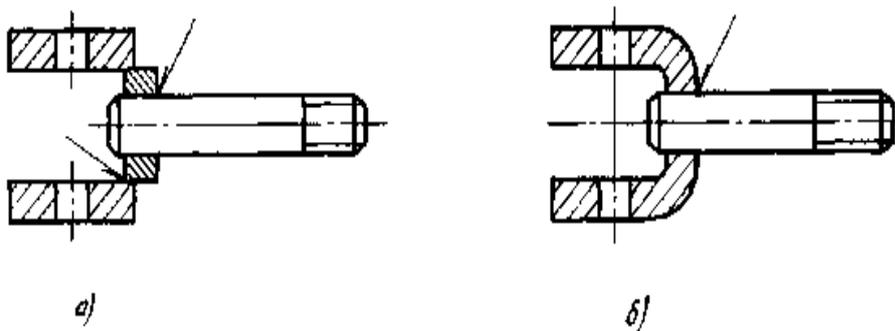


Рисунок 7. Детали типа «вилки»

Особые трудности в производстве вызывает наложение швов в труднодоступных местах. К таким швам относятся потолочные, а также швы в узких зазорах и в местах, где трудно разместить электроды или газовые горелки.

При сварке внутри замкнутых плоскостей типа «коробок», в деталях необходимо выполнять отверстия соответствующих размеров, через которые будут производиться сварку. Для ручной электродуговой сварки минимальный диаметр отверстий принимают  $D \geq 0,5h$ , но не менее 100 мм (рисунок 8, а), расстояние между деталями в зависимости от высоты стенки:  $A \geq 0,8L$  (рисунок 4.11, б).

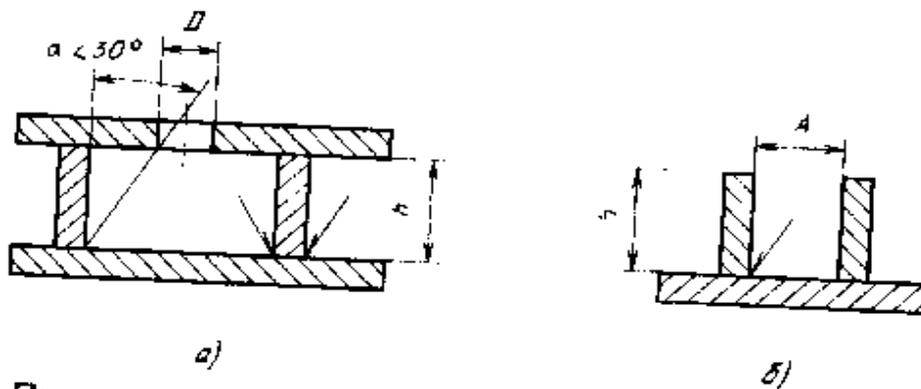


Рисунок 8 Примеры сварки внутри замкнутых плоскостей типа "коробок"

На рисунок 9 показаны конструкции соединений, сваренных в труднодоступных местах. Стойка приварена к угольнику угловыми швами (рисунок 9, а) нерационально, так как нижний лобовой шов наложить трудно — не обеспечивается необходимый при ручной сварке угол наклона электрода. В большинстве случаев достаточно одного лобового шва и двух фланговых (рисунок 9, б); при необходимости следует удлинить стойку (рисунок 9, в) и скрепить полку стойки двумя лобовыми швами с полкой нижнего угольника. К тонкостенной трубе приварены две косынки (рисунок 9, г) Толщина стенок трубы и косынок не позволяет наложить швы большого сечения. Прутки, уложенные вдоль образующих труб (рисунок 9, д), позволяют наложить швы нормального сечения. При большей толщине труб (рисунок 9, е) прутки не ставят.

На рисунок 9, ж показана стойка, проваренная изнутри и снаружи. Внутренние швы накладывать неудобно, и их лучше не применять, если это не вызвано крайней необходимостью. На рисунок 9, з показана та же стойка, сваренная наружными швами. При малых углах в сопряжениях элементов (точка С) получают непровары (рисунок 9, и); установка ребра (рисунок 9, к) компенсирует уменьшение прочности.

В сварных деталях, работающих при переменных и ударных нагрузках, одна из основных причин уменьшения прочности — концентрация напряжений в швах и вблизи них. Главная задача конструктора состоит в выборе форм швов и их расположения, при которых концентрация напряжений ми-

нимальна.

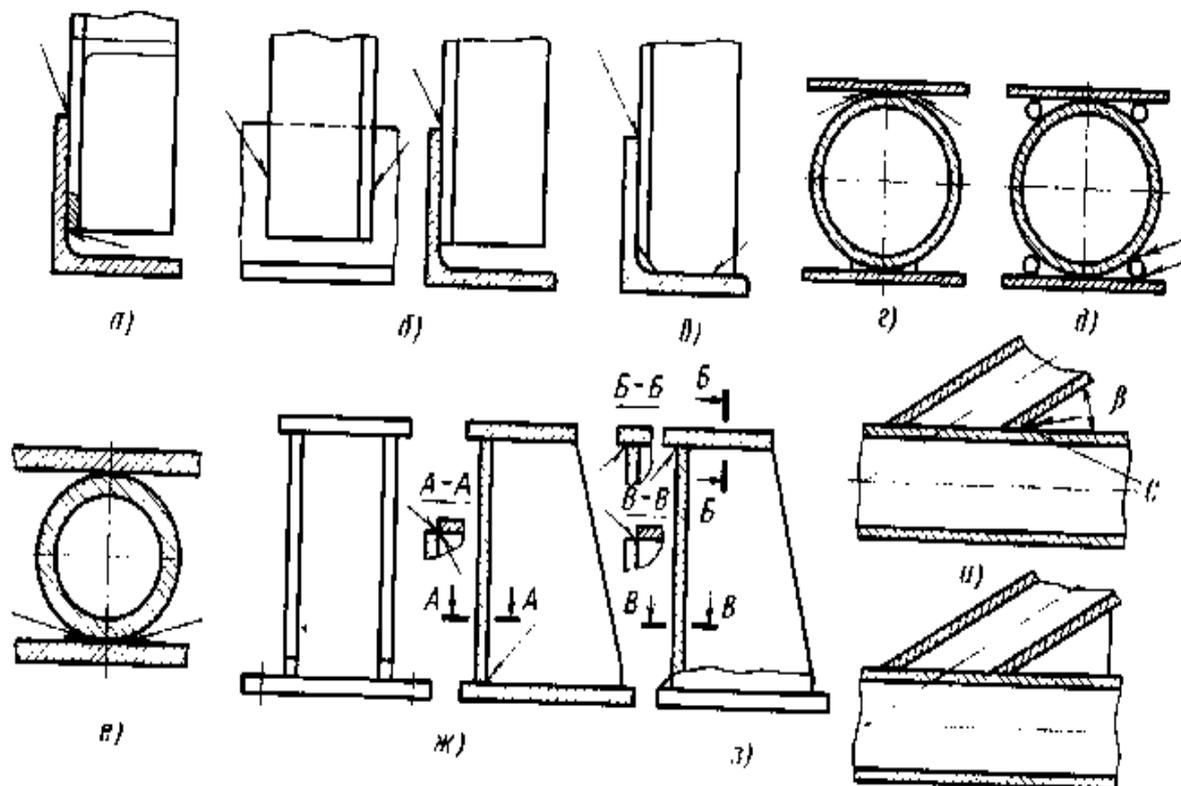


Рисунок 9. Примеры сварки в труднодоступных местах: а, г, ж, и — не рекомендуются; б, в, д, е, з, к — рекомендуются

