

В. В. ОВЧИННИКОВ

ТЕХНОЛОГИЯ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ И ПЛАЗМЕННОЙ СВАРКИ И РЕЗКИ МЕТАЛЛОВ

УЧЕБНИК

*Рекомендовано
Федеральным государственным учреждением «Федеральный институт
развития образования» в качестве учебника для использования
в учебном процессе образовательных учреждений, реализующих
программы начального профессионального образования*

*Регистрационный номер рецензии 148
от 22 апреля 2009 г. ФГУ «ФИРО»*

3-е издание, стереотипное



Москва
Издательский центр «Академия»
2013

УДК 621.791(075.32)
ББК 34.641:34.642я722
О-355

Рецензент —
преподаватель высшей категории ГОУ СПО
Строительный колледж № 26 г. Москвы *Л. М. Карпухина*

Овчинников В. В.

О-355 Технология ручной дуговой и плазменной сварки и резки металлов : учебник для нач. проф. образования / В. В. Овчинников. — 3-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2013. — 240 с.

ISBN 978-5-7695-9968-2

Учебник является частью учебно-методического комплекта по профессии «Сварщик». В краткой форме изложены основы химии, физики, технологии металлов и конструкционных материалов, электротехники и других технических дисциплин. Приведены общие сведения о дуговой сварке и резке металлов, технологии сварки цветных металлов и сплавов. Описано оборудование для дуговой и плазменной сварки и резки.

Учебник может быть использован при освоении профессионального модуля ПМ.02 «Сварка и резка деталей из различных сталей, цветных металлов и их сплавов, чугунов во всех пространственных положениях» (МДК.02.02) в соответствии с ФГОС НПО по профессии 150709.02 «Сварщик» (электросварочные и газосварочные работы).

Для учащихся учреждений начального профессионального образования.

УДК 621.791(075.32)
ББК 34.641:34.642я722

Оригинал-макет данного издания является собственностью Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом без согласия правообладателя запрещается

ISBN 978-5-7695-9968-2 © Овчинников В. В., 2010
© Образовательно-издательский центр «Академия», 2010
© Оформление. Издательский центр «Академия», 2010

Уважаемый читатель!

Данный учебник является частью учебно-методического комплекта по профессии 150709.02 «Сварщик» (электросварочные и газосварочные работы).

Учебник предназначен для изучения профессионального модуля ПМ.02 «Сварка и резка деталей из различных сталей, цветных металлов и их сплавов, чугунов во всех пространственных положениях» (МДК.02.02).

Учебно-методические комплекты нового поколения включают в себя традиционные и инновационные учебные материалы, позволяющие обеспечить изучение общеобразовательных и общепрофессиональных дисциплин и профессиональных модулей. Каждый комплект содержит учебники и учебные пособия, средства обучения и контроля, необходимые для освоения общих и профессиональных компетенций, в том числе и с учетом требований работодателя.

Учебные издания дополняются электронными образовательными ресурсами. Электронные ресурсы содержат теоретические и практические модули с интерактивными упражнениями и тренажерами, мультимедийные объекты, ссылки на дополнительные материалы и ресурсы в Интернете. В них включен терминологический словарь и электронный журнал, в котором фиксируются основные параметры учебного процесса: время работы, результат выполнения контрольных и практических заданий. Электронные ресурсы легко встраиваются в учебный процесс и могут быть адаптированы к различным учебным программам.

Электронный образовательный ресурс «Сварка и резка деталей из различных сталей, цветных металлов и их сплавов, чугунов во всех пространственных положениях» (МДК.02.02) находится в стадии разработки.

Учебно-методический комплект разработан на основании Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования с учетом его профиля.

Предисловие

В течение последнего столетия сварка стала одним из наиболее распространенных технологических процессов. Трудно назвать какой-либо другой процесс, который развивался бы с такой же интенсивностью. Решение множества важнейших технических проблем современности неразрывно связано с необходимостью получения сварных соединений, способных работать в различных условиях, в том числе экстремальных.

