STRENX®
PERFORMANCE STEEL

СВАРКА СТАЛИ STRENX®

SSAB

СВАРКА СТАЛИ STRENX®

Среди характеристик высокопрочной стали Strenx® следует отметить её превосходную свариваемость. Сталь Strenx® можно сваривать с любой другой свариваемой сталью любыми обычными способами.

Эта брошюра призвана упростить и оптимизировать процесс сварки, а также повысить его эффективность. Здесь приводятся полезные рекомендации по тепловложению, сварочным материалам, температуре предварительного нагрева и между проходами, защитному газу и множеству других факторов. Целью является предоставление каждому пользователю всей полноты преимуществ, обусловленных уникальными свойствами стали Strenx®.

В этой брошюре представлена информация о марках стали Strenx®

- Некоторые марки стали Strenx® доступны для заказа в версиях D, E и F. Для этих марок стали Strenx® приведённые в данной брошюре рекомендации относятся к показателям ударной вязкости версии E. Стали с маркировкой E проходят испытания на работу удара при -400C (наиболее востребованная температура испытаний).

  За рекомендациями по сварке стали Strenx® с ударной вязкостью версии F, а также стали Strenx® P700 и Strenx® 700 OME следует обратиться в компанию SSAB.

В брошюре приводятся ссылки на следующие материалы:

- Документы нашей службы техподдержки с дополнительной информацией. В каждом из документов службы техподдержки рассматривается определённый комплекс вопросов, например, меры по предотвращению несплошности шва или примеры подходящих марок сварочных материалов.

- Наша компьютерная программа WeldCalc™ позволяет оптимизировать параметры сварки в конкретных условиях и в зависимости от требуемых характеристик сварных конструкций.

Документы службы техподдержки можно скачать с нашей главной страницы по адресу: www.ssab.com/download-center. Лицензию на программу WeldCalc™ можно получить, зарегистрировавшись там же, на главной странице. Документы службы техподдержки и лицензии на программу WeldCalc™ распространяются бесплатно.

Сведения, изложенные в этой брошюре, приводятся исключительно для справки. Компания SSAB AB не несёт ответственности за пригодность или целесообразность применения продукции в какой-либо конкретной области. Таким образом, ответственность за любого рода подгонку и (или) модификацию продукции для применения в конкретной области целиком и полностью ложится на пользователя.

ВАЖНЕЙШИЕ ПАРАМЕТРЫ СВАРКИ

Прежде чем приступать к сварке, место шва необходимо очистить от посторонних веществ, в частности, от влаги и остатков масла. Наряду с соблюдением культуры сварки, обязательно примите во внимание перечисленные далее аспекты:

- Температуру предварительного нагрева и температуру между проходами – эти параметры крайне важны для предотвращения водородных трещин
- Тепловложение
- Сварочные материалы
- Защитный газ
- Последовательность наложения швов и размер зазора между свариваемыми кромками

СПОСОБЫ ПОДГОТОВКИ ШВОВ

Для этой стали подходят любые обычные способы подготовки швов. Чаще всего применяются такие способы, как механическая обработка и термическая резка. Если толщина листов не превышает приблизительно 10 мм, допускается также гильотинная резка и перфорация.

Если толщина листов не превышает приблизительно 4 мм, то при обычной дуговой сварке к кромкам не предъявляется строгих требований. При любой толщине листов требования к кромкам угловых швов и соединений внахлёстку предъявляются достаточно умеренные. К наиболее распространённым способам подготовки швов относятся фрезерование и термическая резка (газопламенная, плазменная или лазерная). Процесс подготовки швов изделий из стали Strenx® не сложнее, чем при использовании обычной конструкционной стали.

В ходе термической резки на поверхности швов может образовываться тонкая окислённая плёнка. Эту плёнку рекомендуется убрать, прежде чем приступать к сварке. Если подготовка швов ведётся способом плазменной резки, то предпочтительным газом является кислород. Азот может вызывать эффект пористости шва. Если всё же применяется азот, то прежде чем приступать к сварке, рекомендуется подвергнуть кромки зачистке, как минимум, на 0,2 мм. Для подготовки швов на тонких листах можно применять обычную гильотинную резку.

ТЕПЛОВЛОЖЕНИЕ

Сварка с рекомендуемым тепловложением позволяет обеспечить хорошие механические свойства в зоне термического влияния.