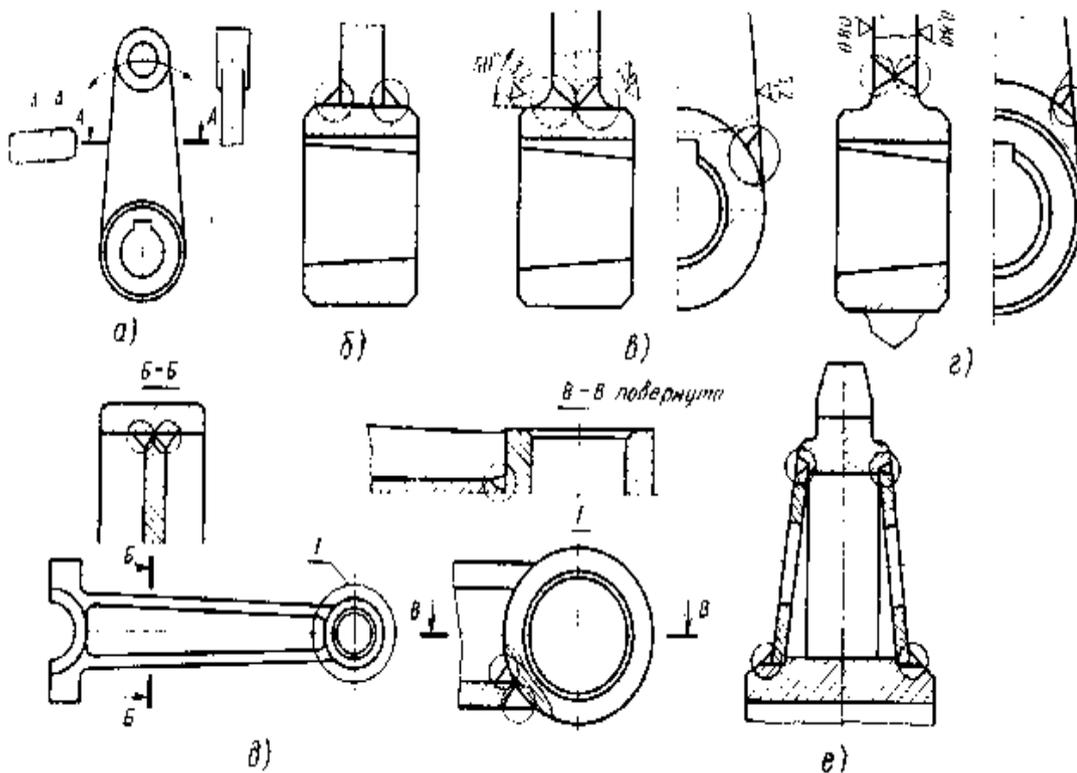


Рисунок 10 Сварные конструкции, работающие при переменных нагрузках

Рычаг (рисунок 10, *а*) сварен из двух деталей: втулки и ребра с ушком. На рисунок 10, *б* показана сварка выпуклым валиковым швом. Такой шов без обработки точением или зачистки камнем значительно снижает прочность детали. На рисунок 10, *в* показаны более рациональные формы сварных швов. Механическая обработка увеличивает предел выносливости.

На рисунок 10, *г* приведен пример вывода сварных швов из зоны максимальной концентрации напряжений. Сварка выполнена с подготовкой кромок и последующей механической обработкой швов. Такая технология значительно повышает предел выносливости, но требует больших затрат, чем технология изготовления соединения по рисунок 10, *в*. В конструкции сварного шатуна (рисунок 10, *д*) для уменьшения концентраций напряжений швы выполнены с глубокой проплавкой, фрезерованы и зачищены. В конструкции звездочки (рисунок 10, *е*) сварные швы у венца звездочки меньше нагружены, чем у ступицы, поэтому швы у ступицы выполнены с отношением катетов 0,5 и обработаны.

Сопряжение уголков и швеллеров в сварных конструкциях показано на рисунок 11.

Соединение двух уголков выполнено с накладкой в виде уголка большего размера (рисунок 11, *а*). Прилегание накладки к соединяемым уголкам достигается выполнением фаски *l* на длине, равной длине накладки уголка. Соединение уголков, часто применяемое в рамных конструкциях, приведено на рисунок 11, *б*. Смещение уголка *l* от края на расстояние *б*, равное одному-двум катетам сварного шва, позволяет выполнять угловой шов без подготовки кромок. Наиболее распространен вариант, показанный на рисунок 11, *в*.

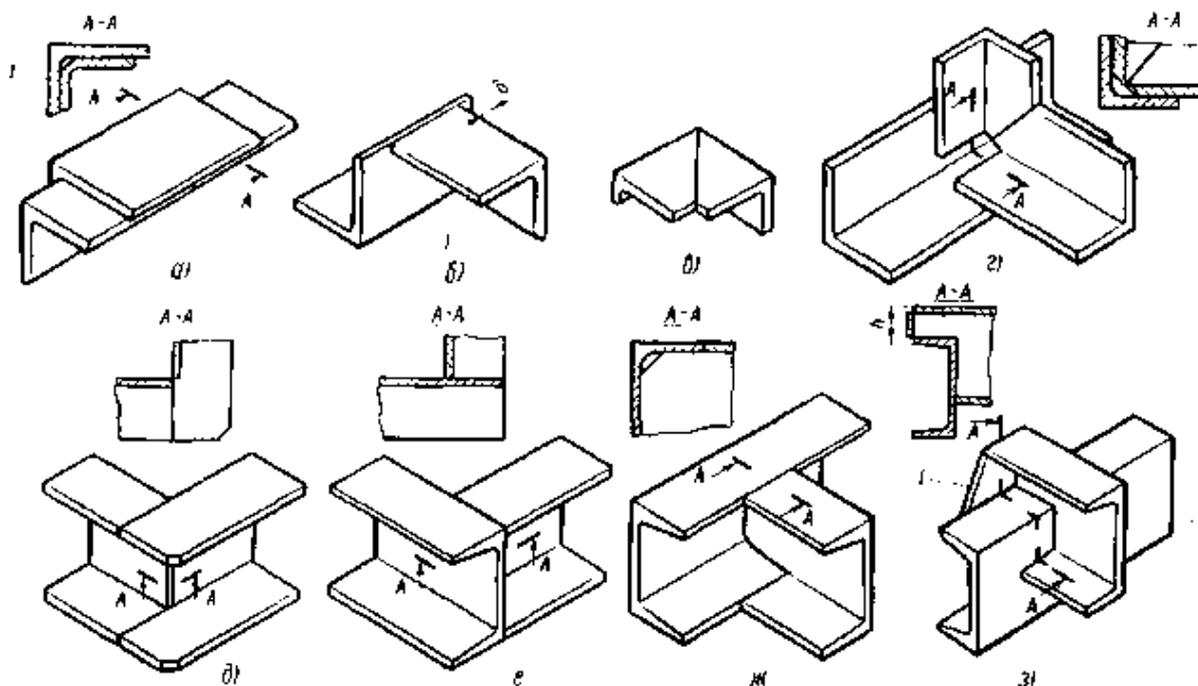


Рисунок 11. Сопряжения уголков и швеллеров в сварных конструкциях

Узел рамы, в котором сопряжены три уголка (рисунок 11, *г*), выполнен без косынок.

Вариант углового сопряжения швеллеров в конструкциях фундаментальных рам показан на рисунок 11, *д*, такое же сопряжение без выемки стенки швеллера — на рисунок 11, *е* (широко применяемый вариант). Смещение стенки позволяет наложить верхние и нижние швы без разделки кромок. При необходимости можно наложить двойные швы, соединяющие полки, что сделает систему более жесткой. На рисунок 11, *ж* показано тавровое соединение швеллеров. Стенку одного из сопрягаемых швеллеров вырезают по внутреннему профилю другого швеллера. На рисунок 11, *з* показано соединение швеллеров при необходимости смещения одного из них на расстояние  $h$ . Такие схемы применяют в фундаментных рамных конструкциях. Ребро  $l$  увеличивает жесткость конструкции.

Расположение ребер в сварных конструкциях показано на рисунок 12. Конструкция ребер на рисунок 12, *а* обеспечивает устойчивость стенки сварной двутавровой балки. В конструкциях на рисунок 12, *б*, *в* ребра поставлены для усиления стенки швеллера, нагруженного усилием затяжки фундаментального болта. Ребра должны иметь значительную вертикальную жесткость. При неправильной конструкции ребра, связывающего фланец и стенку трубы (рисунок 12, *г*), острые углы не позволяют разместить швы по всей длине контакта с фланцем. Отсутствие фаски у вершины ребра не позволяет установить ребра после приварки фланца.

При рекомендуемой форме ребра (рисунок 12, *д*)  $l \approx (1,5 \dots 2,0)k$ ,  $l_1 \approx (1 \dots 2)k$ .