Конечным продуктом сварочного производства являются сварные конструкции. Общие объемы производства сварных конструкций в мире составляют сотни миллионов тонн в год. Создание экономичных, надежных и долговечных сварных конструкций, работающих на земле и под водой при нормальных, высоких и криогенных температурах, в агрессивных средах и при интенсивном радиационном облучении, в различных экстремальных условиях эксплуатации, является важной научно-технической проблемой.

Сварка предоставляет широкие возможности для оптимизации конструктивных решений, снижения трудоемкости изготовления конструкций, использования рациональных типов конструктивных элементов, позволяющих существенно уменьшить металлоемкость. Сварку как один из видов получения неразъемных соединений широко применяют в различных отраслях техники.

За последние 20 лет разработаны и освоены новые, в том числе специальные, виды (методы) сварки, которые внесли коренные изменения в технологию изготовления машин, механизмов, приборов и сооружений. Поэтому есть основания полагать, что и в XXI в. технология сварочного производства будет интенсивно развиваться.

Сварка плавлением несомненно останется основным видом сварки, применяемым в различных областях техники, так как позволяет создавать конструкции, отличающиеся высокой технологичностью, обеспечивает короткие сроки изготовления, ремонта, восстановления и модернизации конструкций при большой экономии труда и металла.

Непрерывное совершенствование техники и технологии сварочного производства вызывает необходимость в систематическом улучшении профессиональной подготовки сварщиков и специалистов сварочного производства, повышении их производственной квалификации и уровня теоретических знаний.

В данном учебнике освещены основные вопросы, возникающие при выполнении соединений различными видами ручной дуговой сварки; приведены данные по технологии ручной дуговой сварки покрытыми электродами, ручной дуговой сварки в защитных газах и плазменной сварки; рассмотрены особенности сварки сталей различных классов, чугунов и цветных металлов; приведены характеристики оборудования для дуговой сварки и резки металлов.

СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ И ПЛАЗМЕННОЙ СВАРКОЙ

1.1. ВИДЫ СОЕДИНЕНИЙ

Сварным соединением называется неразъемное соединение, выполненное сваркой. Сварное соединение включает в себя сварной шов, зону термического влияния (ЗТВ) и примыкающие к ней участки основного металла.

Зона термического влияния при сварке — это участок основного металла, не подвергшийся расплавлению, но структура и свойства которого изменились в результате нагрева при сварке.

Сварные соединения (рис. 1.1) бывают следующих видов:

- стыковые;
- угловые;
- торцовые;
- нахлесточные;
- тавровые.

Стыковое соединение — это соединение двух элементов, примыкающих друг к другу торцевыми поверхностями (рис. 1.2).

Стыковое соединение без скоса свариваемых кромок применяют при соединении листов толщиной до 12 мм, при этом кромки листов срезают под прямым углом к плоскости. Листы толщиной до 4 мм сваривают односторонним швом; толщиной 2...12 мм — двухсторонним швом. Подготовка к сварке такого соединения несложна и недорога; она предусматривает только стыковку свариваемых кромок.

Двухсторонний сварной шов повышает прочность сварного соединения, однако приложение значительных долговременных нагрузок из-за наличия непроваренного участка в корне шва может привести к разрушению соединения. Полное проплавление при одностороннем сварном шве достигается при толщине металла до 4 мм. При сварке двухсторонним сварным швом полное проплавление обеспечивается при толщине металла до 8 мм.

В стыковых соединениях без скоса свариваемых кромок с зазором намного легче, чем в стыковых соединениях без зазора, обеспечить полный провар. Это позволяет производить сварку металла большей толщины. Следует отметить, что в случае получения непровара прочность стыкового соединения будет такой же, как и соединения без зазора. В случае приложения достаточной нагрузки эти сварные соединения будут иметь одинаковую вероятность разрушения. При сварке односторонним швом полное проплавление достигается при толщине металла менее 5 мм. При