Тепловложение (Q) в процессе сварки зависит от тока, напряжения и скорости перемещения электрода. Параметр Q характеризует отношение вложенной энергии к длине шва. От него зависят механические свойства сварного соединения. В процессе сварки часть энергии дуги расходуется на световое излучение и нагрев окружающего воздуха. Подвод тепла в сварочную ванну в ходе процесса сварки характеризуется таким параметром, как КПД дуги (k). КПД дуги зависит от способа сварки. В приведённой ниже таблице представлены приблизительные значения параметра k.

КПД дуги	k [безразмерная величина]
Ручная дуговая сварка электродами с покрытием	0,8
Дуговая сварка полуавтоматом (все виды)	0,8
Дуговая сварка под флюсом	1,0
Газовольфрамовая дуговая сварка	0,6

Чаще всего используется сварка на переменном или постоянном токе. Для сварки на переменном или постоянном токе тепловложение рассчитывается по приведённой ниже формуле.

$$Q = \frac{k \times U \times I \times 60}{v \times 1000} \quad \text{(кДж/мм)}$$

Q – тепловложение (кДж/мм)
k – КПД дуги (безразмерная величина)
U – напряжение (В)
I – ток (А)
v – скорость прохода (мм/мин)
L – длина прохода (мм)
IE – мгновенная энергия (Дж)
IP – мгновенная мощность (Вт)

Тепловложение при импульсно-дуговой сварке можно определить любой из следующих двух формул:

$$Q = \frac{k \times IE}{L \times 1000} \quad \text{(кДж/мм)}$$

или

$$Q = \frac{k \times IP \times 60}{v \times 1000} \quad \text{(кДж/мм)}$$

Общие факторы влияния тепловложения на сварной шов

- тем выше вязкость на излом
- тем выше прочность
- тем меньше деформация
- тем ниже остаточные напряжения
- тем у́же околошовная зона

Чем ниже тепловложение,

Чем выше тепловложение,

- тем выше продуктивность при обычных способах сварки

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ВОДОРОДНОГО РАСТРЕСКИВАНИЯ

Благодаря низкому углеродному эквиваленту, сталь Strenx® отличается исключительно высоким сопротивлением образованию водородных трещин. Следуя нашим рекомендациям, риск возникновения водородных трещин можно свести к минимуму.

Два правила предотвращения водородных трещин:

1. Сводите к минимуму содержание водорода внутри подготовленного шва и рядом с ним
- Выдерживайте оптимальную температуру предварительного нагрева и температуру между проходами
- Пользуйтесь сварочными материалами с низким содержанием водорода
- Не допускайте наличия загрязнений в зоне сварки

2. Сводите к минимуму усадочные напряжения:
- Не пользуйтесь сварочными материалами чрезмерной прочности
- Выполняйте сварку в порядке, позволяющем свести остаточные напряжения к минимуму
- Зазор сварного шва не должен превышать 3 мм

МИНИМАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО НАГРЕВА И ТЕМПЕРАТУРЫ МЕЖДУ ПРОХОДАМИ

Сварку стали Strenx® любых марок можно вести без риска образования водородных трещин, если соблюдать наши рекомендации. Сварка без подогрева подразумевает, что температура окружающего воздуха и места сварного соединения достигает хотя бы 5°C. Если температура наружного воздуха ниже 5°C, место сварного соединения необходимо подогреть, как минимум, до 60°C.

На каждый проход многопроходных швов распространяются те же требования к предварительному нагреву, что и на корневой шов.

Горячекатаная и холоднокатаная рулонная сталь Strenx®

Для горяче- и холоднокатаной рулонной стали Strenx®, в том числе профильной стали и стали марок MC, Plus, MC Plus,CR, MH, MLH и QLH, нет особых требований по минимальной температуре предварительного подогрева и между проходами.

При сварке высокопрочными присадочными материалами для стали Strenx® с минимальным пределом текучести 700 МПа может потребоваться предварительный нагрев. Дополнительную информацию см. в разделе «Если значения температуры предварительного нагрева и между проходами в зависимости от прочности сварочных материалов» на стр. 9.

Толстолистовая сталь Strenx®

Толстолистовая сталь Strenx® предлагается большей толщины по сравнению с горяче- и холоднокатаной рулонной сталью Strenx®. Её прочность в сочетании с увеличенной толщиной означает, что листы определённой толщины из стали отдельных марок нуждаются в предварительном нагреве. Наши рекомендации изложены на стр. 8. Сварка стали Strenx® с пределом текучести 900 МПа и выше, как правило, осуществляется с использованием высокопрочных расходных материалов, которые могут иметь требования в отношении минимальной температуры предварительного нагрева, несмотря на отсутствие требований к самой стали.

Влияние легирующих добавок на температуру предварительного нагрева и между проходами

Уникальное сочетание легирующих добавок обеспечивает оптимальные механические свойства стали Strenx®.