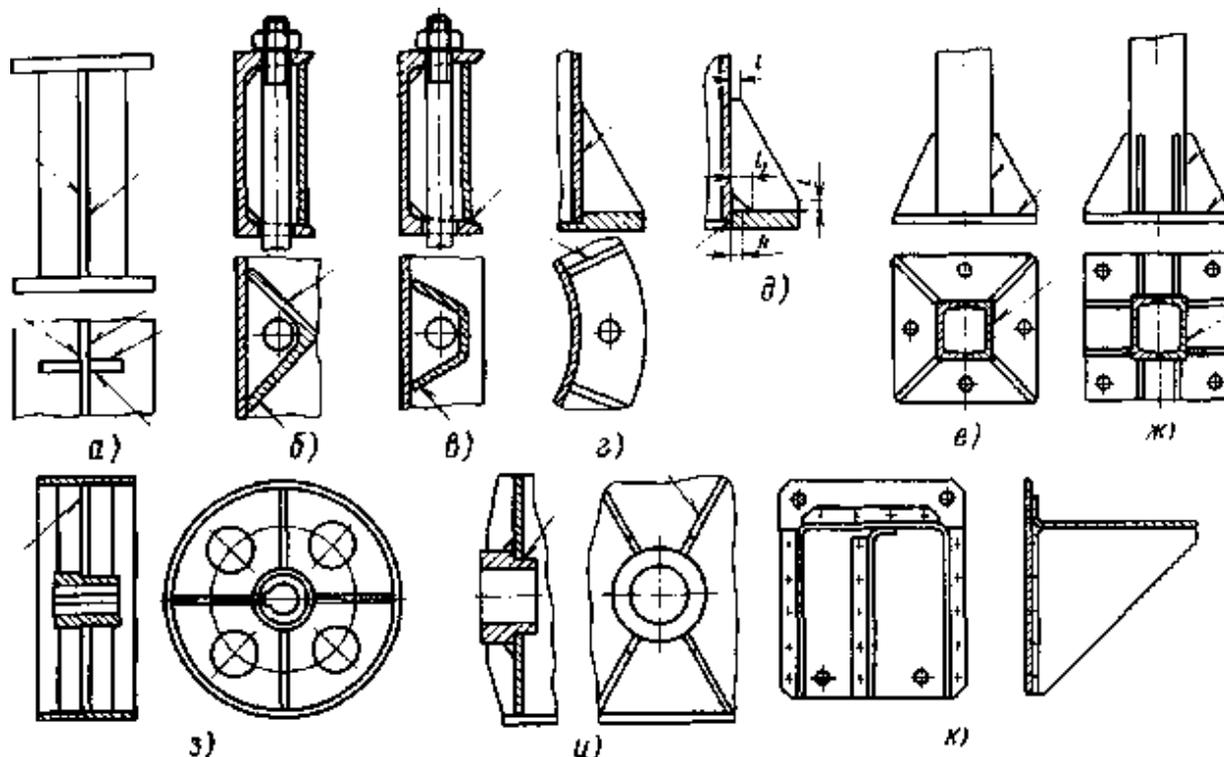


Рисунок 12. Примеры использования ребер в сварных конструкциях

На рисунок 12, *е*, *ж* показаны размещение и конструкция ребер, разгружающих угловые швы между колонной и опорной плитой и увеличивающих жесткость плиты. Первая конструкция (более легкая) имеет четыре реб-

ра, вторая — восемь; первую конструкцию применяют преимущественно при воздействии на колонну нерасчетных (случайных) нагрузок.

На рисунок 12, з показана конструкция ребер тихоходного сварного шкива. Ребра обеспечивают жесткость обода, необходимую при механической обработке, и защищают от поводки. В варианте по рисунок 12, и ребра служат для укрепления стенки и соединяют ее со втулкой. Конструкция ребер с отгибом (рисунок 12, к) позволяет сваривать кронштейн контактным способом.

Расположение накладок и косынок в сварных конструкциях показано на рисунок 13.

Ферма (рисунок 13, а) нагружена поперечной силой  $P$ . По условиям работы линии центров тяжести уголков должны пересекаться; в противном случае в уголках стоек и подкосах дополнительно к напряжениям растяжения и сжатия возникают напряжения изгиба. Во избежание этого применяют косынки  $I$ , обеспечивающие требуемое взаимное расположение уголков.

Рама конвейера (рисунок 13, б) нагружена силами в местах крепления роликов. В такой конструкции при отсутствии горизонтальных усилий центры тяжести уголков не совмещают, и уголки подваривают без косынок. Как правило, ставят стойки и раскосы меньшего сечения, чем горизонтальные уголки.

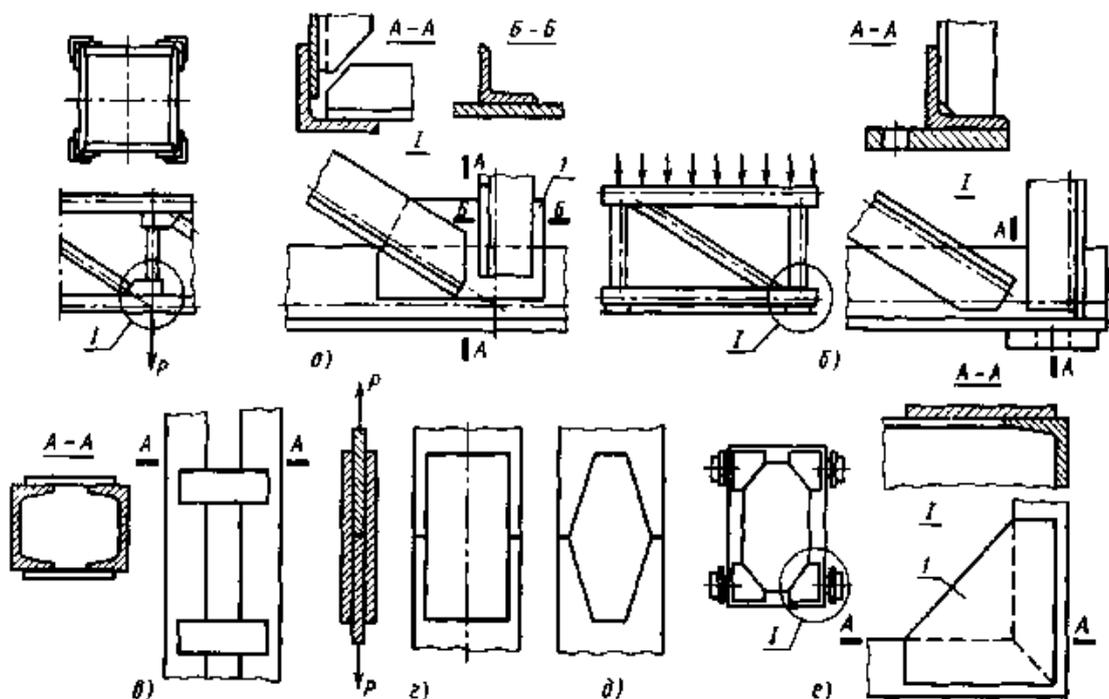


Рисунок 13. Примеры установки накладок и косынок в сварных конструкциях

Планки (рисунок 13, в) из полосовой стали связывают два швеллера колонны поворотного крана, нагруженной моментом. Планки увеличивают

жесткость колонны при изгибе. Применение планок из полосы оправдано из-за малого расстояния между полками швеллеров.

Накладки (рисунок 13, г, д) соединяют полосы, нагруженные растягивающей силой  $P$ . С точки зрения распределения напряжений в соединяемых элементах и швах накладки по рисунок 13, д более эффективны, чем по рисунок 13, г, но более трудоемки.

Накладки / в углах рамы (рисунок 13, е) придают ей дополнительную жесткость, необходимую при значительных внешних силах и моментах.

Для изготовления сварной плиты из листов (рисунок 14) необходимо восемь основных деталей. Строгание или фрезерование плит под двигатель и насос требуют достаточной толщины листа. Конструкцию плиты нельзя признать удачной.

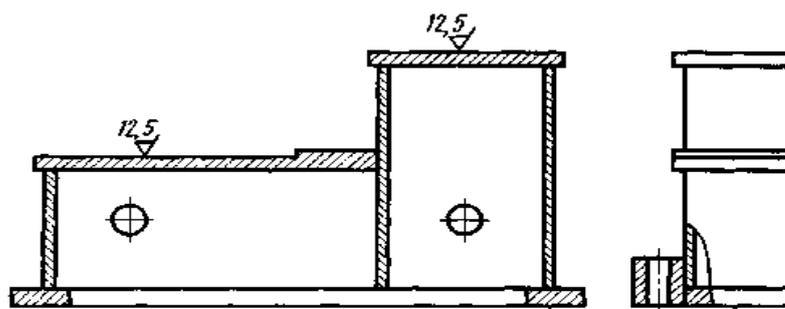


Рисунок 14. Сварные конструкции плит из листов

Варианты сварных плит из уголков и швеллеров показаны на рисунок 15. Фундаментная плита (рисунок 15, а), по назначению и размерам идентичная плите на рисунок 14, сварена из уголков одного номера. Сечение неравнобоких уголков выбрано с таким расчетом, чтобы обеспечить необходимую жесткость. Число деталей плиты не меньше, чем в плите, сваренной из листов, однако механической обработки значительно меньше. По расходу материала плита из швеллеров, изображенная на рисунок 15, б, наиболее приемлемая. Габариты ее минимальны. Плиты из швеллеров широко распространены, причем в одной плите используют швеллеры одного—двух номеров. Как показано на рисунке, часть плиты поднята, так как поперечные швеллеры размещены над продольными. Боковые ребра обеспечивают дополнительную жесткость.