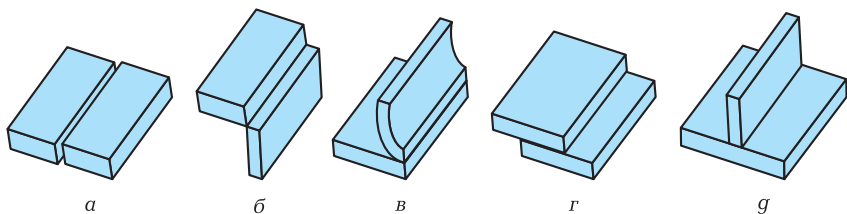


Рис. 1.1. Основные виды соединений:

a — стыковое; *б* — угловое; *в* — торцовое; *г* — нахлесточное; *д* — тавровое

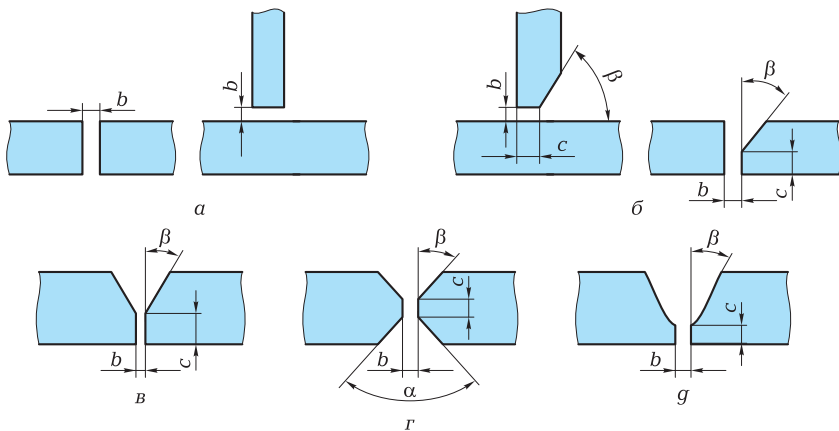


Рис. 1.2. Конструктивные элементы разделки кромок под сварку:

a — без разделки кромок; *б* — с разделкой кромок одной детали; *в* — V-образная разделка; *г* — X-образная разделка; *д* — U-образная разделка; *b* — зазор; *c* — притупление; β — угол скоса кромок; α — угол разделки кромок

сварке двухсторонним швом полное проплавление обеспечивается при толщине металла до 12 мм.

Стыковое соединение со скосом кромок — наиболее распространенное соединение. Оно намного превосходит по качеству шва стыковое соединение без скоса кромок и применяется для сварки ответственных конструкций. Стыковые соединения со скосом кромок позволяют сваривать металл толщиной 3...100 мм. Стоимость подготовки таких соединений и расход электродов при их сварке превышают аналогичные показатели для стыковых швов без скоса свариваемых кромок.

При сварке односторонним швом необходимо обеспечить гарантированный провар корня шва (рис. 1.3, *а*), в противном случае в условиях приложения значительной нагрузки может произойти разрушение соединения.

Двухсторонний сварной шов (рис. 1.3, *б*) может производиться только в тех случаях, когда имеется возможность доступа к обратной стороне шва: при этом гораздо легче обеспечить гарантированный провар на всю толщину сварного соединения. При использовании подкладок (рис. 1.3, *в*) появляется возможность повысить скорость сварки и применять электроды большего диаметра, особенно при выполнении первого или корневого прохода.

Стыковые соединения с двумя симметричными скосами кромок применяются для конструкций, работающих в исключительно тяжелых условиях эксплуатации. Они используются для получения сварных соединений металла толщиной 8...120 мм.

При выполнении стыкового соединения с двумя симметричными скосами кромок (рис. 1.4) необходимо обеспечить гарантированный провар корня шва. Для этого перед наложением второго шва нужно произвести зачистку корня первого шва.

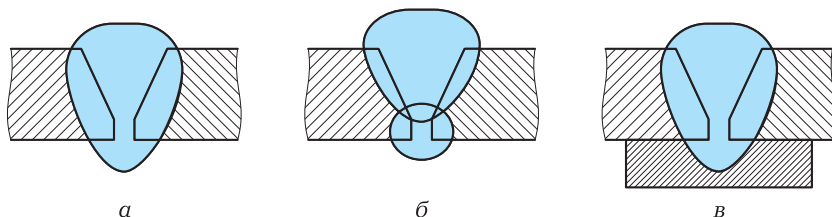
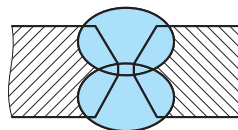


Рис. 1.3. Стыковое соединение со скосом кромок:

а — стыковое соединение с полным проваром; *б* — двухсторонний сварной шов; *в* — стыковое сварное соединение с полным проваром на подкладке

Рис. 1.4. Стыковое соединение с двумя симметричными скосами кромок



Сварка двухсторонним швом стыкового соединения с двумя симметричными скосами кромок позволяет достичь более равномерного распределения теплоты в соединении, что снижает концентрацию напряжений в свариваемом изделии.

