

Соединения сварные применяемые при изготовлении металлоконструкций

ГОСТ 14771-76, ГОСТ 5264-80



Определение понятий: сварное соединение, сварной шов, кромки.

Техника выполнения сварных швов в зависимости от типа соединения

Термины и определения ГОСТ 2601-84

Сварным соединением - называют неразъемное соединение двух и более элементов (деталей), выполненное с помощью сварки.

В сварное соединение входят:

- 1. сварной шов*
- 2. прилегающая к шву зона основного металла со структурными и другими изменениями (в зоне **термического** воздействия)*
- 3. примыкающие к **ЗТВ** участки основного металла*

Сварной конструкцией - называется металлическая конструкция, изготовленная из отдельных деталей или узлов с помощью сварки.

Сварной шов - представляет собой участок сварного соединения, образовавшийся в результате **кристаллизации** расплавленного металла.

Металл шва - сплав, образованный переплавленным основным или основным и наплавленным металлами.

Валик - металл сварного шва, наплавленный или переплавленный за один проход.

Слой сварного шва - часть металла сварного шва, которая состоит из одного или нескольких валиков, располагающихся на одном уровне поперечного сечения шва.

Сварной узел - представляет собой часть сварной конструкции, в которой сварены примыкающие друг к другу элементы.

Основной металл - металл деталей, подлежащий соединению сваркой.

Присадочный металл - металл, подаваемый в зону дуги дополнительно к расплавленному основному металлу.

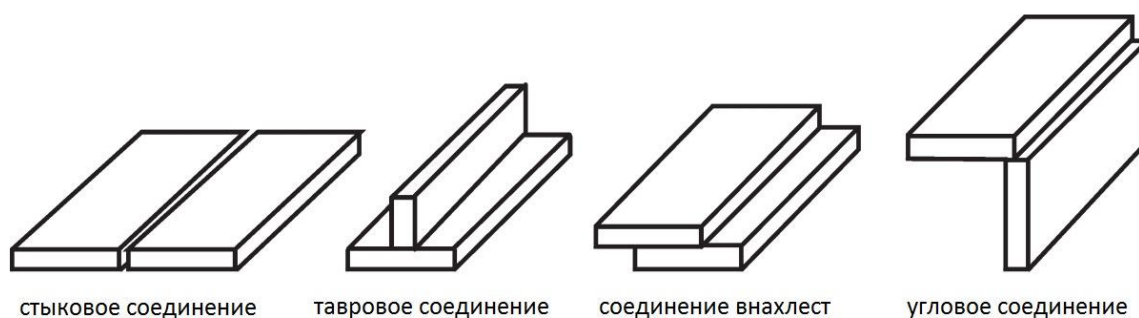
Наплавленный металл - переплавленный присадочный металл, введенный в сварочную ванну или наплавленный на основной металл.

Работоспособность сварного изделия определяется:

- 1. типом сварного соединения*
- 2. формой и размерами сварных соединений и швов*
- 3. расположением относительно действующих сил*

4. плавностью перехода от сварного шва к основному металлу

При выборе **типа сварного соединения** -

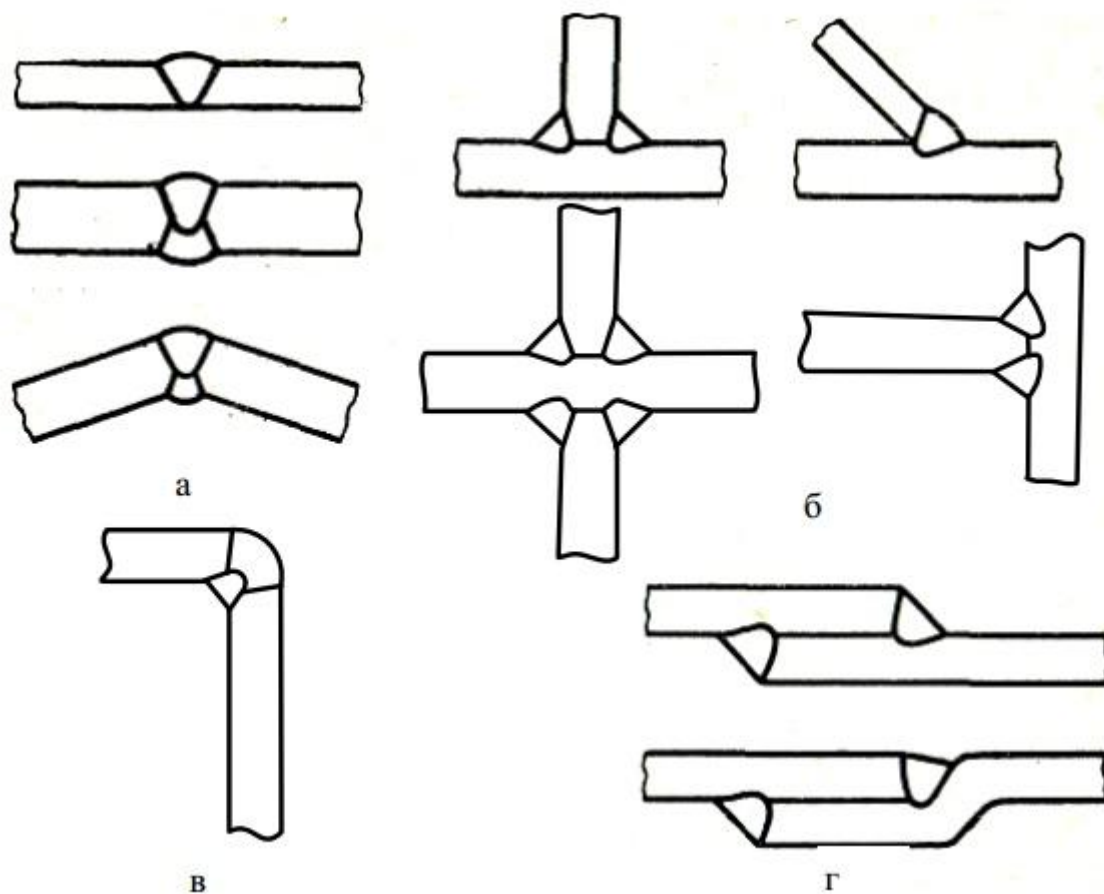


- учитывают: **условия эксплуатации** (*статические или динамические нагрузки*), **способ и условия изготовления** сварной конструкции (*ручная сварка, автоматическая в заводских или монтажных условиях*), экономию основного металла, электродов и др.

Типы сварных соединений

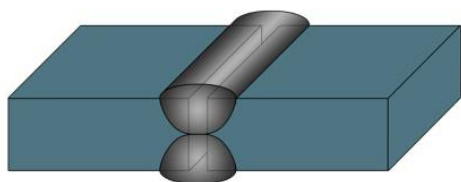
По форме сопряжения соединяемых деталей (элементов) различают следующие типы сварных соединений:

1. *стыковые*
2. *угловые*
3. *тавровые*
4. *нахлесточные*

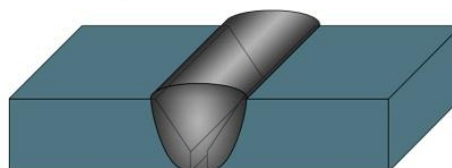


Стыковые сварные соединения – свариваемые элементы располагаются в одной плоскости или на одной поверхности. Обозначаются С1, С2, С3, С4, и т.д. до 32-х видов.

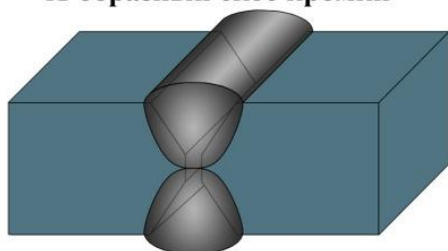
без скоса кромки



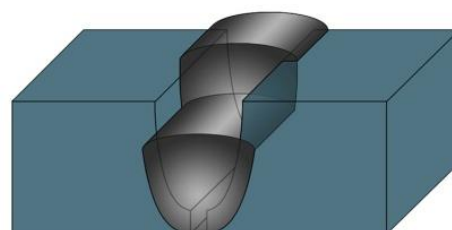
V-образный скос кромки



X-образный скос кромки



криволинейный скос кромки



Стыковое соединение наиболее распространено в сварных конструкциях, поскольку имеет ряд преимуществ перед другими видами соединений, применяют в широком диапазоне толщины свариваемых деталей. Обеспечивает наиболее высокие механические свойства сварной конструкции, поэтому широко используется для ответственных конструкций.