На рисунок 16 показаны барабаны без вала (а), с разрезанным валом (б) и с валом полной длины (в), а на рисунок 17, а, б — барабаны из тонкостенных гнутых элементов, соединенных контактной сваркой. Барабан со встроенной звездочкой (рисунок 18) выполнен из штампованных элементов, соединенных контактной сваркой. Конструкции барабанов на рисунок 16 и 17 разработаны применительно к условиям мелкосерийного и серийного производства, на рисунок 18 — применительно к условиям массового производства.

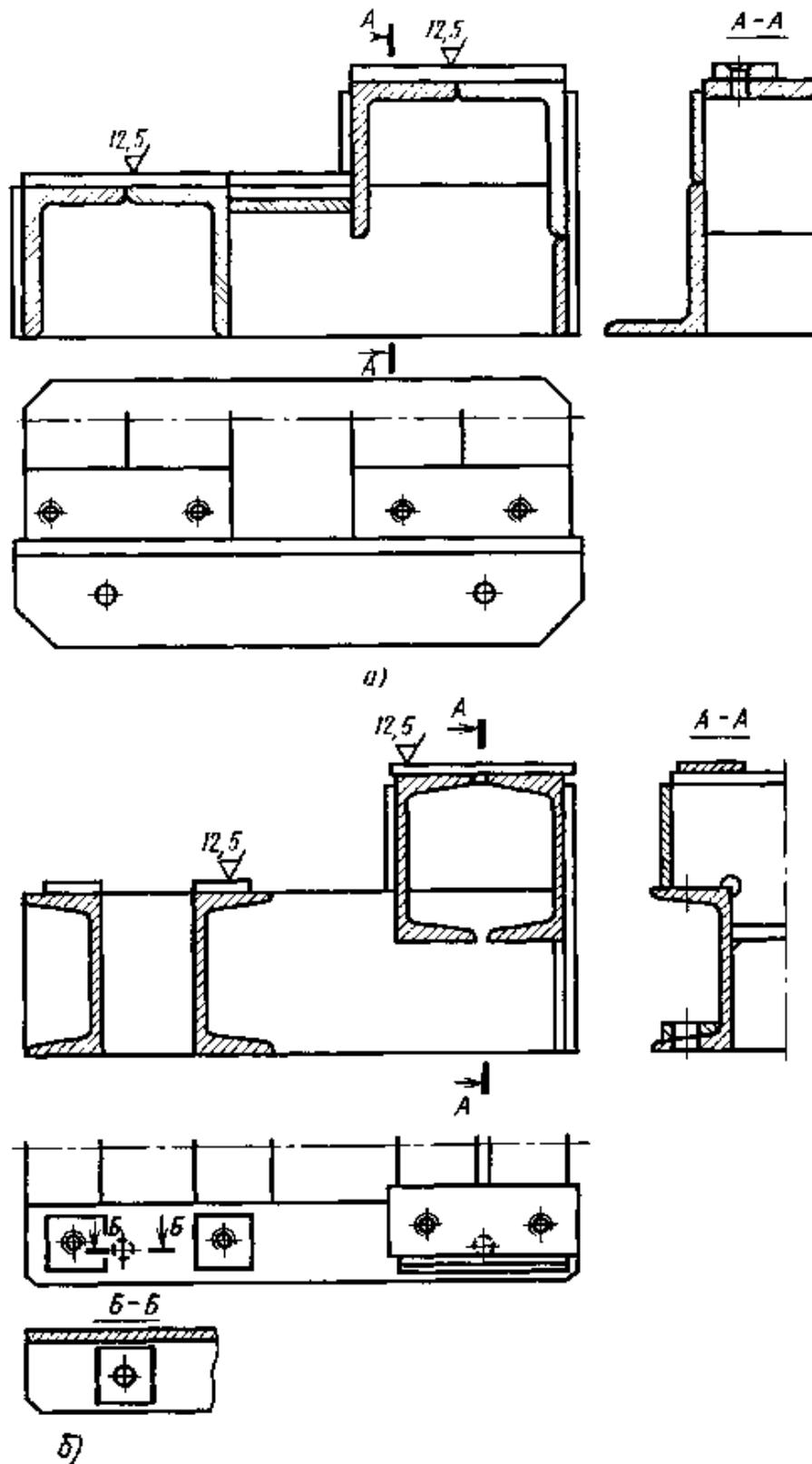


Рисунок 15. Сварные конструкции плит из уголков и швеллеров

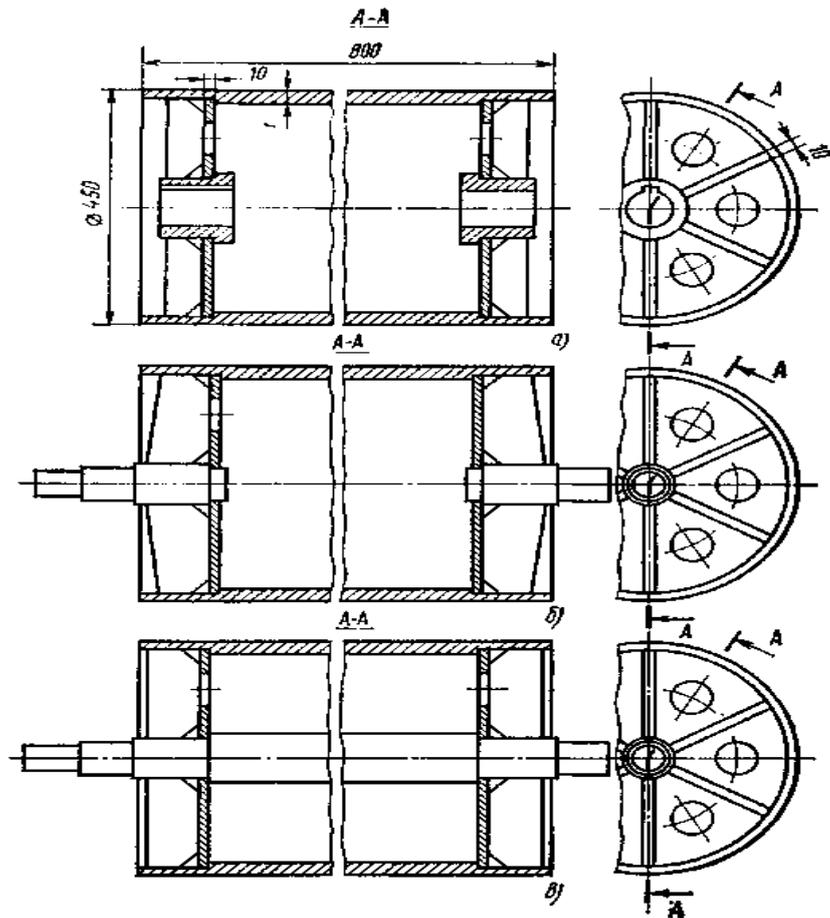


Рисунок 16. Барабаны

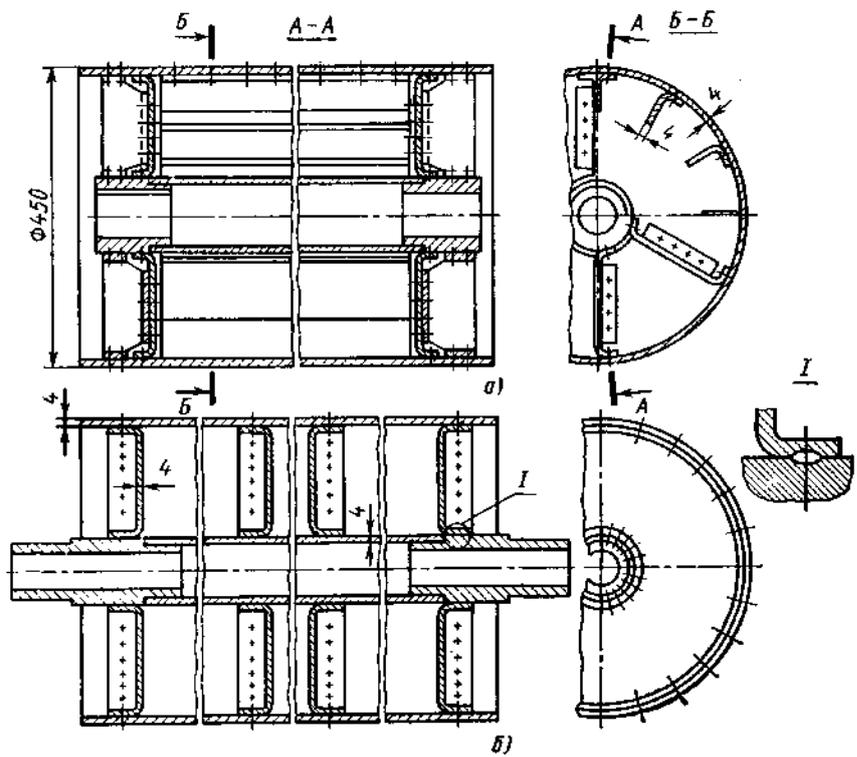


Рисунок 17. Барабаны с тонкостенными элементами

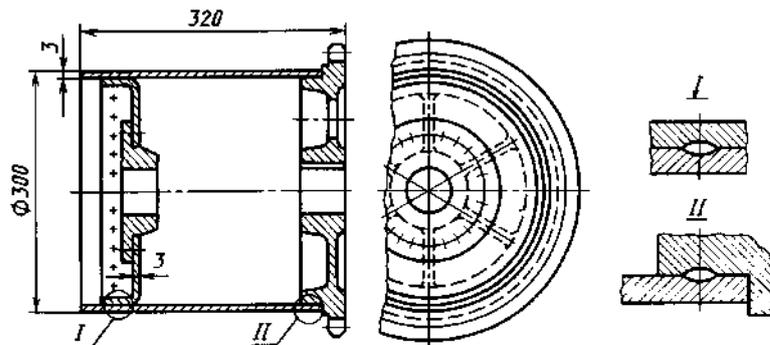
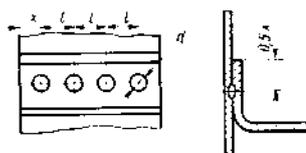


Рисунок 18. Барабан со звездочкой

Таблица 2.

Рекомендуемые размеры (мм) швов при контактной сварке для несилowych конструкций из стали 10 и сплавов АМц, АМгЗ, Д16 и Л63.



Конструктивный размер	Материал	Минимальные размеры швов при толщине свариваемого материала										
		0,5 -0,6	0,8	0,9	1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	2,0	3,0
X	Сталь	6	8	8	8	10	12	12	12	-	12	12
	Алюминиевый сплав	10	10	-	10	12	-	12	-	14	14	-
	Латунь	8	8	-	10	10	-	10	-	12	12	-
l	Сталь	10	11	10	12	12	15	15	15	-	15	15
	Алюминиевый сплав	15	15	-	15	15	-	20	-	25	25	-
	Латунь	15	15	-	15	15	-	20	-	20	20	-
d	Сталь	4	5	5	5	5	5	5	5	-	6	8
	Алюминиевый сплав	4	4	-	4	5	-	5	-	6	6	-
	Латунь	4	4	-	4	4	-	5	-	5	5	-

Примечания: 1. Размер  $x$  уменьшать не рекомендуется, так как возможны дефекты ребра свариваемых деталей.

2. Размеры следует выбирать, но тонкому листу.

3. Алюминиевые сплавы при сумме толщин более 4 мм сваривать не рекомендуется.

Контактную сварку применяют для конструкций из тонколистовых малоуглеродистых и низколегированных сталей, магния, титана, алюминия, меди, никеля и их сплавов, а также маломерного профильного проката, проволоки и прутка.

При контактной сварке:  
необходимо обеспечивать свободный двусторонний подход к месту соединения при сварке и контроле качества сварного соединения, а также выдерживать рекомендуемые значения шага точек сварки и расстояния от точек до края свариваемого материала (таблица 2);  
отношение толщин соединяемых деталей рекомендуется принимать не более 2:1, в исключительных случаях 3:1; минимальная толщина соединяемых деталей 0,1 мм;

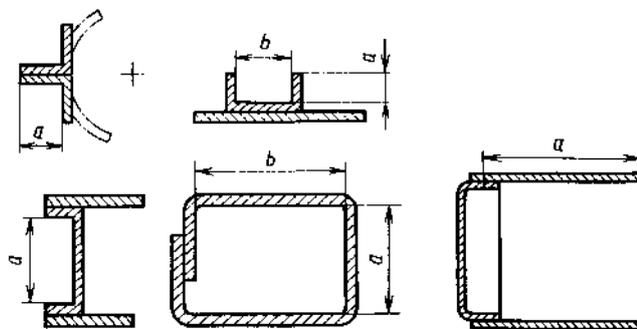


Рисунок 19. Элементы конструкций, соединенные контактной сваркой  
в соединении двух деталей должно быть не менее двух точек; не рекомендуется число деталей в свариваемом пакете больше трех.

Диаметр сварной точки обычно определяют по формуле  $d_T = 2\delta \dots 3$  мм, где  $\delta$  — толщина более тонкой из свариваемых заготовок.

При разработке деталей и сборочных единиц, соединяемых контактной сваркой, следует учитывать, что на типовых сварочных машинах полезный вынос электродов (от корпуса машины) обычно не превышает 500 мм.

Минимальные размеры элементов конструкций, соединяемых контактной сваркой, приведены на рисунок 19: при соединении уголков  $a \geq 12$  мм; заглушки с обечайкой  $a \geq 80$  мм; швеллера с листом —  $b \geq 10$  мм (при  $a/b < 2$ ); замкнутых обечаек —  $a \geq 80$  мм,  $b \geq 100$  мм; при закрытой контактной сварке —  $a < 500$  мм.

