

DOMEX®

DOCOL®

DOGAL®

СВАРКА DOMEX И DOCOL
ЯВЛЯЮЩИХСЯ СТАЛЯМИ ПОВЫШЕННОЙ ПРОЧНОСТИ

СВАРКА



Сварка плавлением Domex и Docol, являющимися сталями повышенной прочности (AHSS), применяется уже длительное время и существенно не отличается от сварки плавлением мягких сталей. Но, чтобы использовать это благоприятное качество данных сталей, обладающих повышенной прочностью, необходимо соответствующим образом управлять процессом сварки.

Domex AHSS	4
Подготовка к сварке	5
Сварка	6
Методы сварки, используемые для Domex AHSS	6
Горячие трещины и многослойные разрывы	6
Водородное растрескивание	6
Углеродный эквивалент	6
EN 1011-2	8
Присадочные материалы при сварке сталей Domex AHSS	8
Прочность сварных соединений	10
Нагрев в процессе сварки	10
Температура многослойного шва	10
Мягкие участки	10
Результаты механических испытаний	11
Ударная вязкость сварных соединений	12
Отжиг для снятия напряжений	13
Горячая правка	14
Docol AHSS	15
Данные по металлу	15
Типы сварных соединений и подготовка к сварке	16
Сварка	16
Общие замечания	16
Методы сварки и присадочные материалы	16
Степень нагрева и общие рекомендации по сварке	17
Коробление при сварке	17
Результаты испытаний Docol AHSS	18

DOMEX AHSS

Domex - торговая марка горячекатаной листовой стали, разработанной и производимой металлургическим предприятием SSAB Tunnplåt.

Сталь марок Domex AHSS поставляется в диапазоне толщины t=2–12 mm. Благодаря хорошей деформируемости в холодном состоянии, эти стали также известны как холодноштампуемые.

Domex AHSS характеризуются повышенной прочностью, превосходной штампуемостью и хорошей свариваемостью.

Domex AHSS часто применяются в транспортной индустрии (в производстве прицепов, грузовиков, самосвалов, контейнеров для автомобильных и железнодорожных поездов).

Уровень прочности, достигаемый на Domex AHSS, представлен на рис. 1. Механические свойства и химический состав представлены в табл. 1 и 2.

РИС. 1. КЛАССЫ ПРОЧНОСТИ DOMEX AHSS

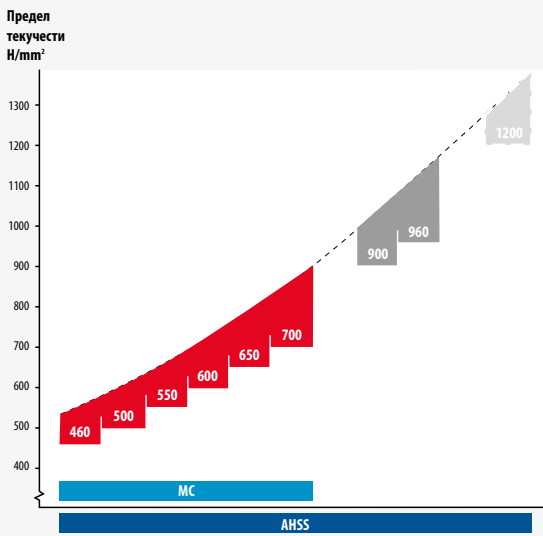


ТАБЛИЦА 1. МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТАЛИ МАРОК DOMEX AHSS

МАРКА СТАЛИ	ПРЕДЕЛ ТЕКУЧЕСТИ (S _{0,2}) N/mm ²	ПРЕДЕЛ ПРОЧНОСТИ (S _B), N/mm ² УДЛИНЕНИЕ (%)	МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МИНИМАЛЬНОЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЕ ЛИСТА ТОЛЩИНОЙ Т (mm)		МИНИМАЛЬНЫЙ ВНУТРЕННИЙ РАДИУС (mm) ПРИ ГИБКЕ		
			(t<3)	(t≥3)	t≤3	3<t≤6	t>6
DOMEX 460 MC	460	520 – 670	15	19	0.5 x t	0.7 x t	0.9 x t
DOMEX 500 MC	500	550 – 700	14	18	0.6 x t	0.8 x t	1.0 x t
DOMEX 550 MC	550	600 – 760	14	17	0.6 x t	1.0 x t	1.2 x t
DOMEX 600 MC	600	650 – 820	13	16	0.7 x t	1.1 x t	1.4 x t
DOMEX 650 MC	650*)	700 – 880	12	14	0.8 x t	1.2 x t	1.5 x t
DOMEX 700 MC	700*)	750 – 950	10	12	0.8 x t	1.2 x t	1.6 x t
DOMEX 900	900	≥ 1000		8		3 x t **)	
DOMEX 960	960	≥ 1060		8		3 x t **)	

* для толщины БОЛЕЕ 8 mm МИНИМАЛЬНЫЙ ПРЕДЕЛ ТЕКУЧЕСТИ МОЖЕТ БЫТЬ МЕНЕЕ 20 N/mm² ** DOMEX 900/960 ПОСТАВЛЯЮТ В ДИАПАЗОНЕ ТОЛЩИНЫ 4 – 6 mm.

ТАБЛИЦА 2. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ DOMEX AHSS

Марка стали	Максимальное содержание элементов						
	C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)	Al (%)	Характерный углеродный эквивалент (t≈5 mm)
	МАКС.	МАКС.	МАКС.	МАКС.	МАКС.	МИН.	
DOMEX 460 MC	0.10	0.10	1.50	0.025	0.010	0.015	0.31
DOMEX 500 MC	0.10	0.10	1.60	0.025	0.010	0.015	0.32
DOMEX 550 MC	0.12	0.10	1.80	0.025	0.010	0.015	0.32
DOMEX 600 MC	0.12	0.10	1.90	0.025	0.010	0.015	0.34
DOMEX 650 MC	0.12	0.10	2.00	0.025	0.010	0.015	0.37
DOMEX 700 MC	0.12	0.10	2.10	0.025	0.010	0.015	0.39
DOMEX 900	0.15	0.50	2.10	0.020	0.010	0.015	0.44
DOMEX 960	0.15	0.50	2.10	0.020	0.010	0.015	0.44

СУММАРНОЕ СОДЕРЖАНИЕ Nb, V И Ti НЕ ПРЕВЫШАЕТ 0.22 %, МАКСИМАЛЬНОЕ СОДЕРЖАНИЕ Mo СОСТАВЛЯЕТ 0.5 %, B – 0.005 %

ПОДГОТОВКА К СВАРКЕ



Подготовка к сварке производится всеми обычными способами. Наиболее часто используются:

- Механическая резка (обычные операции механической резки)
- Термическая резка (газовая, плазменная, лазерная)

В подготовке к сварке Domex AHSS используются те же технологии, как и для стали обычной прочности, в том числе, и в отношении применения предварительного нагрева под термическую резку. Тонкую окисную плёнку, образующуюся на поверхности реза при термической резке, рекомендуется удалить.

При плазменной резке в качестве плазмообразующего газа рекомендуется использовать кислород, поскольку азот, поглощаясь свариваемой поверхностью, вызывает пористость металла в сварном шве. Поэтому при использовании азота перед сваркой с поверхности реза необходимо удалять слой металла толщиной ≈ 0.2 mm.

При сварке изделий из сравнительно тонкой листовой стали часто используются ручные ножницы, предназначенные для резки металла.



