

1.2. ТИПЫ СВАРНЫХ ШВОВ

Сварным швом называется участок сварного соединения, образовавшийся в результате кристаллизации расплавленного металла или пластической деформации при сварке давлением или сочетании кристаллизации и деформации. Сварные швы классифицируют по назначению, конструктивному признаку, протяженности, положению относительно действующей силы и положению в пространстве.

По **назначению** швы подразделяются на рабочие и связующие (конструктивные). Рабочие швы воспринимают расчетные усилия (их размеры определяются расчетом). Конструктивные (связующие) швы служат для соединения элементов, прикрепления конструктивных деталей, устранения зазоров и выполняются минимального сечения.

По **конструктивному признаку** швы подразделяются на стыковые, угловые, наплавочные и точечные.

Стыковой шов — это сварной шов стыкового соединения. Стыковые швы выполняются при соединении элементов, расположенных обычно в одной плоскости, путем заполнения присадочным материалом пространства между деталями. При сварке элементов небольшой толщины для полного провара достаточно оставить между кромками зазор, равный $1/3$ толщины металла, при этом стыковой шов может быть как на остающейся (рис. 1.17, а), так и на съемной (рис. 1.17, б) подкладке.

При большой толщине металла, чтобы достичь хорошего провара по всей глубине шва, необходимо специально обработать кромки свариваемых элементов — произвести разделку кромок. При этом шов может состоять из одного или нескольких валиков, наплавленных вразделку (рис. 1.18).

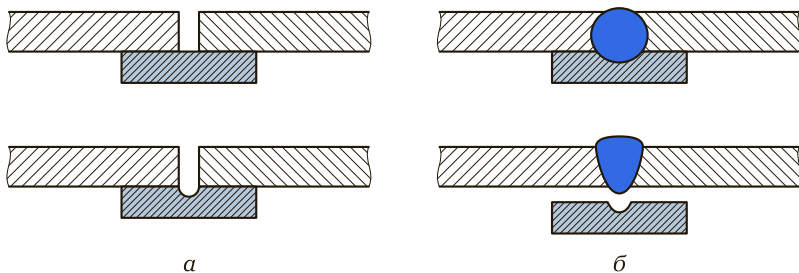


Рис. 1.17. Стыковой шов на остающейся [а] и съемной [б] подкладке

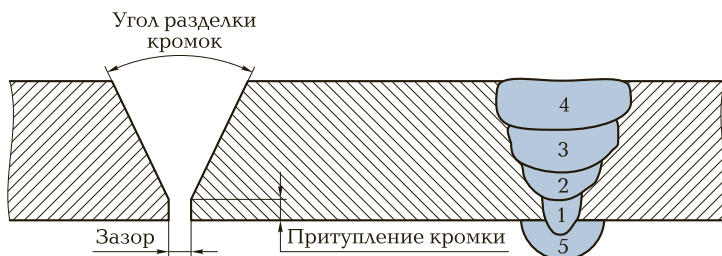


Рис. 1.18. Стыковой шов с разделкой кромок:

1 — корневой проход; 2—4 — заполняющие слои; 5 — подварочный шов

Валиком называется металл сварного шва, наплавленный или переплавленный за один проход. Первый валик (рис. 1.18), наплавленный вразделку, называется корневым проходом, или корневым швом. Последующие валики образуют заполняющие слои. При сварке двухсторонним швом меньшая часть двухстороннего шва, выполняемая предварительно для предотвращения прожогов при последующей сварке или накладываемая в последнюю очередь в корень шва, называется подварочным швом.

Стыковые швы должны иметь с обеих сторон выпуклость в виде наплывов, имеющих плавное очертание, и по возможности небольшую высоту. Выпуклость компенсирует неровность наружной поверхности шва и возможные ослабления (поры, шлаковые включения) внутренней части.

Стыковой шов является основным и наиболее экономичным сварным соединением. Он передает усилие равномерно по всему сечению с наименьшими местными напряжениями, что обуславливает его целесообразность при вибрационной и динамической нагрузках. Недостатками стыкового шва являются: производственные трудности в осуществлении равномерного зазора по всей длине соединяемых элементов; дополнительные расходы на обработку кромок; необходимость точной резки элементов.

Угловой шов — это сварной шов углового, нахлесточного или таврового соединения. Угловые швы накладываются в угол, образованный соединяемыми элементами, расположенными в разных плоскостях, и могут состоять из одного или нескольких валиков (рис. 1.19).