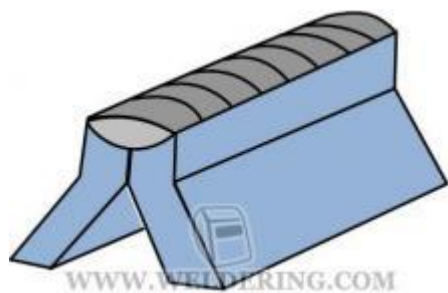
При стыковом соединении на образование шва расходуется меньше присадочного материала, легко и удобно контролировать качество.

В **стыковом** (С) сварном соединении поверхности свариваемых элементов располагаются в одной плоскости или на одной поверхности, а сварка выполняется по смежным торцам



Торцовое (С) соединение сваривается по торцам соединяемых деталей, боковые поверхности которых примыкают друг к другу.

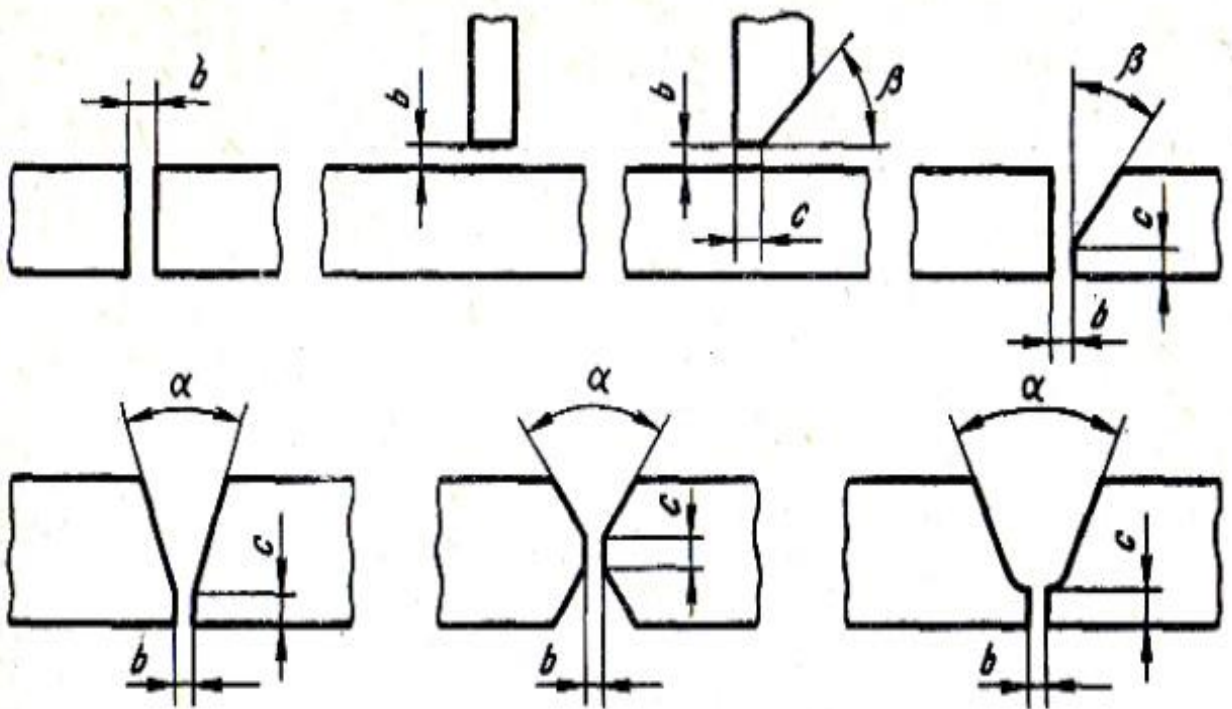
Такие соединения используют, как правило, при сварке тонких деталей во избежание прожога.



Стыковые швы, как правило, выполняют непрерывными, и характеризуются формой разделки кромок соединяемых деталей в поперечном сечении.

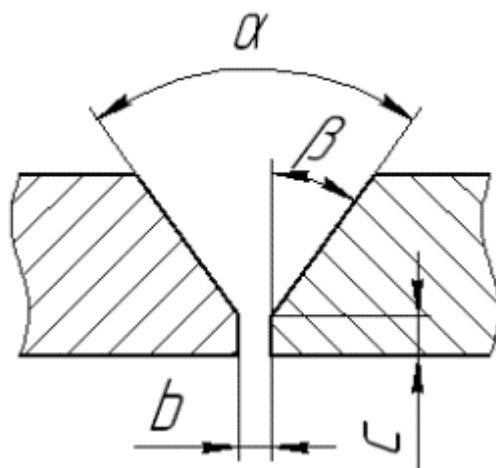
По этому признаку различают следующие основные **типы** **стыковых швов**:

1. с отбортовкой кромок
2. без разделки кромок - односторонние и двусторонние
3. с разделкой одной кромки - односторонней, двусторонней
4. с прямолинейной или криволинейной формой разделки
5. с односторонней разделкой двух кромок
6. с V-образной разделкой
7. с двусторонней разделкой двух кромок
8. X-образной разделкой. (разделка может быть образована прямыми линиями (скос кромок) либо иметь криволинейную форму)
9. U-образная разделка.



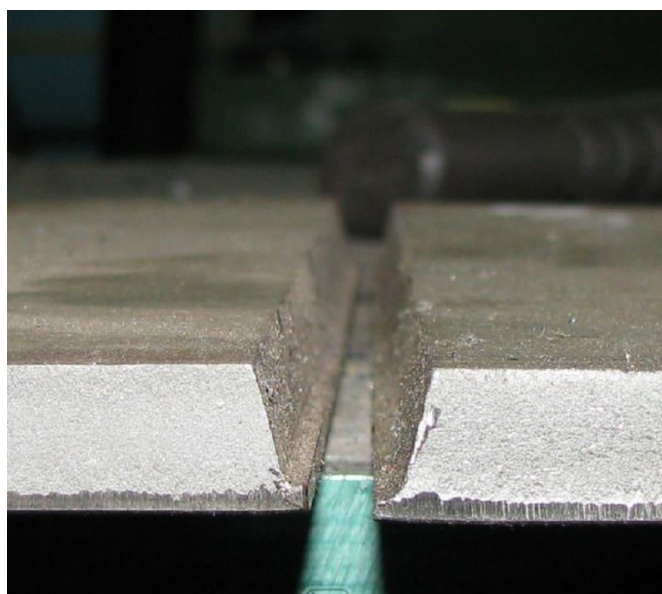
Форму разделки кромок и их сборку под сварку характеризуют четыре основных конструктивных элемента:

1. зазор
2. притупление
3. угол скоса кромки
4. угол разделки кромок



Существующие способы дуговой сварки без разделки кромок, позволяют сваривать металл ограниченной толщины (при односторонней сварке) ручной - до 4 мм, механизированной под флюсом - до 18 мм.

При сварке металла большой толщины необходимо разделять кромки. Угол скоса кромки обеспечивает определенную величину угла разделки кромок, что необходимо для доступа дуги вглубь соединения и полного проплавления кромок на всю их толщину.



Тип разделки и величина угла разделки кромок определяют количество необходимого дополнительного металла для заполнения разделки, а значит, производительность сварки.

например, X-образная разделка кромок по сравнению с V-образной позволяет уменьшить объем наплавленного металла

Для всех типов швов важны **полный провар кромок** соединяемых элементов и **внешняя форма шва** как с лицевой стороны (усиление шва), так и с обратной стороны, т. е. форма обратного валика.



В стыковых и особенно односторонних швах трудно проваривать кромки притупления на всю их толщину без специальных приемов, предупреждающих прожог и обеспечивающих хорошее формирование обратного валика.

Обратным валиком называют хорошо сформированный валик корневого шва с противоположной стороны ведения сварки

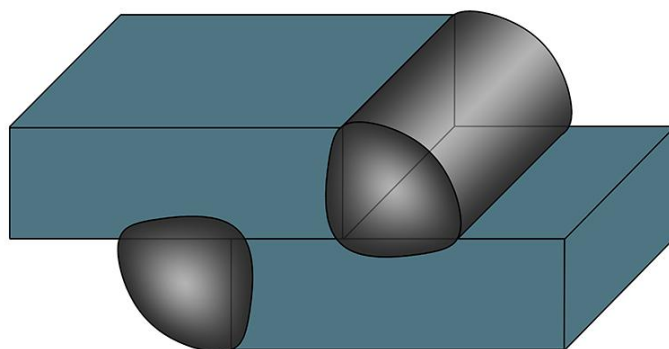


На формирование обратного валика влияют: сила тяжести расплавленного металла сварочной ванны, величина притупления кромок и зазор между ними, угол разделки кромок, режим сварки - давление сварочной дуги, и, главным образом, величина сварочного тока.