Достижение повышенной прочности стали за счёт увеличения содержания углерода и легирующих элементов означает увеличение углеродного эквивалента и, следовательно, возрастание склонности к водородному растрескиванию. Однако, в случае применения Domex AHSS увеличение прочности, сопровождаемое увеличением углеродного эквивалента, не повышает склонности к водородному растрескиванию по сравнению со сталями, производимыми по европейским стандартам EN 10025-2:2004. Примерами таких сталей являются S235JRG2, S275JR,

S355J2G3. Они хорошо свариваются и в течение уже длительного времени часто применяются в сварочных конструкциях. Особенно важно, что риск водородного растрескивания этих сталей низкий при небольшой толщине листа. На рис.4 представлены данные, из которых следует, что склонность к водородному растрескиванию холодноштампуемой Domex EHS не выше, чем у сталей улучшенной свариваемости, производимых по стандартам EN 10025-2:2004.

МЕТОДЫ СВАРКИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ СТАЛИ DOMEX AHSS
Для Domex, являющихся сталями повышенной прочности, используются обычные методы сварки плавлением:

- газозлектрическая сварка (дуговая сварка плавящимся электродом в среде активного газа)
- ручная дуговая сварка;
- дуговая сварка с использованием неплавящегося вольфрамового электрода;
- сварка плазменной струёй;
- автоматическая дуговая сварка под слоем флюса.

Наряду с упомянутыми методами используются и другие. Чаще всего применяется газозлектрическая сварка, как наиболее производительная.

ГОРЯЧИЕ ТРЕЩИНЫ И МНОГОСЛОЙНЫЕ РАЗРЫВЫ
Так как Domex AHSS имеют достаточно низкое содержание легирующих элементов и неметаллических включений, существует незначительный риск проявления в них таких дефектов, как горячие трещины и многослойные разрывы. Многослойные разрывы, как правило, характерны для стали с высоким содержанием неметаллических включений. Специальный сульфидный контроль, выполняемый по всей толщине листа, позволяет сравнить Domex со сталями, для которых характерно значительное загрязнение металла неметаллическими включениями (рис. 2).

На рис. 3 показан один из типов сварочного соединения (Т-образный), в котором шов занимает значительную часть сечения свариваемых заготовок. При таком соединении листов Domex AHSS, имеющих толщину ≥8 мм и обладающих пределом текучести ≥600 N/mm², необходимо обеспечить отсутствие концентраторов напряжений на свариваемых поверхностях. В местах этих концентраций, напряжения, возникающие

при сварке, могут приводить к разрывам. Механическая резка в большей степени сопровождается образованием таких концентраторов. Поэтому предпочтительнее использовать термическую резку, при которой обеспечивается лучшее качество поверхности.

ВОДОРОДНОЕ РАСТРЕСКИВАНИЕ
Риск водородного растрескивания металла (холодные трещины) в сварке Domex AHSS незначительный. Причины, которые исключают проблему водородного растрескивания Domex AHSS, следующие:

- узкие пределы колебания химического состава и тонкие сечения свариваемых листов (медленное охлаждение) исключают формирование структур, склонных к растрескиванию;
- исключаются значительные напряжения, так как сварочные соединения, формируемые на тонких листах, менее жесткие, чем в случае сварки толстых листов;
- в тонком листе содержание водорода меньше, так как облегчается его диффузия из металла.

Углеродный эквивалент
Риск водородного растрескивания при сварке связан количеством легирующих элементов в стали. Для учёта этого фактора используется условный показатель состава, который представляется как углеродный эквивалент и рассчитывается по соответствующим формулам, учитывающим количество легирующих элементов (а также углерода). Существуют различные варианты таких формул. Наиболее часто углеродный эквивалент подсчитывается по формуле IIW (Международный Институт Сварки):

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

РИС. 2. МНОГОСЛОЙНЫЕ РАЗРЫВЫ. РАЗЛИЧИЕ МЕЖДУ СТАЛЬЮ С БОЛЬШИМ КОЛИЧЕСТВОМ ИЗОЛИРОВАННЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ И СТАЛЯМИ DOMEX

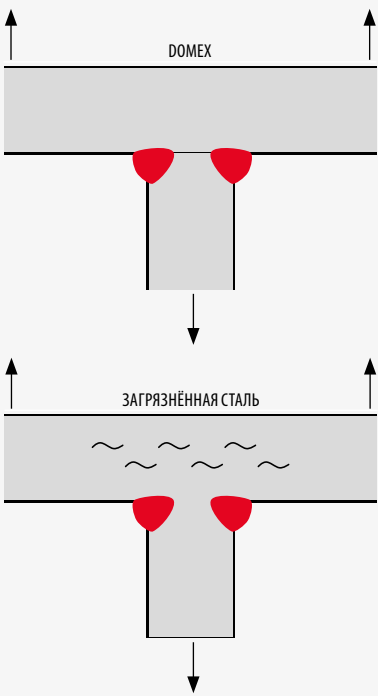


РИС. 3. К РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ТЕРМИЧЕСКОЙ РЕЗКИ В ПОДГОТОВКЕ Т-ОБРАЗНОЙ СВАРКИ

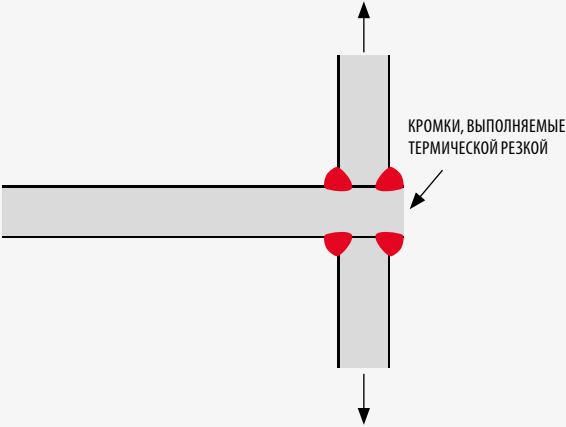
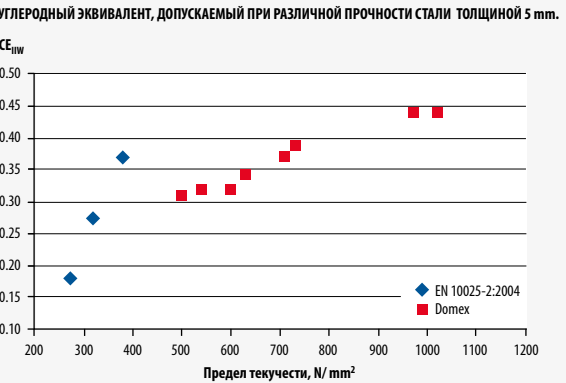


РИС. 4. СООТНОШЕНИЕ МЕЖДУ ДОПУСТИМЫМИ ЗНАЧЕНИЯМИ УГЛЕРОДНОГО ЭКВИВАЛЕНТА (CE) И ПРЕДЕЛОМ ТЕКУЧЕСТИ ДЛЯ DOMEX AHSS И ОБЫЧНЫХ СТАЛЕЙ EN 10025-2:2004 (ТОЛЩИНА 5 mm)



EN 1011-2

Стандарт EN 1011-2 содержит рекомендации по сварке металлов для снижения склонности металла к водородному растрескиванию в сварном соединении. Стандарт регламентирует рабочую температуру, необходимую для того, чтобы избежать холодных трещин, в зависимости от толщины листа, типа сварки (например, угловой шов), подводимого тепла и содержания водорода в металле.

Например, согласно EN 1011-2 при содержании водорода >15 мл/100 г свариваемого металла, подводимого тепла <0,5 kJ/mm, общей толщине 3,0 mm прогнозируется сварка стали марки Domex 700 MC без трещин. Проблема холодных трещин не возникает, если в сварке сталей Domex используются рекомендуемые для этих сталей электроды, применение которых гарантирует низкое содержание водорода (☉ £15мл/100 г свариваемого металла). При этом даже для самого толстого Domex AHSS не требуется предварительного подогрева.