Нормальный угловой шов имеет вид равнобедренного треугольника с небольшой выпуклостью. В соединениях, восприни-

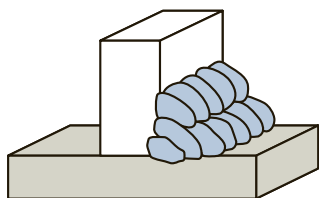


Рис. 1.19. Угловой шов, образованный несколькими валиками

обладающих динамическими усилиями, угловые швы должны иметь вогнутую поверхность. Стандартом допускаются выпуклость и вогнутость углового шва до 30 % от размера его катета; при этом вогнутость не должна приводить к уменьшению значения катета K_n (размер катета углового шва, установленный при проектировании). Проектной величиной катета K_n является катет наибольшего прямоугольного треугольника, вписанного во внешнюю часть углового шва (рис. 1.20). При симметричном шве за катет K_n принимается любой из равных катетов, при несимметричном шве — меньший.

Точечный шов — это сварной шов, в котором связь между сваренными частями осуществляется сварными точками. Сварная точка — это элемент точечного шва, представляющий собой в плане круг или эллипс.

Точечные швы применяются для сварки нахлесточных соединений с отверстием в верхнем элементе (рис. 1.21). Отверстие может быть с вертикальными стенками или иметь скос кромки. Данный тип сварных швов не получил широкого распространения.

По **протяженности** сварные швы подразделяются на непрерывные, прерывистые и прихватки.

Непрерывный шов — это сварной шов без промежутков по длине. Непрерывный шов проходит по всей длине соединения (от одного конца к другому). В конструкциях, предназначенных обес-

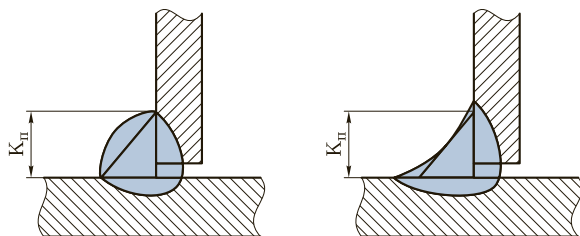
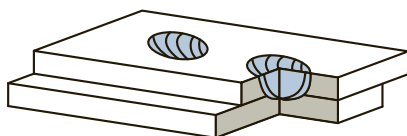


Рис. 1.20. Проектная величина катета K_n угловых швов

Рис. 1.21. Точечный шов нахлесточного соединения



печивать максимальную прочность и герметичность, все швы следует выполнять непрерывными.

Прерывистый шов — это сварной шов с промежутками по длине (рис. 1.22). Прерывистые швы не применяют в тех случаях, когда от конструкции требуется максимальная прочность или герметичность, однако в неответственных конструкциях (сварка ограждений, настила и т.п.) использование прерывистых швов может дать ощутимый экономический эффект, а стоимость сварочных работ может быть значительно снижена.

Прерывистый шов обычно применяется для сварки нахлесточных и тавровых соединений. Иногда прерывистые швы используются для стыковых соединений без разделки кромок и практически никогда не применяются для стыковых соединений с разделкой кромок. Разновидностями прерывистых швов являются цепной прерывистый шов и шахматный прерывистый шов.

Цепной прерывистый шов — это двухсторонний прерывистый шов, у которого промежутки расположены по обеим сторонам стенки, один напротив другого (рис. 1.23, а).

Шахматный прерывистый шов — это двухсторонний прерывистый шов, у которого промежутки на одной стороне расположены напротив сваренных участков шва с другой ее стороны (рис. 1.23, б).

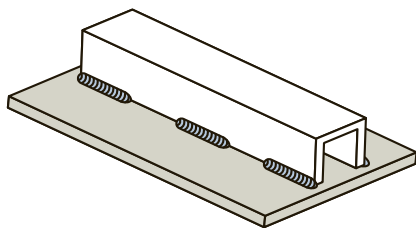


Рис. 1.22. Прерывистый шов

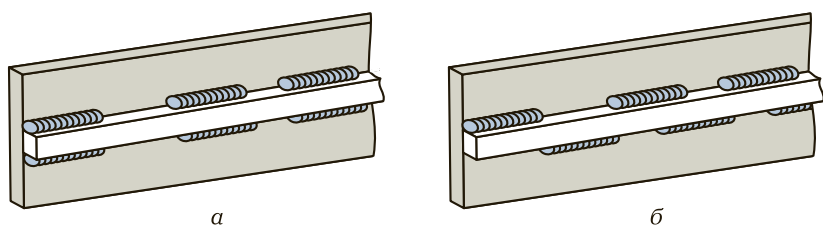


Рис. 1.23. Цепной прерывистый (а) и шахматный прерывистый (б) швы

Прихватка — это короткий сварной шов для фиксации взаимного расположения подлежащих сварке деталей. В процессе сборки возникает необходимость присоединения какого-то элемента к основной конструкции перед его сваркой. Это обеспечивается путем наложения серии коротких швов, расположенных друг от друга на некотором расстоянии.