Это сочетание требует определённой температуры предварительного нагрева и температуры между проходами при сварке стали, а также может использоваться для расчёта углеродного эквивалента.

Углеродный эквивалент в приведённых ниже формулах обычно обозначается как CEV или CET.

$$CEV = C + \frac{Mn}{6} + \frac{(Mo+Cr+V)}{5} + \frac{(Ni+Cu)}{15} \ [\%]$$

$$CET = C + \frac{(Mn+Mo)}{10} + \frac{(Cr+Cu)}{20} + \frac{Ni}{40} \ [\%]$$

Содержание легирующих элементов указано в сертификате стального листа. В формулах используется их массовая доля. Как правило, чем выше углеродный эквивалент стали, тем выше температура предварительного нагрева и температура между проходами. Типичные значения углеродного эквивалента приведены в технических спецификациях продукции.

ТЕМПЕРАТУРА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО НАГРЕВА И ТЕМПЕРАТУРЫ МЕЖДУ ПРОХОДАМИ ПРИ СВАРКЕ ТОЛСТОЛИСТОВОЙ СТАЛИ STRENX®

В таблице указаны минимальные значения температуры предварительного нагрева и температуры между проходами. Если не указано иное, эти значения применяются при сварке с нелегированными и низколегированными сварочными материалами. Если единичная толщина листа в таблице не указана, обратитесь за содействием в компанию SSAB.

- При сварке листов разной толщины, но одной марки, минимальная температура предварительного нагрева определяется по более толстому листу.
- При сварке листов стали разных марок друг с другом минимальная температура предварительного нагрева рассчитывается по тому листу, температура предварительного нагрева которого выше.

Минимальная температура предварительного нагрева и между проходами (C°) при сварке толстолистовой стали Strenx®

*Данные в таблице выбираются по более толстому листу при сварке с тепловложением не ниже 1,7 кДж/мм. Если толщина свариваемых листов в таблице не указана, запросите дополнительную информацию у компании SSAB.

** К 100°C относится листовая сталь следующей толщины (Pt)
- Strenx® 900 E: от 30,1 до 120,0 мм
- Strenx® 960 E: от 12,1 до 120,0 мм

Единичная толщина листа (мм)

$t_1 = t_2$ (размеры приведены в мм) Толщина единичного листа равна t_1 или t_2 при условии, что используется сталь одной и той же марки

$t_1 = t_2$ (размеры приведены в мм) Единичная толщина листа равна t_1 или t_2 при условии, что в соединении используется сталь одной марки.

$t_1 < t_2$ (размеры приведены в мм) В этом случае единичная толщина листа равна t_2 при условии, что в соединении используется сталь одной марки.

Указанную в приведённой выше таблице минимальную температуру предварительного нагрева следует повысить на 25°C в каждом из следующих случаев.

1. При высокой влажности или температуре окружающего воздуха ниже 5°C
2. При сварке деталей в заневоленном состоянии
3. При тепловложении в пределах 1,0-1,6 кДж/мм

Минимальные рекомендованные значения температуры предварительного нагрева и температуры между проходами, указанные в таблице на стр. 8, не требуют коррекции при сварке с тепловложением свыше 1,7 кДж/мм. Если сварка осуществляется с тепловложением менее 1,0 кДж/мм (см. стр. 8), минимальную температуру предварительного нагрева можно рассчитать с помощью программы WeldCalc™.

Данная информация основана на предположении о том, что сварное соединение охлаждается на воздухе. Эти же рекомендации распространяются и на прихваточные швы, а также на корневые проходы. Желательно, чтобы длина каждого прихваточного шва составляла не менее 50 мм. Более короткие прихваточные швы допустимы, если толщина листовой стали не превышает 8 мм.

Максимальные значения температуры предварительного нагрева допускаются определяют механические свойства сварного соединения. Подробнее см. стр. 14. Расстояние между прихваточными швами может меняться по мере необходимости. Запросите у компании SSAB дополнительную информацию в следующих случаях:

- Если имеют место сразу несколько из условий 1-3, изложенных на стр. 8
- При сварке листов толщиной более 8 мм требуется прихваточный шов длиной менее 50 мм.

Если значения температуры предварительного нагрева и между проходами обусловлены свойствами сварочных материалов

Если предел текучести ($R_{p0.2}$) сварочных материалов не превышает 700 МПа, то минимальная температура предварительного нагрева сварного соединения от их свойств, как правило, не зависит. Это объясняется тем, что углеродный эквивалент (CET) основной стали обычно превышает аналогичный показатель наплавленного металла, как минимум, на 0,03 процента. Если предел текучести сварочных материалов равен 700 МПа и выше, то их углеродный эквивалент (CET), как правило, настолько превышает аналогичный показатель стали Strenx®, что при расчёте минимальной температуры предварительного нагрева необходимо учитывать требования самой стали и присадочного материала.

