

HARDOX®
WEAR PLATE

СВАРКА СТАЛИ HARDOX®



SSAB

СОДЕРЖАНИЕ

Сварка износостойкой листовой стали Hardox®	3
Способы подготовки швов	4
Тепловложение	5
Предупреждение водородного растрескивания	6
Минимальные значения температуры предварительного подогрева и температуры между проходами	8
Рекомендованные значения температуры предварительного подогрева	10
Способы достижения и замера температуры предварительного нагрева	12
Упрочнение	13
Рекомендации по уменьшению деформаций при сварке	14
Продолжительность охлаждения $t_{3/5}$	16
Последовательность наложения швов и размер зазоров между свариваемыми кромками	17
Сварочные материалы	18
Сварочные материалы из нержавеющей стали	20
Защитный газ при сварке	21
Сварка по грунтовке	22
Послесварочная термообработка	22
Новые технологии сварки	23

Справочник по сварке компании SSAB

Для более глубокого ознакомления с миром сварки мы рекомендуем Справочник по сварке компании SSAB. На 132 страницах этого документа приведена подробная информация и рекомендации для технических специалистов, инженеров и других заинтересованных профессионалов. В нём содержатся рекомендации, как добиться наилучших результатов при сварке износостойкой листовой стали Hardox® и высокопрочной стали Strenx®. В справочнике описываются тепловые процессы при сварке, способы уменьшения риска возникновения трещин, методы улучшения качества околошовной зоны, характеристики геометрии соединений, а также приводятся рекомендации по выбору расходных и присадочных материалов.

Справочник по сварке компании SSAB доступен для скачивания в электронной версии, также по адресу ssab.com/support/steel-handbooks можно заказать печатную версию.



СВАРКА ИЗНОСОСТОЙКОЙ ЛИСТОВОЙ СТАЛИ HARDOX®

Износостойкая сталь Hardox® сочетает в себе уникальные технико-эксплуатационные характеристики с непревзойдённой свариваемостью. Она предлагается в форме листов, круглого проката и труб. Сталь Hardox® можно сваривать с любой другой свариваемой сталью любыми обычными способами.

В этой брошюре представлены полезные советы и информация о том, как упростить и повысить производительность сварки. Здесь приводятся рекомендации по температуре предварительного нагрева и между проходами, тепловложению, сварочным материалам и т.п.

Эта практическая информация позволяет воспользоваться в полной мере уникальными свойствами стали Hardox®. В брошюре приводятся ссылки на следующие материалы:

- ▶ В документах технической поддержки предоставляется дополнительная информация и освещаются такие темы, как способы недопущения дефектов сварного соединения. В них также перечислены некоторые поставщики подходящих расходных материалов. Документы технической поддержки можно скачать в центре загрузки материалов по адресу ssab.com/download-center.
- ▶ Приложение WeldCalc™ позволяет оптимизировать параметры сварки в конкретных условиях и в зависимости от требуемых характеристик сварных конструкций. Оно предлагается в версиях для ПК и мобильных устройств. Приложение WeldCalc™ можно скачать по адресу ssab.com/support/calculators-and-tools.

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.



ВАЖНЕЙШИЕ ПАРАМЕТРЫ СВАРКИ

Для обеспечения высокого качества работ прежде, чем приступать к сварке, полностью очистите околошовную зону от влаги, масел, следов коррозии и любых загрязнений. Наряду с соблюдением культуры сварки, обязательно примите во внимание перечисленные далее аспекты:

- ▶ подбор сварочных материалов
- ▶ температура подогрева перед сваркой и между проходами
- ▶ тепловложение
- ▶ последовательность сварки и зазор между кромками

СПОСОБЫ ПОДГОТОВКИ ШВОВ

Подготовка соединений может осуществляться такими традиционными методами, как термическая резка и механическая обработка. При использовании термической резки образуется тонкий слой оксида азота толщиной приблизительно до 0,2 мм. Перед сваркой этот слой необходимо зачистить углошлифовальной машиной.

ТЕПЛОВЛОЖЕНИЕ

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

$$Q = \frac{k \cdot U \cdot I \cdot 60}{v \cdot 1000} \quad \begin{matrix} \text{кДж/мм} \\ (\text{кДж/дюйм}) \end{matrix}$$

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

$$Q = \frac{k \cdot IE}{L \cdot 1000} \quad \begin{matrix} \text{кДж/мм} \\ (\text{кДж/дюйм}) \end{matrix}$$

или

$$Q = \frac{k \cdot IP \cdot 60}{v \cdot 1000} \quad \begin{matrix} \text{кДж/мм} \\ (\text{кДж/дюйм}) \end{matrix}$$

Q – тепловложение в кДж/мм (кДж/дюйм)

k – КПД дуги (безразмерная величина)

U – напряжение (В)

I – ток (А)

v – скорость сварки в мм/мин (дюймы/мин)

L – длина прохода (мм или дюймы)

IE – мгновенная энергия (Дж)

IP – мгновенная мощность (Вт)

КПД дуги зависит от технологии сварки. В таблице 1 приведены приблизительные значения в зависимости от способа сварки.

КПД дуги в зависимости от способа сварки

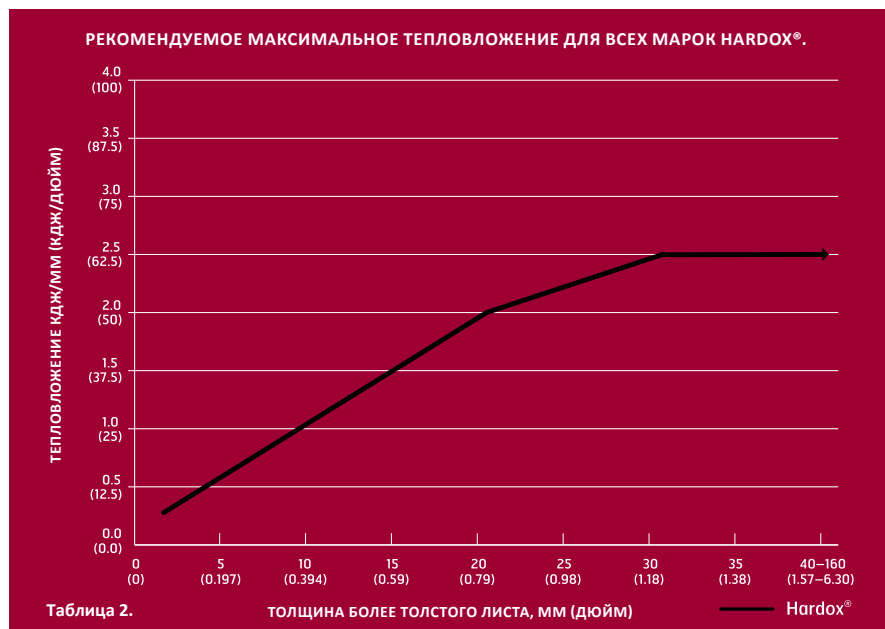
СПОСОБ СВАРКИ	КПД ДУГИ (к)
Дуговая сварка полуавтоматом / сплошная проволока	0,8
Ручная электродуговая сварка / дуговая сварка плавящимся покрытым электродом	0,8
Дуговая сварка под флюсом	1,0
Аргондуговая сварка / дуговая сварка вольфрамовым электродом в газовой среде	0,6

Таблица 1.

