

HARDOX[®]
WEAR PLATE

Сварка стали Hardox



SSAB



Сварка стали Hardox

В дополнение к уникальным эксплуатационным характеристикам, износостойкая сталь Hardox обладает исключительной свариваемостью. Для её сварки с любыми типами сварочной стали применяются стандартные методы сварки.

Цель этой брошюры заключается в упрощении, усовершенствовании и повышении эффективности сварочных процессов. В частности, предлагаются рекомендации по температурам предварительного нагрева и между проходами, погонной энергии, присадочным материалам и т.п. Эта информация позволит каждому пользователю в полной мере ощутить преимущества уникальных свойств стали Hardox.

СОДЕРЖАНИЕ

Важные параметры, влияющие на результат сварки	6
Присадочные материалы	6
Требования по содержанию водорода в присадочных материалах	7
Присадочные материалы из нержавеющей стали	8
Защитный газ	9
Погонная энергия	10
Скорость охлаждения $t_{8/5}$	11
Порядок наложения швов и величина зазора между свариваемыми кромками	12
Температуры предварительного нагрева и между проходами	12
Водородное растрескивание	13
Температуры предварительного нагрева и между проходами для стали Hardox	13
Температура между проходами	15
Достижение и измерение температуры предварительного нагрева	15
Наплавка твердым сплавом	16
Рекомендации по минимизации деформации шва	17
Сварка на грунтовке Hardox	18
Термообработка после сварки	18

Hardox

Hardox является фирменным наименованием марки износостойкой стали (листа) производства компании SSAB. Износостойкая сталь Hardox широко используется в любой местности, при любых климатических условиях и факторах окружающей среды. Стремясь предотвратить износ материала, пользователи всего мира полагаются на сталь Hardox, которая улучшает эксплуатационные характеристики и обеспечивает максимальную долговечность таких изделий, как экскаваторы, фронтальные погрузчики, кузова самосвалов, карьерные грузовики, конвейеры, желоба, контейнеры, измельчители, дробильные установки, смесительные машины, сетчатые фильтры, бетоноломы и баржи. Использование стали Hardox в цехах позволяет сократить время подготовки к работе и снизить производственные расходы.

Таблица 1. Механические свойства стали Hardox

Механические свойства					
Марка стали	Твердость [HBW] Мин.- макс.	Предел текучести ¹ (MPa)	Относительное удлинение A ₅ ¹ (%)	Ударная вязкость CVL ¹ t=20 мм	Толщина (мм)
Hardox HiTuf	310 - 370	850	14	95Дж -40 °С	40 - 160
Hardox 400	370 - 430	1000	10	45Дж -40 °С	3 - 130
Hardox 450	425 - 475	1300	3 ²		0,7 – 2,10
Hardox 450	425 - 475	1100 - 1300	10	50Дж -40 °С	3 – 130
Hardox 500	450 - 540	1250		35Дж -40 °С	4 - 80
Hardox 550	525 - 575			30Дж -40 °С	10 - 50
Hardox 600	570 - 640			20Дж -40 °С	8 - 51
Hardox Extreme	57 - 63 ³			<15Дж -40 °С	8 - 20

1. Стандартные значения

2. A₈₀

3. HRC

Таблица 2. Химический состав

Химический состав (анализ ковшовой пробы)									
Марка стали	C Макс. %	Si Макс. %	Mn Макс. %	P Макс. %	S Макс. %	Cr Макс. %	Ni Макс. %	Mo Макс. %	B Макс. %
Hardox HiTuf	0.20	0.60	1.60	0.020	0.020	0.70	2.0	0.70	0.005
Hardox 400 ¹	0.15	0.70	1.60	0.025	0.010	0.50	0.25	0.25	0.004
Hardox 450 ²	0.18	0.25	1.30	0.015	0.004	0.10	0.10	0.04	0.003
Hardox 450	0.26	0.70	1.60	0.025	0.010	1.40	1.50	0.60	0.005
Hardox 500	0.30	0.70	1.60	0.020	0.010	1.50	1.50	0.60	0.005
Hardox 550	0.37	0.50	1.30	0.020	0.010	1.40	1.40	0.60	0.004
Hardox 600	0.47	0.70	1.00	0.015	0.010	1.20	2.50	0.70	0.005
Hardox Extreme	0.47	0.50	1.0	0.015	0.020	1.20	2.50	0.80	0.005

1. Макс. значение для листа толщиной 20 мм

2. Толщина листа 0,7 – 2,10 мм

Важные параметры, влияющие на результат сварки

Перед началом сварки очистите зону сварки для удаления влаги, масла, коррозии или каких-либо загрязнений. Помимо соблюдения гигиенических требований к сварке, также важны следующие аспекты:

- ▶ Выбор присадочных материалов
- ▶ Температуры предварительного нагрева и между проходами
- ▶ Погонная энергия
- ▶ Порядок наложения швов и размер зазора в вершине разделки

Присадочные материалы

ПРОЧНОСТЬ НЕЛЕГИРОВАННЫХ И НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ ПРИСАДОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Как правило, для стали Hardox рекомендуются нелегированные или низколегированные присадочные материалы с максимальным пределом текучести 500 МПа. Присадочные материалы с более высокой прочностью (R_e не более 900 МПа) могут использоваться для сталей Hardox 400 и 450 в диапазоне толщины 0,7 – 6,0 мм. Использование низколегированных присадочных материалов приводит к повышению твердости наплавленного металла, что снижает скорость его износа. Если износостойкость наплавленного металла представляет особую важность, последние проходы можно проварить твердосплавными наплавочными материалами, см. главу «Наплавка твердого сплава». Кроме того, рекомендуемые присадочные материалы для сталей Hardox и их обозначения согласно классификациям AWS и EN приведены в таблице 3.