Прихватки должны быть достаточно прочными, для того чтобы удерживать элемент в нужном положении и не разрушиться под действием деформаций, возникающих при сварке. Количество и сечение прихваток определяются толщиной свариваемого металла, протяженностью шва, нагрузкой от холодной обработки, которую придется выдержать прихваткам, а также от применяемой технологии сварки. Прихватки должны иметь хорошее проплавление в корневой части шва, хорошее сплавление с кромками, ровную и плоскую поверхность, не должны иметь выпуклостей и бугристостей на наружной поверхности. Прихватки рекомендуется выполнять с повышенным тепловложением.

По положению относительно действующей силы сварные швы подразделяются на фланговые, лобовые и косые (рис. 1.24).

Лобовой стыковой шов передает приложенное усилие P равномерно по всему сечению с наименьшими местными напряжениями. Прочность соединения не зависит от типа разделки кромок свариваемых элементов и при правильном производстве работ практически одинакова.

При превышении допустимых пределов нагрузки разрушение стыкового соединения может произойти как по шву, так и по основному металлу, поскольку наплавленный металл может не уступать по прочности основному.

Лобовой двухсторонний угловой шов нахлесточного соединения в большинстве случаев имеет неравномерное распределение нагрузки.

Наибольшее срезающее напряжение как лобовых, так и фланговых швов приходится на минимальное сечение шва, проходящее по биссектрисе угла шва; по этому сечению обычно и происходит разрушение угловых швов. При расчетах на срез по опасному сечению толщину углового шва принимают равной $0,7K$, где K — катет углового шва.

Статическая прочность фланговых швов несколько меньше, чем лобовых. Пластические свойства фланговых швов незначительны, и после появления у начала шва первой трещины разрушение происходит достаточно быстро.

При соединении лобовыми швами необходимо стремиться к осуществлению двухсторонней заварки. Нахлесточное соединение с односторонним швом имеет пониженную прочность вследствие большого влияния эксцентриситета.

При выполнении нахлесточных соединений только фланговыми швами необходимо, чтобы длина шва была больше ширины детали. При невозможности выполнения этого условия производят обварку по контуру как лобовыми, так и фланговыми швами. Обварка по контуру повышает прочность соединения по сравнению с лобовыми или фланговыми швами, но пересечение лобовых и фланговых швов — понижает. В углах швов создается по-

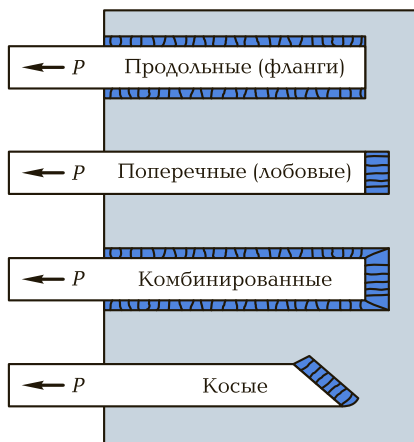


Рис. 1.24. Типы сварных швов по отношению к направлению действующих на них усилий

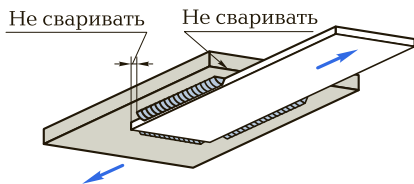


Рис. 1.25. Обварка детали по контуру

вышенная концентрация напряжений, поэтому при обварке по контуру их желательно не обваривать (рис. 1.25).

В конструкциях, работающих под регулярным воздействием подвижных или вибрационных нагрузок, лобовые швы должны быть пологими, а фланговые — вогнутыми.

По **положению в пространстве** различают следующие типы сварочных швов (рис. 1.26): нижнее стыковое и «в лодочку»; нижнее тавровое; горизонтальное; потолочное стыковое; потолочное тавровое; вертикальное снизу вверх; вертикальное сверху вниз; наклонное под углом 45° .

Равновесие сварочной ванны в различных пространственных положениях определяется в основном действием трех сил: давления дуги, поверхностного натяжения жидкого металла сварочной ванны и силы тяжести сварочной ванны.