Кроме того, такая разделка обеспечивает меньшую величину деформаций после сварки.

Стыковые соединения со скосом одной кромки (рис. 1.5, а—в) и двумя симметричными скосами одной кромки (рис. 1.5, г) могут применяться в конструкциях, силовые нагрузки на которые, а также толщина металла сходны с конструкциями, для которых используются стыковые соединения со скосом кромок.

Стыковое соединение с криволинейным скосом кромок применяется для особо ответственных конструкций, таких как нагреваемые сосуды высокого давления. Стоимость выполнения таких соединений выше, чем стоимость выполнения соединений со скосом кромок и соединений с двумя симметричными скосами кромок, однако для сварки соединений с криволинейным скосом кромок необходимо меньшее количество электродов и, соответственно, меньший расход электроэнергии. Стыковое соединение с криволинейным скосом кромок применяется для сварки металла толщиной 15...100 мм.

Полное сплавление корня шва легче обеспечить при сварке соединения с двух сторон (рис. 1.6, а) и при сварке соединения на подкладке (рис. 1.6, б), чем при сварке односторонним швом (рис. 1.6, в).

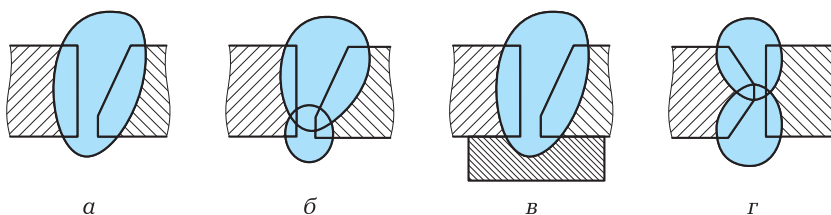


Рис. 1.5. Стыковое соединение со скосом одной кромки [а—в] и двумя симметричными скосами одной кромки [г]

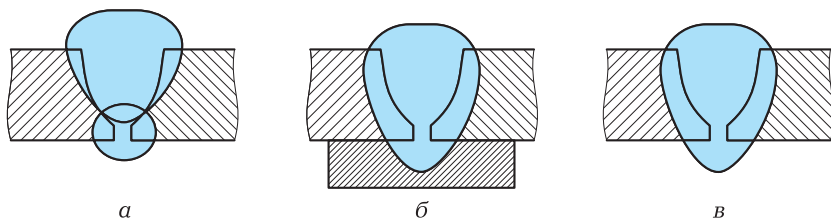


Рис. 1.6. Стыковое соединение с криволинейным скосом кромок:
а — двухсторонним сварным швом; *б* — с полным проваром на подкладке; *в* — с полным проваром

Для получения необходимых эксплуатационных свойств такого соединения необходимо гарантированное проплавление корня сварного шва.

Стыковое соединение с двумя симметричными криволинейными скосами кромок применяется для конструкций, в которых используется разделка с криволинейным скосом кромок; при этом сваривается металл большей толщины и сварка производится с двух сторон. Толщина свариваемого металла — от 30 до 175 мм. Внешний вид данного соединения показан на рис. 1.7.

Стыковые соединения с криволинейным скосом одной кромки (рис. 1.8, *а—в*) и *двумя симметричными криволинейными скосами одной кромки* (рис. 1.8, *г*) применяются в тех же случаях, что и стыковые соединения с двумя симметричными криволинейными скосами кромок, но в условиях приложения меньших нагрузок.

Угловое соединение — это сварное соединение двух элементов, расположенных под углом и сваренных в месте примыкания их краев (рис. 1.9).

Угловые соединения осуществляют, располагая свариваемые элементы под прямым или произвольным углом; сварка выполняется по кромкам этих элементов с одной или обеих сторон.