С электрическими матами

В таком случае применяется то значение минимальной температуры предварительного нагрева сварных листов или сварочных материалов, которое выше. Для упрощения таких расчётов можно пользоваться программой WeldCalc™.

Предельное содержание водорода в низколегированных сварочных материалах составляет 5 мл на 100 г наплавленного металла.

Способы достижения и замера температуры предварительного нагрева и температуры между проходами

Необходимой температуры предварительного нагрева перед сваркой или перед выполнением следующего прохода при наложении многопроходного шва можно добиться несколькими способами. Лучшим из них является использование электрических матов возле подготовленного шва, обеспечивающих равномерный нагрев околошовной зоны. Температуру необходимо контролировать, например, с помощью контактного термометра.

Единичная толщина

Замерьте температуру самого толстого листа по месту соединения. Перед замером температуры после предварительного нагрева необходимо выждать не менее 2 минут на каждые 25 мм толщины листа. До минимальной температуры предварительного нагрева прогревается участок площадью 75 + 75 мм, прилегающий к намеченному сварному шву.

СОЕДИНЕНИЕ ТОЛСТЫХ ЛИСТОВ

Листы толще 25 мм рекомендуется сваривать асимметричными швами.

Таким образом усиливается сопротивление водородному растрескиванию. Это объясняется тем, что в центре толстых листов вероятно повышение концентрации химических элементов, способствующих образованию водородных трещин. С листами толщиной до 25 мм можно применять как симметричные, так и асимметричные сварные швы.

Соединение листов толщиной свыше 25 мм

Асимметричный шов: осевую линию шва желательно сместить примерно на 5 мм относительно толщины листа

Y: Толщина листа

X (толщина листа/2)-5 мм

Последовательность сварки и величина зазора

Меры по предотвращению водородного растрескивания

- Сварку не следует ни начинать, ни заканчивать на краю детали. Начинать и заканчивать сварку лучше всего на расстоянии не менее 50–100 мм от края.
- Зазор в сварном соединении не должен превышать 3 мм.

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СВАРНЫХ ШВОВ

Холоднокатаный прокат Strenx®

Тепловложение должно быть достаточно низким во избежание сквозного прожига материала и чрезмерных деформаций в околошовной области. Сварка с рекомендуемым тепловложением обеспечивает хорошие механические свойства в зоне термического воздействия.

Каждая операция сварки по-своему уникальна. По этой причине компания SSAB не даёт рекомендаций по максимальному тепловложению. Прочность сварных швов так или иначе уступает аналогичному показателю основной стали, не подвергавшейся термическому воздействию. Как правило, чем меньше тепловложение, тем выше прочность сварного шва. Подробные данные приводятся в документе техподдержки за номером 60.

Холоднокатаная рулонная и толстолистовая сталь Strenx®

Наши рекомендации для высокопрочных марок стали Strenx® разработаны на основе стандартного показателя ударной вязкости в околошовной зоне не менее 27 Дж при температуре -40°C. Кроме того, чем меньше тепловложение, тем выше прочность шва при статической нагрузке. Если единичная толщина листа в таблице не указана, обратитесь за дополнительной информацией в компанию SSAB.

Толщина тонко- и толстолистового проката

При сварке толстолистового и рулонного проката разной толщины расчёт рекомендованного тепловложения ведётся по более тонкому из сварных листов.

В нашем случае допустимое тепловложение рассчитывается по листу толщиной 11 мм.

Максимальное рекомендованное тепловложение для толстолистового проката Strenx® рассчитано по наиболее низкой температуре предварительного нагрева

Максимальное рекомендованное тепловложение для горячекатаного рулонного проката Strenx® рассчитано по наиболее низкой температуре предварительного нагрева

MC, PLUS, MC Plus, Section, Tube MH, Tube MLH, Tube QLH, XF

* Кроме Strenx® 960 QLH

Сварка при повышенной температуре предварительного нагрева и между проходами

Повышенная температура, например, многопроходных швов сказывается на рекомендациях по тепловложению.

Ниже приведены параметры тепловложения, рекомендованные при температуре сварных соединений в диапазоне от 100 до 175°C.