Нижнее положение сварки — положение, когда плоскость, в которой расположен шов сварного соединения, находится под

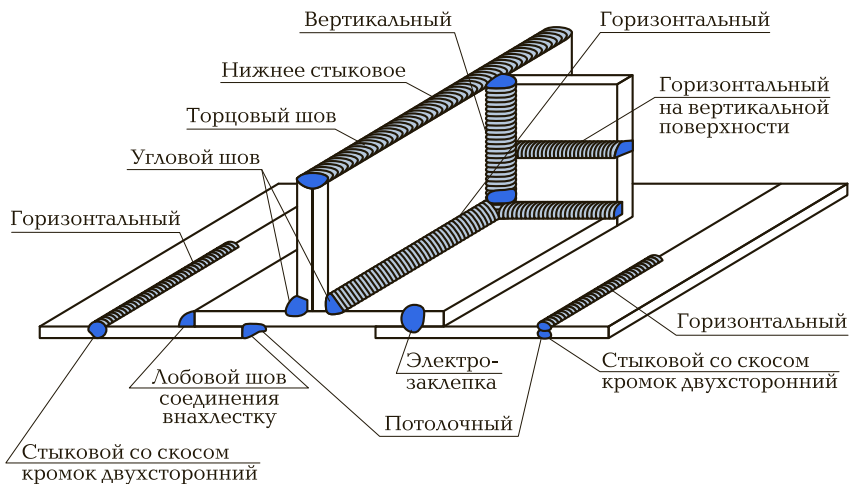


Рис. 1.26. Положение в пространстве различных видов сварочных швов

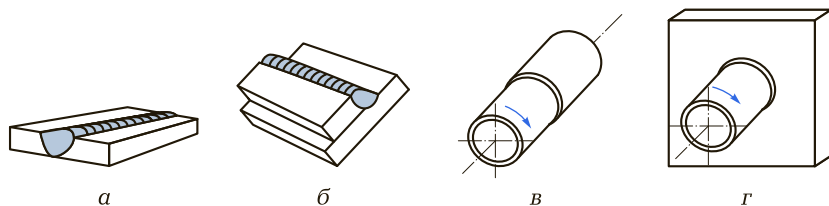


Рис. 1.27. Положение при сварке стыковых и тавровых швов:

а — нижнее стыковое; *б* — «в лодочку»; *в, г* — нижнее при горизонтальном расположении осей труб, свариваемых с поворотом

углом от 0 до 10° по отношению к горизонтальной плоскости (рис. 1.27, 1.28).

При сварке в нижнем положении поверхность сварочной ванны занимает горизонтальное положение, что создает наиболее благоприятные условия для формирования шва, так как жидкий металл удерживается на свариваемой поверхности под действием силы поверхностного натяжения.

Горизонтальное положение сварки — положение, при котором шов сварного соединения расположен на вертикальной поверхности и находится под углом от 0 до 10° по отношению к горизонтальной плоскости (рис. 1.29).

Вертикальное положение сварки — положение, при котором шов сварного соединения находится на вертикальной плоскости под углом $(90 \pm 10)^\circ$ по отношению к горизонтальной плоскости.

Сварка «на подъем» — это сварка плавлением в наклонном положении, при котором сварочная ванна перемещается снизу вверх.

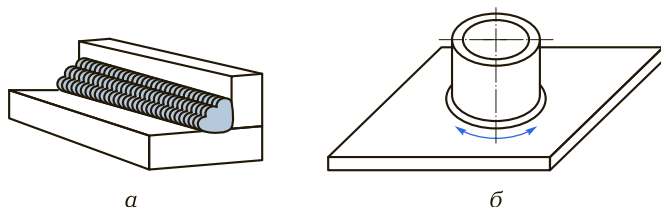


Рис. 1.28. Положение при сварке тавровых швов:

а — нижнее тавровое; *б* — нижнее при вертикальном расположении оси трубы, привариваемой без поворота или с поворотом

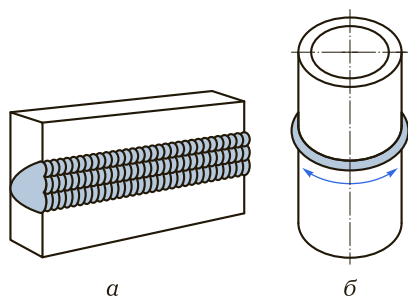


Рис. 1.29. Положение при сварке стыковых швов:

a — горизонтальное; *б* — горизонтальное при вертикальном расположении осей труб, свариваемых без поворота или с поворотом

Сварка «на спуск» — это сварка плавлением в наклонном положении, при котором сварочная ванна перемещается сверху вниз.