Чем больше тепловложение, тем шире околошовные зоны (HAZ), что отрицательно сказывается на механических свойствах и износостойкости этих зон. Сварка с малым тепловложением даёт следующие преимущества:

- ▶ повышенная износостойкость околошовных зон,
- ▶ пониженная деформация (относится к однопроводным швам),
- ▶ повышенная вязкость шва,
- ▶ повышенная прочность шва

С другой стороны, недостаточное тепловложение может отрицательно сказаться на ударной вязкости (при $t_{8/5}$ * менее 3 секунд). В таблице 2 указаны рекомендованные значения максимального тепловложения (Q) при сварке стали Hardox®.



* см. определение на стр. 16

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ВОДОРОДНОГО РАСТРЕСКИВАНИЯ

Благодаря сравнительно низкому углеродному эквиваленту, сопротивление всех марок стали Hardox® водородному растрескиванию выше, чем у любой другой износостойкой стали.

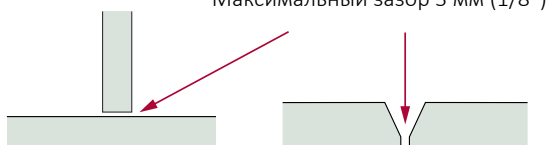
Свести риск водородного растрескивания к минимуму помогут следующие рекомендации.

- ▶ Соблюдать рекомендованную минимальную температуру предварительного подогрева околошовной зоны.
- ▶ Измерять температуру предварительного подогрева согласно рекомендациям на стр. 12.
- ▶ Использовать такие технологии и сварочные материалы, которые обеспечивают содержание водорода не выше 5 мл на 100 г наплавленного металла.
- ▶ Обеспечить полное отсутствие на стыке таких загрязнений, как ржавчина, смазка, масла или иней.
- ▶ Пользоваться сварочными материалами, рекомендованными компанией SSAB. (См. информацию о сварочных материалах на стр. 18.)
- ▶ Соблюдать такую последовательность сварки, которая сводит остаточные напряжения к минимуму.
- ▶ Начало и окончание сварного шва должны располагаться на расстоянии, по крайней мере, 50-100 мм от угла, чтобы не допустить чрезмерных напряжений в этой области, см. рис. 1.
- ▶ Не допускать зазоров между кромками, превышающих 3 мм (см. рис. 2).

Рисунок 1.



Рисунок 2.





МИНИМАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ПОДОГРЕВА И ТЕМПЕРАТУРЫ МЕЖДУ ПРОХОДАМИ

Во избежание водородного растрескивания крайне важно соблюдать рекомендации по минимальной температуре предварительного подогрева, а также по способам и порядку измерения температуры на стыке и вокруг него.

Влияние легирующих элементов на подбор температуры предварительного подогрева и температуры между проходами

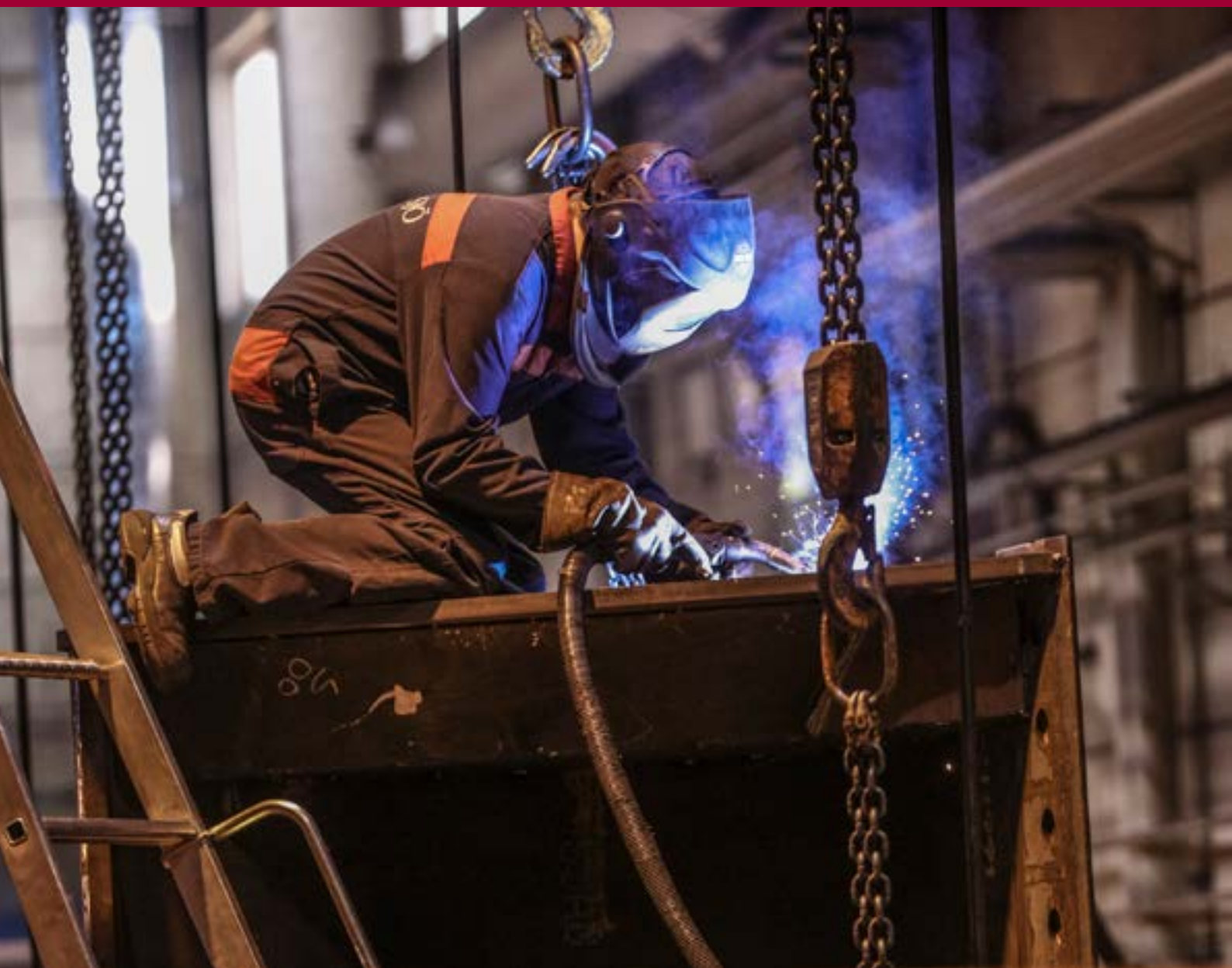
Уникальное сочетание элементов обеспечивает оптимальные механические свойства износостойкой листовой стали Hardox®. Это сочетание требует определённой температуры предварительного подогрева и температуры между проходами при сварке стали Hardox®, а также может использоваться для расчёта углеродного эквивалента. Расчёт углеродного эквивалента (CEV или CET) выполняется по приведённым справа формулам.