Максимальное рекомендованное тепловложение для толстолистового проката при температуре сварного соединения, достигающей 100°C

Максимальное рекомендованное тепловложение для толстолистового проката при температуре сварного соединения, достигающей 175°C*

*Другие марки стали Strenx® не упоминаются из-за меньшей толщины листового проката. В этих ситуациях температура 175°C между проходами обычно не достигается.

Максимальное рекомендованное тепловложение при температуре сварного соединения, достигающей 100°C

MC, PLUS, MC Plus, Tube MH, Tube MLH, Tube QLH, Section и XF

Величина $t_{8/5}$

Температурный режим сварки зависит от продолжительности охлаждения околошовной зоны с 800 до 500°C. Этот параметр называется величиной $t_{8/5}$ (см. рис. ниже).

Указанная величина остаётся практически неизменной на разных участках сварного соединения, пока температура сварки не превышает 900°C.

Расчёт величины $t_{8/5}$

В расчёте величины $t_{8/5}$ особой необходимости нет, хотя она и даёт представление о ходе сварки. У каждой марки стали Strenx® есть собственный рекомендованный интервал значений параметра $t_{8/5}$. Рассчитать величину $t_{8/5}$ можно с помощью программы WeldCalc™, в которой уже заданы допустимые интервалы, подходящие для каждой марки стали.

Значения параметра $t_{8/5}$ (не менее 27 Дж при -40°C)	
Strenx® 960 E, Strenx® 1100 E, Strenx® 1300 E	5-15 сек.
Strenx® 1100MC	1-10 сек.
Strenx® 900MC, Strenx® 900 Plus, Strenx® Section 900MC, Strenx® Tube 900MH, Strenx® 960MC, Strenx® Tube 960MH, Strenx® 960 Plus	1-15 сек.
Strenx® 100, Strenx® 700 E, Strenx® 900 E, Strenx® Tube 960QLH	5-20 сек.
Strenx® 100 XF, Strenx® 110 XF Strenx® 650MC, Strenx® Section 650MC, Strenx® 600MC Strenx® 700MC, Strenx® 700MC Plus, Strenx® Section 700MC, Strenx® Tube 700MH, Strenx® Tube 700MLH	1-20 сек.
Strenx® Tube 700 QLH	5-25 сек.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТВЁРДОСТИ ПО СВАРНОМУ ШВУ

Распределение твёрдости по околошовной зоне зависит от марки стали, толщины листов и тепловложения в процессе сварки. Твёрдость сварного шва характеризует его прочность. Чем выше несущая способность сварного шва, тем выше его твёрдость.

Снижение твёрдости в зависимости от тепловложения в ЗТВ

МАКСИМАЛЬНЫЕ РЕКОМЕНДОВАННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО НАГРЕВА И ТЕМПЕРАТУРЫ МЕЖДУ ПРОХОДАМИ ПРИ СВАРКЕ И ТЕРМИЧЕСКОЙ РЕЗКЕ

Максимальные рекомендованные значения температуры предварительного нагрева и температуры между проходами рассчитаны таким образом, чтобы не допустить снижения механических свойств сварного соединения в целом. Указанные максимальные значения температуры предварительного нагрева применяются тогда, когда сварка выполняется после предварительного нагрева. Для стали Strenx® марок CR максимальная температура предварительного нагрева не указана, так как сварка этой стали производится только однопроходным способом.

Макс. температура предварительного нагрева/между проходами (°C)			
Наименование стали	Макс. темп. предв. нагрева/ между проходами (°C)	Наименование стали	Макс. темп. предв. нагрева/ между проходами (°C)
Strenx® 100	300	Strenx® 900 E*	300
Strenx® 100 XF	100	Strenx® 900 Plus	150
Strenx® 110 XF	100	Strenx® 900MC	100
Strenx® 600MC	100	Strenx® Section 900MC	100
Strenx® 650MC	100	Strenx® Tube 900MH	100
Strenx® 650 Section	100	Strenx® 960 E*	300
Strenx® 700 E*	300	Strenx® 960 Plus	150
Strenx® 700MC	100	Strenx® 960MC	100
Strenx® 700MC Plus	100	Strenx® Tube 960MH	100
Strenx® Section 700MC	100	Strenx® Tube 960QLH	300
Strenx® Tube 700MH	100	Strenx® 1100 E*	200
Strenx® Tube 700MLH	100	Strenx® 1100MC	100
Strenx® Tube 700QLH	300	Strenx® 1300 E*	200

* В определённых обстоятельствах допускается температура между проходами, достигающая 400°C.

СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Сварка стали Strenx® чаще всего производится с применением нелегированных и низколегированных сварочных материалов, а также сварочных материалов из нержавеющей стали.