Сварка в вертикальном положении сверху вниз и «на спуск» характеризуется тем, что направление силы тяжести жидкого металла и направление сварки совпадают. Металл сварочной ванны подтекает под столб дуги, что уменьшает глубину проплавления. При сварке в вертикальном положении снизу вверх и «на подъем» направление силы тяжести жидкого металла противоположно направлению сварки; металл сварочной ванны вытекает из-под столба дуги, увеличивая при этом глубину проплавления.

Наклонное положение сварки — положение, при котором плоскость, на которой располагается сварной шов, находится под углом $(45 \pm 10)^\circ$ по отношению к горизонтальной плоскости.

Потолочное положение сварки — такое пространственное положение при сварке, при котором сварка выполняется снизу соединения. При потолочном положении сварки поверхность сварочной ванны занимает горизонтальное положение и металл ванны удерживается силами поверхностного натяжения и давления дуги.

Сварка в нижнем положении наиболее удобна и обеспечивает повышение скорости сварки, возможность применения электродов большего диаметра, обеспечивает лучшее качество шва и внешний вид сварных швов, поэтому при проектировании необходимо предусматривать возможность сварки наибольшего количества нижних швов.

Потолочные швы расположены в горизонтальной плоскости, но накладываются снизу. Такая сварка наиболее трудна и может

осуществляться только высококвалифицированными сварщиками, поэтому при проектировании ее по возможности следует избегать.

Сварка в вертикальном и потолочном пространственных положениях используется главным образом на тех предприятиях, где продукция крупногабаритная и не подлежит повороту.

1.3. ПАРАМЕТРЫ СВАРНЫХ ШВОВ

Конструктивные элементы и размеры сварных соединений зависят от типа соединения, толщины свариваемого металла, способа и режима сварки.

Стыковой сварной шов с разделкой кромок характеризуется формой разделки. На тех участках, где стыкуемые кромки имеют разную толщину, толщиной сварного шва будет меньшая из толщин. Наплавленный металл, выступающий над поверхностью свариваемых деталей, называется *выпуклостью шва*.

Выпуклость сварного шва определяется расстоянием между плоскостью, проходящей через видимые линии границы сварного шва с основным металлом, и поверхностью сварного шва, измеренным в месте наибольшей выпуклости (рис. 1.30). Избыточная выпуклость является фактором, уменьшающим эксплуатационную прочность сварного шва.

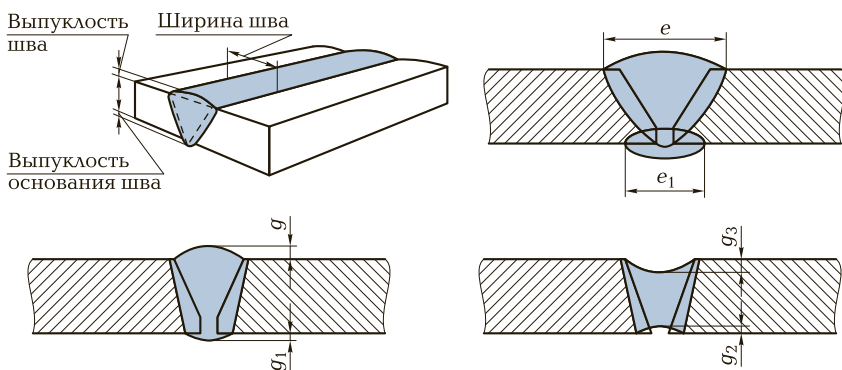


Рис. 1.30. Конструктивные элементы стыкового сварного шва:

e, e_1 — ширина шва; g, g_1 — выпуклость шва; g_2, g_3 — вогнутость шва

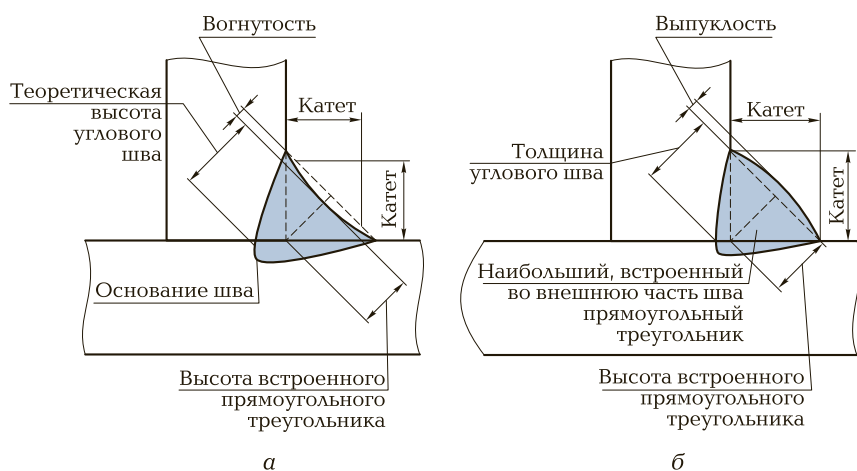


Рис. 1.31. Конструктивные элементы вогнутого (а) и выпуклого (б) угловых швов

Вогнутость углового и стыкового сварного шва или корня шва стыкового соединения приведет к уменьшению высоты шва и получению шва с уменьшенным сечением. Вогнутость сварного шва определяется расстоянием между плоскостью, проходящей через видимые линии границы шва с основным металлом, и поверхностью шва, измеренным в месте наибольшей вогнутости (рис. 1.31).

Ширина стыкового сварного шва не должна превышать допустимые пределы, указанные в соответствующих ГОСТах. Ориентировочно принимают ширину шва на 6 мм шире разделки с лицевой стороны соединения.

Размеры угловых швов обычно задаются через катет углового шва. *Катет углового шва* — это кратчайшее расстояние от поверхности одной из свариваемых частей до границы углового шва на поверхности второй свариваемой части (см. рис. 1.31).

При сварке с глубоким проплавлением размер угловых швов определяют через расчетную величину углового шва. *Расчетная высота углового шва* — это длина перпендикуляра, опущенного из точки максимального проплавления в месте сопряжения свариваемых частей на гипотенузу наибольшего вписанного во внешнюю часть углового шва прямоугольного треугольника (см. рис. 1.31).

В некоторых случаях за основу параметров углового шва принимают толщину углового шва. *Толщина углового шва* — это наибольшее расстояние от поверхности углового шва до точки максимального проплавления основного металла (рис. 1.32).

В стыковых соединениях основными критериями являются высота шва и провар. *Провар* — это сплошная металлическая связь между свариваемыми поверхностями основного металла, слоями и валиками сварного шва. *Корень шва* — это часть сварного шва, наиболее удаленная от его лицевой поверхности.

При больших толщинах свариваемого металла для улучшения провара применяют скос кромок. *Скос кромки* — это прямолинейный наклонный срез кромки, подлежащей сварке (рис. 1.33). Наклон среза кромки определяется углом скоса кромки. *Угол скоса кромки* — это острый угол между плоскостью скоса кромки и плоскостью торца.