Таблица 3: Рекомендуемые присадочные материалы для сталей Hardox

Методы сварки	Классификация AWS	Классификация EN
Сварка полуавтоматом проволокой без покрытия	AWS A5.18 ER70X-X AWS A5.28 ER80X-X	EN ISO 14341-A- G 38xxxxxxx EN ISO 14341-A- G 42xxxxxxx
Сварка полуавтоматом, обмедненная проволока	AWS A5.18 E7XC-X AWS A5.28 E8XC-X	EN ISO 17632-A- T 42xxxxxH5 EN ISO 17632-A- T 46xxxxxH5
Сварка полуавтоматом, флюсонаполненная проволока	AWS A5.29 E7XT-X AWS A5.29 E8XT-X	EN ISO 17632 -A- T 42xxxxxH5 EN ISO 17632 -A- T 46xxxxxH5
Ручная дуговая сварка	AWS A5.5 E70X AWS A5.5 E80X	EN ISO 2560-A- E 42xxxxxH5 EN ISO 2560-A- E 46xxxxxH5
Дуговая сварка под флюсом	AWS A5.23 F7X AWS A5.23 F7X	EN ISO 14171-A- S 42xxxx EN ISO 14171-A- S 46xxxx
Сварка неплавящимся электродом в среде защитных газов	AWS A5.18 ER70X AWS A5.28 ER80X	EN ISO 636-A- W 42xx EN ISO 636-A- W 46xx

Примечание: X обозначает один или более символов

Требования по содержанию водорода в присадочных материалах

Содержание водорода не должно превышать 5 мл на 100 г наплавленного металла при сварке с нелегированными и низколегированными присадочными материалами.

Сплошная проволока, используемая при сварке полуавтоматом, и сварке неплавящимся электродом в среде защитных газов позволяет добиться такого низкого содержания водорода в наплавленном металле. Сведения о содержании водорода для других типов присадочных материалов следует получить у изготовителей этих материалов.

Если присадочные материалы хранятся в соответствии с рекомендациями изготовителей, то содержание водорода будет поддерживаться на уровне, отвечающем вышеприведенному требованию. Это также относится ко всем присадочным материалам с покрытием и флюсам.

Присадочные материалы из нержавеющей стали

Присадочные материалы из аустенитных нержавеющей сталей могут использоваться для всех сталей Hardox, как показано в таблице 4. Они позволяют осуществлять сварку всех сортов стали за исключением сталей Hardox 600 и Hardox Extreme при комнатной температуре (+ 5 - 20°C) без предварительного нагрева.

SSAB рекомендует отдавать предпочтение, в первую очередь, присадочным материалам в соответствии с AWS 307, во вторую очередь — присадочным материалам в соответствии с AWS 309. Эти присадочные материалы обладают пределом текучести приблизительно до 500 МПа по всему сечению шва.

Тип AWS 307 более устойчив к горячему растрескиванию, чем AWS 309. Следует отметить, что изготовители редко указывают содержание водорода в присадочных материалах из нержавеющей стали, так как водород в таких присадочных материалах в меньшей степени сказывается на эксплуатационных характеристиках, чем в легированных и низколегированных присадочных материалах.

Таблица 4: Рекомендуемые присадочные материалы из нержавеющей стали для сталей Hardox

Методы сварки	Классификация AWS	Классификация EN
Сварка полуавтоматом проволокой без покрытия	AWS 5.9 ER307	Предпочтение в первую очередь: EN ISO 14343-A: B 18 8 Mn/ EN ISO 14343-B: SS307 Предпочтение во вторую очередь: EN ISO 14343-A: B 23 12 X/ EN ISO 14343-B: SS309X
Сварка полуавтоматом, обмедненная проволока	AWS 5.9 EC307	Предпочтение в первую очередь: EN ISO 17633-A: T 18 8 Mn/ EN ISO 17633-B: TS307 Предпочтение во вторую очередь: EN ISO 17633-A: T 23 12 X/ EN ISO 17633-B: TS309X
Сварка полуавтоматом, флюсонаполненная проволока	AWS 5.22 E307T-X	Предпочтение в первую очередь: EN ISO 17633-A: T 18 8 Mn/ EN ISO 17633-B: TS307 Предпочтение во вторую очередь: EN ISO 17633-A: T 23 12 X/ EN ISO 17633-B: TS309X
Ручная дуговая сварка	AWS 5.4 E307-X	Предпочтение в первую очередь: EN 1600: E 18 8 Mn Предпочтение во вторую очередь: EN 1600: E 19 12 X
Дуговая сварка под флюсом	AWS 5.9 ER307	Предпочтение в первую очередь: EN ISO 14343-A: B 18 8 Mn/ EN ISO 14343-B: SS307 Предпочтение во вторую очередь: EN ISO 14343-A: S 23 12 X/ EN ISO 14343-B: SS309X
Сварка неплавящимся электродом в среде защитных газов	AWS 5.9 ER307	Предпочтение в первую очередь: EN ISO 14343-A: W 18 8 Mn/ EN ISO 14343-B: SS307 Предпочтение во вторую очередь: EN ISO 14343-A: W 23 12 X/ EN ISO 14343-B: SS309X

Примечание: X обозначает один или более символов

Защитный газ

Защитные газы для сталей Hardox — как правило, те же, что обычно выбираются для легированной и низколегированной стали.

Защитные газы для сварки в среде активного газа сталей Hardox обычно содержат смесь аргона (Ar) и углекислого газа (CO₂). Иногда вместе с аргоном и углекислым газом используется небольшое количество кислорода (O₂) для стабилизации дуги и уменьшения количества разбрызгивания. Смесь защитного газа, содержащая приблизительно 18 – 20 CO₂ в аргоне, рекомендована к использованию в ручной сварке, так как она обеспечивает надлежащий провар материала с умеренным количеством разбрызгивания. При автоматической или роботизированной сварке может использоваться защитный газ с содержанием 8 – 10 CO₂ в аргоне, что позволит оптимизировать результаты сварки с точки зрения производительности и уровня разбрызгивания. Воздействие различных смесей, используемых в качестве защитного газа, приведено на рисунке 1. Рекомендации по использованию защитного газа в различных методах сварки приведены в таблице 3. Смесей, используемых в качестве защитного газа, упомянутые в таблице 5, как правило, могут применяться как при сварке короткой дугой, так и при дуговой сварке со струйным переносом металла.