Конечно, важно следовать общим рекомендациям по исключению водородного растрескивания:

- отсутствие на свариваемых кромках влаги, ржавчины, нефтепродуктов и другого рода загрязнений;
- отсутствие на свариваемых кромках налёта льда или инея;
- учёт соответствующих рекомендаций в выборе присадочных материалов.

ПРИСАДОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ СВАРКИ DOMEX AHSS

Присадочные материалы, рекомендуемые для Domex AHSS, перечислены в табл. 4. В основном, эти материалы подобраны для Domex 900, но частично подходят для Domex 960.

Если сварное соединение воспринимает значительное усилие и требуется равнопрочность сварного шва и основного металла, мы рекомендуем использовать именно эти присадочные материалы. Они же часто используются в некоторых других случаях сварки Domex AHSS:

- сварочное соединение используется в зоне с низкими рабочими напряжениями;
- в сварке плавлением при значительной толщине шва;
- для сварки мягкой стали;
- в сварных изделиях, подверженных усталостным разрушениям;
- в сварных соединениях стали невысокой твёрдости, выбираемых для улучшения механической обработки.

В настоящее время предлагается большое количество разновидностей готовой присадочной проволоки с пределом текучести 460—900 N/mm², пригодной для газозлектрической сварки Domex AHSS. Используется проволока и со специальным покрытием, обладающая пределом текучести, близким к 900 N/mm².

Если предполагается применение покрытой проволоки, то рекомендуется рутиловое покрытие. При такой проволоке легче достигается высокое качество сварки. Проволока без покрытия применяется, если к сварному соединению предъявляются требования по высокому уровню ударной вязкости. Проволока без покрытия применяется также для сварки изделий из Domex 900 или Domex 960, высокие рабочие напряжения в которых действуют в направлении, поперечном сварному соединению.

Для дуговой сварки Domex AHSS рекомендуются специальные электроды. Применение их значительно снижает риск появления холодных трещин (вызванных водородом) в зоне, подвергаемой тепловому воздействию, даже при сварке стали высокой прочности (Domex 960). Предварительный нагрев не требуется.

Если сварка Domex AHSS выполняется под слоем флюса, для обеспечения необходимых механических свойств металла сварного шва рекомендуется использовать специальный флюсовый порошок и проволоку.

Для сведения к минимуму риска проявления дефектов сварки и достижения необходимых механических свойств, в хранении присадочных материалов необходимо выполнять рекомендации их изготовителей. В частности, необходимо учитывать, что электроды, которые хранятся на складе, могут поглощать влагу из воздуха. Это может привести к наводораживанию их, следствием чего будет возрастание риска водородного растрескивания.

В табл. 3 приведены данные по нормам содержания водорода в металле шва, которые будут обеспечены при выполнении рекомендаций в отношении применяемых электродов и присадочного материала.

ТАБЛИЦА 3. РЕКОМЕНДУЕМЫЕ НОРМЫ ПО СОДЕРЖАНИЮ ВОДОРОДА В МЕТАЛЛЕ ШВА

МАРКА СТАЛИ	МАКСИМАЛЬНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ВОДОРОДА, МЛ/100 Г СВАРИВАЕМОГО МЕТАЛЛА
DOMEX 460 MC	10
DOMEX 500 MC	10
DOMEX 550 MC	10
DOMEX 600 MC	10
DOMEX 650 MC	10
DOMEX 700 MC	10
DOMEX 900	5
DOMEX 960	5

ТАБЛИЦА 4. РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ПРИСАДОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ DOMEX AHSS

МАРКА СТАЛИ	ГАЗОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СВАРКА		ДУГОВАЯ СВАРКА С ПОКРЫТЫМ ЭЛЕКТРОДОМ	ДУГОВАЯ СВАРКА ПОД СЛОЕМ ФЛЮСА
	ПРОВОЛОКА БЕЗ ПОКРЫТИЯ	ПРОВОЛОКА С ПОКРЫТИЕМ		
Domex 460 MC Domex 500 MC	AWS: A5.18 E80S-X DIN8559: SG2 EN440: G50X-xx	AWS: A5.29 E81T-X DIN 7084: TS41 EN758: T50X-xx	AWS: A5.5 E9018 DIN8529: EY5543MnMoB	AWS: A5.23-F7AX-EX
Domex 550 MC Domex 600 MC	AWS: A5.28 ER100S-X	AWS: A5.29 E100T-X	AWS: A5.5 E11018 DIN8529: EY6965 Mn2NiCrMoB EN757: E69X-xx	AWS: A5.23-F 10A4-EX
Domex 650 MC	AWS: A5.28 ER100S-X AWS: A5.28 ER110S-X DINSGNiMoCr2	AWS: A5.29 E100T-X	AWS: A5.5 E11018 DIN8529: EY6965 Mn2NiCrMoB EN757: E79X-xx	AWS: A5.23-F 11AX-EX
Domex 700 MC	AWS: A5.28 ER100S-X AWS: A5.28 ER110S-X DINSGNiMoCr2	AWS: A5.29 E100T-X	AWS: A5.5 E11018 DIN8529: EY6965 Mn2NiCrMoB EN757: E79X-xx	AWS: A5.23-F 11 AX-EX
Domex 900 Domex 960	AWS: A5.28 ER110S-X AWS: A5.28 ER120S-X	AWS: A5.29 E121T-X	EN 757: E89 X Z B 42 H5	AWS: A5.23-F AX-EX



СТАТИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Для достижения высокой прочности сварного соединения необходимо, чтобы прочностью обладали металл шва и металл, находящийся в зоне, подвергаемой тепловому воздействию.

Кроме этого, ещё несколько факторов определяют прочность сварного соединения, например, выбор присадочного материала, химический состав, степень нагрева, перепад температуры и т.д. Прочность шва (N/mm²), главным образом, определяется используемым присадочным материалом, тогда как прочность металла в зоне теплового воздействия в большей или меньшей степени определяется условиями охлаждения ($\Delta t_{8/5}$).

НАГРЕВ В ПРОЦЕССЕ СВАРКИ

Степень нагрева определяется количеством тепловой энергии E, подводимой к свариваемому стыку. Для её расчета используется формула:

$$E = \frac{U \times I \times 60}{v \times 1\,000} \text{ kJ/mm}$$

где U — напряжение (V), I — сила тока (A), v — скорость сварки (мм/мин).

Более точная оценка степени нагрева принимает во внимание способ сварки, используя соотношение:

$$Q = \eta \times E$$

где Q — эффективная энергия дуги; η (коэффициент пропорциональности) — коэффициент полезного действия дуги, зависящий от способа сварки.

Примерная величина η при различных способах сварки представлена в табл.5.

На практике, как правило, оценка степени нагрева производится по величине E.

ТЕМПЕРАТУРА МНОГОСЛОЙНОГО ШВА

Многослойная сварка может привести к тому, что температура в шве превысит допустимую (с точки зрения удовлетворительного структурного состояния металла), что отразится на прочности соединения. Особенно критично это для коротких швов, длиной менее 500 мм, так как при такой сварке оказывается недостаточным время для подстуживания готовых швов, и они будут перегреваться при наплавлении последующих слоёв. Чтобы исключить перегрев, необходимо ограничивать максимальную температуру нагрева уже наплавленного шва при наложении на него нового. Это достигается тем, что устанавливается определённая пауза в процессе сварки перед наплавлением каждого нового шва, чтобы максимальная температура уже наплавленного шва не превышала определённую температуру. Рекомендуются следующие температуры нагрева готового шва при наложении на него нового:

- Domex 355 MC ÷ Domex 500 MC 150 °C
- Domex 600 MC ÷ Domex 960 MC 100 °C

МЯГКИЕ УЧАСТКИ

После сварки Domex AHSS с пределом текучести более 500 N/mm² в зоне теплового воздействия появляются мягкие участки. Они образуются в результате характерных изменений микроструктуры. Протяжённость и твердость мягких участков определяются, главным образом, толщиной листа и степенью нагрева.