Угловые соединения применяют при сварке различных коробчатых изделий, резервуаров и емкостей.

Угловое соединение без скоса кромок с торцевым швом (рис. 1.10, *а*) обычно применяют для сварки тонкого металла. Более

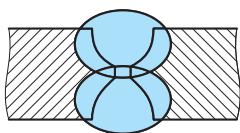


Рис. 1.7. Стыковое соединение с двумя симметричными криволинейными скосами кромок

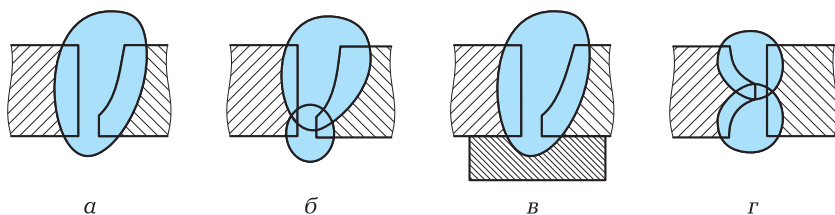


Рис. 1.8. Стыковое соединение с криволинейным скосом одной кромки (а–в) и двумя симметричными криволинейными скосами одной кромки (г)

толстые соединения могут выполняться таким способом только в том случае, если во время эксплуатации они не будут подвергаться значительным нагрузкам или изгибу в корневой части шва. Для получения данного типа соединения не требуется никакой подготовки кромок. Сборка таких соединений предельно проста.

Угловое соединение без скоса кромок с частичным перекрытием элементов (рис. 1.10, б) может применяться для металла толщиной до 30 мм.

Данное соединение образует разделку и позволяет обеспечить качественное проплавление в корне шва, а также хороший внешний вид сварного шва.

Угловое соединение без скоса кромок без взаимного перекрытия элементов (рис. 1.10, в) может быть использовано для сварки металла большой толщины. При односторонней сварке необходимо обеспечивать проплавление корня шва. При двухсторонней сварке такое соединение может выдержать значительные нагрузки, поскольку в нем равномерно распределены сварочные напряжения. Кромки торцов должны быть перпендикулярны после обрезки; для сборки необходимы соответствующие зажимы и кондукторы.

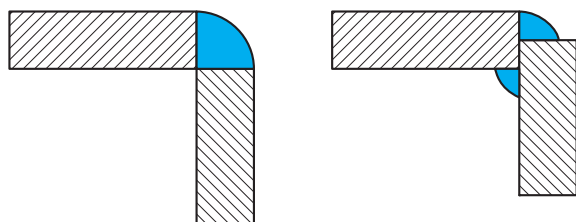


Рис. 1.9. Угловое соединение

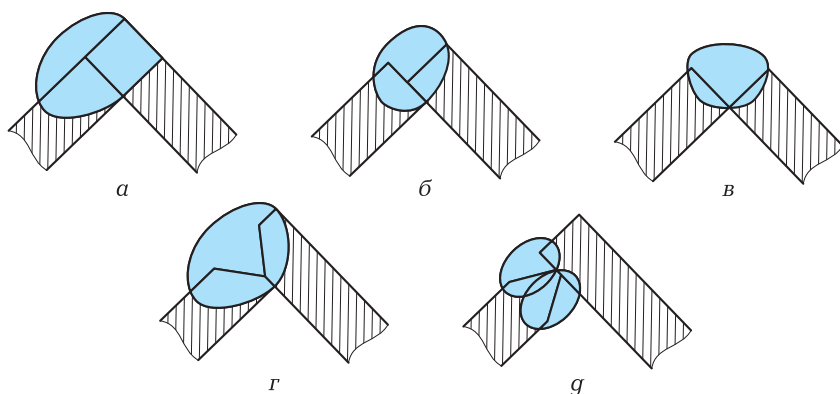


Рис. 1.10. Виды угловых соединений:

а — без скоса кромок с торцовым швом; *б* — без скоса кромок с частичным перекрытием элементов; *в* — без скоса кромок без взаимного перекрытия элементов; *г* — со скосом кромок; *д* — с двумя симметричными скосами одной кромки

Угловое соединение со скосом кромок (рис. 1.10, *г*) обладает большой прочностью и применяется для сварки металла толщиной 3...60 мм. При невозможности двухсторонней сварки следует обращать внимание на провар корня шва. Стоимость подготовки углового соединения со скосом кромок выше, чем без скоса кромок и без взаимного перекрытия.