Проценты в этих формулах обозначают весовую концентрацию легирующих элементов, которые указываются в заводском сертификате качества стали Hardox®. Чем выше углеродный эквивалент стали, тем, как правило, выше температура предварительного подогрева и между проходами. Стандартные гарантируемые значения углеродного эквивалента всех марок стали Hardox® указываются компанией SSAB в спецификациях продукции, размещённых на сайте www.hardox.com.

Однако при соблюдении минимальной температуры предварительного подогрева, которая указана в этой брошюре, расчёт углеродного эквивалента не требуется.

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

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



Температура предварительного подогрева и между проходами для всей линейки износостойкой стали Hardox®

Рекомендованные значения минимальной температуры предварительного подогрева и максимальной температуры между проходами во время сварки указаны в таблицах 3, 4а и 4б. Если не указано иное, эти значения применяются при сварке с нелегированными и низколегированными сварочными материалами.

- ▶ При сваривании друг с другом листов* стали одной и той же марки, но разной толщины, необходимая температура предварительного подогрева и температура между проходами рассчитывается по более толстому листу (см. рис. 4).
- ▶ При сваривании друг с другом листов стали разных марок необходимая температура предварительного подогрева и температура между проходами рассчитывается по тому листу*, температура предварительного подогрева которого выше.
- ▶ Данные, приведённые в таблицах 4а и 4б, действительны при тепловложении не ниже 1,7 кДж/мм. Если применяется тепловложение в пределах 1,0 – 1,69 кДж/мм, необходимо поднять температуру предварительного подогрева на 25°C выше рекомендованного значения.
- ▶ Если применяется тепловложение менее 1,0 кДж/мм, необходимо рассчитать рекомендованную минимальную температуру предварительного подогрева с помощью приложения WeldCalc компании SSAB.
- ▶ Если сварка выполняется в условиях повышенной влажности или при температуре ниже 5°C, самое низкое значение рекомендованной температуры предварительного подогрева, приведённое в таблице 4а или 4б, необходимо повысить на 25°C.
- ▶ Для листов толщиной более 25 мм и соединений, в которых корневой проход расположен рядом с осевой линией листа (например, двойной V-образный стыковой шов), рекомендуется смещать корневой проход от осевой линии приблизительно на 5 мм.

* Листовая сталь, трубный прокат, круглый прокат.

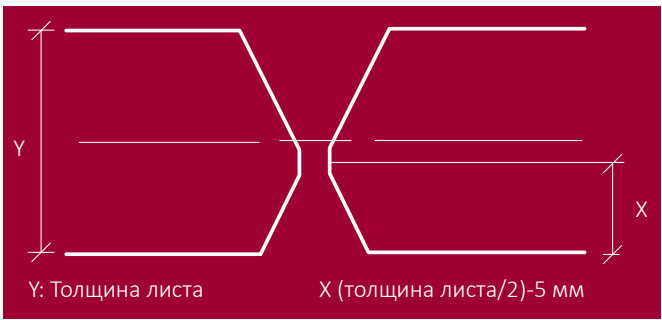


Рисунок 3.

Рекомендованные значения максимальной температуры между проходами или температуры предварительного подогрева

Hardox® HiTemp**	300°C
Hardox® HiTuf**	300°C
Hardox® HiAce	225°C
Hardox® 400/400, трубный прокат и круглый прокат	225°C
Hardox® 450	225°C
Hardox® 500/500, трубный прокат	225°C
Hardox® 500 Tuf	225°C
Hardox® 550	225°C
Hardox® 600	225°C
Hardox® Extreme	100°C

Таблица 3.

** При сварке стали Hardox® HiTemp и Hardox® HiTuf в отдельных случаях допускается температура между проходами, достигающая приблизительно 400°C. В таких случаях пользуйтесь приложением WeldCalc™.

Указанные в таблице 3 значения температуры между проходами соответствуют максимальной рекомендованной температуре стыка (на поверхности наплавленного металла) или непосредственно примыкающего к нему участка (начального положения) перед следующим проходом.

Тепловложение, превышающее 1,7 кДж/мм, не влияет на рекомендованные значения минимальной температуры предварительного подогрева и максимальной температуры между проходами, указанные в таблицах 3, 4а, 4б. Данные приводятся, исходя из того, что сварной шов охлаждается на воздухе до температуры окружающей среды.

Обратите внимание на то, что эти же рекомендации распространяются и на прихваточные швы, а также на корневые проходы. В целом, длина каждого прихваточного шва должна составлять не менее 50 мм. Прихваточные швы могут быть короче, если толщина листового стали не превышает 8 мм. Расстояние между прихваточными швами может меняться по мере необходимости.

РЕКОМЕНДОВАННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ПОДОГРЕВА

На горизонтальной координатной линии указана толщина листа (диаметр круга). Минимальная рекомендуемая температура предварительного подогрева и температура между проходами указаны для различных листов различной толщины. Следует учесть, что повышение температуры начинается при увеличении приведённой в схемах толщины на 0,1 мм.

Таблица 4a

мм	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	120	130	160
Hardox® HiTemp			100°C		125°C								
Hardox® HiAce			125°C	150°C		175°C			200°C		100 mm		
Hardox® HiTuf							100°C				125°C		
Hardox® 400 ¹				75°C		100°C		175°C			200°C		
Hardox® 400 Redondos (diámetro)				75°C				175°C		200°C	100 mm		
Hardox® 450				125°C				150°C					
Hardox® 500 ²				175°C			200°C				103 mm		
Hardox® 500 Tuf			75°C	125°C	150°C								
Hardox® 550	125°C		175°C		200°C								
Hardox® 600	150°C		175°C										
Hardox® 600 Consumibles de acero inoxidable				100°C									
Hardox® Extreme Consumibles de acero inoxidable			100°C										