На рис. 5 представлено распределение твердости по сечению сварного шва на

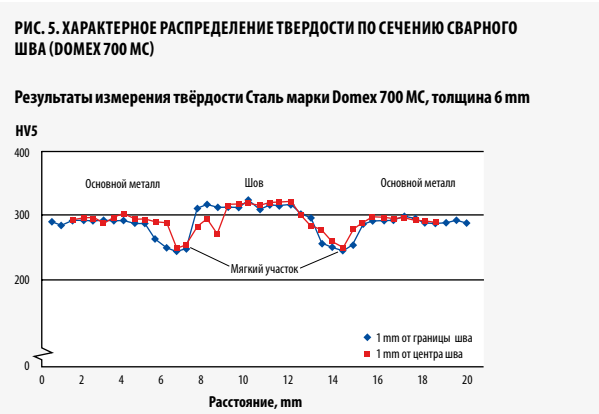
Чем меньше толщина листа и выше степень нагрева (при одинаковой скоро-сти охлаждения $\Delta t_{8/5}$), тем больше протяжённость мягкого участка и более низ-ка его прочность.

При нормальном уровне нагрева и в отсутствии предварительного подогрева наличие мягких уча стков не отражается на качестве стали марок Domex 550 MC — Domex 700 MC. Увеличение нагрузки в испытании растяжением инициирует установление трёхосного напряжённого состояния в мягких участках, предотвращая тем самым развитие деформаций металла в этих зонах. В результате процессы деформации будут развиваться преимущественно в более твёрдом основном металле или металле шва.

При весьма высокой прочности марок Domex 900 и Domex 960 деформация будет развиваться в металле либо шва, либо зоны, подвергаемой тепловому воздействию. Однако, при рациональном ограничении степени нагрева негативного влияния прочности основного металла на проявление мягких участков можно избежать (рис. 6).

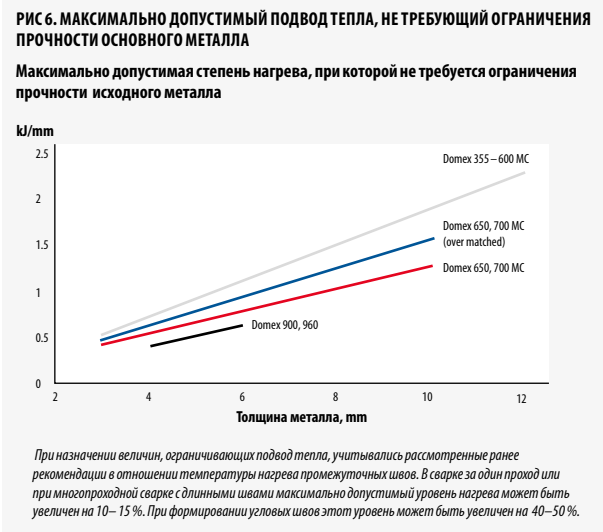
ТАБЛИЦА 5. КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ДУГИ В РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ СВАРКИ

СПОСОБ СВАРКИ	η
ГАЗОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СВАРКА	0.8
РУЧНАЯ ДУГОВАЯ СВАРКА	0.8
АВТОМАТИЧЕСКАЯ ДУГОВАЯ СВАРКА ПОД СЛОЕМ ФЛЮСА	1.0
ДУГОВАЯ СВАРКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕПЛАВЯЩЕГОСЯ ВОЛЬФРАМОВОГО ЭЛЕКТРОДА	0.6



РЕЗУЛЬТАТЫ МЕХАНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ

Как примеры, в табл. 6 сведены результаты механических испытаний образцов различных Domex AHSS, изготовленных стыковой газозлектрической сваркой с применением соответствующих присадочных материалов. При изготовлении образцов предусматривалось, чтобы в процессе растяжения место сварки находилось на значительном расстоянии от захватов.



При назначении величин, ограничивающих подвод тепла, учитывались рассмотренные ранее рекомендации в отношении температуры нагрева промежуточных швов. В сварке за один проход или при многoproходной сварке с длинными швами максимально допустимый уровень нагрева может быть увеличен на 10–15 %. При формировании угловых швов этот уровень может быть увеличен на 40–50 %.

ТАБЛИЦА 6. ПРОЧНОСТЬ И УДАРНАЯ ВЯЗКОСТЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

УСЛ. №	СТАЛЬ (МАРКА,	ПРОВОЛОКА (AWS) ТОЛЩИНА, mm)	КОЛИ-ЧЕСТВО НАПЛАВЛЕННЫХ ШВОВ	СТЕПЕНЬ НАГРЕВА kJ/mm	ПОПЕРЕЧНОЕ РАСТЯЖЕНИЕ		ИСПЫТАНИЕ НА УДАР (ШАРПИ V)				
					Rm, МПа ¹⁾	Место разру- шения ²⁾	Напра- вле-ние ³⁾	Рас-поло- жение ⁴⁾	Работа (Дж/см ²)		
										—20°C	—40°C
1	Dx 460 (3)	A5.18 ER7XS-X	1	0.60	595	Pm					
2	Dx 460 (6)	A5.18 ER7XS-X	1	0.58	605	Pm	L	A	147	129	
			2	0.61					208	156	
			3	0.62						264	
3	Dx 460 (12)	A5.18 ER7XS-X	1	1.23	631	Wm	L	A	59	70	
			2	1.20					B	191	42
			3	1.20					C	155	66
			4	1.22							
4	Dx 500 (6)	A5.18 ER7XS-X	1	1.2	595	Pm	L	A	168	174	
									B	162	110
									C	256	244
5	Dx 500 (12)	A5.18 ER7XS-X	1	1.3	636	Pm	L	A	61	42	
			2	1.5					B	138	46
									C	275	120
6	Dx 600 (4)	A5.28 ER10XS-X	1	0.79	706	HAZ					
7	Dx 650 (6)	A5.28 ER12XS-X	1	0.73	810	HAZ	T	A		207	
			2	0.81					B		51
									C		107
8	Dx 650 (8)	A5.28 ER10XS-X	1	0.61	774	Wm	T	A	176	172	
			2	1.2					B	72	46
									C	89	58
9	Dx 700 (3)	A5.28 ER10XS-X	1	0.39	846	HAZ					
10	Dx 700 (6)	A5.28 ER10XS-X	1	0.61	825	Pm	L	A	130	112	
			2	0.41					B	66	35
			3	0.42					C	154	145
11	Dx 700 (8)	A5.28 ER10XS-X	1	0.88	836	Pm	L	A	71	52	
			2	0.94					B	80	69
			3	0.95					C	156	61
12	Dx 700 (10)	A5.28 ER10XS	1	0.57	818	HAZ	L	A	118	74	
			2	1.10					B	104	53
			3	1.08					C	118	47
			4	1.09							
13	Dx 900 (6)	A5.28 ER10XS	1	0.56	1050	HAZ	L	A	73	53	
			2	0.43					B	110	40
			3	0.37					C	100	90

¹⁾ ПЕРЕД ТЕКУЧЕСТИ;

²⁾ МЕСТО РАЗРУШЕНИЯ: Wm — шов, Pm — ИСХОДНЫЙ МЕТАЛЛ, HAZ — ЗОНА ТЕПОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ;

³⁾ L — ВДОЛЬ НАПРАВЛЕНИЯ ПРОКАТОГО ВОЛОКНА, T — ПОПЕРЕК НАПРАВЛЕНИЯ ПРОКАТОГО ВОЛОКНА;

⁴⁾ A — ИСХОДНЫЙ МЕТАЛЛ, B — ШОВ, C — НА РАССТОЯНИИ 1 mm ОТ ШВА.