Рисунок 1: Смесей, используемых в качестве защитного газа и их воздействие на ход сварки

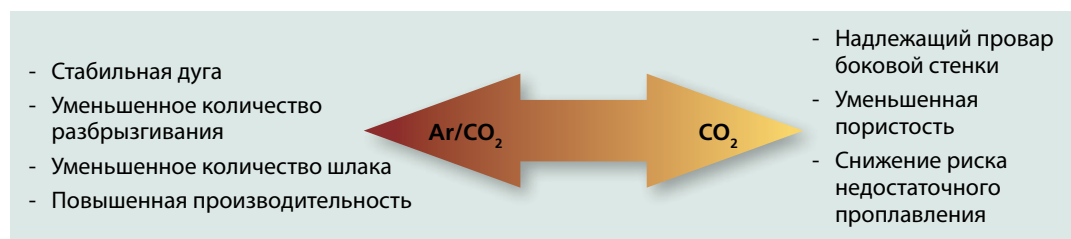


Таблица 5: Образцы применяемых смесей и рекомендации

Методы сварки	Тип дуги	Положение	Защитный газ
Сварка полуавтоматом проволокой без покрытия	Короткая дуга	Все положения	18 – 25% CO ₂ в Ar
Сварка полуавтоматом, обмедненная проволока	Короткая дуга	Все положения	18 – 25% CO ₂ в Ar
Сварка полуавтоматом проволокой без покрытия	Дуга со струйным переносом металла	Горизонтальное (РА, РВ, РС)	15 – 20% CO ₂ в Ar
Сварка полуавтоматом, дуговая сварка порошковой проволокой	Дуга со струйным переносом металла	Все положения	15 – 20% CO ₂ в Ar
Сварка полуавтоматом, дуговая сварка порошковой проволокой	Дуга со струйным переносом металла	Горизонтальное (РА, РВ, РС)	15 – 20% CO ₂ в Ar
Роботизированная и автоматическая сварка в среде активного газа	Дуга со струйным переносом металла	Горизонтальное (РА, РВ, РС)	8 – 18 % CO ₂ в Ar
Сварка неплавящимся электродом в среде защитных газов		Все положения	100% Ar

Примечание: Смесей газов, включающие три компонента, а именно: O₂, CO₂, в Ar иногда используются для оптимизации свойств сварного шва.

Во всех методах сварки, основанных на применении защитного газа, поток защитного газа зависит от условий сварки. Общее правило состоит в том, что задаваемое значение потока газа в л/мин должно соответствовать внутреннему диаметру газового сопла, измеряемому в мм

Погонная энергия

Погонная энергия (Q) — это количество энергии, получаемое основным металлом на единицу длины. Погонная энергия рассчитывается по нижеприведенной формуле:

$$Q = \frac{k \cdot U \cdot I \cdot 60}{v \cdot 1000} \text{ кДж/мм}$$

Q = Погонная энергия (кДж/мм)
k = КПД дуги (безразмерная величина)
U = Напряжение
I = Ток
v = Скорость сварки (мм/мин)

Различные процессы сварки различаются КПД дуги. В таблице 4 приводятся приблизительные значения для различных методов сварки.

Таблица 6: КПД дуги различных методов сварки

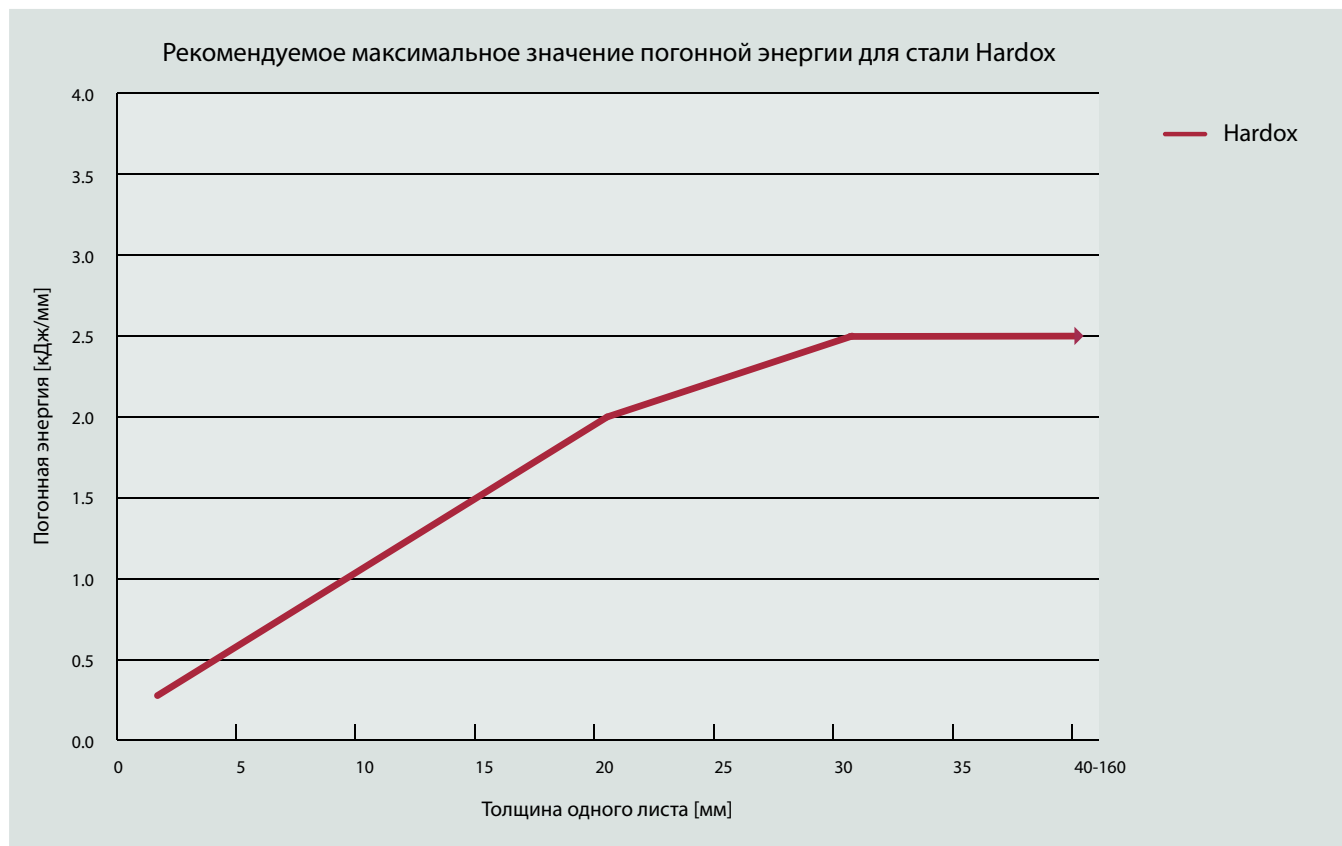
Методы сварки	КПД дуги (k)
Сварка в среде активного газа	0.8
Ручная дуговая сварка	0.8
Дуговая сварка под флюсом	1.0
Сварка неплавящимся электродом в среде защитных газов	0.6