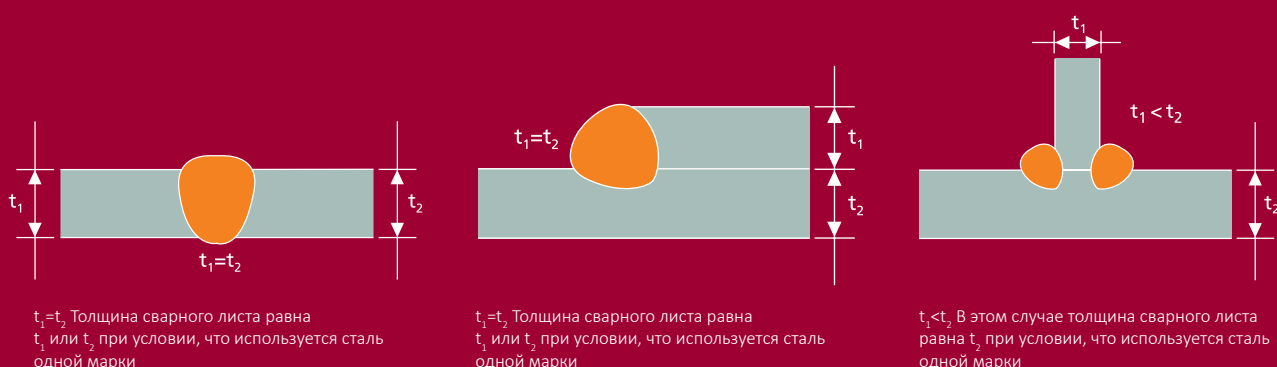
Комнатная температура (приблизительно 20°C)
 Такая толщина не производится
 Только нержавеющие присадочные материалы

¹ Температура предварительного подогрева стали Hardox® 400 применима также для трубного проката Hardox® 400 Tubes, который поставляется в толщинах 3 – 6 мм.

² Температура предварительного подогрева стали Hardox® 500 применима также для трубного проката Hardox® 500 Tubes, который поставляется в толщинах 3 – 6 мм.

Схематическое изображение «толщины сварного листа (диаметра)»

Рисунок 4.





СПОСОБЫ ДОСТИЖЕНИЯ И ЗАМЕРА ТЕМПЕРАТУРЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ПОДОГРЕВА

Необходимой температуры подогрева перед сваркой можно добиться несколькими способами. Лучшим из них зачастую является использование электрических матов (см. рис. 5) возле подготовленного стыка, обеспечивающих равномерный нагрев околошовной зоны. Температуру необходимо контролировать, например, с помощью контактного термометра.

Рисунок 5. Пример применения электрических матов

Рекомендованный порядок предварительного подогрева

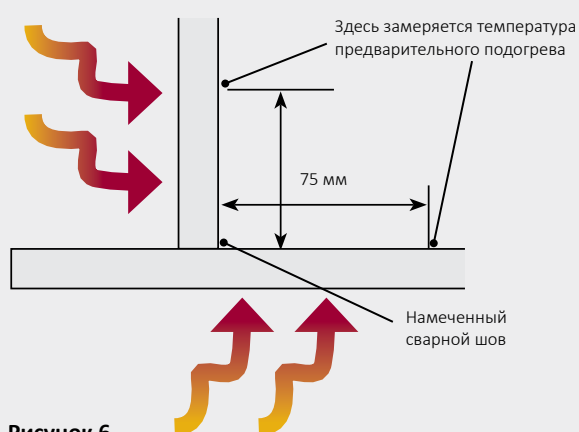
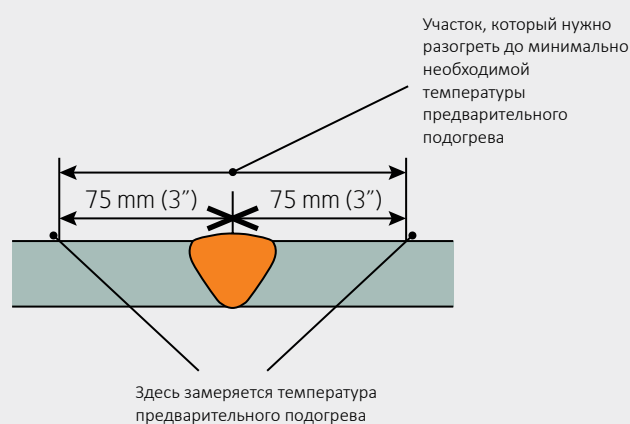


Рисунок 6.

Время предварительного подогрева не менее 2 минут на каждые 25 мм толщины. До минимальной температуры предварительного подогрева прогревается участок площадью 75 + 75 мм, прилегающий к намеченному сварному шву (см. выше).



При наложении многопроходного шва можно измерять температуру как самого шва, так и околошовной зоны.

УПРОЧНЕНИЕ

Если сварной шов расположен в зоне, подверженной сильному износу, повысить износостойкость наплавленного металла можно путём наплавки с применением специальных сварочных материалов повышенной твёрдости. Необходимо соблюдать указания по сварке и наплавке стали Hardox®.

Отдельные виды сварочных материалов для упрочнения наплавкой нуждаются в особенно высокой температуре предварительного подогрева, которая может превышать рекомендованные значения максимальной температуры между проходами при сварке стали Hardox®.

Следует отметить, что предварительный подогрев до температуры выше рекомендованных значений максимальной температуры между проходами при сварке стали Hardox® может привести к снижению твёрдости основной стали и износостойкости металла в зоне предварительного подогрева.

Минимальные и максимальные значения температуры предварительного подогрева – такие же, как и при обычной сварке (см. таблицы 4а и 4б). Определение толщины сварного листа при наплавке твёрдым сплавом приводится на рис. 7.

Между обычным сварным швом или стальным листом и наплавкой твёрдым сплавом полезно наварить промежуточный слой из материала с высокой вязкостью. Сварочные материалы подбираются для промежуточного слоя согласно рекомендациям по сварке износостойкой листовой стали Hardox®. Для промежуточного слоя желательно использовать сварочные материалы из нержавеющей стали, отвечающие требованиям нормативов AWS 307 и AWS 309 (см. **рис. 8**).

Рис. 7. Определение толщины сварного листа

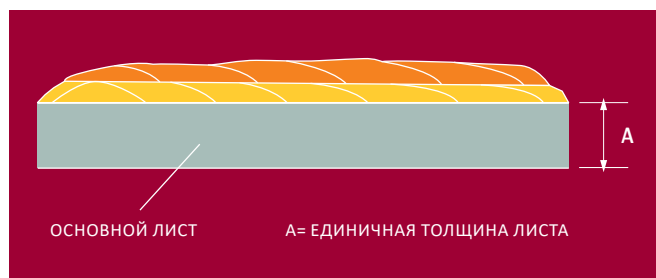
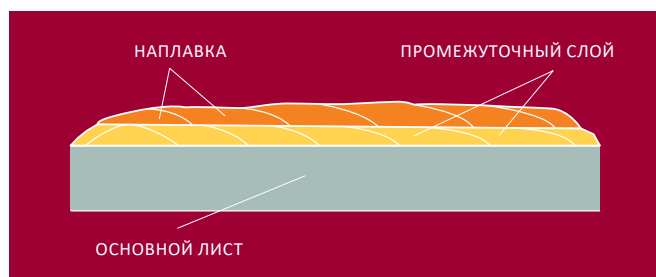


Рисунок 8. Образец последовательности наложения швов с применением специальных сварочных материалов для промежуточного слоя и наплавки твёрдым сплавом



РЕКОМЕНДАЦИИ О ТОМ, КАК СВЕСТИ К МИНИМУМУ ДЕФОРМАЦИЮ ПРИ СВАРКЕ

Деформация во время и после сварки зависит от толщины основного стального листа и от способа сварки. Выполняя следующие рекомендации, можно уменьшить деформацию материала, особенно при использовании стали малой толщины.