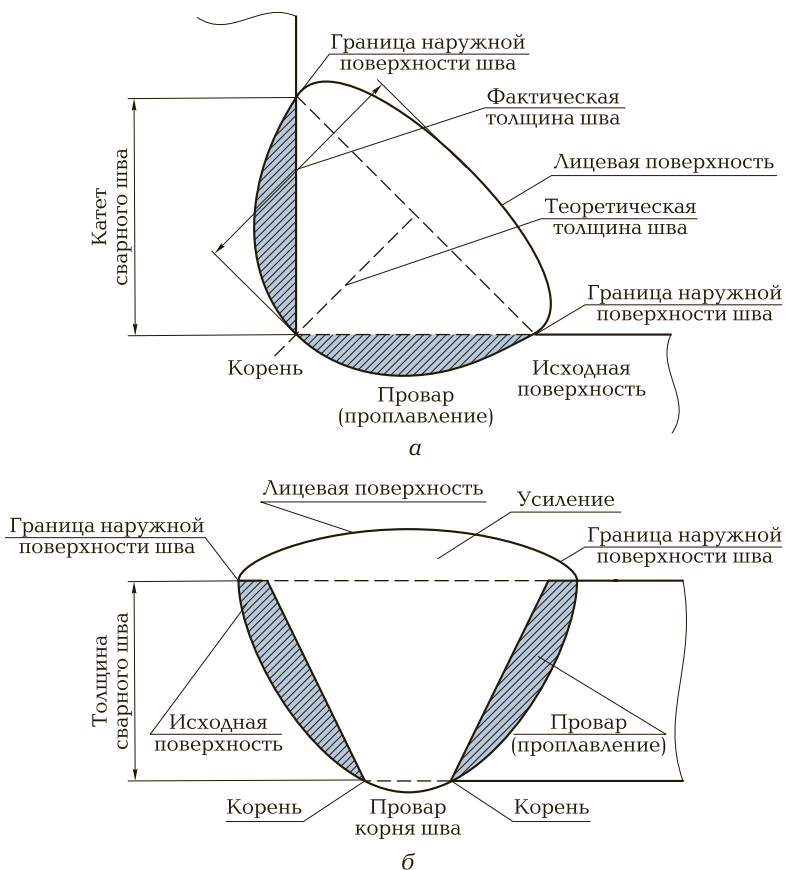


Рис. 1.32. Конструктивные элементы углового (а) и стыкового (б) сварных швов

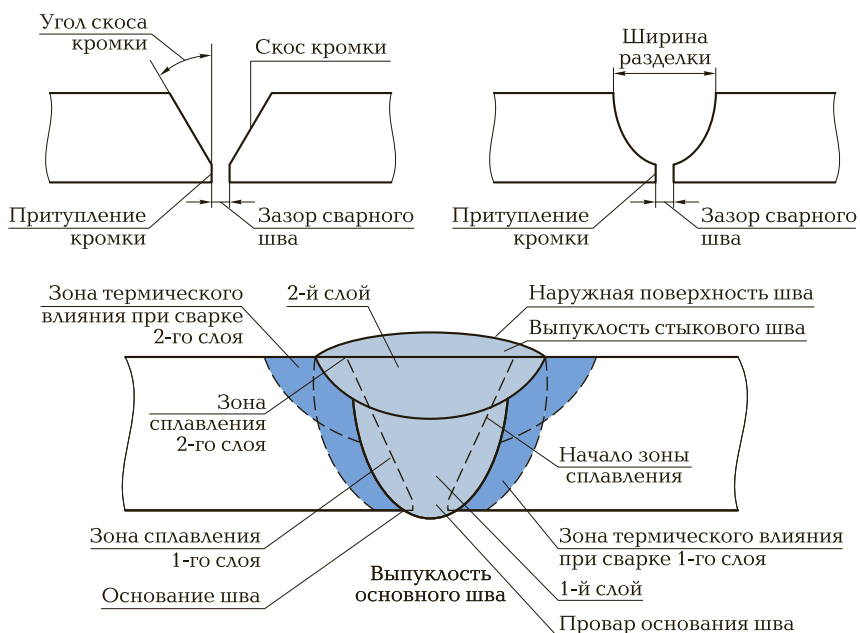


Рис. 1.33. Конструктивные элементы стыкового шва

Для уменьшения вероятности прожога корня шва применяют разделку с притуплением кромки. *Притупление кромки* — это нескошенная часть торца кромки, подлежащей сварке.

Для улучшения провара корня шва сборку свариваемых деталей производят с зазором.

Зазор — это кратчайшее расстояние между кромками собранных для сварки деталей.

1.4. УСЛОВНЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ ШВОВ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

ЕСКД ГОСТ 2.312—72 устанавливает условные изображения и обозначения швов сварных соединений в конструкторских документах изделий всех отраслей промышленности, а также в строительной документации, в которой не использованы изображения и обозначения, применяемые в строительстве.

По ГОСТ 2.312—72 швы сварных соединений независимо от способа сварки условно изображают следующим образом:

- видимый шов — сплошной основной линией;
- невидимый шов — штриховой линией;
- видимую одиночную сварную точку независимо от способа сварки — знаком «+», который выполняют сплошными линиями;
- невидимые одиночные точки — не изображают.

От изображения шва или одиночной точки проводят линию-выноску, заканчивающуюся односторонней стрелкой. Линию-выноску обычно проводится от видимого шва, при необходимости — от невидимой стороны шва.

На изображении сечения многопроходного шва контуры отдельных проходов обозначают прописными буквами русского алфавита. Шов, размеры конструктивных элементов которого стандартами не установлены (нестандартный шов), изображают с указанием размеров конструктивных элементов, необходимых для выполнения шва по данному чертежу. Границы шва на чертежах изображают сплошными основными линиями, а конструктивные элементы кромок в границах шва — сплошными тонкими линиями.

Условное обозначение шва наносят:

- на полке линии-выноски, проведенной от изображения шва с лицевой стороны;
- под полкой линии-выноски, проведенной от изображения шва с оборотной стороны.

Обозначение шероховатости механически обработанной поверхности шва наносят на полке или под полкой линии-выноски после условного обозначения шва, указывают в таблице швов или приводят в технических требованиях чертежа (например: «Параметр шероховатости поверхности сварных швов...»). Если для шва сварного соединения установлен контрольный комплекс или категория контроля шва, то их обозначение обычно помещают под линией-выноской.

