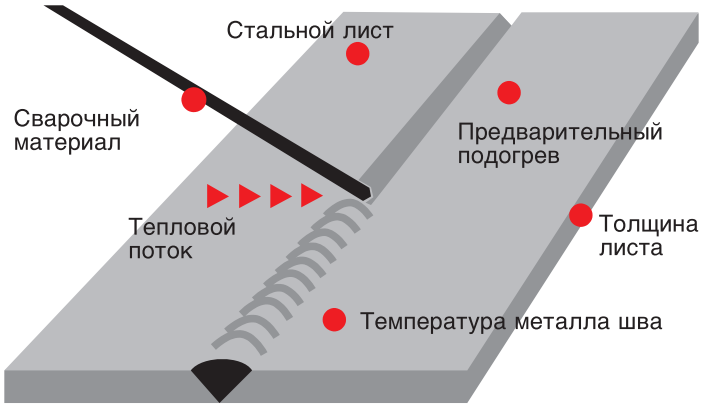
Сварка
HARDOX и WELDOX

ВЕАР СЕРВИС™
Просто Надежно

Износостойкие стали HARDOX® и высокопрочные конструкционные стали WELDOX® компании SSAB OxelOsund отличаются низким содержанием легирующих элементов и, следовательно, низким углеродным эквивалентом. Благодаря этому такая листовая сталь легко приваривается ко всем обычным конструкционным листам с помощью традиционных методов дуговой сварки.

Факторы, влияющие на механические свойства сварных швов.



Стали HARDOX и WELDOX имеют низкий для стали такой прочности углеродный эквивалент. Сталь с низким углеродным эквивалентом (CEV) сваривается лучше чем сталь с высоким углеродным эквивалентом. Типичные значения для листов разной толщины приведены в наших техпаспортах.

Углеродный эквивалент (согласно IIW) можно вычислить по следующей формуле:

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

Температура свариваемого листа

При сварке конструкциоииых и высокопрочных сталей важно свести к минимуму вероятность образования холодных трещин (которое называют также «водородным растрескиванием» или «растрескиванием с задержкой»). Главвой причиной такого растрескивания является присутствие во дорода при возниквовевин напряжений в сварвом шве.

Для снижения вероятности растрескивания можно:

• подогреть металл перед сваркой,

• обеспечить чистоту и сухость свариваемых поверхностей,

• свести к минимуму напряжения от тепловой усадки - для этого следует обеспечить хорошую пригонку свариваемых частей и правильно спланировать последовательность наложения основных швов (одновременно накладывать симметричные швы),

• использовать сварочный материал с низким содержанием водорода.

При приваривании листа HARDOX преследуют такие цели:

• Сохранить твердость в подверженной нагреву зоне ЗТВ.

• Обеспечить хорошую вязкость в зоне ЗТВ.

При приваривании листа WELDOX преследуют такие цели:

• Обеспечить хорошую прочность сварного шва.

• Обеспечить хорошую вязкость сварного шва.

Марка стали	Толщина, мм	Углеродный эквивалент CEV
5355	5-100	0.39-0.43
WELDOX 355	8-25	0.34-0.37
WELDOX 420	6-80	0.37-0.39
WELDOX 460	6-80	0.37-0.42
WELDOX 500	8-80	0.37-0.42
WELDOX 700	4-130	0.39-0.64
WELDOX 900	4-80	0.56
WELDOX 960	4-50	0.56-0.64
WELDOX 1100	5-40	0.68-0.72
HARDOX 400	4-130	0.36-0.70
HARDOX 450	4-80	0.41-0.62
HARDOX 500	5-80	0.58-0.68

Подогрев

При выполнении прихваточных швов и при заварке корня шва крайне важно подогреть свариваемые части.

Чем выше температура при и после сварки, тем легче водороду выходить из стали.

По мере увеличения толщины листа возрастает потребность в подогреве. Толстый лист быстрее охлаждается и имеет больший углеродный эквивалент чем тонкий лист.

При высокой влажности воздуха и/или окружающей температуре ниже +5° указанные в таблице значения следует увеличить на +25°. Необходимо также соответственно увеличить температуру, если привариваемая часть жестко зафиксирована.

В случае сваривания сталей разных марок или использования электрода с более высоким чем у основного металла углеродным эквивалентом требуемый нагрев определяется сталью (или электродом) с самым высоким углеродным эквивалентом.

Нагрев после сварки

Нагрев только что выполненного сварного шва также облегчает выход водорода из стали.