- ▶ Снизить тепловложение при сварке до минимума (относится к однопроводным швам).
- ▶ Уменьшить площадь поперечного сечения шва до минимальной (см. рис. 9).
- ▶ Применять симметричные сварные швы (см. рис. 10).
- ▶ Перед сваркой согнуть, закрепить в зажимах или расположить заготовки под углом таким образом, чтобы компенсировать усадочную деформацию (см. пример на рис. 11).
- ▶ Не допускать неровных зазоров.
- ▶ Свести усиления к минимуму, добиваться оптимальной толщины угловых сварных швов.
- ▶ Сократить расстояние между прихваточными швами.
- ▶ Применять сварку обратным шагом или сварку с пропусками. При использовании способа сварки с обратным шагом проходы выполняются в обратном направлении по отношению к общему ходу работ. Если применяется сварка с пропусками, выполнять все проходы в обратном направлении не требуется, см. рисунок 12.
- ▶ Выполнять сварку от более зажатых участков по направлению к краям, см. рисунок 13.

Рис. 9. Поперечное сечение сварного шва и его влияние на деформацию.

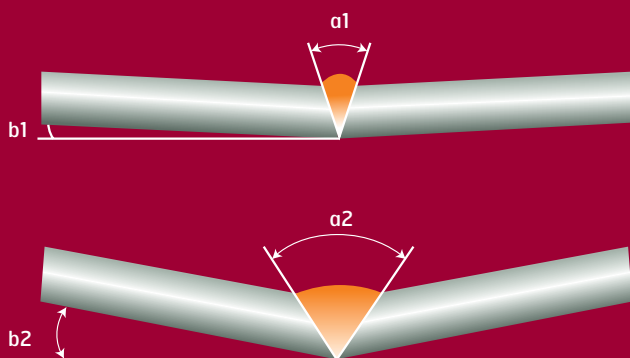


Рисунок 10.



Рис. 11. Предварительная регулировка углового шва и V-образного стыкового шва со скосом одной кромки

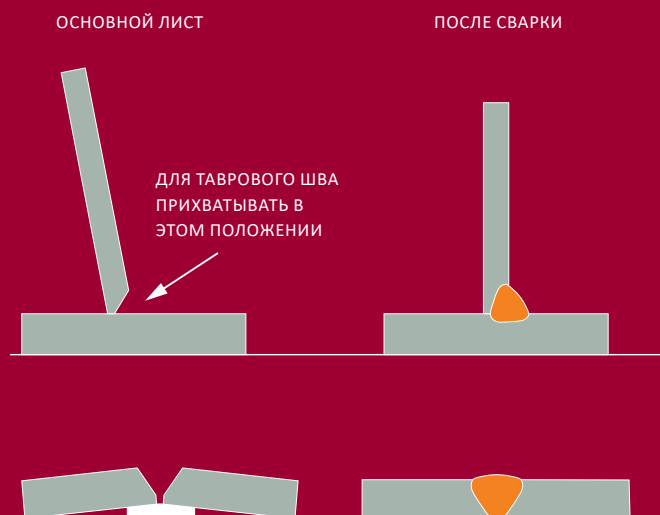


Рис. 12. Симметричное наложение сварных швов.

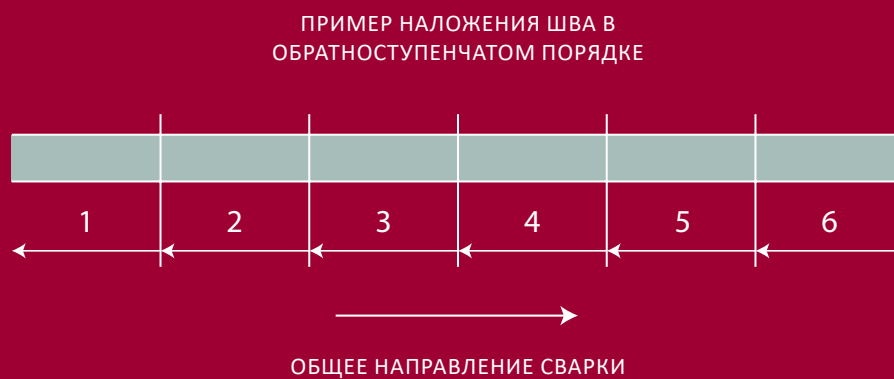
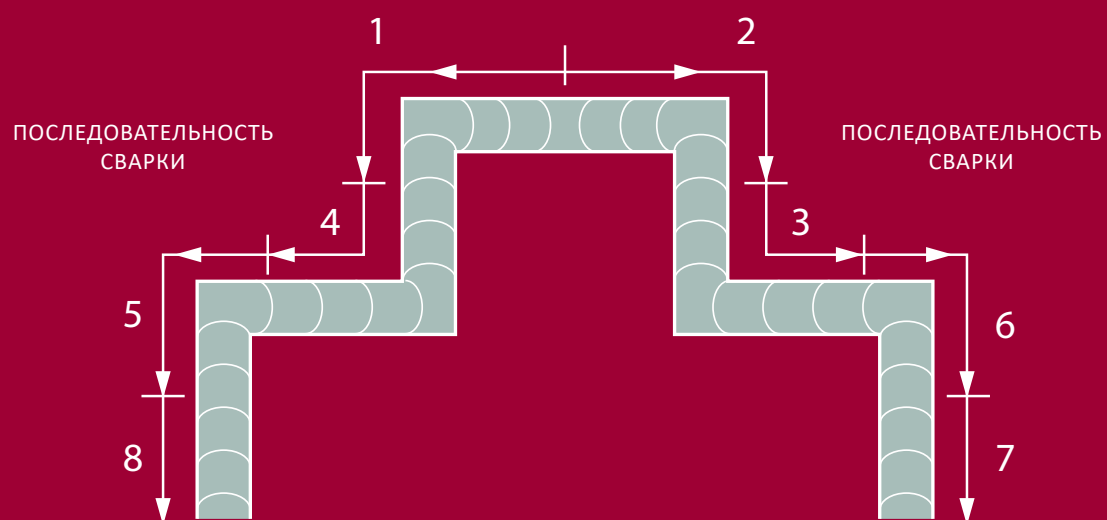


Рисунок 13.



ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ОСТЫВАНИЯ $t_{8/5}$

Продолжительность остывания ($t_{8/5}$) – это время, на протяжении которого температура сварного соединения опускается с 800° до 500°С. Этот параметр хорошо определяет термическое воздействие сварки.

Рекомендуемая продолжительность остывания, как правило, приводится для конструкционной стали, что позволяет оптимизировать процесс сварки в соответствии с определёнными требованиями, например, к уровню ударной вязкости.