*Опасным местом в сварном соединении является **непровар** кромок в корне шва. Поэтому для получения хорошо сформированного обратного валика в*

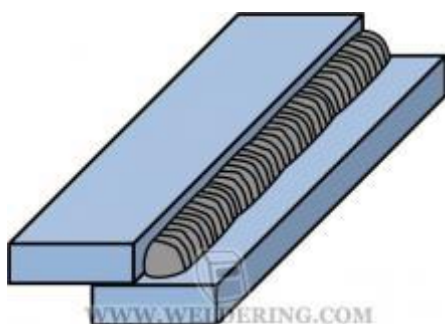
корне шва применяют следующие приемы: подводят под расплавленный металл сварочной ванны избыточное давление газа - сварка с поддувом, и так же наносят на свариваемые кромки с противоположной стороны ведения сварки слой специальной флюс-пасты.

Нахлесточные сварные соединения



*Свариваемые в **нахлесточном** (Н) сварном соединении элементы расположены параллельно и перекрывают друг друга. Величина перекрытия должна быть в пределах 3-420 мм. Обозначаются Н1, Н2.*

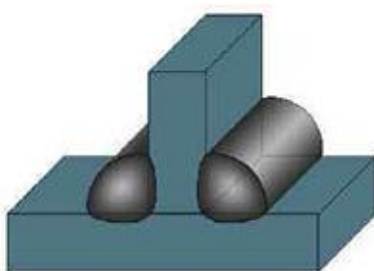
Нахлесточные соединения менее чувствительны к погрешностям при сборке, но хуже чем стыковые работают при нагрузках, особенно **знакопеременных**.



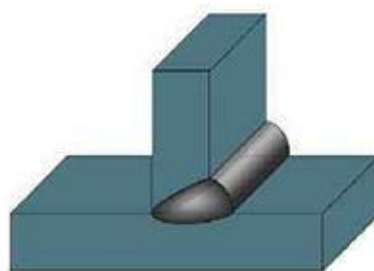
Тавровые сварные соединения

Тавровое (Т) сварное соединение получается, когда торец одной детали под прямым или любым другим углом соединяется с поверхностью другой.

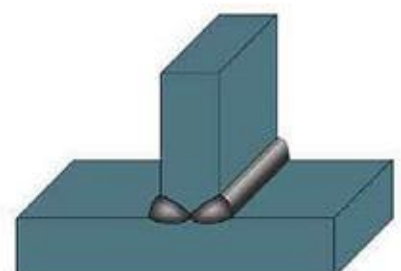
Тавровые соединения обеспечивают высокую жесткость конструкции, но чувствительны к изгибающим нагрузкам.



без скоса кромки

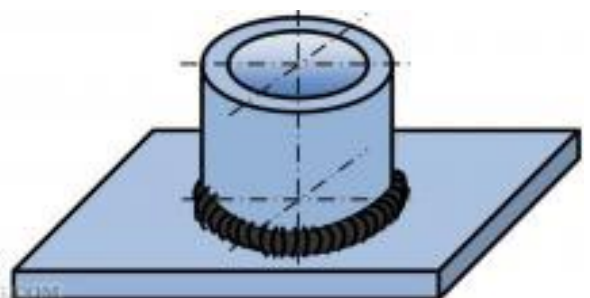
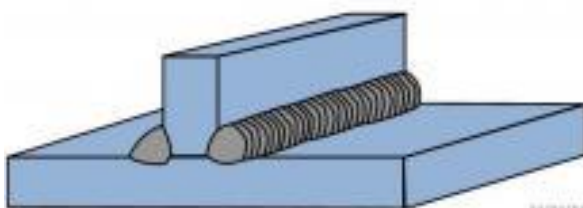


со скосом одной кромки



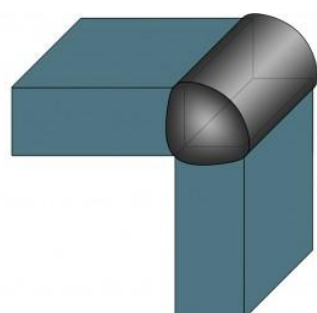
с двумя скосами кромки

Отличительной особенностью этих соединений является то, что одна из соединяемых деталей торцом устанавливается на поверхности другой и приваривается, образуя в сечении как бы букву «Т» (обозначаются ТЗ, Т6 и т. д).

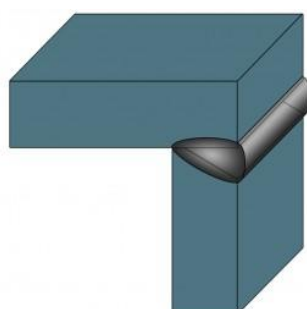


Угловые сварные соединения

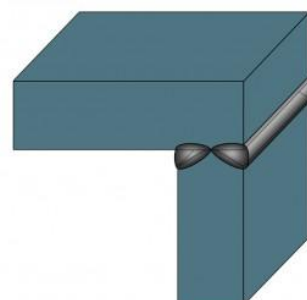
Угловым ($У$) называют соединение, в котором поверхности свариваемых деталей располагаются под прямым, тупым или острым углом и свариваются по торцам.