### Выбор баз под сварку и простановка размеров на чертежах сварных сборочных единиц и конструкций.

В большинстве случаев базой для сборки и сварки деталей в сварных конструкциях служат поверхности деталей; поэтому размеры, определяющие положение таких деталей в сборочной единице, следует проставлять от плоскости или кромки, за исключением деталей, имеющих форму тел вращения, в которых за одну из баз целесообразно принимать ось симметрии. За базовую принимают деталь, имеющую наибольшую поверхность или протяженность кромок и простую форму.

Все установочные размеры должны легко контролироваться простейшими мерительными инструментами (линейкой, штангенциркулем, шаблонами и др.); поэтому нерационально проставлять размеры, координирующие

размеры ребер, диафрагм и подобных деталей от их осей. Размеры следует проставлять от одной детали к другой разомкнутой цепочкой.

При простановке размеров в конструкциях, подвергаемых после сварки механической обработке, за исходную базу целесообразно принимать необрабатываемые поверхности, так как взаимное расположение деталей можно будет легко контролировать.

Необоснованное ужесточение допусков снижает технологичность, так как требует выполнения в деталях точных установочных баз и применения специальных приспособлений для установки и закрепления деталей.

Для деталей с механически необработанными кромками допуск на размеры целесообразно устанавливать не меньше чем по 16 качеству с симметричным расположением поля допуска. При сборке деталей с механически обработанными кромками допуски на размеры можно назначать в пределах 15—14 качественгов.

### **Выбор термической обработки после сварки.**

При сварке сталей средней и высокой прочности, независимо от метода упрочнения (легирование, термическая обработка, наклеп или др.), в околошовных зонах значительно изменяются свойства металла. Распад нестабильных структур и релаксация остаточных напряжений могут происходить в течение длительного периода и вызывать изменение размеров сварных конструкций в процессе их дальнейшей обработки, хранения и эксплуатации.

В зависимости от выбранной марки стали и требований, предъявляемых к готовой сварной конструкции, целями термической обработки являются: возможно более полное восстановление первоначальных свойств металла околошовных зон, сообщение свариваемому металлу и шву заданных свойств, уменьшение опасности образования трещин в околошовной зоне, уменьшение остаточных напряжений.

Восстановления первоначальных свойств металла в околошовных зонах сборочных единиц достигают отжигом, нормализацией или закалкой с отпуском. Это особенно необходимо для деталей и сборочных единиц из легированных сталей типа 40X, 40XH и сталей 40, 45.

Для улучшения пластических свойств сварных соединений и уменьшения твердости металла в околошовных зонах применяют высокий отпуск, температура которого зависит от марки свариваемой стали и составляет 650—700 °С. Отпуск при более низких температурах в меньшей степени снимает остаточные напряжения, но способствует их выравниванию. При невозможности отпуска всей конструкции в печи следует применять местный нагрев или естественное старение (конструкцию выдерживают на открытой площадке в течение 30 суток и более).

В некоторых случаях возможен местный отжиг сварных соединений нагревом газовыми горелками. Местный отжиг проводят в приспособлениях, не допускающих коробления, сразу после сварки. Пространственные конструкции, изготавливаемые из деталей толщиной не менее 15—20 мм и подвергаемые механической обработке с точностью до 11 качества включительно,

при требованиях соосности и параллельности обрабатываемых поверхностей следует подвергать высокому отпуску.