УДАРНАЯ ВЯЗКОСТЬ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ

Для избежания хрупких разрушений сварных соединений необходимо, чтобы исходный металл, металл шва и металл в зоне теплового воздействия обладал достаточной ударной вязкостью.

Ударная вязкость металла шва определяется его микроструктурой. Микроструктура, в свою очередь, зависит от выбора присадочного материала, химического состава исходного металла (учитывая, что при расплавлении металл шва перемешивается с исходным металлом) и уровня подводимого тепла. Поэтому важно использовать присадочный материал, который отвечает определённым требованиям. Как показывает опыт использования холодноштампуемых сталей, показатели их вязкости фактически выше величин, указанных в каталогах поставщиков металла.

Выполнение сварки при низком уровне подводимого тепла позволяет повысить ударную вязкость во всех характерных зонах сварного соединения и, особенно, в зоне теплового воздействия, структура которой определяется исключительно условиями нагрева и охлаждения в процессе сварки.

К сварному шву примыкает зона с крупными зёрнами (рис. 7), для которой характерна особенно низкая вязкость. Протяженность зоны с крупным зерном может быть сокращена за счёт рациональной схемы формирования сварного шва, обеспечивающего уменьшение уровня нагрева. Благодаря этому, ударная вязкость сварных соединений Domex может быть поддержана на должном уровне.

На рис. 8 представлены рекомендации по количествам и схемам наложения нескольких сварных швов. Выполнение данных рекомендаций позволяет обеспечивать минимальное снижение ударной вязкости сварных соединений сталей разной толщины.

РИС. 7. ХАРАКТЕР ЗЕРНИСТОСТИ СТАЛИ В ЗОНЕ ТЕПЛОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

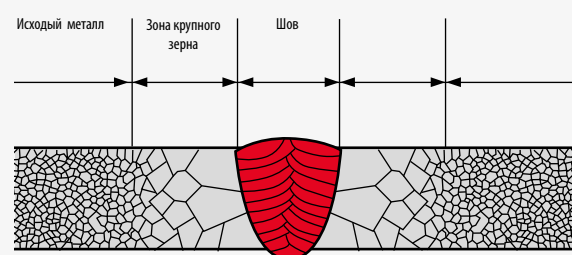
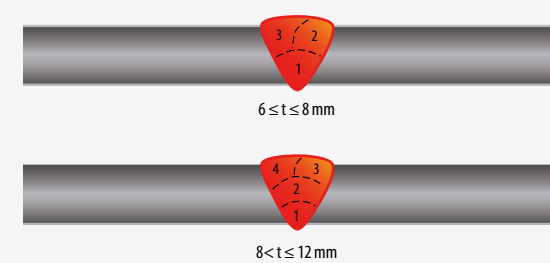


РИС. 8. РАЦИОНАЛЬНЫЕ СХЕМЫ СВАРКИ С НАЛОЖЕНИЕМ НЕСКОЛЬКИХ ШВОВ. ЦИФРАМИ 1,2,3,4,5 ОБОЗНАЧЕНЫ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО НАНОСИМЫЕ ШВЫ



ОТЖИГ ДЛЯ СНЯТИЯ НАПРЯЖЕНИЯ

Сварка Domex AHSS не вызывает необходимости проведения отжига для снижения твёрдости или повышения вязкости. Суженный предел содержания элементов, характерный для состава этих сталей, исключает неоднородность твёрдости металла в сварном соединении. Соблюдение определённых тепловых условий сварки обеспечивает требуемый уровень ударной вязкости.

Отжиг может быть необходимым для уменьшения внутренних напряжений, если Domex AHSS сваривается со сталью другого химического состава, причём необходимость отжига предопределяется соответствующими производственными стандартами.

Отжиг для устранения напряжения сварных соединений из стали марок Domex 460 – 700 MC рекомендуется проводить при следующих технологических параметрах:

- максимально допустимая скорость нагрева — 100 °C/ч;
- продолжительность выдержки при рабочей температуре — 2 мин /mm толщины листа (минимум 30 минут);
- рабочие температуры отжига сталей Domex 460 MC – Domex 700 MC — 530 ÷ 580 °C;
- максимальная допустимая скорость охлаждения — 100 °C/ч.

Domex 900 и 960 не следует подвергать отжигу.

Если производственные стандарты требуют выполнять отжиг сварных соединений, то следует учитывать данные рекомендации.





ДАННЫЕ ПО МЕТАЛЛУ

Представляемые стали повышенной прочности Docol AHSS относятся к Docol 1000 DP, Docol 1200 M и Docol Wear 450. Все три марки производятся как холоднокатанные с высоким пределом прочности. Диапазон толщины проката 0.5 – 2.1 mm. Характерно, что относительно высокая прочность этой стали достигается при сравнительно низком легировании. Этим предопределяется удовлетворительная свариваемость стали.

Docol 1000 DP является двухфазной сталью, повышенная прочность которой сочетается с удовлетворительной штампуемостью и свариваемостью. Микроструктура её состоит из ферритной матрицы и второй фазы — твердых мартенситных включений. Мягкая матрица обуславливает хорошую штампуемость, а присутствие в структуре мартенситной составляющей придаёт стали повышенную прочность.

Структура Docol 1200 M является сталью с полностью мартенситной структурой. При высокой прочности штампуемость данной стали заметно ниже, чем двухфазной. Тем не менее, уровень штампуемости Docol 1200 M достаточен для деформирования изгибом, что позволяет сматывать сталь в рулоны, проводить на ней простые штамповочные операции и использовать в производстве сварных труб.

Механические свойства и химический состав Docol 1000 DP и Docol 1200 M представлены в табл. 8 и 9.

Docol Wear 450 после холодной прокатки подвергается термообработке в агрегатах для непрерывного отжига распущенных рулонов. Используемые при этом режимы охлаждения и отпуска формируют микроструктуру, при которой сталь приобретает сопротивление износу. Благодаря этому, сталь становится пригодной в качестве материала для изделий, подвергаемых абразивному изнашиванию твердыми частицами, такими как каменные осколки, песок и зерно.

Данные по химическому составу и твердости Docol Wear 450 представлены в табл. 9 и 10.

Необходимо избегать нагревания этих сталей. Если по какой-либо причине этого не удаётся, то максимальный нагрев для Docol 1000 DP не должен превышать 300 °C, Docol 1200 M — 200 °C, Docol Wear 450 — 450 °C. Нагрев до температур, превышающих указанные, приведёт к потере прочности стали.

Сварочные операции сопровождаются искажением конфигурации изделия, полученного сваркой. При этом может возникнуть необходимость в операции правки для восстановления исходной конфигурации. В случаях сравнительно небольших искажений правка может быть выполнена без подогрева. Значительные искажения

конфигурации вызывают необходимость в правке с нагревом. Высокотемпературный нагрев может понизить прочность сварного изделия. Поэтому температура подогрева должна быть ограничена. Рекомендуемая рациональная температура подогрева при правке изделий, прошедших сварку, представлена в табл. 7.