Температура нагрева после сварки должна быть той же, что и температура предварительного нагрева.

Удельное время выдержки составляет 5 минут на каждые 5 мм толщины листа, при этом общее время выдержки должно быть не менее 1часа.

Рекомендуемые значения темпера туры свариваемых частей определены, исходя из сле дующих допущений:

• содержание водорода не превышает 5 мл/100 г свариваемого материала

• удельная энергия составляет ~1,7 кдж/мм

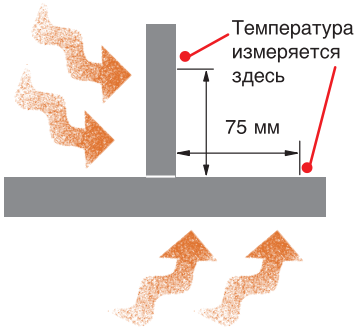
Если углеродный эквивалент присадочного материала превышает углеродный эквивалент листа, то темпера нагрева определяет присадочный материал.

Рекомендуемая температура предварительного нагрева

$\tau_1+\tau_2+\tau_3=$	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
S 355 (SS 2132)											75°C		
WELDOX 355													
WELDOX 420/460				Комнатная температура							75°C		
WELDOX 500											75°C		
WELDOX 700							75°C			100°C		150°C	
WELDOX 900 *			75				100°C					150°C	
WELDOX 960 *			75				100°C					150°C	
WELDOX 1100 *			100		125°C			150°C			175°C		
HARDOX 400					75°C			100°C			175°C		
HARDOX 450					100°C			125°C			175°C		
HARDOX 500			100	125	150°C				175°C				

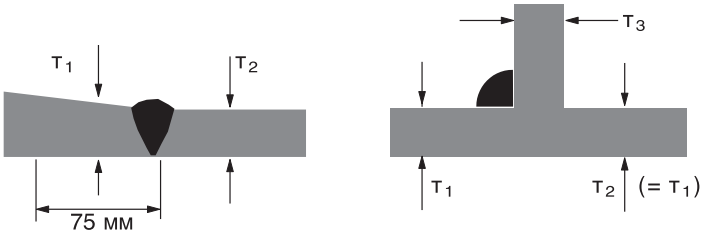
Рекомендуемая температура металла шва

Марка стали	Темп. шва
S 355 (SS 2132)	225–250°C
WELDOX 355	225–250°C
WELDOX 420/460	225–250°C
WELDOX 500	200–225°C
WELDOX 700	200–225°C
WELDOX 900	150–175°C
WELDOX 960	150–175°C
WELDOX 1100	150–175°C
HARDOX 400	150–175°C
HARDOX 450	150–175°C
HARDOX 500	150–175°C



Суммарная толщина листа (мм)

τ_1 = средняя толщина в пределах 75 мм от металла шва.



Последующая обработка

Термообработка после сварки (ТПС) выполняется для снижения остаточных напряжений после сварки.

Сталь WELDOX следует подвергать ТПС только в том случае, если это указано в нормативных документах.

HARDOX И WELDOX 1100 ПОДВЕРГАТЬ ТПС НЕЛЬЗЯ.

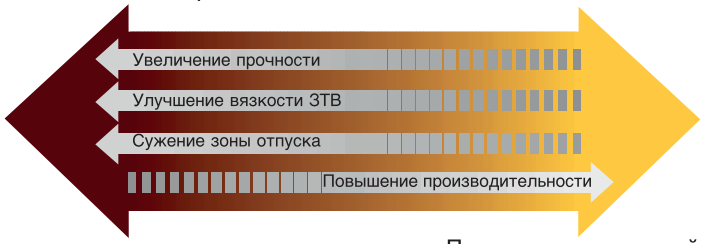
Меры по повышению усталостной прочности сварного шва

Для повышения усталостной прочности сварного шва можно использовать различные способы последующей обработки, которые обеспечивают снижение концентрации напряжений и, таким образом, обеспечивают более плавный переход между металлом шва и металлом листа.

Определение величины требуемой подводимой удельной энергии

Ниже приведепы рекомендуемые пределы для подводимой удельной энергии при сварке сталей HARDOX И WELDOX. Использование удельной энергии ниже этого уровня позволит достичь удовлетворительного сочетания вязкости, прочности и твердости подверженной нагреву зоны ЗТВ.