При большом объеме сварки и малых толщинах свариваемых деталей, низкой точности механической обработки и в тех случаях, когда по условиям сборки и эксплуатации необходимо сохранение соосности, плоскостности, параллельности и взаимной перпендикулярности обрабатываемых поверхностей, целесообразен низкий отпуск.

Если сварные конструкции изготовляют из стали, содержащей не более 0,22 % углерода, и в дальнейшем не подвергают точной механической обработке или последняя относится только к сопрягаемым (при сборке) поверхностям, например, изготовление кронштейнов для установки механизмов или площадок обслуживания, отпуск для снятия напряжений можно не проводить.

При статических нагрузках и работе сварных соединений на растяжение или сжатие может быть допущена твердость металла в окол\*ошовных зонах в пределах 36—39 *HRC*, без значительного ухудшения их эксплуатационных свойств. При статической нагрузке и работе сварных соединений на изгиб максимальное значение твердости не должно превышать 24—31 *HRC*, так как при многократных упругих деформациях изгиба окол\*ошовных зон при эксплуатации в них могут образовываться трещины. Сварные сборочные единицы, соединяемые сваркой, из стали типа 3,08, 10, 20, 10Г2 при толщине элементов до 8 мм, работающие при динамической нагрузке короткое время, можно не подвергать отпуску после сварки, если твердость металла в окол\*ошовных зонах не превышает 27 *HRC*.

Для деталей из титана и его сплавов обычно применяют подготовительную и окончательную термообработку. На механические свойства сварных соединений из титановых сплавов отжиг, как правило, не влияет, но снижает напряжения, возникающие при сварке.

Ряд сварных конструкций следует подвергать термической обработке в соответствии с Правилами Госгортехнадзора.

Необоснованный выбор вида и технологии термической обработки увеличивает технологический цикл изготовления сварной конструкции, следовательно, ухудшает ее технологичность и технико-экономические показатели производства из-за дополнительных затрат труда и энергии. Возникает необходимость в капитальных затратах на создание соответствующих агрегатов.

Кроме термической обработки, проводимой после сварки и предусматриваемой при конструировании, имеются другие способы уменьшения сварочных деформаций. К ним относятся: выбор последовательности сварки при исполнении каждого шва в отдельности и всех швов на конструкции; закрепление и обратный выгиб деталей перед сваркой; создание напряжения в деталях перед сваркой; нагревание свариваемых деталей; охлаждение свариваемых деталей (допустимо только для деталей из малоуглеродистых сталей); правка сварной сборочной единицы перед отделочными работами.

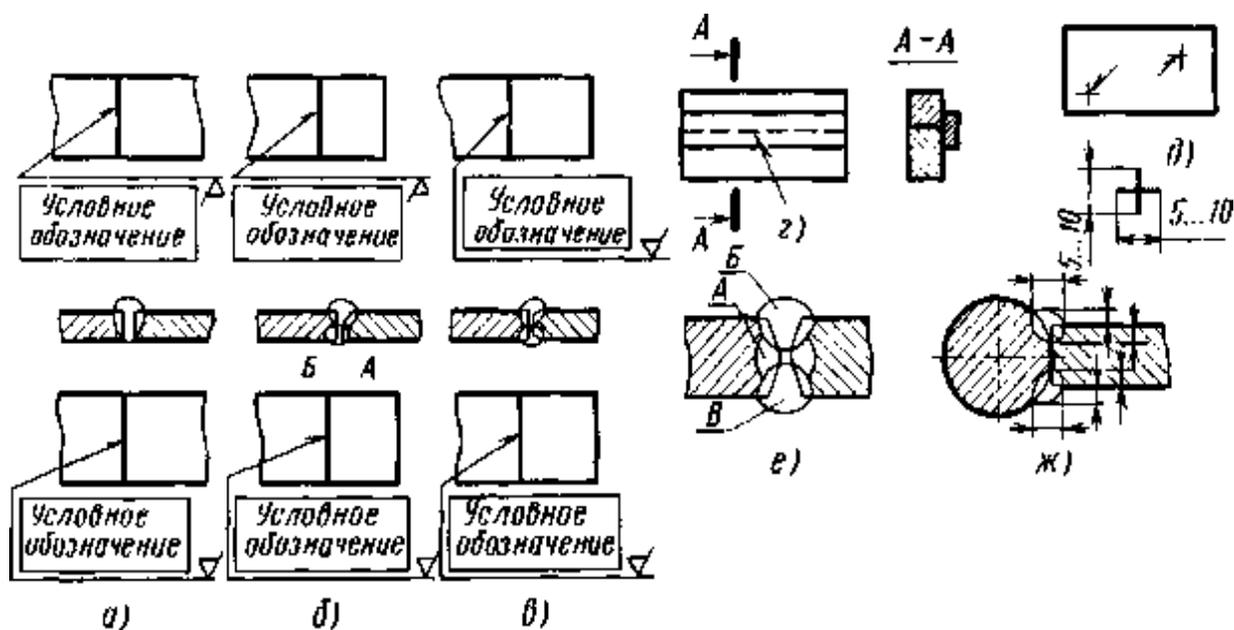


Рисунок 20. Условное изображение сварных швов

### Условные изображения и обозначения швов сварных соединений.

Условные изображения и обозначения на чертежах швов сварных соединений установлены ГОСТ 2.312—72.

Независимо от способа сварки сварной шов условно изображают на чертеже: видимый — сплошной основной линией (рисунок 20, а—в); невидимый — штриховой линией (рисунок 20, г). От изображения шва проводят линию-выноску, заканчивающуюся односторонней стрелкой. При точечной сварке видимую одиночную сварную точку изображают знаком -К невидимые одиночные точки не показывают (рисунок 20, д). На изображении сечения многопроходного шва допускается показывать контуры отдельных проходов, при этом их следует обозначать прописными буквами русского алфавита (рисунок 20, е). Для шва, размеры конструктивных элементов которого стандартами не установлены (нестандартный шов), указывают размеры конструктивных элементов, необходимых для выполнения шва по данному чертежу (рисунок 20, ж). Границы шва отмечают сплошными основными линиями, а конструктивные элементы кромок в границах шва — сплошными тонкими линиями. Чертежи сварных деталей оформляют как чертежи сборочных единиц.

На изображении сварного шва различают лицевую и оборотную стороны. За лицевую сторону одностороннего шва принимают ту сторону, начиная с которой выполняют сварку. Лицевой стороной двустороннего шва с несимметричной подготовкой (скосом) кромок является та сторона, с которой начинают сварку основного шва (рисунок 21). Если подготовка кромок симметричная, то за лицевую принимают любую сторону.

На чертежах сварного соединения каждый шов имеет определенное условное обозначение, которое наносят над или под полкой линии-выноски,

проводимой от изображения шва. Условное обозначение лицевого шва наносят над полкой линии-выноски, обозначение оборотного шва наносят под полкой линии-выноски.

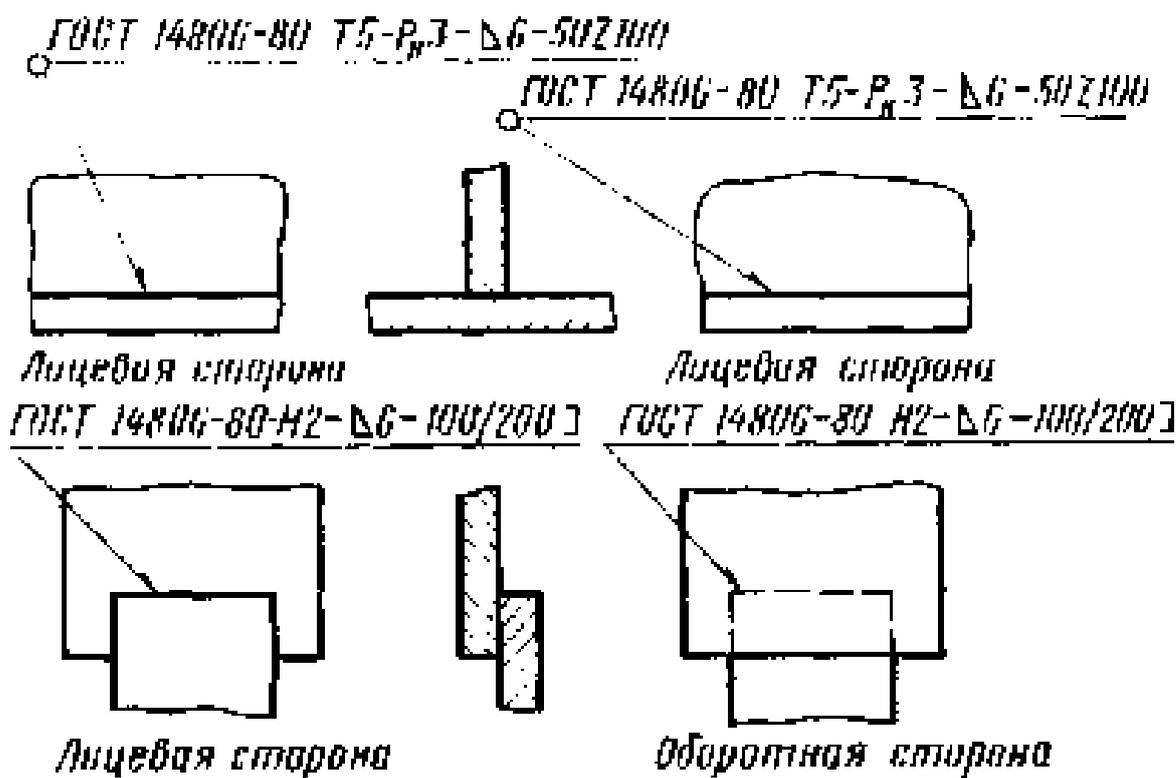


РИСУНОК 21. Примеры условного изображения сварных швов.