ТАБЛИЦА 7. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО МАКСИМАЛЬНЫМ ТЕМПЕРАТУРАМ ГОРЯЧЕЙ ПРАВКИ

МАРКИ СТАЛИ	МАКСИМАЛЬНО ДОПУСТИМАЯ ТЕМПЕРАТУРА НАГРЕВА ОТДЕЛЬНЫХ ЧАСТЕЙ ИЗДЕЛИЙ, ПРОШЕДШИХ ПРАВКУ, °C	
	ИСХОДНЫЙ МЕТАЛЛ	МЕТАЛЛ В ЗОНЕ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ
DOMEX 460 MC — 700 MC	650 °C	580 °C

ТАБЛИЦА 8. МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА DOCOL 1000 DP И DOCOL 1200 M

МАРКА СТАЛИ	МИНИМАЛЬНЫЙ ПРЕДЕЛ ТЕКУЧЕСТИ (N/mm²)	МИНИМАЛЬНЫЙ ПРЕДЕЛ ПРОЧНОСТИ (N/mm²)	МИНИМАЛЬНОЕ УДЛИНЕНИЕ δ _z (%)	МИНИМАЛЬНЫЙ РАДИУС ПРИ ИЗГИБЕ НА 90° (mm)
DOCOL 1000 DP	700	1000	7	2.0 X ТОЛЩИНУ
DOCOL 1200 M	950	1200	3	3.0 X ТОЛЩИНУ

ТАБЛИЦА 9. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ DOCOL 1000 D, DOCOL 1200 M И DOCOL WEAR 450

МАРКА СТАЛИ	ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ, %								CE ¹⁾ (%)
	C	Si	Mn	P	S	Al	Nb	Ti	
DOCOL 1000 DP	0.15	0.50	1.50	0.010	0.002	0.040	0.015	-	0.40
DOCOL 1200 M	0.11	0.20	1.60	0.010	0.002	0.040	0.015	0.025	0.38
DOCOL Wear 450	0.17	0.20	1.20	0.010	0.002	0.040	0.015	0.025	0.38

¹⁾ УГЛЕРОДНЫЙ ЭКВИВАЛЕНТ CE = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Cu + Ni)/15

ТАБЛИЦА 10. ХАРАКТЕРНАЯ ТВЁРДОСТЬ DOCOL WEAR 450

НВ (ПО БРИННЕЛЮ)	HRС (ПО РОКВЕЛЛУ)	HV (ПО ВИККЕРСУ)
440	43	456



ТИПЫ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И ПОДГОТОВКА К СВАРКЕ

На рис. 9 представлены различные типы сварных соединений в изделиях, изготавливаемых из Docol AHSS: стыковое соединение, соединение внахлестку и Т-образное соединение.

Для стыковой сварки используются обычные плоские заготовки, не проходящие какой-либо особой подготовки. Для подготовки к сварке могут использоваться отрезка заготовок ножницами для резки металла, вырубка на прессе, отрезка дисковой пилой или тепловая резка. Требования к качеству реза не выше, чем для сварки плавлением обычной стали. То же самое относится к требованиям по раскрою заготовок для соединений внахлест и Т-образных.

СВАРКА

Общие положения

Опыт применения газозлектрической сварки (GMAW) Docol AHSS подтверждает хорошую её технологичность в сварке. Благодаря низкому углеродному эквиваленту, пониженному содержанию фосфора и серы в сочетании с незначительной загрязнённостью стали неметаллическими включениями, риск неудовлетворительного соединения сваркой этого металла незначительный. Прочность соединения увеличивается с возрастанием прочности стали. Однако, прочность сварного шва оказывается несколько ниже прочности основного металла.

Методы сварки и присадочные материалы

Большинство технологий, используемых для сварки Docol AHSS, относится к газозлектрической дуговой сварке (GMAW). Другие названия для этого метода — MAG или MIG. В качестве защитного газа рекомендуется смесь аргона (Ar) и углекислого газа (CO₂). Все технологии газозлектрической сварки могут выполняться в ручном, автоматизированном и робототизированном вариантах. Иногда используются и другие способы сварки, в том числе, ручная дуговая, с вольфрамовым электродом, в инертном газе, плазменная и лазерная сварка. Далее рассматривается исключительно газозлектрическая сварка.

РИС. 9. ПРИМЕРЫ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ СОЕДИНЕНИЙ DOCOL AHSS ГАЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СВАРКОЙ СТАЛИ



В табл. 11 представлены присадочные материалы, рекомендуемые для газозлектрической сварки всех трёх марок Docol AHSS.

Указана только проволока без покрытия, так как проволока с покрытием получила меньшее распространение в сварке холоднокатаной листовой стали. Тем не менее, проволока с покрытием может использоваться с тем же успехом.

В табл. 11 указана только высокопрочная проволока. Однако, если сварные соединения являются сравнительно ненагруженными, может использоваться менее прочная проволока.

Данные по прочности сварных соединений рассматриваются в разделе «Результаты испытаний Docol AHSS».

Степень нагрева и общие рекомендации по сварке

Склонность Docol AHSS к проявлению таких дефектов сварки, как холодные и горячие трещины, достаточно низкая. Главная причина этого — низкий углеродный эквивалент в этой стали и пониженное содержание в ней фосфора, серы и ниобия. Для защиты от коррозии листовая сталь обычно покрывается тонким слоем консистентной смазки. Слой смазки настолько тонкий, что не возникает проблемы пористости сварного шва: вся смазка превращается в газ, который полностью уходит из зоны сварки.

Однако, если металл хранится в условиях, когда на поверхности листа могут образовываться загрязнения, для избежания дефектов необходима в той или иной форме очистка поверхности перед сваркой.

Бездефектная сварка тонкой листовой стали требует использования определённых технологических параметров. Во избежание прожогов металла и коробления сваренного изделия необходимо минимизировать степень нагрева.

Степень нагрева оценивается по количеству энергии E, затрачиваемой на нагрев единицы длины сварного шва. Для этого может использоваться формула

$$E = (U \times l \times 60) / (v \times 1000) \text{ kJ/mm},$$

где U — используемое напряжение (V), I — сила тока (A), v — скорость сварки (мм /мин).

Преимуществом минимального нагрева является также более высокая прочность сварного шва.

В сварке Docol AHSS не должен применяться предварительный нагрев, так как он уменьшит прочность и твердость исходного металла Docol AHSS.

Перед стыковой и угловой сваркой обычно выполняется «прихватка» заготовок вручную. Это позволяет формировать основной шов более равномерным по ширине и при этом обходиться без каких-либо специальных приспособлений.

Коробление при сварке

В газозлектрической сварке тонких листов возникает проблема коробления получаемых изделий. В некоторых случаях коробление настолько большое, что исключает возможность самой сварки. Чтобы свести к минимуму искажения, необходимо использовать определённую схему и последовательность формирования сварочного шва. Для сварки тонких листов Docol может быть рекомендовано следующее:

- минимизирование толщины и ширины шва за счёт уменьшения нагрева;
- по возможности использование менее прочной проволоки-наполнителя;
- по возможности использование сварки с «обратным шагом».

Для избежания коробления важно использовать низкий нагрев, чтобы достичь меньших напряжений и толщины слоя. Чем меньше площадь расплавления, тем меньшие силы, вызывающие коробление, будут возникать.

Коробление будет меньшим с применением менее прочного присадочного металла. Но при выборе присадочного металла необходимо учитывать, насколько пониженная его прочность

ТАБЛИЦА 11. ПРИСАДОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ПРИ СВАРКЕ

МАРКА СТАЛИ	ПРОВОЛОКА, ПРИМЕНЯЕМАЯ ПРИ ГАЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СВАРКЕ
DOCOL 1000 DP	AWS A 5.28 ER 100S-G, AWS A5.28 ER 11XS-X, AWS A 5.28 ER 12XS-X, DIN SGNiMoCr2
DOCOL 1200 M	AWS A 5.28 ER11 XS-X, AWS A 5.28 ER 12 XS-X, DIN SGNiMoCr2
DOCOL Wear 450	AWS A5.28 ER 11XS-X, AWS A 5.28 ER 12 XS-X, DIN SGNiMoCr2



приемлема с точки зрения других требований, отражающихся на микроструктуре шва.