без скоса кромки

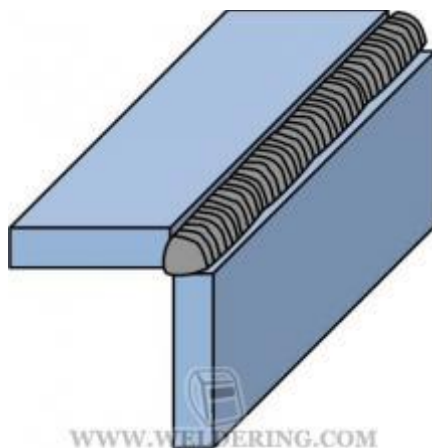


со скосом одной кромки

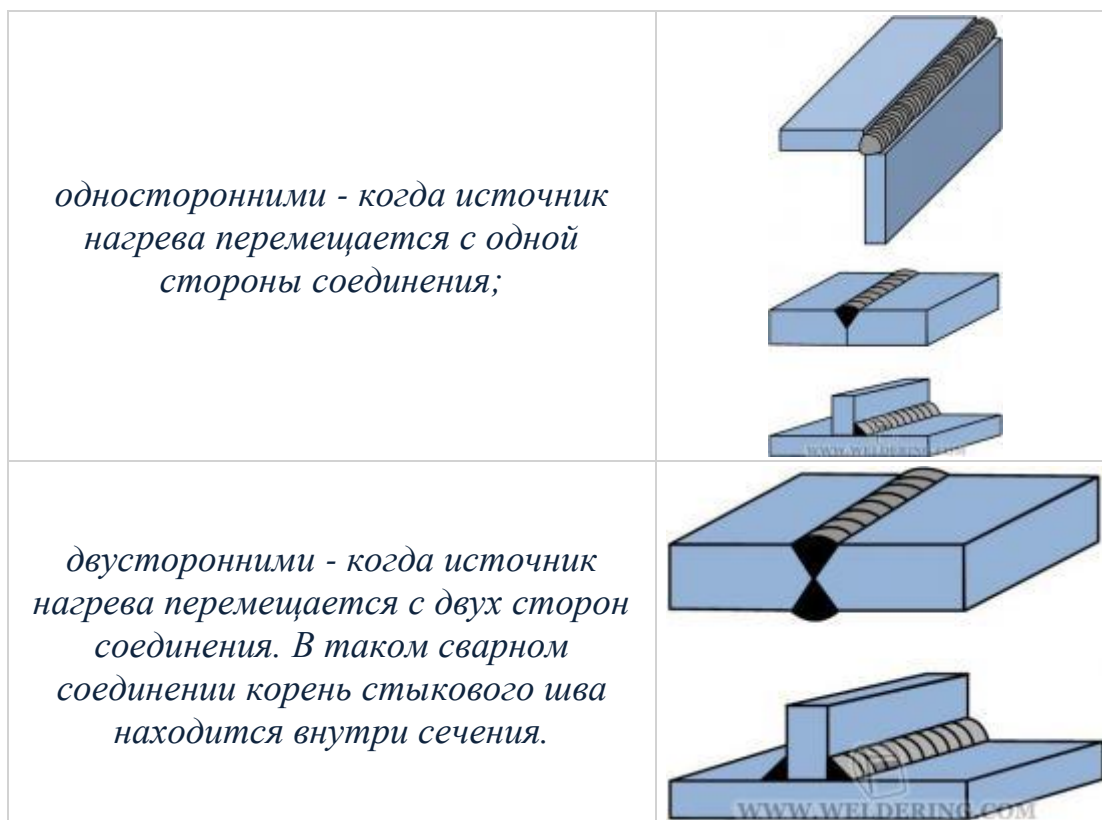


с двумя скосами кромки

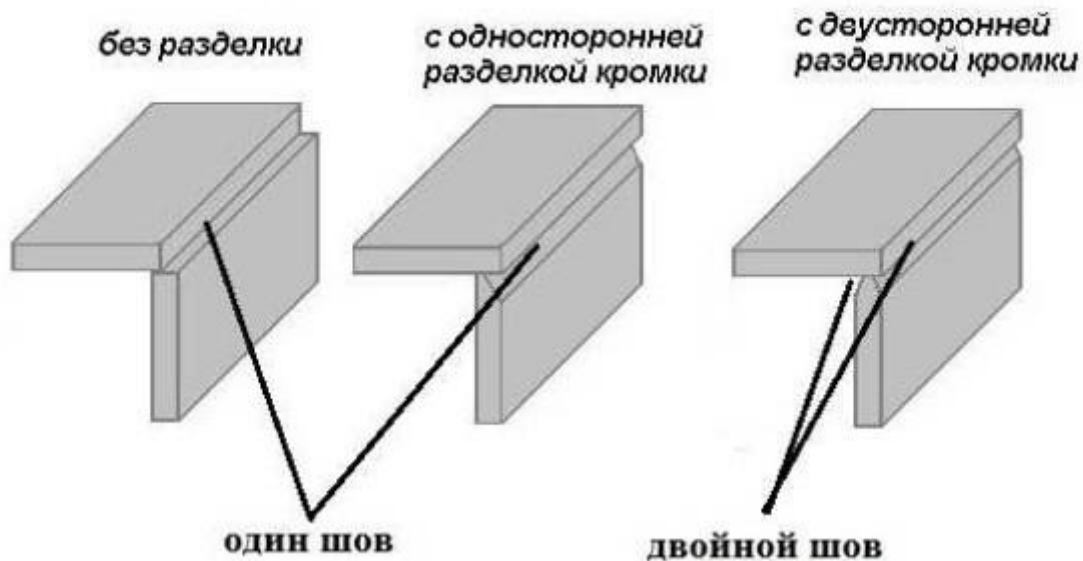
Угловое ($У$) Сварное соединение двух элементов, расположенных под прямым углом и сваренных в месте примыкания их краев.



Все сварные соединения могут быть выполнены:



Способы разделки швов угловых сварных соединений



Сварные швы

Классифицируют:

1. по внешнему виду
2. по числу слоев и проходов
3. по выполнению
4. по положению в пространстве
5. по действующему усилию.

По внешнему виду швы делят:

1. на выпуклые
2. нормальные
3. вогнутые



а



б



в

Как правило, все швы выполняют с небольшим усилением (выпуклыми)

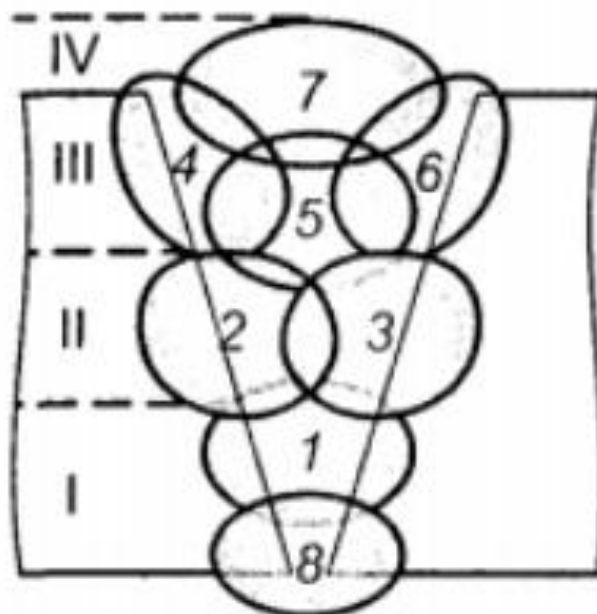
Если требуются швы без усиления, это должно быть указано на чертеже. Ослабленными (вогнутыми) выполняют угловые швы, что также отмечается на чертеже. Такие швы требуются для улучшения работы сварных соединений, например при переменных нагрузках.

Стыковые швы ослабленными не делают, вогнутость в этом случае является браком.

Увеличение размеров сварных швов по сравнению с заданными приводит к увеличению массы свариваемой конструкции и перерасходу электродов. В результате возрастает себестоимость сварных конструкций, повышается трудоемкость сварочных работ.

По числу слоев и проходов различают:

однослойные, многослойные, однопроводные, многопроводные швы



I - IV - число слоев; 1 - 8 - число проходов

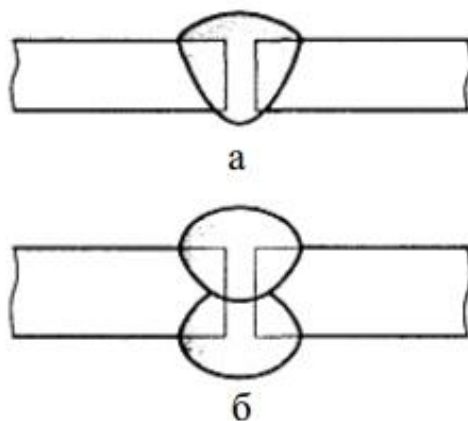
Слой сварного шва - часть металла сварного шва, которая состоит из одного или нескольких *валиков*, располагающихся на одном уровне поперечного сечения шва. *Валик* - металл сварного шва, наплавленный или переплавленный за один проход.

примечание:

При сварке каждый слой многослойного шва *отжигается* при наложении последующего слоя. В результате такого теплового воздействия на металл сварного шва улучшаются его структура и *механические свойства*.

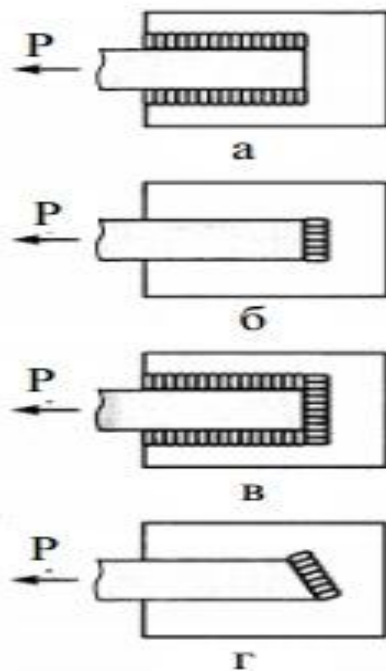
По выполнению:

односторонние, двусторонние



По действующему усилию:

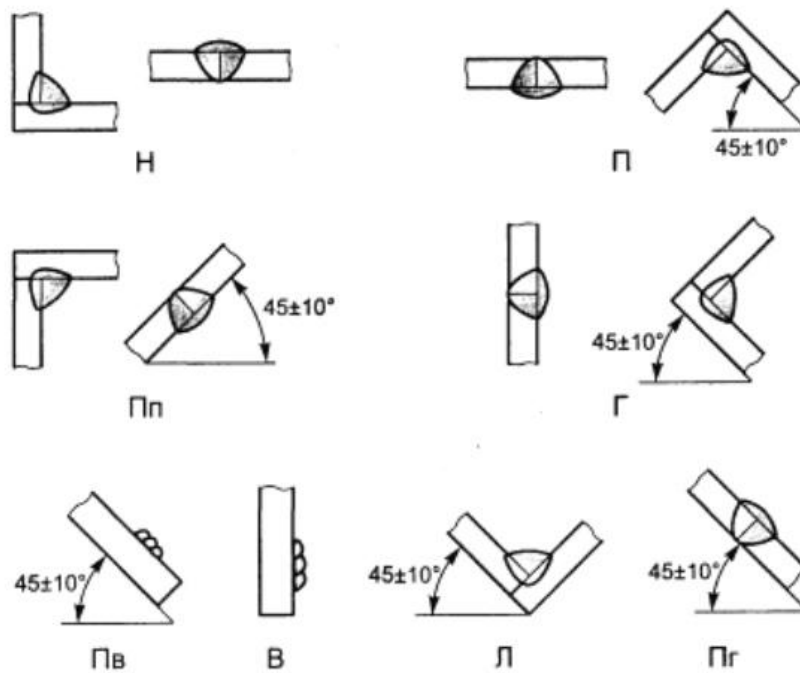
продольные (фланговые), поперечные (лобовые), комбинированные, г - косые



По положению в пространстве:



Н - нижние, П - потолочные, Пн - полупотолочные, Г - горизонтальные, Пв - полувертикальные, В - вертикальные, Л - в лодочку, Пг – полугоризонтальные



Геометрические параметры сварных швов

СТЫКОВОЙ ШОВ

Элементами геометрической формы стыкового шва являются:

толщина свариваемого металла - S

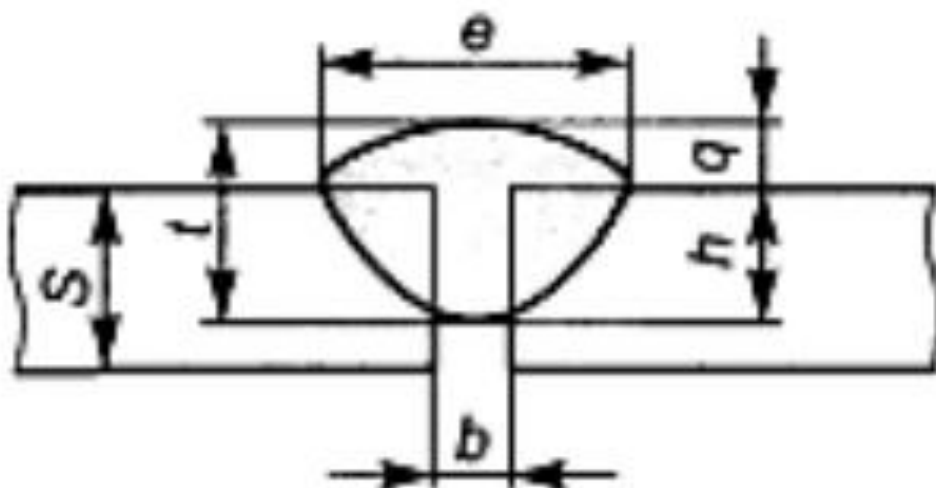
глубина провара - h

выпуклость шва - q

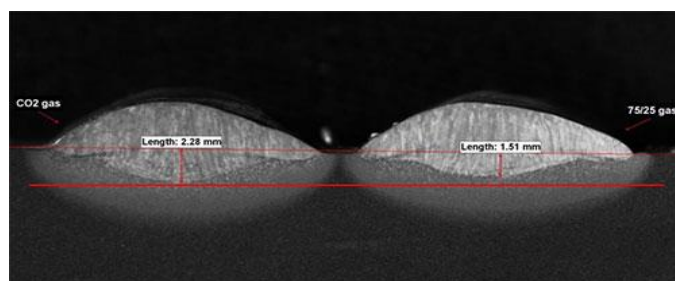
ширина шва - e

толщина шва - c

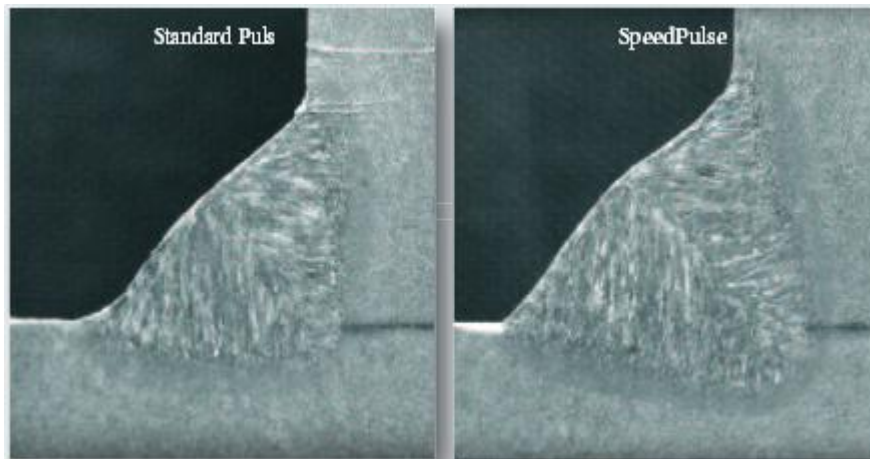
зазор - b



Ширина сварного шва - расстояние между видимыми линиями сплавления на лицевой стороне сварного шва при сварке плавлением.



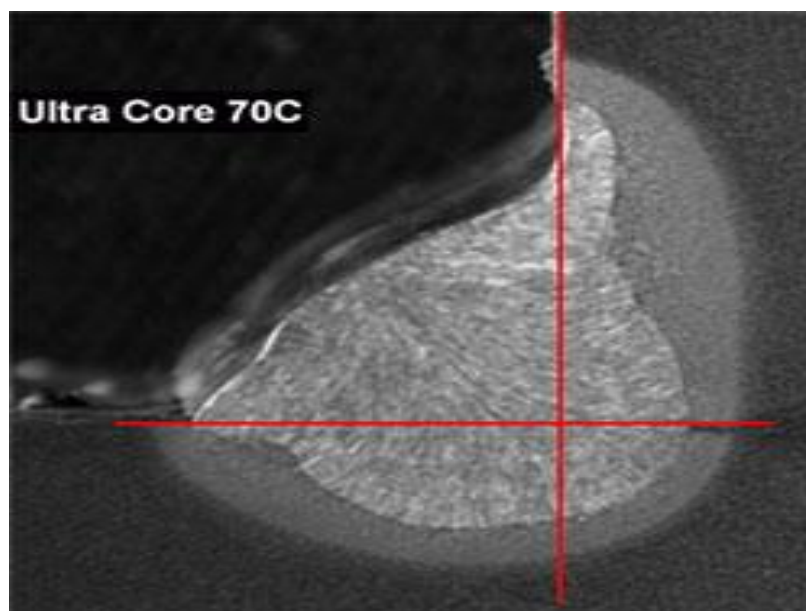
Выпуклость сварного шва - определяется расстоянием между плоскостью, проходящей через видимые линии границы сварного шва с основным металлом, и поверхностью сварного шва, измеренным в месте наибольшей выпуклости.



Глубина проплавления (провара)

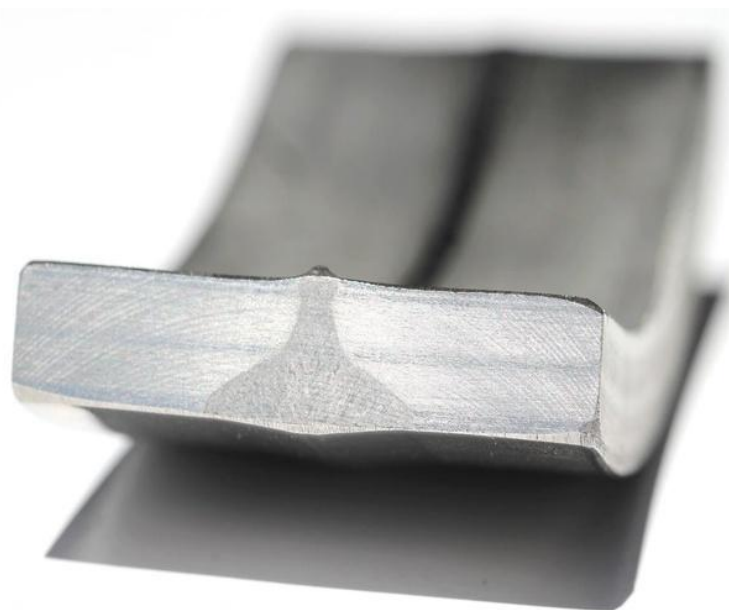
представляет собой наибольшую глубину расплавления основного металла в сечении шва

Это глубина проплавления свариваемых элементов соединения.



Толщина шва включает выпуклость сварного шва q и глубину проплавления ($c = q + h$).

Зазор - расстояние между торцами свариваемых элементов. Устанавливается в зависимости от толщины свариваемого металла.



Ширина сварного шва и глубина провара зависят от способа и режимов сварки, толщины свариваемых элементов и других факторов.

ТАБЛИЦА 3.2

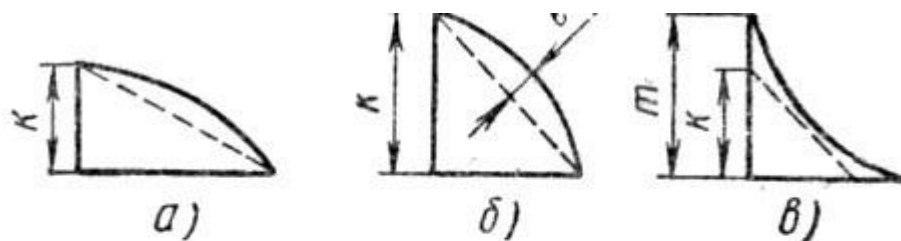
РЕЖИМЫ СВАРКИ ПОВОРОТНЫХ КОЛЫЦЕВЫХ СТЫКОВЫХ ШВОВ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ В СО₂ И СМЕСИ Ar + СО₂ (25 %), Ar + O₂ + СО₂ (20 %) ПРОВОЛОКОЙ Св-08Г20* (ПОЛЯРНОСТЬ ОБРАТНАЯ)

Диаметр детали, мм	Толщина стенки, мм	Зазор, мм	Смещение кромок, мм	d_s , мм	$I_{св}$, А	$U_{св}$, В	$v_{св}$, м/ч	Вылет электрода, мм	V_p , л/мин
50	1—1,5	0—1	0—1	1—1,2	100—180	18—21	80—90	10—12	7—8
100—150	2—2,5	0—1,5	0—1	1—1,4	130—280	18—23	70—80	10—13	7—8
200—500**	8—15	0—1	0—1	1—1,4	150—260	19—26	20—30	10—15	7—8
200—400**	30—60	0—1,5	0—1	2—3	350—450	32—36	25—35	25—60	15—18

* Смещение электродов согласно рис. 3.7.