Избыточная погонная энергия увеличивает ширину зоны термического влияния (ЗТВ), что, в свою очередь, ухудшает механические свойства и износостойкость ЗТВ. Сварка при низкой погонной энергии дает следующие преимущества:

- ▶ Повышенная износостойчивость ЗТВ
- ▶ Пониженная деформация (однопроходные сварные соединения)
- ▶ Повышенная ударная вязкость сварного соединения
- ▶ Повышенная прочность сварного соединения

Слишком низкая погонная энергия может негативно сказаться на ударной вязкости (значение $t_{8/5}$ менее 3 секунд). На рисунке 2 указана рекомендуемая максимальная погонная энергия (Q) для стали Hardox.

Рисунок 2: Рекомендуемые максимальные значения погонной энергии для сталей Hardox



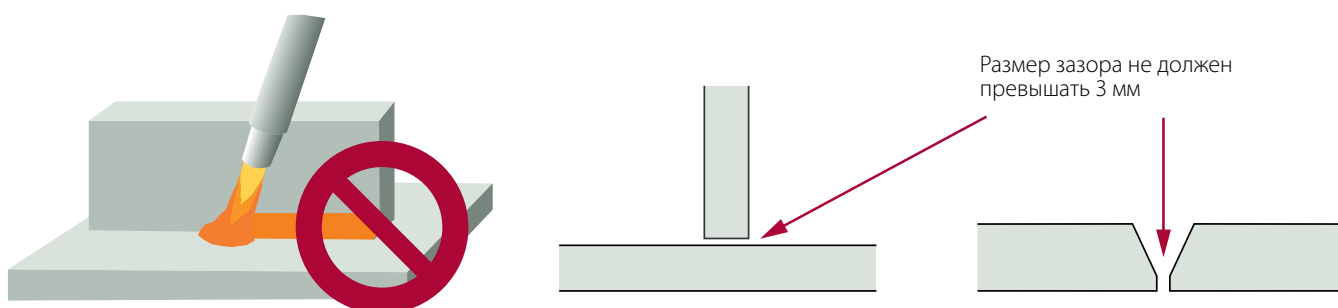
Скорость охлаждения $t_{8/5}$

Скорость охлаждения ($t_{8/5}$) это время, за которое происходит охлаждение шва от 800 °C до 500 °C, и она играет ключевую роль в формировании окончательной микроструктуры шва. Часто для конструкционных сталей указываются рекомендуемые скорости охлаждения для оптимизации процесса сварки в соответствии с определенным требованием, например, для соблюдения требования по минимальной ударной вязкости. Рекомендуемые скорости охлаждения для различных сортов стали Hardox представлены в программном обеспечении от SSAB – «WeldCalc».

Схема сварки и величина зазора между свариваемыми кромками

Перед началом сварки прихваточным швом важно удостовериться в том, что между свариваемым кромками зазор, не превышает 3 мм, см. рис. 3. Предполагается, что этот размер зазора будет равномерно поддерживаться по всей длине сварного соединения. Кроме того, следует избегать начинать и заканчивать шов в зонах высокого механического напряжения. По возможности, начало и конец шва должны находиться на расстоянии не менее 5–10 см от края детали, см. рисунок 3. При необходимости сварки на краю детали целесообразно использовать технологические пластины.

Рисунок 3: Избегать запуска и остановки сварки в зонах высокого механического напряжения, например, в углах.



Температуры предварительного нагрева и между проходами

Крайне важно соблюдать рекомендованные минимальные температуры предварительного нагрева, а также скорость нагрева и измерения температуры в непосредственно на месте сварки и рядом с ним. Это позволит избежать водородного растрескивания.

ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ВЫБОР ТЕМПЕРАТУР ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО НАГРЕВА И МЕЖДУ ПРОХОДАМИ

Уникальное сочетание легирующих элементов оптимизирует механические свойства стали Hardox. Это сочетание определяет температуры предварительного нагрева и между проходами для стали Hardox во время сварки, и может использоваться для расчета углеродного эквивалента. Углеродный эквивалент обычно выражается как CEV или CET в соответствии с нижеприведенными формулами.

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

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

Легирующие элементы указаны в заводском сертификате качества листа, и приводятся в этих двух формулах в процентах по весу. При более высоком углеродном эквиваленте обычно требуются более высокие температуры предварительного нагрева и между проходами. Типичные углеродные эквиваленты для сталей Hardox приведены в спецификациях SSAB.

Водородное растрескивание

Благодаря достаточно низкому углеродному эквиваленту, стали Hardox более устойчивы к водородному растрескиванию, чем многие другие марки износостойких сталей.

РИСК ВОДОРОДНОГО РАСТРЕСКИВАНИЯ БУДЕТ МИНИМАЛЕН ПРИ СОБЛЮДЕНИИ НИЖЕПРИВЕДЕННЫХ РЕКОМЕНДАЦИЙ:

- ▶ Выполнить предварительный нагрев зоны сварки до рекомендованной минимальной температуры
- ▶ Измерить температуру предварительного нагрева в соответствии с рекомендацией SSAB
- ▶ Использовать процессы и присадочные материалы, обеспечивающие содержание водорода не более 5 мл/100 г наплавленного металла
- ▶ Не допускать попадания загрязнений в сварное соединение, таких как ржавчина, смазка, масло, обледенение и т.п.
- ▶ Использовать только классификации присадочных материалов, рекомендованные SSAB
- ▶ Соблюдать выбранную схему сварки для минимизации остаточных напряжений
- ▶ Избегать зазора между свариваемыми кромками свыше 3 мм, см. рисунок 3

Температуры предварительного нагрева и между проходами для стали Hardox

Минимальные рекомендуемые температуры предварительного нагрева и максимальные рекомендуемые температуры между проходами в ходе сварки приведены в таблицах 7 и 8. Если нет иных указаний, эти значения применимы при сварке нелегированными и низколегированными присадочными материалами.