Структура условного обозначения стандартного шва или одиночной сварной точки (рисунок 22) включает: 1 - обозначение стандарта на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений; 2 — буквенно-цифровое обозначение шва по стандарту на типы и конструктивные элементы швов; 3 — условное обозначение способа сварки по стандарту на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений (допускается не указывать); 4 — знак  $\Delta$  и размер катета по стандарту на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений; 5 — для прерывистого шва — длину провариваемого участка, знак 4 для цепного шва или 5 для шахматного шва (таблица 3) и шаг; для одиночной сварной точки — расчетный диаметр точки, для шва контактной точечной электросварки или электрозаклепочного — расчетный диаметр точки или электрозаклепки, знак 4 или 5 (см. таблица 3) и шаг, для шва контактной роликовой электросварки — расчетную ширину шва, для прерывистого шва контактной роликовой электросварки — расчетную ширину шва, знак умножения, длину провариваемого участка, знак 4 (см. таблица 3) и шаг; 6 — вспомогательные знаки 7, 2 и 1 (см. таблица 3); 7 — вспомогательные знаки 6 и 3 (см. таблица 3).

После вспомогательных знаков, если указана последующая механическая обработка шва, ставят обозначение параметра шероховатости поверхности обработанного шва (см. рисунок 20). Вспомогательные знаки выполняют

тонкими сплошными линиями, они должны быть одинаковой высоты с цифрами, входящими в обозначение шва.

Примеры условных обозначений швов даны на рисунок 21.

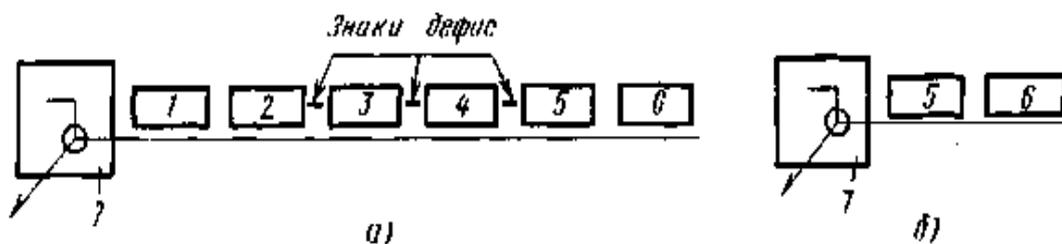


Рисунок 22. Структура обозначения сварного шва стандартного (а) и нестандартного (б)

Так как условное обозначение стандартного шва дает его полную характеристику, то на поперечных сечениях швов метод подготовки кромок, зазор между кромками и контур сечения шва не указывают. При этом смежные сечения свариваемых деталей штрихуют в разных направлениях (см. рисунок 21). Условное обозначение стандартного сварного шва, показанное на полке линии-выноски (рисунок 21), расшифровывают так: шов таврового соединения (буква *T*) без скоса кромок (цифра 5), прерывистый, с шахматным расположением элементов, выполненный ручной дуговой сваркой в защитных газах неплавящимся металлическим электродом по замкнутой линии (*P<sub>H3</sub>* — обозначение способа сварки); катет сечения шва 6 мм; длина каждого проваренного участка 50 мм, шаг 100 мм (*50ZWO*).

Для швов нестандартных формы и размеров структура условного обозначения более простая (рисунок 22, б). В технических требованиях к чертежу или в таблице швов указывают способ сварки, которым должен быть выполнен нестандартный тов.

При наличии на чертеже одинаковых швов обозначение наносят у одного из изображений, а от изображений остальных таких же швов проводят линии-выноски с полками. Всем одинаковым швам присваивают один порядковый номер, который наносят: на линии-выноске, имеющей полку с нанесенным обозначением шва (рисунок 23, а); на полке линии-выноски, проведенной от изображения шва, не имеющего обозначения, г лицевой стороны (рисунок 23, б); под (юлкой) линии-выноски, проведенной от изображения Тива, не имеющего обозначения, с оборотной стороны (рисунок 23, в). Число одинаковых швов допускается указывать на линии-выноске, имеющей полку с нанесенным обозначением (рисунок 23, а)

Таблица 3.

## Вспомогательные знаки для обозначения сварных швов

Вспомогательный знак		Значение вспомогательного знака	Расположение вспомогательного знака относительно полки линии-выноски, проведенной от изображения шин	
Номер	Обозначение		с лицевой стороны	с оборотной стороны
1		Усиление шва снять		
2		Наплывы и неровности шва обработать с плавным переходом к основному металлу		
3		Шов выполнить при монтаже изделия, т. е. при установке его по монтажному чертежу на месте		
4		Шов прерывистый или точечный с цепным расположением. Угол наклона линии 60°		
5		Шов прерывистый или точечный с шахматным расположением		
6		Шов по замкнутой линии. Диаметр знака 3 — 5 мм		
7		Шов по незамкнутой линии. Знак применяют, если расположение шва неясно из чертежа		

При наличии на чертеже швов, выполняемых по одному и тому же стандарту, обозначение стандарта указывают в технических требованиях к чертежу (записью по типу: «Сварные швы ... по ...») или в таблице.

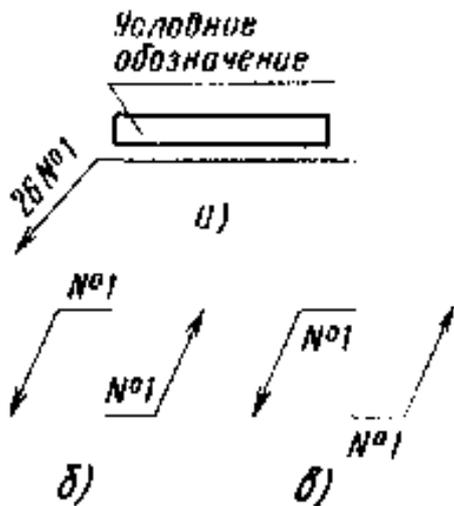


Рисунок 23. Условное обозначение одинаковых сварных швов

Допускается не присваивать порядковый номер одинаковым швам, если все швы на чертеже одинаковы и изображены с одной стороны (лицевой или оборотной). При этом швы, не имеющие обозначения, отмечают линиями-выносками без полок. На чертеже симметричного изделия при наличии на изображении оси симметрии допускается отмечать линиями-выносками и изображать швы только одной из симметричных частей изделия.

На чертеже изделия, имеющего одинаковые составные части, привариваемые одинаковыми швами, последние допускается отмечать линиями-выносками и обозначение их наносить только у одного из изображений одинаковых частей (предпочтительно у изображения, от которого проведена линия-выноска с номером позиции). Допускается не отмечать на чертеже швы линиями-выносками, а приводить указания по сварке в технических требованиях к чертежу, если эта запись однозначно определяет места сварки, способы сварки, типы швов сварных соединений, размеры их конструктивных элементов в поперечном сечении, а также расположение швов. Одинаковые требования, предъявляемые ко всем швам или группе швов, приводят один раз — в технических требованиях или таблице.

На рисунок 24 приведен пример обозначения нестандартного шва сварного соединения. В технических требованиях делают указание «Сварка ручная электродуговая».