Угловое соединение с двумя симметричными скосами одной кромки (рис. 1.10, *д*) применяют для конструкций, работающих в тяжелых условиях, при толщине металла 8...100 мм. Сварку выполняют с двух сторон; при этом необходимо обеспечивать хорошее проплавление в корне шва.

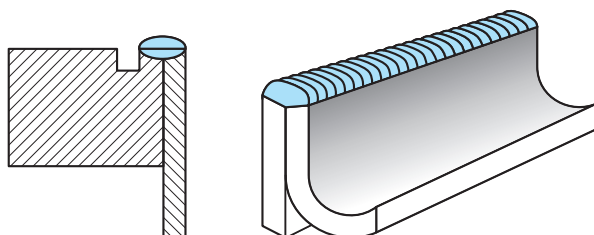


Рис. 1.11. Торцовое соединение

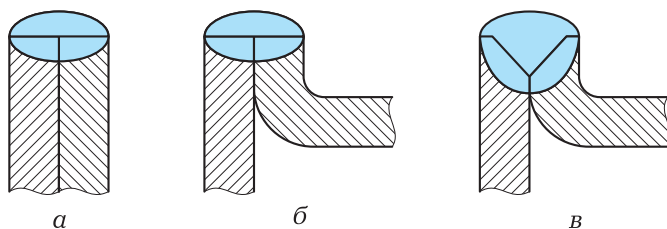


Рис. 1.12. Торцовые соединения:

а — обычное; *б* — с отгибом одной кромки; *в* — со скосом кромок

Торцовое соединение — это сварное соединение, в котором боковые поверхности сваренных элементов примыкают друг к другу (рис. 1.11).

Торцовые соединения не предназначены для нагруженных элементов конструкций и не должны использоваться в сварных изделиях, подвергаемых растяжению или изгибу в корневой части. Очень глубокое проплавление для данного соединения невозможно (рис. 1.12, *а*, *б*). Иногда для увеличения глубины проплавления применяют торцовые соединения со скосом кромок (рис. 1.12, *в*). Торцовые соединения обычно применяют для металлов толщиной до 6 мм.

Нахлесточное соединение — это сварное соединение, в котором сваренные элементы расположены параллельно и частично перекрывают друг друга (рис. 1.13).

При обычных работах применяют нахлесточное соединение с одним угловым швом (рис. 1.13, *а*), хотя оно менее прочно, чем нахлесточное соединение с двумя угловыми швами (рис. 1.13, *б*). В случае если корень соединения будет подвергаться изгибу, применять нахлесточное соединение с одним угловым

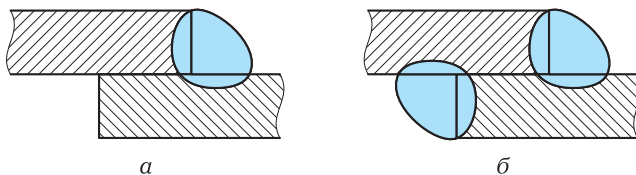


Рис. 1.13. Виды нахлесточных соединений:

а — с одним угловым швом; *б* — с двумя угловыми швами

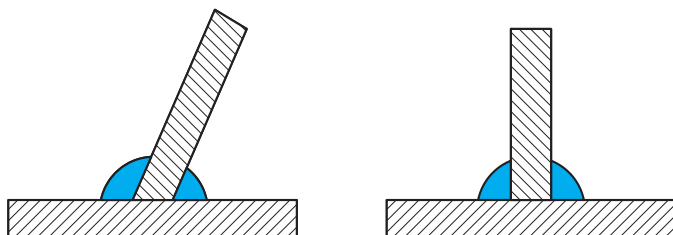


Рис. 1.14. Тавровые соединения

швом не рекомендуется. При сварке угловых швов нахлесточного соединения необходимо обеспечивать провар корня шва. Нахлесточные соединения применяются широко, но при больших нагрузках все же не могут конкурировать со стыковыми соединениями.