При наличии на чертеже одинаковых швов обозначение может быть нанесено у одного из изображений. От изображений остальных одинаковых швов проводят линии-выноски с полками. Всем одинаковым швам присваивают одинаковый номер, который наносят:

- на линии-выноске, имеющей полку с нанесенным обозначением шва;

- на полке линии-выноски, проведенной от изображения шва, не имеющего обозначения, с лицевой стороны;
- под полкой линии-выноски, проведенной от изображения шва, не имеющего обозначения, с оборотной стороны.

Количество одинаковых швов может быть указано на линии-выноске, имеющей полку с нанесенным обозначением шва. Швы считаются одинаковыми, если:

- одинаковы их типы и размеры конструктивных элементов в поперечном сечении;
- к ним предъявляются одни и те же требования.

Если все швы на чертеже одинаковы и изображены с одной стороны (лицевой или обратной), то нумерация одинаковых швов может отсутствовать. При этом швы, не имеющие обозначений, отмечают линиями-выносками без полок.

Структура условного обозначения стандартного шва или стандартной одиночной сварной точки приведена на рис. 1.34, нестандартного шва или нестандартной одиночной сварной точки — на рис.1.35.

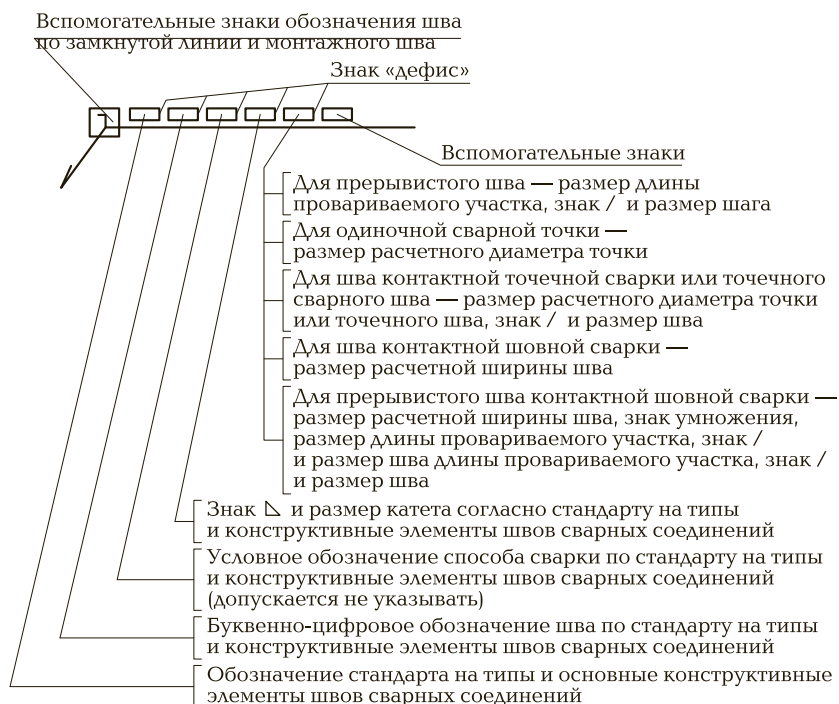


Рис. 1.34. Структура условного обозначения стандартного шва

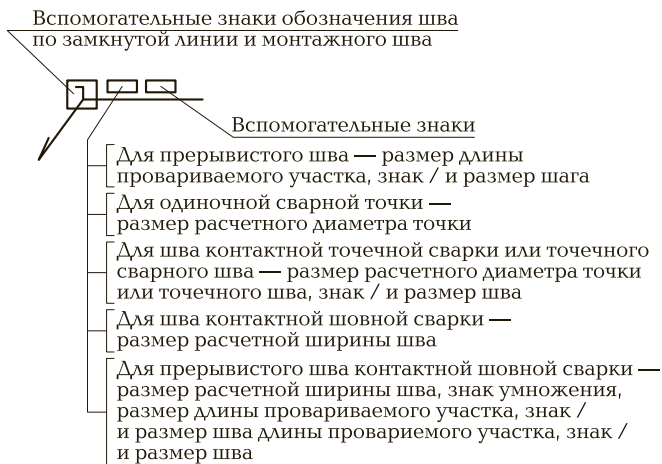


Рис. 1.35. Структура условного обозначения нестандартного шва или одиночной сварной точки