** Сварка корневого шва при Y- или U-образной разделке.

Угловой шов

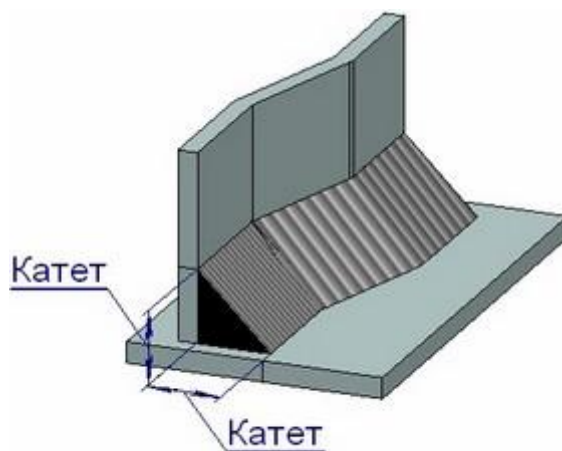


Угловые швы:

a — неравнобокий выпуклый, *б* — равнобокий выпуклый, *в* — ослабленный.

Элементами геометрической формы углового шва являются:

1. **катет шва** – *k*



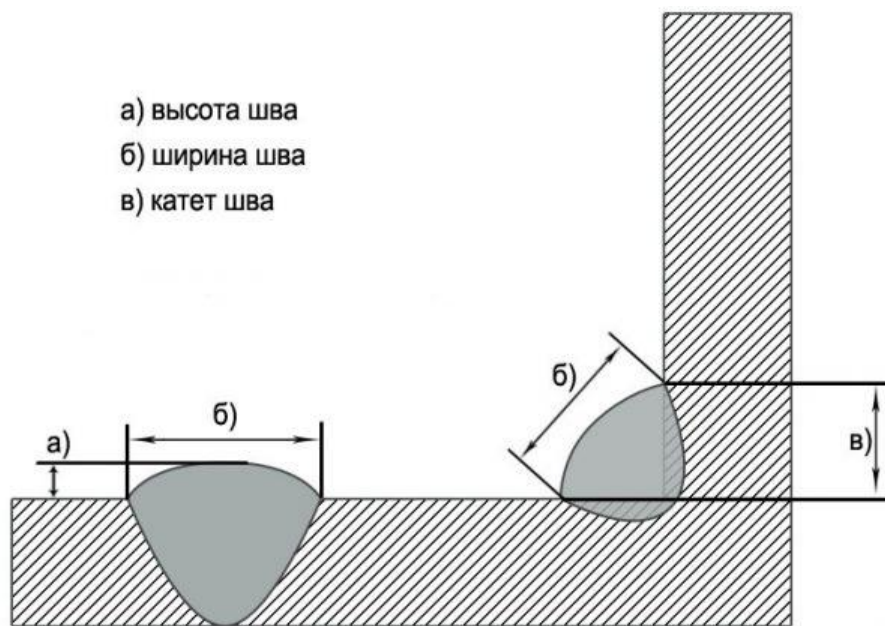
2. выпуклость шва – *q*

3. расчетная высота шва – *p*

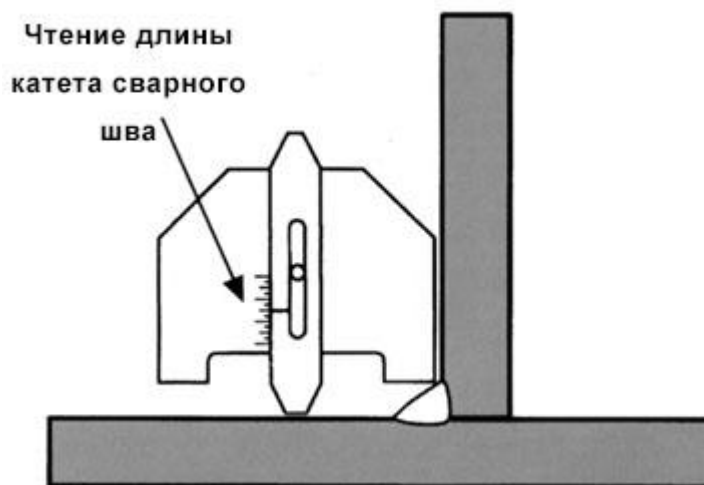
4. толщина шва – *a*.

Катет углового шва

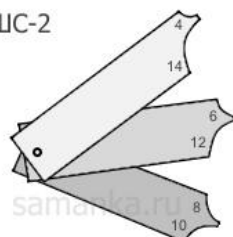
кратчайшее расстояние от поверхности одной из свариваемых частей до границы углового шва на поверхности второй свариваемой части



Приспособления для чтения катета шва



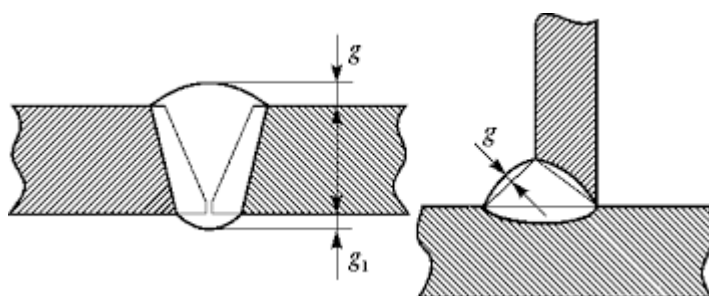
УШС-2



samarka.ru



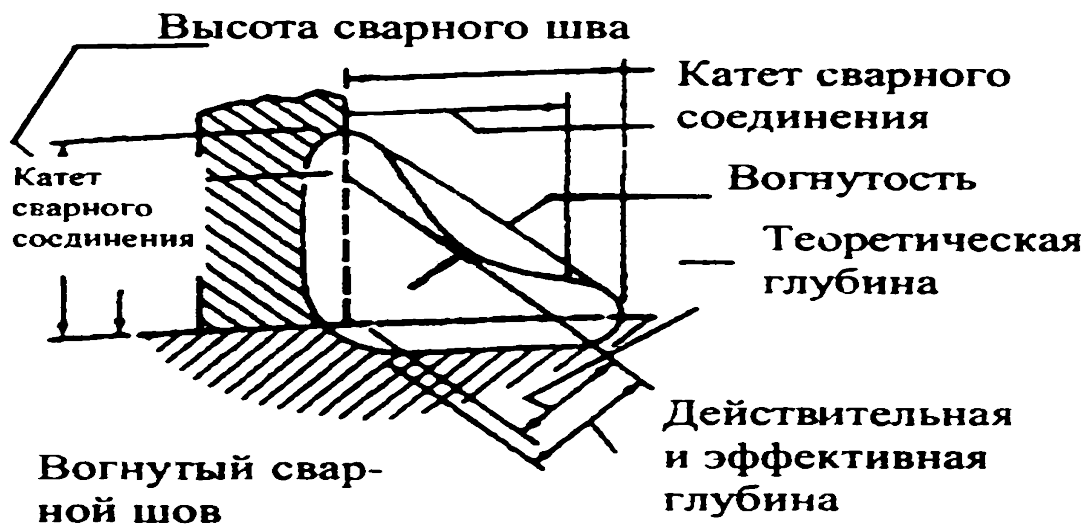
Выпуклость сварного шва - определяется расстоянием между плоскостью, проходящей через видимые линии границы сварного шва с основным металлом, и поверхностью сварного шва, измеренным в месте *наибольшей выпуклости*.