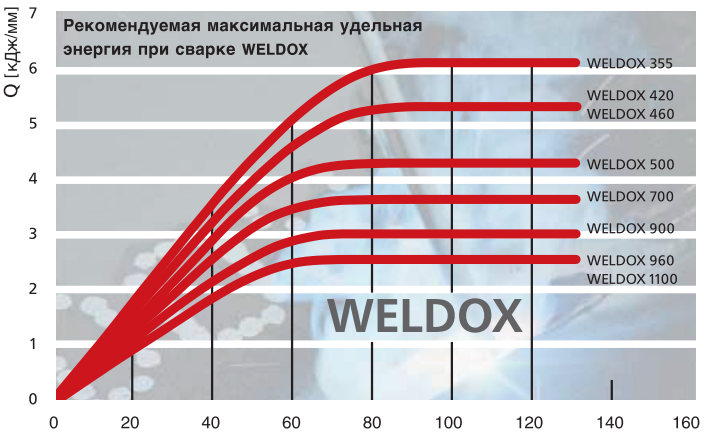
Снижение удельной подводимой энергии

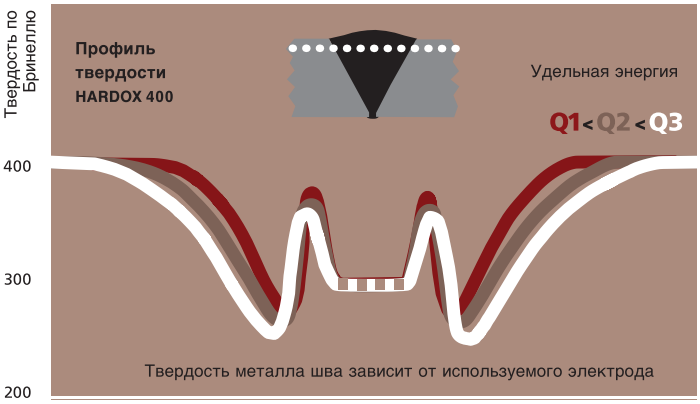


Повышение удельной подводимой энергии

$$Q = \frac{\eta \cdot U \cdot I \cdot 60}{v \cdot 1000}$$

Q = удельная энергия (кДж/мм)
U = напряжение (V)
I = ток (A)
v = скорость сварки [мм/мин]
η = коэффициент эффективности дуги





Вычисление удельной подводимой энергии

Способ дуговой сварки	Коэффициент эффективности дуги η
Ручная, плавящимся электродом (MMA)	0,8
Плавящимся электродом в среде защитного газа (MIG/MAG)	0,8–0,9
Порошковой проволокой (FCAW)	0,9
Под флюсом (SAW)	1,0
Вольфрамовым электродом в среде инертного газа (GTAW)	0,7

Выбор сварочного материала

Сварку HARDOX и WELDOX можно выполнять всеми традиционными способами дуговой сварки, предназначенными для обычных и высокопрочных сталей.

Выбор сварочного материала определяется требованиями к механическим свойствам сварного шва в каждом отдельном случае.

Для сварки HARDOX и WELDOX следует использовать электроды с основным покрытием. При этом следует использовать сварочный материал, который дает в металле шва концентрацию водорода не более 5 мл/100 г.

При выборе предела текучести сварочного материала возможны следующие варианты:

• Металл шва с пределом текучести, меньше предела текучести основного металла.

• Металл шва с пределом текучести, равным пределу текучести основного металла.

• Металл шва с пределом текучести, большим предела текучести основного металла.

При сварке марок от WELDOX от 700 до 1100 рекомендуется комбинировать электроды с пределом текучести различных категорий, например мягкие электроды для проварки корня шва и более прочные электроды для заполнения разделки кромок.

Рекомендуемый предел текучести металла шва при сваривании

WELDOX 355 / 420	Выше чем у основного металла
WELDOX 460 / 500	Выше чем у основного металла или такой же как у основного металла
WELDOX 700	Такой же как у основного металла или ниже
WELDOX 900 / 960	Ниже чем у основного металла
WELDOX 1100	Ниже чем у основного металла
HARDOX 400 / 450 / 500	Ниже чем у основного металла

Основные преимущества использования сварочного материала низкой прочности перед использованием сварочного материала высокой прочности (больше 500 Н/мм^2):

• повышенная вязкость металла шва,

• повьппенная пластичность сварного шва,

• пониженная чувствительность к растрескиванию.

В случае выполнения угловых сварных швов рекомендуется использовать сварочный материал с пределом текучести, меньше предела текучести основного металла.

HARDOX следует сваривать с помощью мягких электродов. Этот электрод представляет собой сварочный материал с пределом текучести ниже 500 Н/мм^2. Такие электроды обеспечивают снижение остаточных напряжений в шве и, таким образом, чувствительность шва к образованию холодных трещин.