Рекомендованные значения максимальной продолжительности остывания стали Hardox® разных марок приведены в приложении WeldCalc, разработанном компанией SSAB.



Приложение WeldCalc™: рекомендации по оптимизации сварки в всегда под рукой

В приложении WeldCalc компании SSAB приводятся настройки сварочного оборудования, в том числе тепловложение, температура предварительного подогрева, сила тока, напряжение и скорость сварки. Скачать приложение WeldCalc для персонального компьютера или мобильного устройства можно по адресу ssab.com/support/calculators-and-tools либо сканировав приведённый ниже QR-код для iOS или Android.



App store

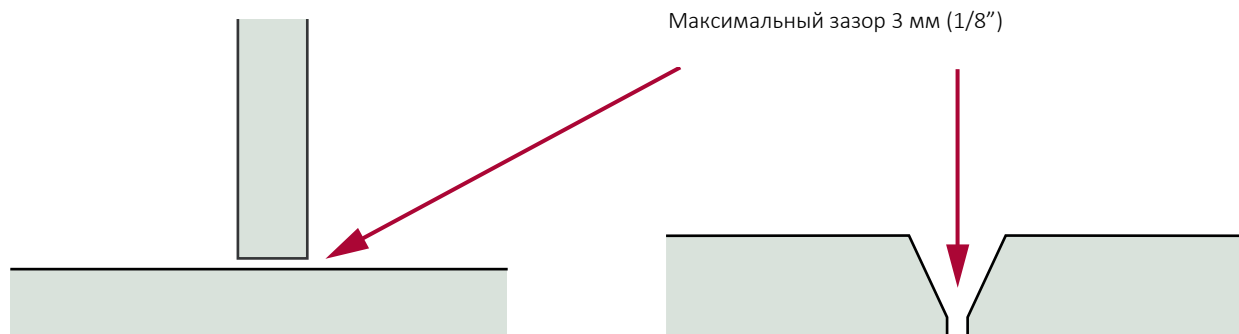
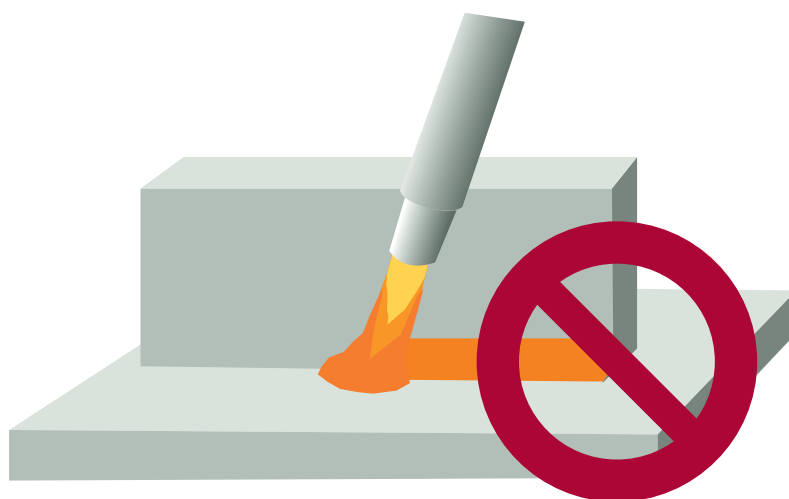


Google play

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ СВАРКИ И РАЗМЕР ЗАЗОРОВ МЕЖДУ КРОМКАМИ

Приступая к сварке прихваточными швами, необходимо проследить за тем, чтобы размер зазоров между кромками не превышал 3 мм (см. рис. 14). Старайтесь обеспечить равномерный зазор вдоль стыка. Не следует начинать и заканчивать сварку на участках, подвергающихся сильному напряжению. Начинать и заканчивать сварку лучше всего на расстоянии не менее 50 – 100 мм от углов (см. рис. 14). Сварку листов возле кромок рекомендуется выполнять с применением технологической пластины в конце шва.

Рисунок 14. Не следует начинать и заканчивать сварку на участках, подверженных сильному напряжению, например, по углам. Зазор не должен превышать 3 мм.



СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Прочность нелегированных и низколегированных сварочных материалов

Для сварки стали Hardox®, как правило, рекомендуется применять нелегированные и низколегированные сварочные материалы с максимальным пределом текучести 500 МПа. Допускается применение более прочных сварочных материалов (Re макс. 900 МПа) для сварки листовой стали Hardox® 400 и 450 толщиной 0,7 – 6,0 мм.

Низколегированные сварочные материалы повышают твёрдость наплавленного металла, что может снизить износ шва. Если износостойкость наплавленного металла имеет первостепенное значение, последний проход можно сделать сварочными материалами, которые обычно применяются для поверхностного упрочнения (см. раздел «Упрочнение» на стр. 13). Сварочные материалы, рекомендованные к применению со сталью Hardox®, а также их обозначения по классификации AWS и EN, перечислены в таблице 5.

Требования к содержанию водорода в нелегированных и низколегированных сварочных материалах

При сварке с применением нелегированных или низколегированных сварочных материалов содержание водорода в наплавленном металле не должно превышать 5 мл на 100 г.

Этим требованиям должна соответствовать проволока для дуговой сварки полуавтоматом или аргонодуговой сварки, либо сварки вольфрамовым электродом в газовой среде. Сведения о содержании водорода в сварочных материалах других типов следует запрашивать у их поставщиков. Примеры подходящих сварочных материалов приведены в документе № 60 технической поддержки, доступном на веб-сайте: ssab.com.

Если сварочные материалы хранятся с соблюдением рекомендаций поставщиков, содержание водорода остаётся неизменным в соответствии с нижеперечисленными требованиями. То же самое относится ко всем сварочным материалам с покрытием и к флюсу.

Таблица 5. Рекомендуемые сварочные материалы для всех марок износостойкой листовой стали Hardox®

СПОСОБ СВАРКИ	КЛАССИФИКАЦИЯ ПО СТАНДАРТАМ AWS	КЛАССИФИКАЦИЯ ПО СТАНДАРТАМ EN
Дуговая сварка полуавтоматом / сплошная проволока	AWS A5.28 ER70X-X	EN ISO 14341-A- G 42x
	AWS A5.28 ER80X-X	EN ISO 14341-A- G 46x
Дуговая сварка полуавтоматом / обмедненная проволока	AWS A5.28 E7XC-X	EN ISO 17632-A- T 42xH5
	AWS A5.28 E8XC-X	EN ISO 17632-A- T 46xH5
Дуговая сварка полуавтоматом / порошковая проволока	AWS A5.29 E7XT-X	EN ISO 17632-A- T 42xH5
	AWS A5.29 E8XT-X	EN ISO 17632-A- T 46xH5
Ручная электродуговая сварка (дуговая сварка плавящимся покрытым электродом)	AWS A5.5 E70X	EN ISO 2560-A- E 42xH5
	AWS A5.5 E80X	EN ISO 2560-A- E 46xH5
Дуговая сварка под флюсом	AWS A5.23 F49X	EN ISO 14171-A- S 42x
	AWS A5.23 F55X	EN ISO 14171-A- S 46x
Аргонодуговая сварка / дуговая сварка вольфрамовым электродом в газовой среде	AWS A5.18 ER70X	EN ISO 636-A- W 42x
	AWS A5.28 ER80X	EN ISO 636-A- W 46x

Примечание: «X» может обозначать как один, так и несколько знаков.



СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ИЗ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ

Сварочными материалами из аустенитной нержавеющей стали можно пользоваться для сварки любой продукции линейки Hardox® (см. таблицу 6). Такие сварочные материалы позволяют производить сварку при комнатной температуре (5 – 20°C) без предварительного нагрева, за исключением стали Hardox® 600 и Hardox® Extreme.

Компания SSAB рекомендует пользоваться сварочными материалами, которые в порядке предпочтения отвечают требованиям, во-первых, стандарта AWS 307, а во-вторых, стандарта AWS 309. Предел текучести таких сварочных материалов составляет в любом наплавленном металле приблизительно 500 МПа.

Сварочные материалы типа AWS 309 сильнее подвержены горячему растрескиванию, чем материалы типа AWS 307. Следует отметить, что поставщики редко указывают содержание водорода в сварочных материалах из нержавеющей стали, характеристики которых зависят от этого показателя не так сильно, как в случае с нелегированными и низколегированными сварочными материалами. Компания SSAB не накладывает никаких ограничений на предельное содержание водорода в сварочных материалах этого типа. Примеры подходящих сварочных материалов из нержавеющей стали приведены в документе № 60 технической поддержки, доступном на веб-сайте ssab.com.

Таблица 6. Рекомендуемые сварочные материалы из нержавеющей стали для износостойкой листовой стали Hardox®

СПОСОБ СВАРКИ	КЛАССИФИКАЦИЯ ПО СТАНДАРТАМ AWS	КЛАССИФИКАЦИЯ ПО СТАНДАРТАМ EN
Дуговая сварка полуавтоматом / сплошная проволока	Рекомендованные: AWS A5.9: ER307 Допустимые: AWS A5.9: ER309	Рекомендованные: EN ISO 14343-A: B 18 8 Mn/ EN ISO 14343-B: SS307 Допустимые: EN ISO 14343-A: B 23 12 X/ EN ISO 14343-B: SS309X
Дуговая сварка полуавтоматом / обмедненная проволока	Рекомендованные: AWS A5.9: EC307 Допустимые: AWS A5.9: EC309	Рекомендованные: EN ISO 17633-A: T 18 8 Mn/ EN ISO 17633-B: TS307 Допустимые: EN ISO 17633-A: T 23 12 X/ EN ISO 17633-B: TS309X
Дуговая сварка полуавтоматом / порошковая проволока	Рекомендованные: AWS A5.22: E307T-X Допустимые: AWS A5.22: E309T-X	Рекомендованные: EN ISO 17633-A: T 18 8 Mn/ EN ISO 17633-B: TS307 Допустимые: EN ISO 17633-A: T 23 12 X/ EN ISO 17633-B: TS309X
Ручная электродуговая сварка / дуговая сварка плавящимся покрытым электродом	Рекомендованные: AWS A5.4: E307-X Допустимые: AWS A5.4: E309-X	Рекомендованные: EN ISO 3581-A: 18 8 Mn/ EN ISO 3581-B: 307 Допустимые: EN ISO 3581-A: 22 12 X/ EN ISO 3581-B: 309X
Дуговая сварка под флюсом	Рекомендованные: AWS A5.9: ER307 Допустимые: AWS A5.9: ER309	Рекомендованные: EN ISO 14343-A: B 18 8 Mn/ EN ISO 14343-B: SS307 Допустимые: EN ISO 14343-A: S 23 12 X/ EN ISO 14343-B: SS309X
Аргондуговая сварка / дуговая сварка вольфрамовым электродом в газовой среде	Рекомендованные: AWS A5.9: ER307 Допустимые: AWS A5.9: ER309	Рекомендованные: EN ISO 14343-A: W 18 8 Mn/ EN ISO 14343-B: SS307 Допустимые: EN ISO 14343-A: W 23 12 X/ EN ISO 14343-B: SS309X

Примечание: «X» может обозначать как один, так и несколько знаков

ЗАЩИТНЫЙ ГАЗ

С износостойкой листовой сталью Hardox®, как правило, применяются те же газовые смеси, что и при сварке нелегированной или низколегированной стали.

Дуговая сварка стали Hardox® полуавтоматом или плавящимся электродом производится обычно в газовой среде, состоящей из аргона (Ar) и углекислого газа (CO₂). К аргону и CO₂ иногда добавляют небольшое количество кислорода (O₂), чтобы стабилизировать сварочную дугу и уменьшить разбрызгивание металла. Ручную сварку рекомендуется производить в аргоне с добавлением приблизительно 18–20% CO₂, поскольку именно такая смесь обеспечивает хороший провар при умеренном разбрызгивании металла.

Автоматическую или роботизированную сварку можно производить в защитной газовой среде, состоящей из аргона с добавлением приблизительно 8–10% CO₂. Такая смесь обеспечивает оптимальное соотношение результатов сварки с производительностью и разбрызгиванием металла.

На рис. 15 представлены результаты применения нескольких разновидностей защитного газа. В таблице 7 приводятся рекомендации по применению защитного газа при сварке разными способами. Разновидности защитного газа, упомянутые в таблице 7, можно применять как при сварке короткой дугой, так и при дуговой сварке со струйным переносом металла.

Рисунок 15. Результаты применения разновидностей защитного газа при сварке

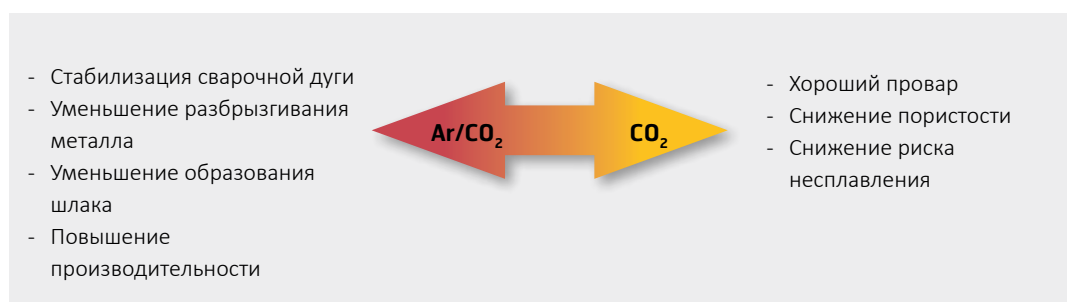


Таблица 7. Разновидности защитного газа с рекомендациями

СПОСОБ СВАРКИ	ТИП ДУГИ	ПОЛОЖЕНИЕ	ЗАЩИТНЫЙ ГАЗ
Дуговая сварка полуавтоматом / сплошная проволока	Короткая дуга	Все положения	18 – 25% CO ₂ в аргоне
Дуговая сварка полуавтоматом / обмедненная проволока	Короткая дуга	Все положения	18 – 25% CO ₂ в аргоне
Дуговая сварка полуавтоматом / сплошная проволока	Дуга со струйным переносом металла	Горизонтальное положение	15 – 20% CO ₂ в аргоне
MAG/FCAW, порошковая проволока	Дуга со струйным переносом металла	Все положения	15 – 20% CO ₂ в аргоне
MAG/MCAW, сплошная или обмедненная проволока	Дуга со струйным переносом металла	Горизонтальное положение	15 – 20% CO ₂ в аргоне
Роботизированная или автоматизированная дуговая сварка полуавтоматом / сплошным металлическим электродом	Дуга со струйным переносом металла	Горизонтальное положение	8 – 18 % CO ₂ в аргоне
Аргонодуговая сварка / дуговая сварка вольфрамовым электродом в газовой среде		Все положения	100% Ar