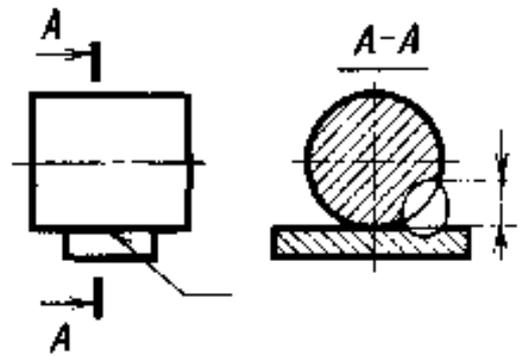


Рисунок 24. Условное изображение и обозначение нестандартного шва сварного соединения (шов соединения без скоса кромок, односторонний, выполняемый ручной электродуговой сваркой при монтаже изделия)

### Задание

По представленному чертежу детали выполнить:

1. Определить способ изготовления и проверить пригодность материала для получения сварного шва
2. Определить тип сварного соединения.
3. Назначить метод очистки элементов перед сваркой.

4. Назначить термическую обработку после сварки.

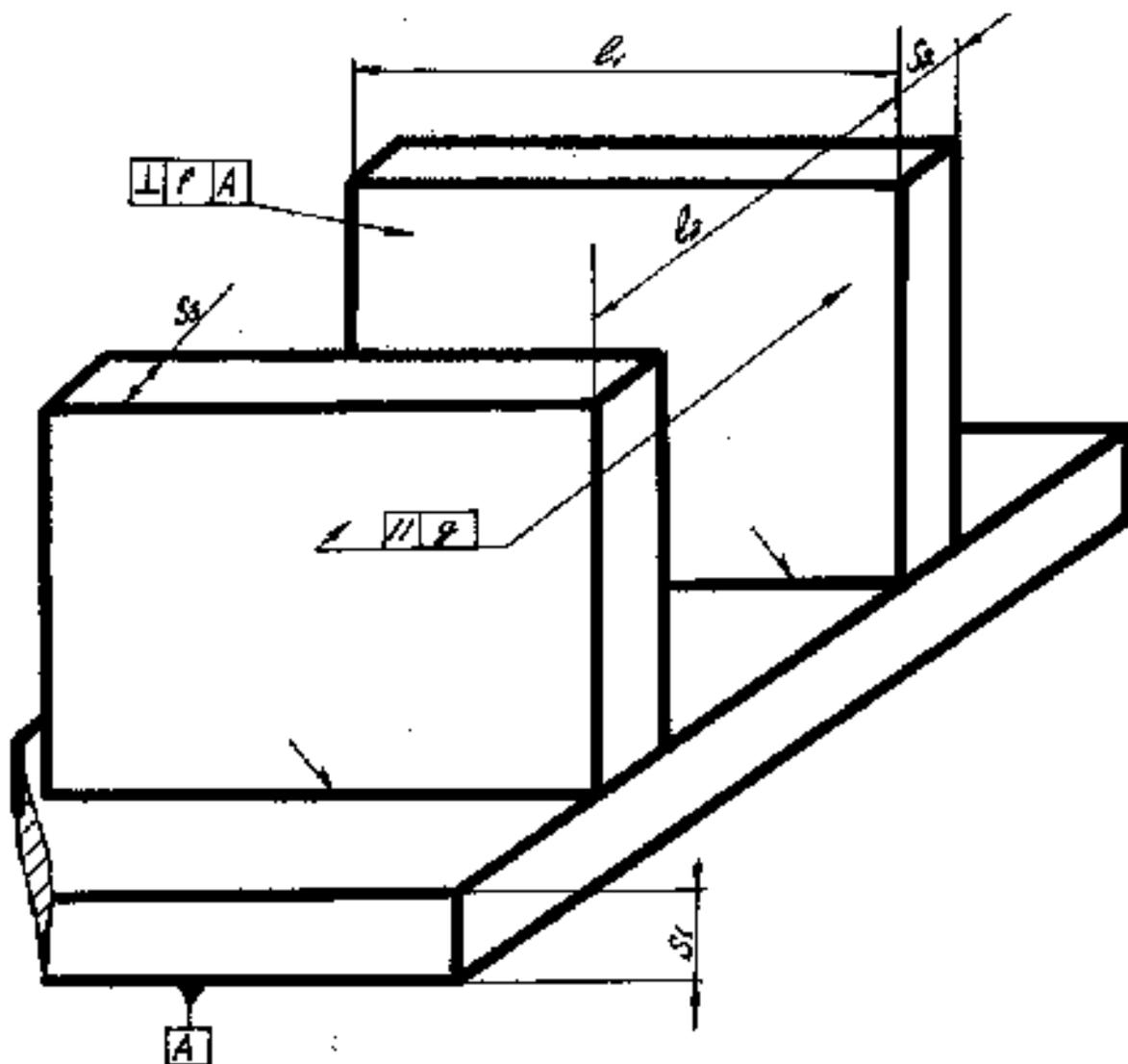
### **Список использованных источников**

1. Балабанов А.Н. Технологичность конструкций машин. – М.: Машиностроение, 1987. – 336 с.: ил.

2. Орлов П.И. основы конструирования. Кн.1. М.: Машиностроение, 1977. – 626 с.

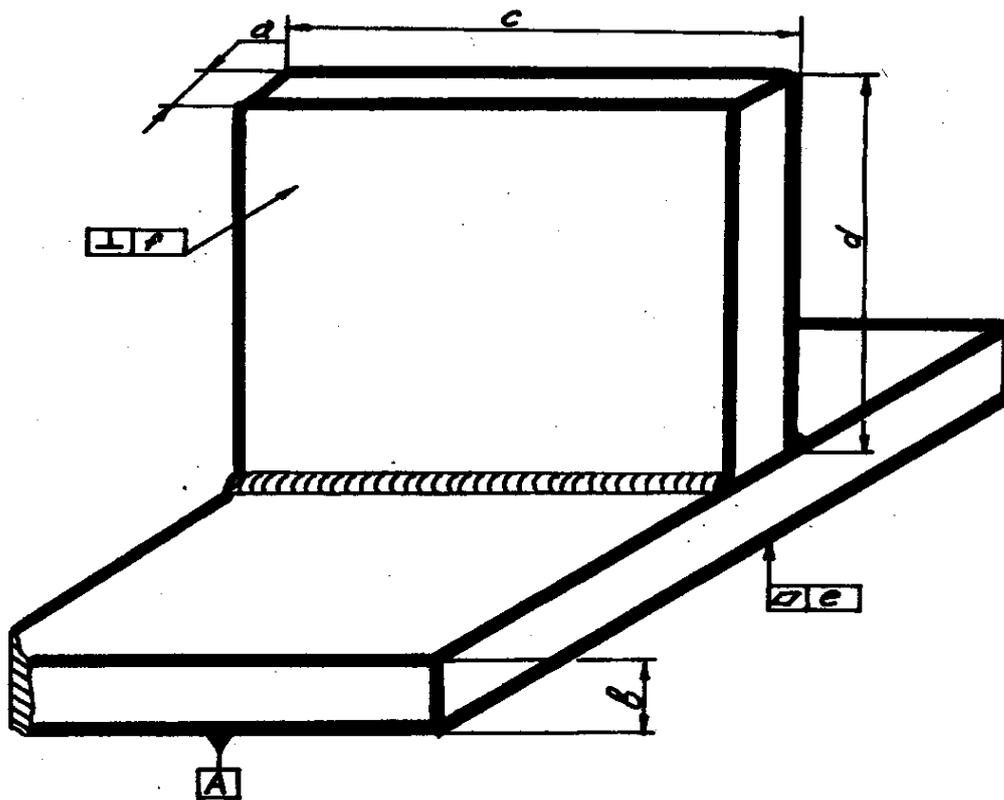
3. Основы конструирования машин: Атлас конструкций/ Под редакцией Д.Н.Решетова. М.: Машиностроение, 1967. – 335 с

## ЗАДАНИЯ



	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$l_1$	$l_2$	$f$	$g$	$h$
1	5	5	5	200	100	0.1/100	0.4	100
2	40	10	20	200	200	0.1/200	0.1	300
3	20	20	20	100	20	1/100	0.5	200
4	5	20	15	200	100	2/100	1	100
5	30	30	30	100	150	0.5/100	1	200
6	40	5	5	200	100	1/200	0.5	250
7	10	10	10	100	200	2/100	2	200

Допускается вносить конструктивные изменения и производить механическую обработку, а также слесарные операции.



	$a$	$b$	$c$	$d$	$e$	$f$
1	5	40	200	50	1	0.1/100
2	10	20	100	300	2	1/200
3	20	5	100	100	0.5	0.5/100
4	40	10	100	100	0.1	2/100
5	10	30	200	200	2	1/100
6	5	40	300	300	1	2/200
7	15	15	50	50	0.5	0.5/100

Допускается вносить конструктивные изменения и производить механическую обработку, а также слесарные операции.