Тавровое соединение — это сварное соединение, в котором торец одного элемента примыкает под углом и приварен к боковой поверхности другого элемента (рис. 1.14).

Тавровые соединения без скоса кромок (рис. 1.15, а, б) могут применяться при сварке металла толщиной до 40 мм. Эти соединения не требуют какой-либо подготовки кромок, их сборка проста и экономична. Тавровое соединение с двухсторонним швом (рис. 1.15, в) способно противостоять значительным нагрузкам. Тавровые соединения с односторонним швом (см. рис. 1.15, а) плохо работают на изгиб относительно корня шва, поэтому применять их следует с осторожностью.

Тавровые соединения со скосом одной кромки обладают большей прочностью, чем тавровые соединения без скоса кромок. Тавровое соединение со скосом кромок используется для сварки металла толщиной 3...60 мм.

При невозможности двухсторонней сварки (см. рис. 1.15, в) следует обращать внимание на обеспечение полного провара в корневой части шва; в этом случае соединение сможет работать на изгиб. При наличии возможности проведения двухсторонней сварки (рис. 1.15, г) несущая способность соединения значительно увеличивается.

Тавровые соединения с двумя симметричными скосами одной кромки (рис. 1.15, г) применяются для конструкций, работающих в тяжелых условиях, для металла толщиной 8...100 мм. Сварка выполняется с двух сторон; необходимо обеспечивать хорошее проплавление в корне шва.

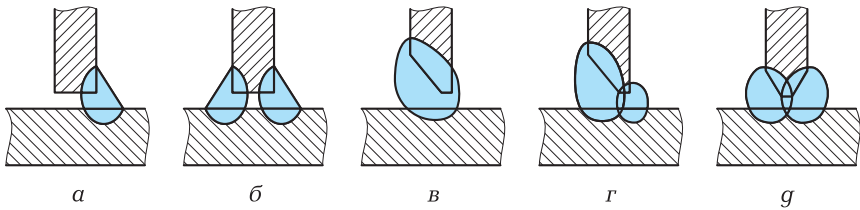


Рис. 1.15. Тавровые соединения без скоса кромок (а, б), со скосом одной кромки (в, г) и двумя симметричными скосами одной кромки (д)

Тавровые соединения с криволинейным скосом одной кромки используются в наиболее жестких условиях эксплуатации, при толщине металла 15...100 мм. При выполнении односторонней сварки следует обращать внимание на обеспечение полного провара в корневой части шва (рис. 1.16, а). При наличии возможности проведения двухсторонней сварки (рис. 1.16, б) эффективность работы соединения можно существенно повысить за счет наложения второго шва со стороны неразделанной кромки. В этом случае значительно уменьшится вероятность разрушения данного соединения в результате приложения нагрузки к нему в области корня шва.

Тавровые соединения с двумя симметричными криволинейными скосами одной кромки (рис. 1.16, в) могут выдерживать самые жесткие условия нагружения. Их применяют для металла толщиной 30...120 мм. Сварщику необходимо обеспечивать двухстороннюю сварку соединения. Для получения высоких прочностных характеристик в условиях значительных нагрузок необходимо наличие хорошего провара в корневой части шва и сплавления с поверхностью.

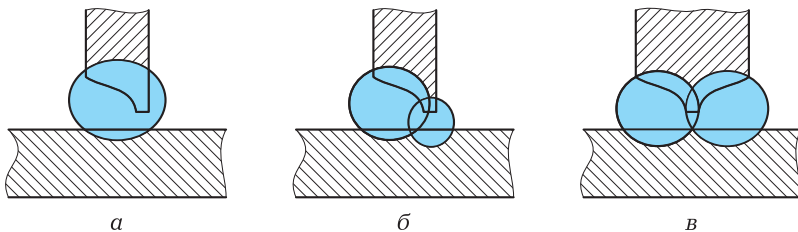


Рис. 1.16. Тавровые соединения с криволинейным скосом одной кромки (а, б) и двумя симметричными криволинейными скосами одной кромки (в)