- ▶ При сваривании листов различной толщины, но одного сорта стали, лист с большей толщиной определяет требования к температурам предварительного нагрева и между проходами, см. рисунок 4.
- ▶ При сваривании различных типов стали, лист, требующий наиболее высокой температуры предварительного нагрева, определяет требования к температурам предварительного нагрева и между проходами.
- ▶ Таблица 7 применима при погонной энергии 1,7 кДж/мм или выше. При применении погонных энергий 1,0 – 1,69 кДж/мм следует увеличить рекомендуемую температуру предварительного нагрева на 25°C.
- ▶ При применении погонной энергии ниже 1,0 кДж/мм, для расчета минимальной рекомендуемой температуры предварительного нагрева рекомендуется программное обеспечение «WeldCalc» от SSAB.
- ▶ При высокой влажности окружающего воздуха и температуре ниже +5 °C, следует увеличить наименьшую рекомендованную температуру предварительного нагрева, приведенную в таблице 7, на 25° C.
- ▶ Для X-образных стыковых швов с двухсторонней разделкой кромок при значениях толщины более 30 мм, рекомендуется сместить корень шва на некоторое расстояние от центра листа.

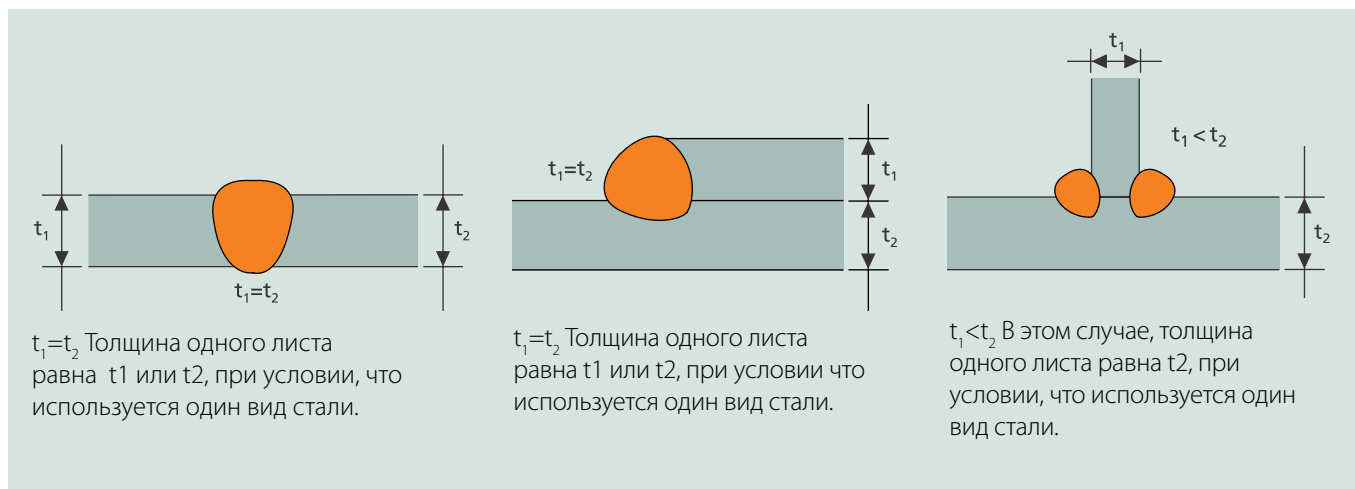
Таблица 7: Рекомендуемые температуры предварительного нагрева. Толщина одного листа в миллиметрах указана на оси x

Минимальные рекомендуемые температуры предварительного нагрева и между проходами для различных значений толщины одного листа (мм)

	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	120	130	160
Hardox HiTuf						100°C				125°C			
Hardox 400			75°C		100°C		175°C			200°C			
Hardox 450			125°C					150°C					
Hardox 500			175°C			200°C							
Hardox 550	125°C		175°C		200°C								
Hardox 600	150°C		175°C										
Hardox 600 Присадочные материалы из нержавеющей стали					100°C								
Hardox Extreme Присадочные материалы из нержавеющей стали					100°C								

■ Комнатная температура (прибл. 20°C)
 ■ За пределами диапазона размера
 ■ Только присадочные материалы из нержавеющей стали
 Температура предварительного нагрева и между проходами не менее 100°C

Рисунок 4: Схематический чертёж, отображающий «толщину одного листа»



Температура между проходами

Температура между проходами, приведенная в таблице 8, является максимальной рекомендуемой температурой в сварном соединении (на внешней поверхности шва) или в непосредственной близости к сварному соединению (исходное положение) перед самым началом следующего сварочного прохода.

Таблица 8: Максимальные рекомендуемые температуры между проходами/предварительным нагревом

Hardox HiTuf**	300°C
Hardox 400	225°C
Hardox 450	225°C
Hardox 500	225°C
Hardox 550	225°C
Hardox 600	225°C
Hardox Extreme	100°C

** В некоторых случаях для стали Hardox HiTuf. могут использоваться температуры между проходами приблизительно до 400° С. В таких случаях воспользуйтесь программой WeldCalc.

Минимальные рекомендуемые температуры предварительного нагрева и максимально рекомендуемые температуры между проходами, приведенные в таблицах 7 и 8 не изменяются при погонной энергии выше 1,7 кДж/мм. Информация основана на допущении, что сварное соединение охлаждается в воздухе. Обратите внимание, что данные рекомендации также применимы к прихваточным швам и корневым валикам. Длина каждого прихваточного шва должна быть не менее 50 мм. Расстояние между прихваточными швами может изменяться в зависимости от требований.