Предел текучести нелегированных и низколегированных сварочных материалов

Подбор сварочных материалов по пределу текучести производится по данным, приведённым на следующей странице. Сварочные материалы с низким пределом текучести имеют ряд преимуществ:

- Повышенная ударная вязкость наплавленного металла
- Повышенная стойкость к водородному растрескиванию
- Относительно низкие показатели остаточных напряжений внутри сварного шва

При многопроходной сварке стали Strenx® тех марок, которые нуждаются в предварительном нагреве, рекомендуется применять сварочные материалы с разными значениями предела текучести. Для прихваточных швов и первых проходов подходят сварочные материалы с низким пределом текучести. Остальные проходы выполняются с применением сварочных материалов с более высоким пределом текучести. Такая методика способствует повышению как ударной вязкости, так и сопротивления сварного соединения водородному растрескиванию.

Содержание водорода в нелегированных и низколегированных сварочных материалах

Содержание водорода в наплавленном металле не должно превышать 5 мл на 100 г. При сварке полуавтоматом и газовольфрамовой дуговой сварке столь низкое содержание водорода в наплавленном металле может, как правило, обеспечить проволока сплошного сечения. Сведения о содержании водорода в сварочных материалах других типов лучше всего запросить у их поставщиков.

Образцы сварочных материалов приводятся на сайте www.ssab.com в документе техподдержки за номером 60. Если сварочные материалы хранятся с соблюдением рекомендаций поставщиков, содержание водорода остаётся на предусмотренном уровне. Это, прежде всего, относится к сварочным материалам с покрытием и к флюсу.

Сварочные материалы

Сварочные материалы повышенной прочности

Сварочные материалы менее высокой прочности

Сварочные материалы по классификации EN

$R_{p0.2}$ (МПа)

	Ручная дуговая сварка электродами с покрытием	Дуговая сварка под флюсом (сплошная/флюсонаполненная проволока)	Полуавтоматическая сварка (сплошная проволока)	Дуговая сварка полуавтоматом (флюсонаполненная проволока всех типов)	Газовольфрамовая дуговая сварка
900	EN ISO 18275 (-A) E 89X	EN ISO 26304 (-A) S 89X	EN ISO 16834 (-A) G 89X	EN ISO 18276 (-A) T 89X	EN ISO 16834 (-A) W 89X
800	EN ISO 18275 (-A) E 79X	EN ISO 26304 (-A) S 79X	EN ISO 16834 (-A) G 79X	EN ISO 18276 (-A) T 79X	EN ISO 16834 (-A) W 79X
700	EN ISO 18275 (-A) E 69X EN ISO 18275 (-A) E 62X	EN ISO 26304 (-A) S 69X EN ISO 26304 (-A) S 62X	EN ISO 16834 (-A) G 69X EN ISO 16834 (-A) G 62X	EN ISO 18276 (-A) T 69X EN ISO 18276 (-A) T 62X	EN ISO 16834 (-A) W 69X EN ISO 16834 (-A) W 62X
600	EN ISO 18275 (-A) E 55X EN ISO 2560 E 50X	EN ISO 26304 (-A) S 55 X EN ISO 14171 (-A) S 50X	EN ISO 16834 (-A) G 55 X EN ISO 14341 (-A) G 50X	EN ISO 18276 (-A) T 55X EN ISO 17632 (-A) T 50X	EN ISO 16834 (-A) W 55X EN ISO 636 (-A) W 50X
500	EN ISO 2560 E 46X EN ISO 2560 E 42X	EN ISO 14171 (-A) S 46X EN ISO 14171 (-A) S 42X	EN ISO 14341 (-A) G 46X EN ISO 14341 (-A) G 42X	EN ISO 17632 (-A) T 46X EN ISO 17632 (-A) T 42X	EN ISO 636 (-A) W 46X EN ISO 636 (-A) W 42X
400					

* включая MC, Plus, MC Plus, E, CR, MH, Tube и Section

** включая Section и MC

*** включая MC, Plus, CR, Tube и Section

Сварочные материалы по классификации AWS

$R_{p0.2}$ (МПа)