Расчетная высота углового шва – это длина перпендикуляра, опущенного из точки максимального проплавления в месте сопряжения спариваемых частей, на *гипотенузу*



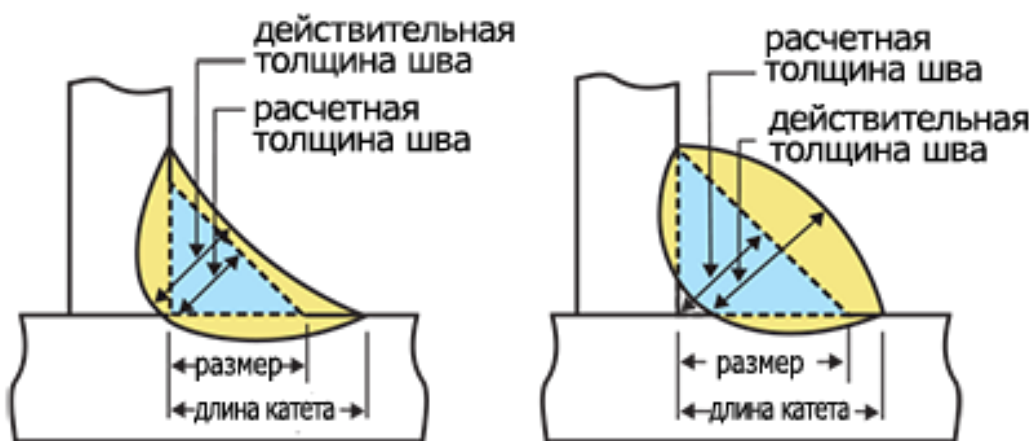
наибольшего вписанного во внешнюю часть углового шва прямоугольного треугольника.



Определяется - расстоянием между плоскостью, проходящей через видимые линии границы углового шва с основным металлом, и поверхностью шва, измеренной в месте *наибольшей вогнутости*.

Если шов выполнен вогнутым, то измеряют вогнутость углового шва.

Толщина углового шва - наибольшее расстояние от поверхности углового шва до точки максимального проплавления основного металла.



Расчёт катета в зависимости от толщины свариваемых заготовок.

Зачем нужно делать расчеты **катетов** углового сварного соединения, если можно просто сделать **наплавку побольше**?

Если так, то изменяются и все другие прочностные характеристики.

И такое соединение не будет более прочным, как кажется на взгляд.

- При большей ширине охвата возрастает площадь **нагревания** деталей и **объем** расплавленного металла. В итоге это может привести к **деформации** всего изделия.
- Слишком широкие швы увеличивают затраты расходных материалов.
- Расчет катета важен при сварке деталей **разной толщины**, тонкостенных и толстых конструкций.
(в этом случае нужно учитывать параметры более тонкой заготовки)



А слишком узкие швы не обеспечивают должной **прочности** всего соединения и изделия. Особенно это учитывается при сварке несущих конструкций и перекрытий, которые будут испытывать **постоянные нагрузки**.

В промышленных условиях расчеты прочности и параметры сварочных соединений проводят математическим путем с использованием формул.

Так же в справочниках таблицах есть уже указанные необходимые катеты для разных толщин металла с учётом механических свойств стали

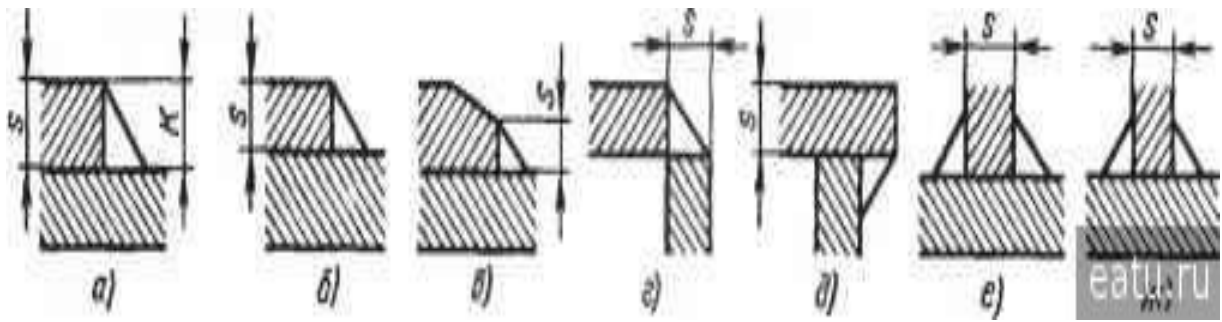
таблица минимальных катетов сварных швов для тавровых соединений

Вид соединения	Вид сварки	Предел текучести стали, Н/мм ²	Минимальный катет шва k_f , мм, при толщине более толстого из свариваемых элементов t , мм						
			4-5	6-10	11-16	17-22	23-32	33-40	41-80
Тавровое с двусторонними угловыми швами Нахлесточное и угловое	Ручная дуговая	До 285	4	4	4	5	5	6	6
		Св. 285 до 390	4	5	6	7	8	9	10
		» 390 » 590	5	6	7	8	9	10	12
	Автоматическая и механизированная	До 285	3	4	4	5	5	6	6
		Св. 285 до 390	3	4	5	6	7	8	9
		» 390 » 590	4	5	6	7	8	9	10
Тавровое с односторонними угловыми швами	Ручная дуговая	До 375	5	6	7	8	9	10	12
	Автоматическая и механизированная		4	5	6	7	8	9	10
<p>Примечания</p> <p>1 В конструкциях из стали с пределом текучести свыше 590 Н/мм², а также из всех сталей при толщине элементов более 80 мм минимальный катет швов следует принимать по специальным техническим условиям.</p> <p>2 В конструкциях группы 4 минимальный катет односторонних угловых швов следует уменьшать на 1 мм при толщине свариваемых элементов до 40 мм и на 2 мм – при толщине элементов свыше 40 мм.</p>									

Если сварочный шов не будет испытывать сильных нагрузок, а сама конструкция не несет большую ответственность, катет можно рассчитать исходя из **толщины** металла.

В угловых соединениях с одинаковой толщиной стенок размер катета задан толщиной кромок.

В и тавровых соединениях, где размеры шва могут быть произвольными, катет шва делают равным толщине свариваемых материалов



При сварке материалов *различной толщины* катет шва делают равным *толщине более тонкого материала*, и при этом шов рекомендуется делать *вогнутым*.

Для примера:

Нужно сварить две детали, толщина которых в пределах *четырёх-пяти миллиметров*. В этом случае приблизительный катет должен составлять *не более 4 мм*.

При *более толстых заготовках (5-6мм)* этот показатель составляет максимум *5 мм*.

Для соединения внахлест материалов с толщиной до 4-х мм Катет будет равен 4. Если показатель больше, нужно взять *40%* толщины и приплюсовать *2 мм*.

Более точный расчет катета можно сделать, используя геометрию.

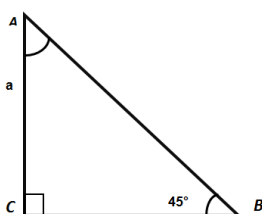
По формуле:

$$T = S \times \cos 45^\circ$$

T — это длина катета сварного шва. T - ?

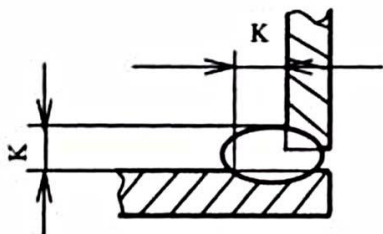
S — ширина самого шва от одной плоскости до другой

Косинус 45 градусов равняется значению 0,7

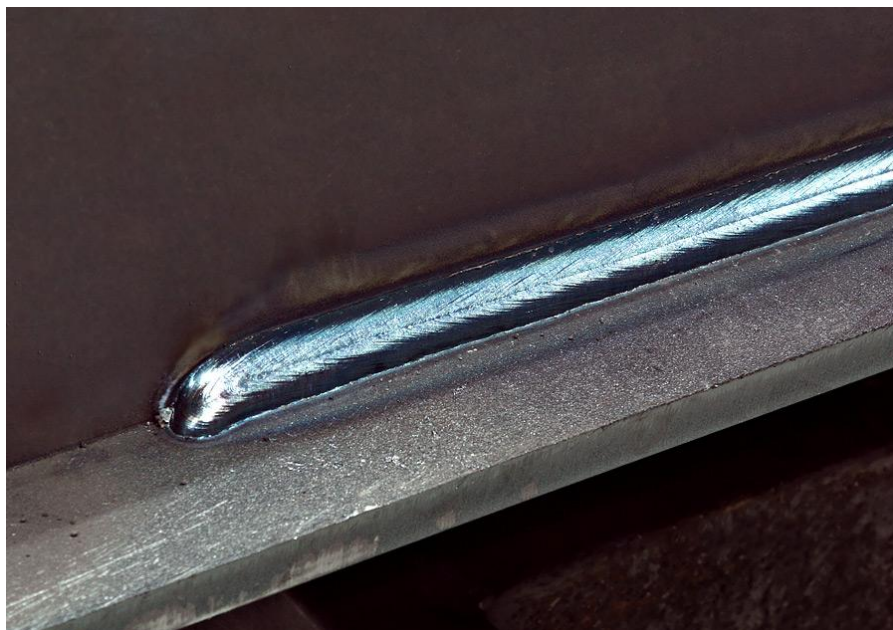


Например: нужно сделать расчеты катета будущего шва с шириной в 4 мм. Для этого подставляем в формулу – $T = 4 \times 0,7$, в итоге получаем показатель в 2,8 миллиметра.