Схема сварки с «обратным шагом» поясняется примером, представленным на рис. 10.

Выполнение сварного соединения вблизи участков изделия, имеющих конструктивный изгиб, также может быть рекомендовано для уменьшения коробления. Изогнутая конфигурация придаёт жёсткость конструкции. При этом повышается сопротивление короблению от действия сварочных напряжений.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЯ DOCOL AHSS

Предел прочности сварных соединений сталей Docol AHSS увеличивается с возрастанием прочности свариваемой стали (рис. 11).

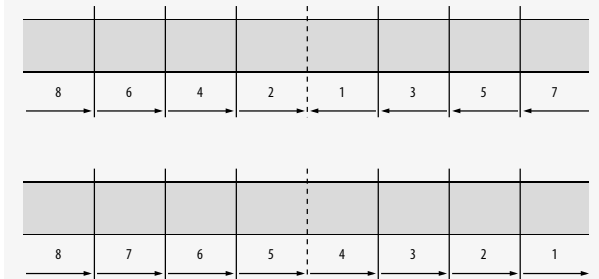
Рис. 11. Прочность швов, полученных сваркой стали Docol 1000 DP, Docol 1200 M и Docol Wear 450 (сварка GMAW, материал наполнитель AWS A5.28 ER 110 S-G, сварка в атмосфере газовой смеси аргона и CO₂). Для сравнения представлены данные, относящиеся к некоторым маркам менее прочной стали Docol AHSS

Для высокопрочных Docol 1000 DP, Docol 1200 M и Docol Wear 450 прочность шва оказывается несколько ниже, чем прочность исходного металла. Причиной этого являются мягкие участки, формирующиеся в зоне теплового воздействия (HAZ). В испытании растяжением разрыв происходит исключительно в месте расположения этих участков, которые фиксируются по измерению твёрдости (рис. 12).

Результаты испытаний на растяжение сварных соединений Docol 1000 DP, Docol 1200 M представлены в табл. 12.

Как видно из табл. 12, прочность стыкового шва увеличивается с уменьшением нагрева (Docol 1200 M, толщина 2 mm). Это связывается с тем, что при уменьшении нагрева размягчение шва происходит в меньшей степени.

РИС. 10. ПРИМЕР СХЕМЫ СВАРКИ С «ОБРАТНЫМ ШАГОМ», ИСПОЛЪЗУЕМОЙ ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ КОРОВАБЛЕНИЯ



Видно также, что напряжения, разрушающие шов, получаемый внахлестку, ниже, чем в случае стыкового соединения. Фактически ответственным за напряжения, разрушающие соединение, является сам шов. Уменьшение разрушающих напряжений, характерное для соединения внахлестку, обусловлено тем, что в таком соединении растяжение сопровождается дополнительным изгибом. При этом возрастают рабочие напряжения на наружной поверхности шва (из-за возникающей несимметричности в нагружении).

Рассматривая прочность соединения внахлестку, можно заметить, что при сварке листов (толщина которых не превышает 3 mm) меньшей толщине соответствует больший уровень разрушающих напряжений (табл. 12). Это связано с тем, что дополнительный изгиб в меньшей степени имеет место при тонком листе.

Прочность сварного соединения (как стыкового, так и внахлестку) несколько выше при прочной проволоке, чем при мягкой (табл. 12). Однако данное различие незначительное (≈ 20 – 30 МПа). Поэтому во многих случаях допустимо использование мягкой проволоки.

Docol Wear 450 характеризуется повышенным сопротивлением абразивному износу. Поэтому целесообразно, чтобы и сварные соединения этого металла обладали повышенной твёрдостью. В этом случае рекомендуется использование высокопрочной присадочной проволоки. Характерное для такого соединения распределение твёрдости в поперечном сечении шва представлено на рис. 13.

Мягкие участки являются результатом проявления сварочного нагрева в зоне его влияния. Если сварное соединение располагается в частях изделия, где износ и рабочие напряжения незначительные, то может использоваться мягкая присадочная проволока.

РИС. 11. ПРОЧНОСТЬ ШВОВ, ПОЛУЧЕННЫХ СВАРКОЙ СТАЛИ DOCOL 1000 DP, DOCOL 1200 M И DOCOL WEAR 450 (СВАРКА GMAW, МАТЕРИАЛ ЗАПОЛНИТЕЛЬ AWS A5.28 ER 110 S-G, СВАРКА В АТМОСФЕРЕ ГАЗОВОЙ СМЕСИ АРГОНА И СО₂). ДЛЯ СРАВНЕНИЯ ПРЕДСТАВЛЕНЫ ДАННЫЕ, ОТНОСЯЩИЕСЯ К НЕКОТОРЫМ МАРКАМ МЕНЕЕ ПРОЧНОЙ СТАЛИ DOCOL AHSS.

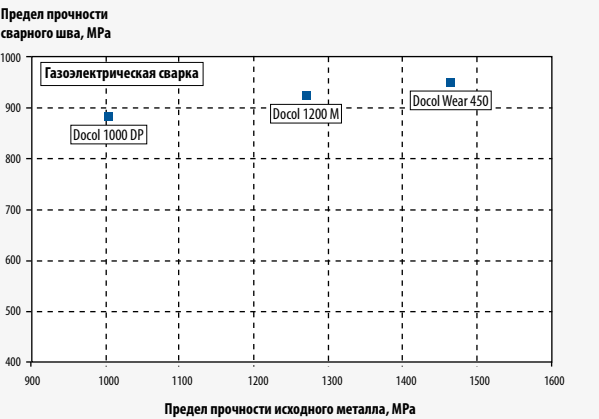


РИС. 12. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТВЕРДОСТИ ПО СЕЧЕНИЮ ГАЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СВАРКИ DOCOL 1000 DP (ЛИСТ ТОЛЩИНОЙ 1.2 mm, НАГРЕВ 0.09 kJ/mm, АТМОСФЕРА ГАЗОВОЙ СМЕСИ АРГОНА И СО₂)

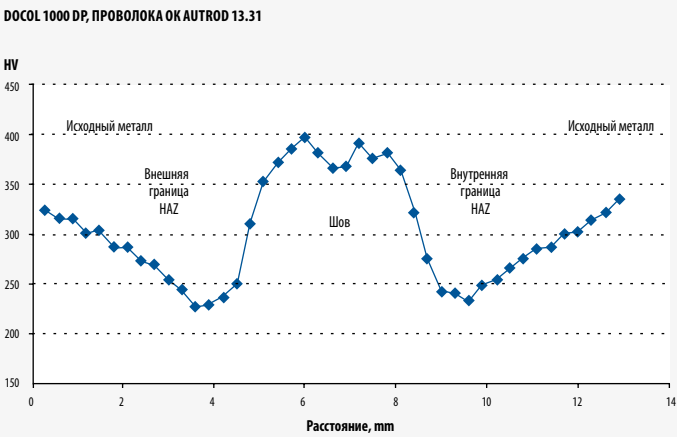


РИС. 13. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТВЕРДОСТИ В ПОПЕРЕЧНОМ СЕЧЕНИИ ШВА, ПОЛУЧЕННОГО ЭЛЕКТРОГАЗОВОЙ СВАРКОЙ СТАЛИ DOCOL WEAR 450 (ТОЛЩИНА ЛИСТА 1.0 mm, СТЫКОВАЯ СВАРКА, НАГРЕВ 0.09 kJ/mm, ПРЕДЕЛ ТЕКУЧЕСТИ ПРОВОЛОКИ 890 МПа)