	Ручная дуговая сварка электродами с покрытием	Дуговая сварка под флюсом (сплошная/флюсонаполненная проволока)	Дуговая сварка полуавтоматом (сплошная проволока)	Сварка полуавтоматом (флюсонаполненная проволока)	Сварка полуавтоматом (омеднённая проволока)	Газовольфрамовая дуговая сварка
900						
800	AWS A5.5 E120X	AWS A5.23 F12X	AWS A5.28 ER120S-X	AWS A5.29 E12XT-X	AWS A5.28 E120C-X	AWS A5.28 ER120X
700	AWS A5.5 E110X AWS A5.5 E100X	AWS A5.23 F11X AWS A5.23 F10X	AWS A5.28 ER110S-X AWS A5.28 ER100S-X	AWS A5.29 E11XT-X AWS A5.29 E10XT-X	AWS A5.28 E110C-X AWS A5.28 E100C-X	AWS A5.28 ER110X AWS A5.28 ER100X
600	AWS A5.5 E90X	AWS A5.23 F9X	AWS A5.28 ER90S-X	AWS A5.29 E9XT-X	AWS A5.28 E90C-X	AWS A5.28 ER90X
500	AWS A5.5 E80X AWS A5.5 E70X	AWS A5.23 F8X AWS A5.23 F7X	AWS A5.28 ER80S-X AWS A5.28 ER70S-X	AWS A5.29 E8XT-X AWS A5.29 E7XT-X	AWS A5.28 E80C-X AWS A5.28 E70C-X	AWS A5.28 ER80X AWS A5.28 ER70X
400						

* включая MC, Plus, MC Plus, E, CR, MH, Tube и Section

** включая Section и MC

*** включая MC, Plus, CR, Tube и Section

ЗАЩИТНЫЙ ГАЗ

Подбор и состав защитного газа зависят от условий сварки. Чаще всего применяются смеси Ar и CO_2.

Результаты применения нескольких разновидностей защитного газа

- Ускорение образования сварочной дуги
- Уменьшение разбрызгивания металла
- Снижение выделения оксидов

Ar (инертный газ) → Ar/CO_2 → (активный газ) CO_2

- Стабилизация дуги
- Снижение порообразования
- Усиление разбрызгивания, закупорка сопла сварочной горелки
- Повышенная глубина провара наплавленного металла

Образцы защитных газовых смесей

Способ сварки	Тип дуги	Положение	Защитный газ
Полуавтоматическая сварка сплошной проволокой	Короткая дуга	Все положения	18-25% CO_2 ост. Ar
Полуавтоматическая сварка флюсонаполненной проволокой	Короткая дуга	Все положения	18-25% CO_2 ост. Ar
Полуавтоматическая сварка сплошной проволокой	Дуга со струйным переносом металла	Горизонтальное положение (PA, PB, PC)	15-20% CO_2 ост. Ar
Полуавтоматическая сварка сплошной или порошковой проволокой	Дуга со струйным переносом металла	Все положения	15-20% CO_2 ост. Ar
Полуавтоматическая сварка сплошной или омеднённой проволокой	Дуга со струйным переносом металла	Горизонтальное положение (PA, PB, PC)	15-20% CO_2 ост. Ar
Роботизированная и автоматизированная дуговая сварка	Дуга со струйным переносом металла	Горизонтальное положение (PA, PB, PC)	8-18% CO_2 ост. Ar
Газовольфрамовая дуговая сварка	Дуга со струйным переносом металла	Все положения	100% чистый Ar

Расход защитного газа при сварке любыми способами зависит от конкретных условий. Общая рекомендация заключается в том, что расход в л/мин должен быть равен внутреннему диаметру форсунки в мм.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СВАРКЕ СТАЛИ STRENX®

Сопротивление расслаиванию и образованию горячих трещин

Сталь Strenx® всех марок отличается крайне низким уровнем посторонних примесей, например, серы и фосфора. Это улучшает механические свойства околошовной зоны и основной стали, не подвергающейся термическому воздействию. Кроме того, это снижает неоднородность сварки в таких её проявлениях, как образование горячих трещин и расслаивание.

Расслаивание происходит из-за появления посторонних включений параллельно поверхности стального листа – там, где возникают усилия растяжения, направленные перпендикулярно этой поверхности.

Избежать серьёзных дефектов в сварных соединениях под действием усилий, направленных перпендикулярно поверхности стального листа, можно путём смещения таких соединений от краёв листа. После термической резки кромки сравнительно тонких листов имеют более высокое качество поверхности, по сравнению с гильотинной резкой или перфорацией.

Образование горячих трещин

- Прежде чем приступать к сварке, очистите место сварного соединения от любых загрязнений, например, остатков масла и смазки. Уберите эти вещества подходящим способом.

Расслаивание. Отличия стали с высоким содержанием шлаковых включений от стали Strenx® различных марок

Т-образные угловые соединения рекомендуется выполнять как можно ближе к кромкам после термической резки

При сварке стали всех типов необходимо соблюдать стандартные требования для избежания несплошности шва. Дополнительная информация по этому вопросу изложена в документе техподдержки за номером 47, который можно скачать с сайта www.ssab.com.