Достижение и измерение температуры предварительного нагрева

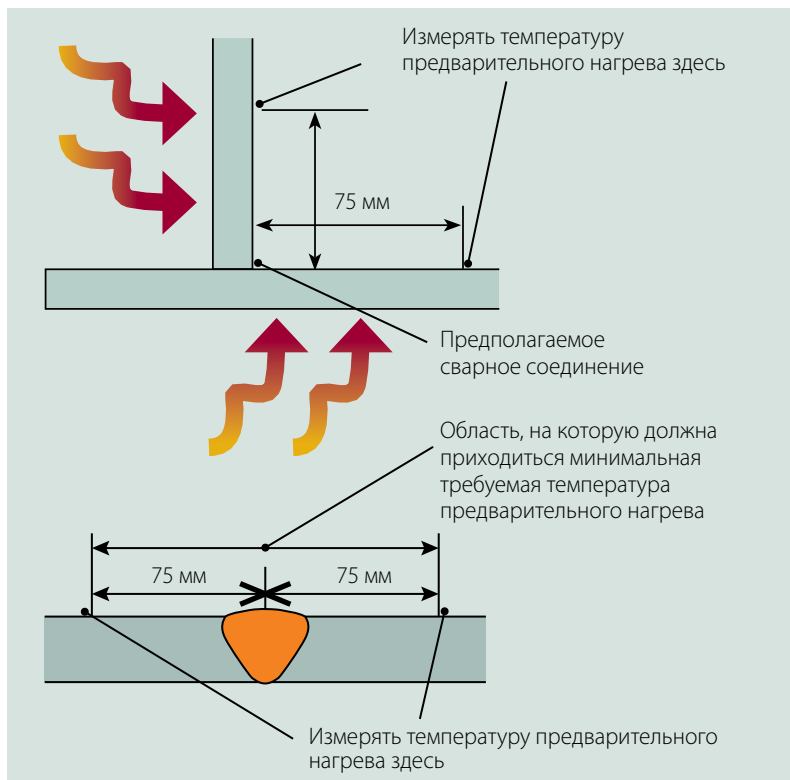
Требуемая температура предварительного нагрева может достигаться несколькими способами. Использование электрических матов (рисунок 5) для предварительного нагрева области вокруг подготовленного сварного соединения часто является наилучшим вариантом, поскольку оно позволяет достичь равномерного нагрева области. Температуру следует контролировать при помощи, например, контактного термометра.

Рекомендуется измерять рекомендуемую температуру предварительного нагрева на противоположной стороне участка, на котором ведется нагрев, см. рисунок 6.

Рисунок 5: Образцы электрических нагревающих матов



Рисунок 6: Рекомендуемая операция предварительного нагрева



Следует выдержать время ожидания 2 мин/25 мм толщины перед измерением температуры предварительного нагрева. Следует достичь минимальной температуры предварительного нагрева в области 75 + 75 мм вокруг предполагаемого сварного соединения, см. рисунок 6.

Наплавка твердого сплава

Если сварное соединение расположено в ожидаемой зоне быстрого износа, то для повышения износоустойчивости шва можно прибегнуть к наплавке специальными присадочными материалами. При этом следует соблюдать инструкции, как по сварному соединению, так и по наплавке твердого сплава для сталей Hardox. Для некоторых электродов для наплавки твердого сплава требуется очень высокая температура предварительного нагрева, которая может превышать максимальную рекомендуемую температуру между проходами для стали Hardox. Следует отметить, что использование температуры предварительного нагрева выше максимальной рекомендованной температуры между проходами для стали Hardox может снизить твердость основного листа и привести к ухудшению износоустойчивости в зоне предварительного нагрева.

Минимальные и максимальные температуры предварительного нагрева — такие же, как при общепринятых типах сварки, см. таблицу 5. Определение толщины одного листа для ситуаций, в которых требуется наплавка твердого сплава, выполняется в соответствии с рисунком 7.

Рисунок 7: Определение толщины одного листа

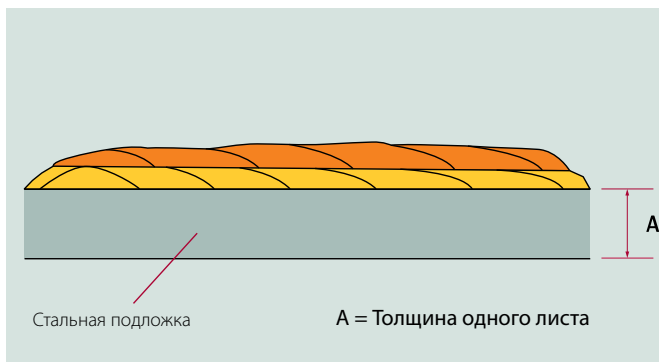
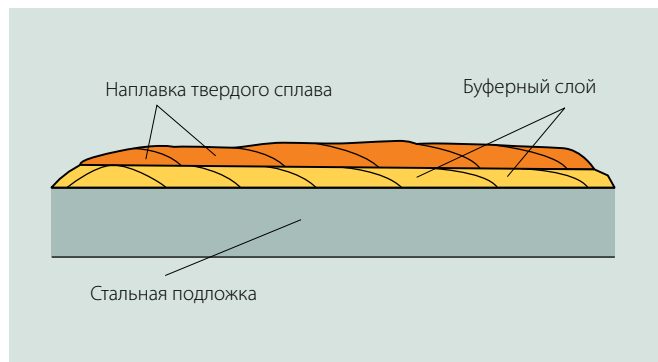


Рисунок 8: Образец порядка нанесения сварных швов с использованием электродов для буферного слоя и наплавки твердого сплава



Целесообразно наплавить буферный слой со сверхвысокой ударной вязкостью между обычным сварным соединением или листом и наплавкой твердого сплава. При выборе присадочных материалов для наплавки буферного слоя следует руководствоваться рекомендациями для сталей Hardox. Для наплавки буферного слоя предпочтительно использовать присадочные материалы из нержавеющей стали в соответствии с AWS 307 и AWS 309, см. рисунок 8.

Рекомендации по минимизации деформации шва

Величина деформации во время сварки и после нее связана с толщиной листа и технологией сварки. Деформация становится более заметной при меньшей толщине листа, при этом сильная деформация или даже прожог может вызвать проблемы и сделать непригодной всю конструкцию.

ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ ОБЪЕМА ДЕФОРМАЦИИ ВО ВРЕМЯ СВАРКИ МОЖНО ПРИМЕНЯТЬ СЛЕДУЮЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ:

- ▶ Осуществлять сварку с применением минимально возможной погонной энергии (однопроходные сварные соединения)
- ▶ Минимизировать площадь поперечного сечения, см рисунок 9
- ▶ Предварительно согнуть, зафиксировать или расположить под углом детали перед сваркой для компенсации деформации, см. рисунок 10
- ▶ Избегать неравномерного размера зазора между свариваемыми кромками
- ▶ Использовать симметричные сварные швы, см. рисунок 9
- ▶ Минимизировать усиления швов и оптимизировать толщину угловых швов
- ▶ Сварку выполнять по направлению от середины к краям
- ▶ Уменьшить интервалы между прихваточными швами
- ▶ Использовать технологию обратноступенчатой сварки, см. рисунки 11-12

Рисунок 9: Поперечное сечение сварного шва и его влияние на угловое отклонение

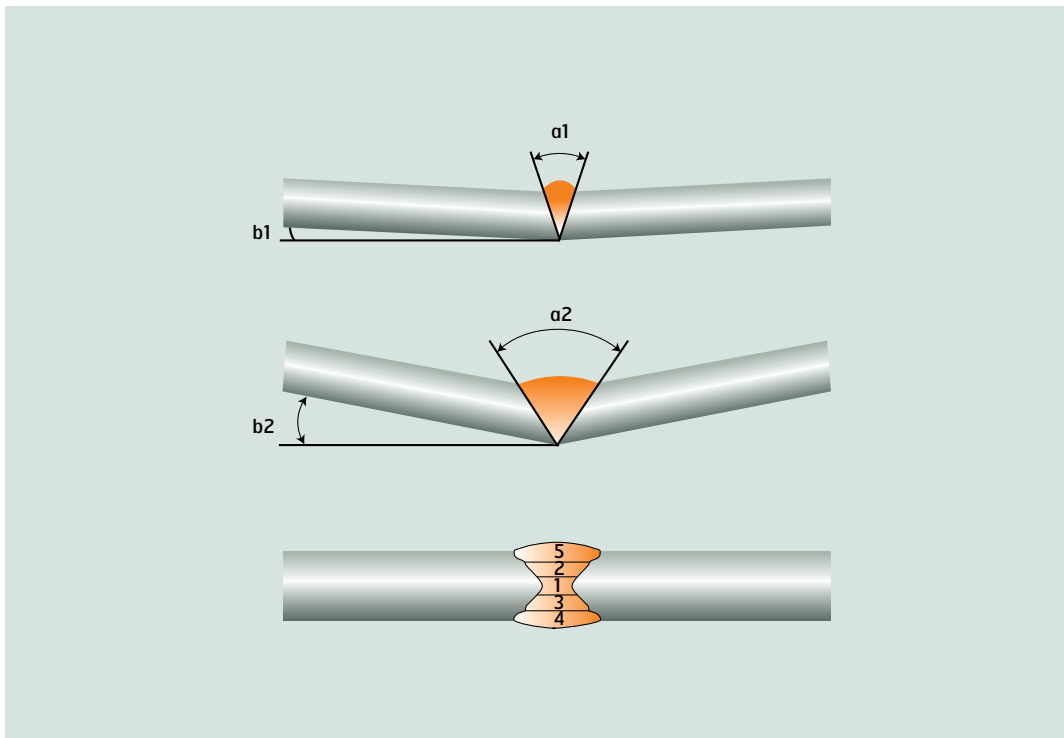


Рисунок 10: Предварительная установка для углового сварного соединения и стыкового соединения с односторонней разделкой кромок.