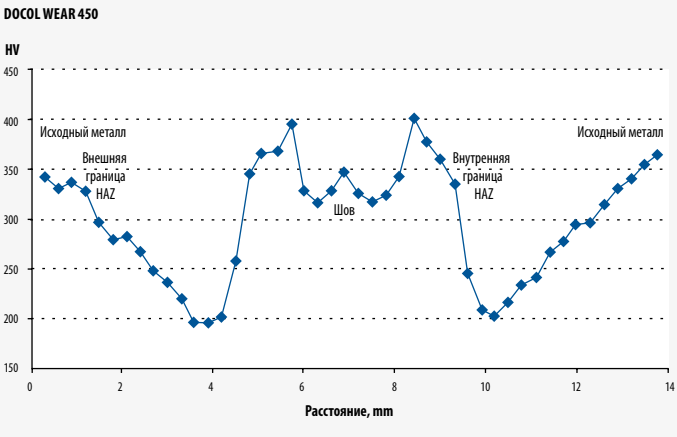


ТАБЛИЦА 12. РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЯ DOCOL 1000 DP, DOCOL 1200 M В СОСТОЯНИИ ПОСЛЕ СВАРКИ (ОБЕ МАРКИ ПРЕДСТАВЛЕНЫ РАЗНЫМИ ТОЛЩИНАМИ ЛИСТА)

МАРКА СТАЛИ	ТОЛЩИНА (mm)	ТИП СВАРКИ	ПРИСАДОЧНАЯ ПРОВОЛОКА ^{1), 2)}	НАГРЕВ E (kJ/mm)	ПРОЧНОСТЬ ШВА (МПа)	МЕСТО РАЗРЫВА ⁴⁾
DOCOL 1000 DP	2.0	СТЫКОВАЯ	ВЫСОКОПРОЧНАЯ	0.17	813	HAZ
DOCOL 1000 DP	1.2	СТЫКОВАЯ	ВЫСОКОПРОЧНАЯ	0.09	882	HAZ
DOCOL 1000 DP	1.2	СТЫКОВАЯ	НИЗКОПРОЧНАЯ	0.09	864	HAZ
DOCOL 1000 DP	1.2	ВНАХЛЕСТКУ	ВЫСОКОПРОЧНАЯ	0.10	805	HAZ
DOCOL 1000 DP	1.2	ВНАХЛЕСТКУ	НИЗКОПРОЧНАЯ	0.09	775	WM
DOCOL 1200 M	2.0	СТЫКОВАЯ	ВЫСОКОПРОЧНАЯ	0.14	925	HAZ
DOCOL 1200 M	2.0	СТЫКОВАЯ	ВЫСОКОПРОЧНАЯ	0.21	859	HAZ
DOCOL 1200 M	2.0	СТЫКОВАЯ	НИЗКОПРОЧНАЯ	0.15	893	HAZ
DOCOL 1200 M	1.5	СТЫКОВАЯ	ВЫСОКОПРОЧНАЯ	0.12	856	HAZ
DOCOL 1200 M	1.5	ВНАХЛЕСТКУ	ВЫСОКОПРОЧНАЯ	0.15	740	HAZ
DOCOL 1200 M	1.5	ВНАХЛЕСТКУ	НИЗКОПРОЧНАЯ	0.16	707	HAZ
DOCOL 1200 M ³⁾	1.5	ВНАХЛЕСТКУ ³⁾	ВЫСОКОПРОЧНАЯ	0.23	930	HAZ

¹⁾ ВЫСОКОПРОЧНАЯ ПРОВОЛОКА AWS A5.28 ER 110S-G;
²⁾ НИЗКОПРОЧНАЯ ПРОВОЛОКА AWS A5.18 ER 70S-G;
³⁾ ВЕРХНИЙ ЛИСТ DOCOL 1200 M 1.5 MM, НИЖНИЙ ЛИСТ DOMEX 700 MC 4.0 MM;
⁴⁾ HAZ — ЗОНА ТЕПЛОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ, WM — ШОВ



ССАБ Туннплат АБ является крупнейшим скандинавским производителем листовой стали и европейским лидером в области разработки высокотехнологичных высокопрочных сталей.

ССАБ Туннплат входит в группу ССАБ Шведская Сталь, имеет годовой оборот 14 миллиардов шведских крон, и штат сотрудников, работающих в Швеции, насчитывающий более 4000 человек. Ежегодно мы производим около 2.7 млн тонн листовой стали.

Наша политика защиты окружающей среды предусматривает непрерывное повышение эффективности производственных процессов и оборудования по очистке и утилизации отходов, а также разработку таких свойств наших материалов, которые позволяют перерабатывать их и использовать неоднократно.

Мы производим следующие виды стали на наших современных высокоэффективных производственных линиях и прокатных станах:

- DOMEX®**
Горячекатаная сталь
- DOCOL®**
Холоднокатаная сталь
- DOGAL®**
Горячеоцинкованная сталь
- PRELAQ®**
Полимерно окрашенная сталь

Это зарегистрированные торговые марки ССАБ Туннплат АБ

Мы помогаем нашим клиентам выбрать именно те марки стали, которые обеспечат конкурентоспособность их продукции. Наша сила в качестве нашей продукции, надежности наших поставщиков и гибкости Инженерно-Сервисного Центра.

ССАБ Туннплат АБ
SE-781 84 Борланге
Швеция
Тел +46 243 700 00
Факс +46 243 700 00
office@ssabtunnplat.com
ssabtunnplat.com

Австралия
SSAB Swedish Steel Pty. Ltd.
Тел +61 3 9548 8455

Бразилия
SSAB Swedish steel Ltda.
Тел +55 413 014 90 70
ssab.com.br

Китай
SSAB Swedish Steel
Тел +86 10 6440 3550
swedishsteel.cn

Чехия
SSAB Swedish Steel
Тел +420 545 422550
ssab.cz

Дания
SSAB Svensk Stål A/S
Тел +45 4320 5000
ssab.dk

Финляндия
OY SSAB Svenskt Stål AB
Тел +358 9 686 6030
ssab.fi

Франция
SSAB Swedish Steel SA
Тел +33 1 55 61 91 00
ssab.fr

Германия
SSAB Swedish Steel GmbH
Тел +49 211 91 25-0
Тел +49 711 6 87 84-0
ssab.de

Великобританиц
SSAB Swedish Steel Ltd
Тел +44 1905 795794
swedishsteel.co.uk

Израиль
SSAB Swedish Steel
Тел +972 3 549 7820

Италия
SSAB Swedish S.p.A
Тел +39 030 90 58 811
ssab.it

Япония
SSAB Swedish Steel Ltd.
Тел +81 3 3456 3447

Нидерланды
SSAB Swedish Steel BV
Тел +31 24 67 90 550
ssab.nl

Норвегия
SSAB Svensk Stål A/S
Тел +47 23 11 85 80
ssab.no

Польша
SSAB Swedish Steel Sp.z.o.o.
Тел +48 602 72 59 85
ssab.pl

Португалия
SSAB Swedish Steel
Тел +351 256 371 610
ssab.pt

Румыния
SSAB Swedish Steel
Тел +00 40 265 230 315

Россия
SSAB Swedish Steel
Тел +7 495 781 3933
ssab.ru

Испания
SSAB Swedish Steel SL
Тел +34 91 300 5422
ssab.es

Южная Африка
SSAB Swedish Steel Pty Ltd
Тел +0861 0 36639
swedishsteel.co.za

Южная Корея
SSAB Swedish Steel Ltd
Тел +822 761 6172

Турция
SSAB Swedish Steel Celik
Dis Tic.Ltd.Sti.
Тел +90 216 3726370
ssab.com.tr

США
SSAB Swedish Steel Inc
Тел +1 412 269 21 20
swedishsteel.us