Сварка стали Strenx® по грунту

Сталь Strenx® можно заказать в грунтованном состоянии. В этом случае сварку можно вести прямо по грунту, поскольку в нём содержится мало цинка. Грунт в околошовной зоне легко счищается щёткой или зачистным диском. Предварительное удаление грунта может свести к минимуму образование пор при сварке и упростить её в положениях, отличных от горизонтального. Если грунт не удалить, пористость сваренного металла будет немного выше. Самая низкая пористость достигается при сварке полуавтоматом с применением флюсонаполненной проволоки наиболее распространённых типов, а также при ручной дуговой сварке При сварке всегда требуется хорошая вентиляция, чтобы грунт не оказывал вредного воздействия на сварщика и окружающую среду. Дополнительная информация изложена в документе техподдержки за номером 25, который можно скачать по адресу www.ssab.com/downloads-center.

Сварка холоднокатаной стали Strenx®, заказанной с масляной плёнкой

Во избежание коррозии стальные листы обычно покрываются тонкой масляной плёнкой. Эта плёнка настолько тонка, что проблем с пористостью не возникает. Во время сварки масло переходит в газообразное состояние и быстро испаряется.

Термообработка швов после сварки

Сталь Strenx® всех марок, кроме Strenx® 1100 E, Strenx® 1300 E и Strenx® 1100MC, можно отпускать послесварочной термообработкой, хотя необходимость в этом возникает редко. Рекомендуется, по возможности, избегать тепловой правки и нормализации, поскольку эта мера может ухудшить механические свойства всей конструкции. Дополнительную информацию о подходящих температурах и продолжительности выдержки можно запросить у компании SSAB.

Для обеспечения наилучших результатов грунт можно снять.

Хранение

Хранение изделий из стали Strenx® в местах, где возможно загрязнение их поверхности, требует определённых мер предосторожности. Во избежание дефектов сварки сталь иногда приходится подвергать предварительной очистке тем или иным способом.

Классификация материалов по европейским нормативам ISO/TR 15608

При выполнении сварки сталь классифицируется по европейским нормативам следующим образом.

Классификация материалов		
Сталь	Толщина (мм)	Классификация материалов по нормативам ISO/TR 15608
Strenx® 700 E	≤ 53,0	3,2
Strenx® 700 E	> 53,0	3,1
Strenx® 100 E	Толстолистовая сталь любой толщины	3,1
Strenx® 900 E, 960 E, 1100 E, 1300 E	Толстолистовая сталь любой толщины	3,2
Strenx® 100 XF, 110 XF, 700MC Plus, марки стали Strenx® с обозначением, оканчивающемся на MC, Tube MH, Tube MLH и вся профильная сталь (Section)	Листовая сталь любой толщины	2,2
Strenx® 900 Plus, 960 Plus, Tube 960 QLH	Листовая сталь любой толщины	3,2

STRENX®
PERFORMANCE STEEL

Сталелитейная компания SSAB базируется в странах Северной Европы и в США. Компания SSAB поставляет на рынок продукцию с высокой добавленной стоимостью и оказывает услуги, разработанные в тесном сотрудничестве с потребителями, стремясь сделать наш мир более прочным, лёгким и экологически чистым. Компания SSAB располагает штатом сотрудников более чем в 50 странах мира. Её производственные объекты находятся в Швеции, Финляндии и США. Акции SSAB котируются на фондовых биржах Nasdaq в Стокгольме и в Хельсинки (в последнем случае речь идёт о котировке акций вторичного размещения).

www.ssab.com.

Подпишитесь на наши каналы в социальных сетях: Facebook, Instagram, LinkedIn, Twitter и YouTube.

420-RU-Strenx®-Сварка стали Strenx® V3-2022-AplusM-Osterbergs

SSAB
P.O. Box 70
SE-101 21 Stockholm
Швеция

Адрес приёмной:
Klarabergsviadukten 70

Тел.: +46 8 45 45 700
E-mail: contact@ssab.com

Strenx.com

Товарный знак Strenx® принадлежит группе компаний SSAB. Сведения, изложенные в этой брошюре, приводятся исключительно для справки. Компания SSAB AB не несёт ответственности за пригодность или целесообразность применения продукции в какой-либо конкретной области. Ответственность за независимую проверку и подтверждение пригодности продукции к использованию, а также соответствия областей применения ложится на пользователя. Компания SSAB AB представляет в данном документе информацию в том состоянии, в котором она доступна, со всеми неточностями. Вся полнота риска по использованию этой информации ложится на пользователя.

© 2021 SSAB AB. Все права защищены.

SSAB