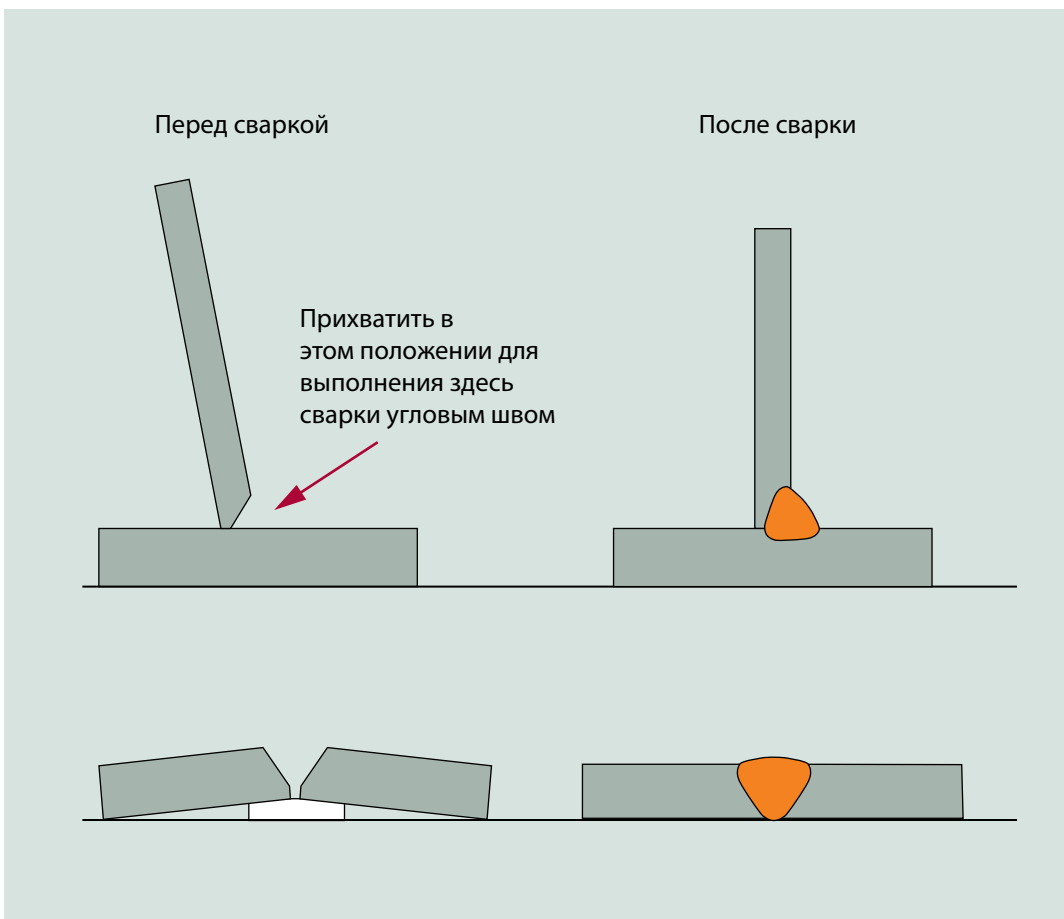


Рисунок 11: Используйте симметричный порядок нанесения сварных швов

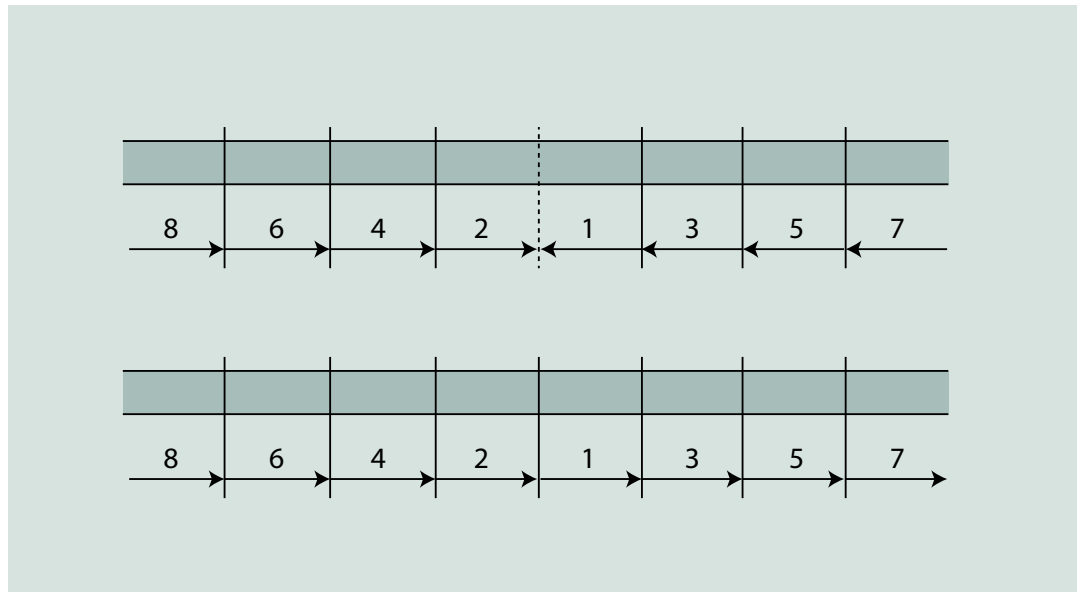
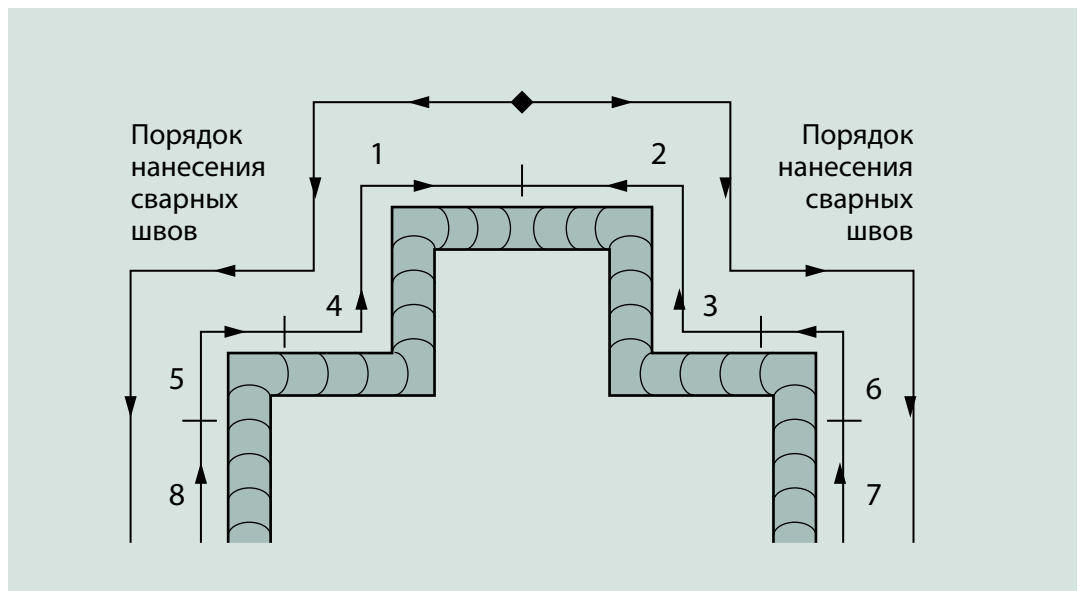


Рисунок 12: Образец технологии обратноступенчатой сварки



Сварка на грунтовке Hardox

Сварка может выполняться непосредственно на грунтовке Hardox благодаря низкому содержанию в ней цинка. Грунтовку можно легко удалить щеткой или зачистить в области сварного шва, см. рисунок 13. Удаление грунтовки перед сваркой может быть целесообразно, поскольку может минимизировать пористость сварного шва и облегчить сварку в неудобном положении. Если грунтовка остается на поверхности шва, его подповерхностная и поверхностная пористость может немного увеличиться. Дуговая сварка порошковой проволокой с основным флюсом обеспечивает наименьшую пористость. Важно поддерживать надлежащую вентиляцию при всех процессах сварки; в этом случае грунтовка не окажет вредного воздействия на сварщика и окружающую среду. Для получения более подробной информации, загрузите файл «TechSupport #25» на сайте www.ssab.com.

Рисунок 13: При необходимости, грунтовка легко удаляется щеткой



Термообработка после сварки

Для стали Hardox HiTuf можно произвести снятие остаточных напряжений при помощи термообработки после сварки, однако такая необходимость возникает редко. Для прочих сталей Hardox не следует использовать такой метод снятия остаточных напряжений, поскольку это может ухудшить механические свойства. Более подробная информация приведена в Руководстве по сварке от компании SSAB. Его можно заказать на сайте www.ssab.com.

SSAB — сталелитейная компания, базирующаяся в странах Северной Европы и США. SSAB поставляет на рынок продукцию с высокой добавленной стоимостью и услуги, разработанные в тесном сотрудничестве с потребителями, и стремится сделать мир более прочным, легким и устойчивым.

Компания SSAB располагает штатом сотрудников в более чем 50 странах. Производственные объекты компании находятся в Швеции, Финляндии и США. Акции компании SSAB котируются на фондовых биржах NASDAQ OMX Nordic Exchange в Стокгольме и NASDAQ OMX в Хельсинки.

www.ssab.com.

ООО «ССАБ Шведская Сталь СНГ»

Россия, 196084, Санкт-Петербург,
ул. Новорощинская, 4, блок А, офис 524

Тел.: +7 812 438 17 05

Факс: +7 812 438 17 04

E-mail: info.ru@ssab.com

www.hardox.com

SSAB