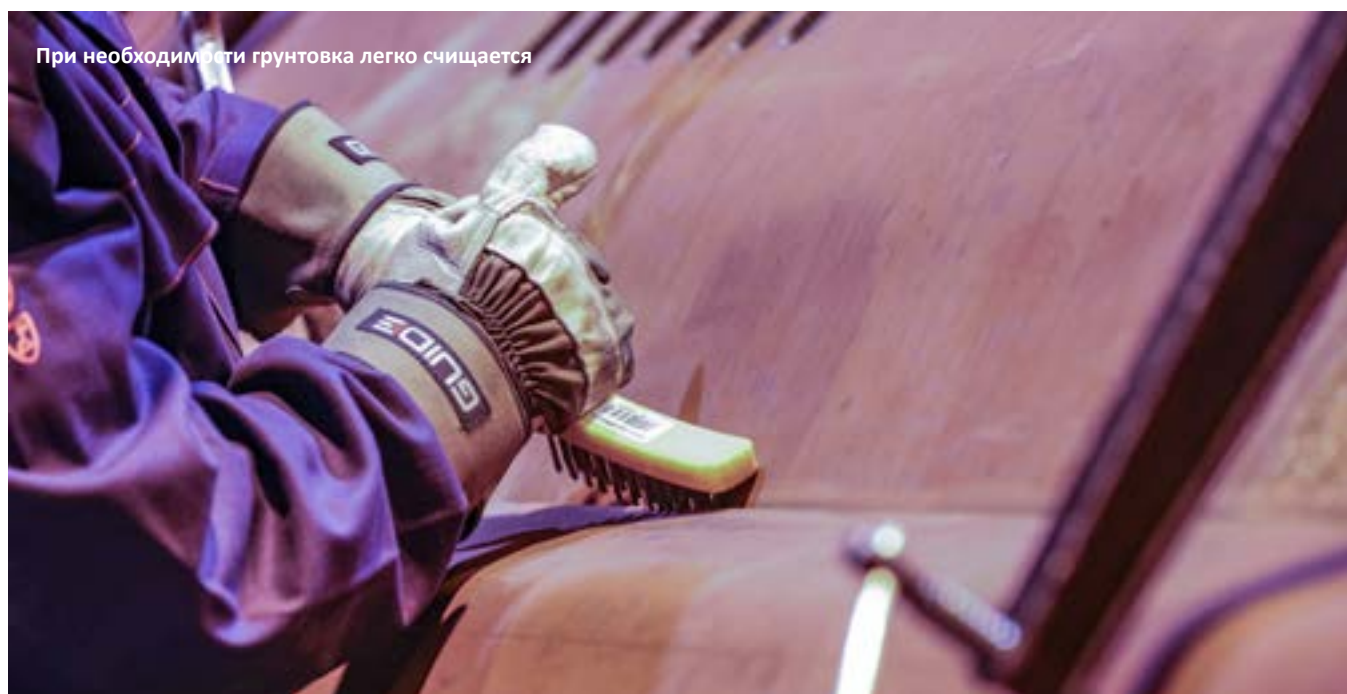
Расход защитного газа при сварке любыми способами зависит от конкретных условий. По общему правилу, расход защитного газа в литрах в минуту задаётся соответствующим внутреннему диаметру газового сопла в миллиметрах.

СВАРКА ПО ГРУНТОВКЕ

Благодаря малому содержанию цинка сварку износостойкой листовой сталь Hardox® можно вести непосредственно по грунтовке. Грунтовка в околошовной зоне легко счищается щёткой или зачистным диском (см. рис. ниже).

Перед сваркой грунтовку желательно удалить, чтобы свести пористость шва к минимуму и дать возможность вести сварку в неудобном положении. Если грунтовка остаётся на привариваемой поверхности, то пористость как этой поверхности, так и прилегающего к ней металла, может оказаться немного повышенной. Наименьшую пористость обеспечивает дуговая сварка порошковой проволокой с основным флюсом.

При выполнении любых сварочных работ необходимо поддерживать эффективную вентиляцию во избежание вредного воздействия дыма на сварщика и окружающих.



ПОСЛЕСВАРОЧНАЯ ТЕРМООБРАБОТКА

Сталь Hardox® HiTuf и Hardox® HiTemp можно отпускать послесварочной термообработкой, хотя необходимость в этом возникает редко. Нельзя отпускать этим способом сталь Hardox® других марок, так как это может отрицательно сказаться на её механических свойствах. Дополнительную информацию см. в справочнике компании SSAB по сварке. Бесплатную копию Справочника по сварке компании SSAB можно скачать по адресу ssab.com/support/steel-handbooks.





НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ

Сотрудники инженерного центра SSAB постоянно проводят испытания нового оборудования и технологий, чтобы предоставить заказчикам наилучшие рекомендации по сварке.

Метод дуговой сварки под флюсом с узким зазором и двойной проволокой позволяет сваривать листовую износостойкую сталь Hardox® большей толщины. Высококачественный результат достигается с использованием меньшего количества сварочной проволоки и порошкового флюса, наряду с уменьшением времени эксплуатации оборудования, экономией энергии и сокращением производственных затрат. Используя технологию SAW ICE (дуговая сварка под флюсом с интегрированным холодным электродом), можно повысить скорость работ, уменьшить тепловложение и обеспечить более высокую производительность наплавки по сравнению с традиционными методами.

Какой бы ни использовался процесс, мы поможем добиться высокой производительности и качества сварки.

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 компании SSAB котируются на фондовых биржах Nasdaq в Стокгольме и в Хельсинки (в последнем случае речь идёт о котировке акций вторичного размещения). www.ssab.com.



Коллектив SSAB
SE-613 80 Oxelösund
Швеция

Тел.: +46 155 25 40 00
Факс: +46 155 25 40 73
contact@ssab.com

hardox.com

Товарный знак Hardox® принадлежит группе компаний SSAB. Все права защищены. 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.

SSAB