Если есть зазор — соединение выполнено неправильно.



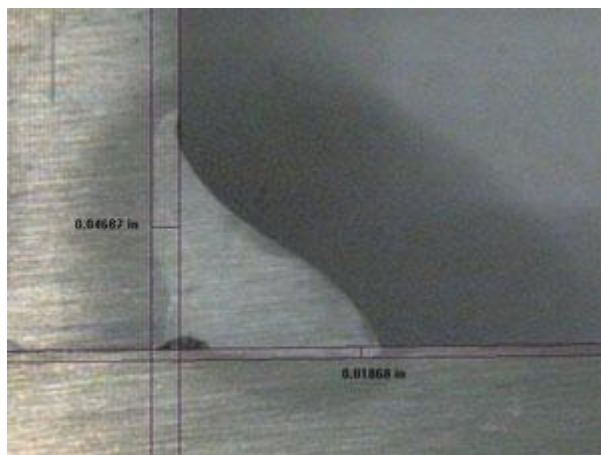
оптимальная геометрия углового шва



Кроме прочности такой параметр, как катет, влияет и на правильную геометрию сварного соединения.

Качество и прочность шва будет зависеть от того, насколько симметрично соединение. Смещения же в стороны, слишком большое углубление или выпуклость - неприемлемы.

Если одна из сторон шва будет очень вытянутой, то это означает, что расплав наложен на одну из заготовок, а вторая плоскость лишь слегка держится.



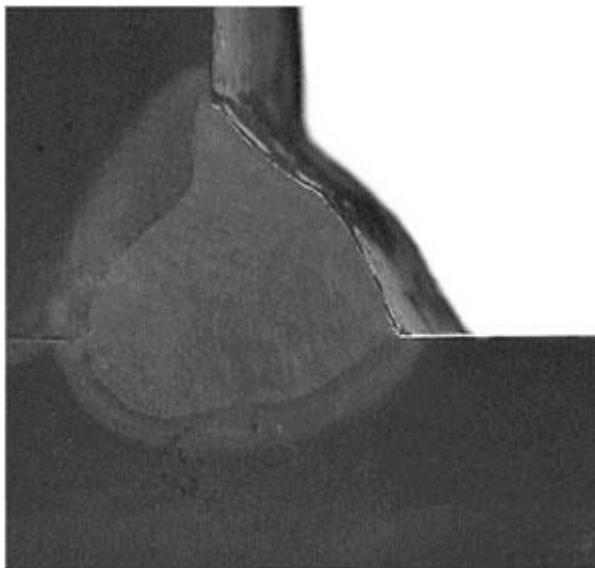
Исходя из этого, катеты должны быть одинаковыми с обеих сторон изделия. Изъян такого характера является следствием смещения дуги влево или вправо.



Плоская и растянутая форма свидетельствует о растекании расплавленного металла по поверхности заготовок и возникает в случае слишком короткой дуги (утапливание электрода в сварочную ванну).

Слишком короткие катеты соединения способствуют большой выпуклости сварного шва. Металл просто застыл сверху деталей и держится непрочно, это происходит в следствии длинной дуги.

Идеальным считается сварочный шов с одинаковыми катетами и слегка выпуклой. Такой результат свидетельствует о получении надежного качества изделия.



Получить шов с оптимальными геометрическими параметрами можно только соблюдая технику выполнения сварки.

КАКОЙ ШИРИНЫ ДОЛЖЕН БЫТЬ ВАЛИК?

НИТОЧНЫЙ, УШИРЕННЫЙ, ШИРОКИЙ

ниточный шов, стрингерный шов, проход, валик

Значений терминов: узкий, ниточный, стрингерный, уширенный, широкий шов, проход, валик.

Сварка осуществляется электродами диаметром 2,5-3,25 мм узкими валиками ("стрингерные швы") шириной 8-12 мм.

Валик непрерывного сварного шва без заметного колебания в поперечном сечении. В отличие от волнистого шва.

п. 3.12. Ниточный валик: Одиночный сварной шов, выполняемый без поперечных колебаний и накладываемый на основную трубу или на торец муфты при заварке коррозионных и механических повреждений, а также установке приварных ремонтных конструкций (муфт, усиливающих накладок и патрубков).

Сварка стыков труб в узкую разделку с углом скоса кромок 7° во избежание зашлаковки и несплавлений в корневой части шва должна выполняться следующим образом:

корневой слой накладывается ниточным швом без колебательных поперечных движений электрода; диаметр электрода – не более 3 мм;

Сварка стыков труб из аустенитных сталей должна производиться с минимальным тепловложением. С этой целью следует:

ручную дуговую сварку вести почти без поперечных колебаний электрода узкими валиками шириной не более трех диаметров электрода; при диаметре электрода 2,5 мм высота валика должна быть 2,5 - 4 мм, при диаметре электрода 3 мм высота валика - 3 - 5 мм.

Сварка за один проход предпочтительнее при ширине шва не более 14-16мм, т.к. дает меньше остаточных деформаций. При толщине металла более 15 мм сварка каждого слоя «напроход»

нежелательна. Первый слой успевает остыть, и в нем возникают трещины

[Лосев В.А., Юхин Н.А. - Иллюстрированное пособие сварщика]

Уширенный валик – валик, полученный при сварке с поперечными колебаниями сварочной проволоки или сварочного инструмента

Валик/проход – валик, полученный при сварке без поперечных колебаний сварочной проволоки или сварочного инструмента

Сварка и родственные процессы. Словарь. Часть 1. Процессы сварки металлов. Термины и определения]

Узкий валик – валик сварного шва, образованный без заметного поперечного движения

Уширенный валик – для ручного или полуавтоматического процесса, валик сварного шва, сформированный с помощью возвратно-поступательного поперечного движения.

Узкий валик; ниточный валик - Валик, наплавленный без поперечных колебаний прутка присадочного материала или сварочного инструмента

Широкий валик - Валик, наплавленный при поперечном колебании прутка присадочного материала или сварочного инструмента.

Если продольное перемещение электрода производить без поперечных колебаний, то ширина валика обычно составляет: $b = (0,8 \text{ ? } 1,5) d_{эл}$.

Такие валики применяют при выполнении первого слоя в разделку многопроходного шва, при сварке тонкого металла, а также при сварке с опиранием на чехольчик толстого покрытия.

Нормально сформированный однопроходный шов в большинстве случаев должен иметь ширину $b = (2 \text{ ? } 4) d_{эл}$.

Узкий валик накладывают при проваре корня шва, сварке тонких листов и других случаях. Чем медленнее сварщик перемещает электрод вдоль шва, тем шире получается валик. Обычно при сварке тонкопокрытыми электродами ширина узкого валика колеблется в пределах 0,8 – 1,5 диаметра стержня электрода.

При узком, но высоком валике объем наплавленного металла невелик, он застывает быстрее и растворенные в металле невыделившиеся газы делают шов пористым.

Поэтому чаще применяют уширенные валики. Лучшее качество сварки получается при ширине валика, равной 2,5 – 3 диаметра электрода.

2) Уширенный валик – валик шириной до 14 мм (в среднем не более 3-х диаметров электрода).

Чаще всего применяется для сварки угловых швов, горизонтальных швов, толстостенных конструкций, сварки аустенитных сталей.

3) Широкий валик – валик шириной 14-35 мм.

Чаще всего применяется для заполняющих слоев в нижнем и вертикальном положениях (техника сварки слоями повышенной толщины по РТМ-1с).

Необходимо указать, что для других способов сварки и марок сталей размеры этих валиков будут существенно различаться.

Сварка уширенными и в обоснованных случаях узкими валиками (многослойными многопроходными швами) способствует следующему:

- остаточные сварочные напряжения имеют более низкие значения
- металл сварного шва имеет более мелкозернистую структуру за счет меньшего объема сварочной ванны
- повышаются пластичность и вязкость металла шва
- облегчается обеспечение более плавного перехода к основному металлу
- При слишком широком валике производительность сварки будет меньше

ширину валика брать по диаметру электрода с покрытием.

Ниточный валик по ширине равен 1-2 диаметрам электрода с покрытием, среднее значение ширины валика – 1,5-3 диаметра электрода с покрытием.

Такие швы, сваренные узкими валиками, отличаются надлежащим качеством и хорошим внешним видом шва. Это показывает высокую квалификацию сварщика.