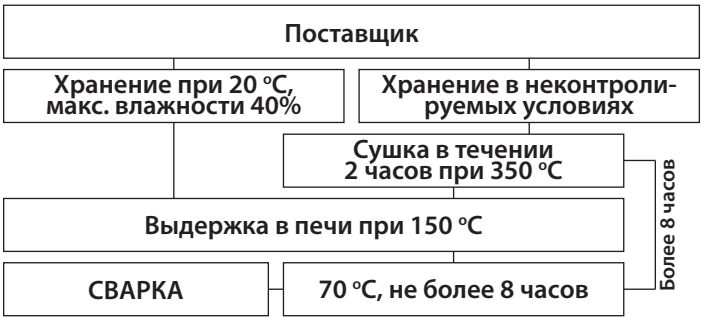
Если шов будет подвергаться сильному износу для выполнения последнего слоя многослойного шва можно использовать электроды, образующие износостойкую твердую наплавку.

В следующих случаях можно с успехом сваривать, используя в качестве металла шва аустенитную нержавеющую сталь:

• если свариваемая часть/деталь жестко зафиксирована,

• если свариваемую часть/деталь нельзя подогреть,

• если лист толще 60 мм.



Сварка загрунтованных листов

В результате сварки листа с антикоррозийной грунтовкой может возрасти пористость сварного шва. Для сведения к минимуму пористости следует правильно подобрать грунтовку и толщину ее слоя и выбрать подходящие параметры сварки. Сварку можно выполнять согласно соответствующим стандартам, не удаляя грунтовку.

Перед доставкой листы HARDOX и WELDOX покрываются антикоррозийной грунтовкой с низким содержанием силиката цинка. Эта грунтовка специально предназначена для минимизации объема пор при сварке. Благодаря этому сварку можно выполнять прямо по загрунтованному листу, что обеспечивает повышение производительности труда.

Рекомендации по обеспечению качественной сварки листов HARDOX и WELDOX, покрытых грунтовкой с низким содержанием силиката цинка.

Если лист загрунтован поливинилбутиралом (PVB) или эпоксидной смолой, перед сваркой слой грунтовки необходимо удалить для обеспечения удовлетворительного качества сварки.

Гигиена труда

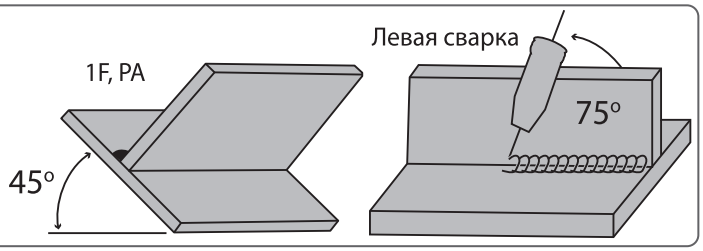
При сварке или зачистке загрунтованных листов обеспечьте хорошую вентиляцию рабочего места.

Влияние защитного газа на пористость металла шва при сварке FCAW, MIG/MAG листа, покрытого грунтовкой с низким содержанием силиката цинка.

Высокая пористость металла шва.
Стабильная дуга.

Низкая пористость металла шва.
Сварочный брызги / забивание сварочного мундштука.

Способ сварки	Дуговая, порошк. проволкой	MAG	MMA
Флюс	Основной	-	Основной
Защитный газ	75%Ar / 25% CO_2	75%Ar / 25% CO_2	-
Угол электрода	75°	75°	60-90°
Положение шва	1F, PA	1F, PA	1F, PA
Направ. сварки	Левая	Левая	Правая



Приварка шпилек и подобных деталей

HARDOX и WELDOX прекрасно поддаются приварке шпилек, причем подогрев для сварки при комнатной температуре не требуется. Шпильки можно приваривать непосредственно к следующим поверхностям при условии, что они сухие и тщательно очищены:

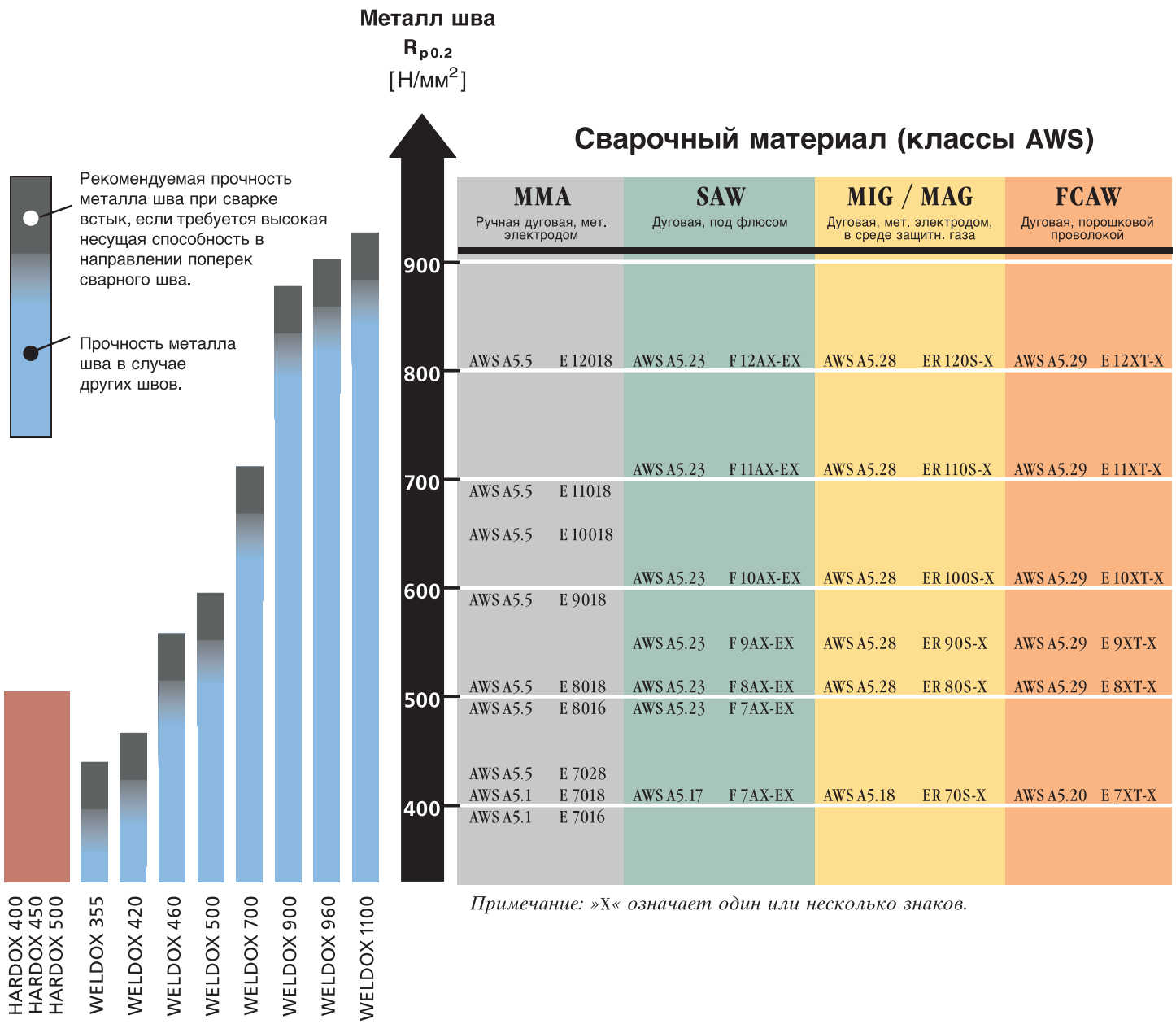
- полированные,
- покрытые грунтовкой с низким содержанием силиката цинка,
- покрытые грунтовкой PVB.

Сварка является быстрым и экономичным способом крепления болтов, винтов, шпилек и подобных элементов к металлическим поверхностям.

Сварка часто позволяет исключить дорогостоящую механическую обработку, например сверление, зенковку и нарезку резьбы.

Приварка крепежных элементов обеспечивает более высокую надежность чем ввинчивание винтов или болтов с потайной головкой в резьбовое отверстие. Приварка позволяет снизить припуск на износ и повысить срок службы.

Сварка стали



Примечание: »X« означает один или несколько знаков.

Общие рекомендации по выбору сварочного материала для сварки сталей HARDOX и WELDOX:

• При сварке FCAW, SAW и MMA следует использовать только основной сварочный материал,

• Ударная вязкость металла шва должна быть не меньше ударной вязкости стального листа,

• Используйте только сварочный материал с низким содержанием водорода (не более 5 мл/100 г).

ВЕАР СЕРВИС™

115583, г. Москва, ул. Елецкая, д. 26, корп. 2
+7 (495) 727-08-09
www.wearservice.ru