

Nicrofer[®] 5716 hMoW - сплав C-276

Описание материала № 4015
Издание май 2002

Коррозионностойкий сплав

Nicrofer[®] 5716 hMoW - сплав C-276

Nicrofer[®] 5716 h

сплав C-276

Nicrofer[®] 5716 hMoW - сплав C-276

Nicrofer[®] 5716 hMoW - сплав C-276

Nicro

A company of
ThyssenKrupp
Stainless

ThyssenKrupp VDM



ThyssenKrupp VDM

Nicrofer 5716 hMoW это сплав никеля, хрома, молибдена с вольфрамом при очень низком содержании углерода и кремния.

Особые характеристики:

- чрезвычайно устойчив во множестве коррозионных сред при окислительных и восстановительных условиях.
- особо устойчив к щелевой и точечной коррозии, к коррозионному растрескиванию.

Таблица 1 - Обозначения и нормы

Страна Стандарт	Описание материала	Спецификация							
		Хим. состав	Трубы		Лист/плита	Пруток/брус	Лента	Проволока	Кованые изделия
			бесшовные	сварные					
Германия DIN EN VdTUV	W.-Nr.2.4819 NiMo16Cr15W25-	17744 400	17751		177502 400	17752 400	17750		400
Франция AFNOR	NC17D								
Англия BS TN									
США ASTM ASME	UNS N10276		B 622 SB 622	B 619/626 SB 619/626	B 575 SB 575	B 574 SB 574	B 575 SB 575		B564 SB 564
ASME Code case			1924	1924	1924	1924	1924		
ISO	NiMo16Cr15Fe6W4	9722	6207	-	6208	9723	6208	9724	9725

*только круги

Таблица 2 - Химический состав (% по массе)

	Ni	Cr	Fe	C	Mn	Si	Co	Mo	W	V	P	S
min	основа	14,5	4,0					15,0	3,0			
max		16,5	7,0	0,010	1,0	0,08	2,5	17,0	4,5	0,35	0,015	0,010

Таблица 3 - Физические свойства при комнатных и высоких температурах

Плотность	8,9 г/см ³	0.322 ф/дм ³
Область плавления	1325-1370 °C	2410-2500 °F

Температура (Т)		Удельная теплоемкость		Теплопроводность		Электрическое сопротивление		Модуль упругости		Коэффициент расширения от 20°C до Т	
°C	F	Дж/кгК	Btu/lb*°F	Вт/м К	Btu*in/ft ² *h*F	μΩ м	Ω*circ*mil/ft	кН/мм ²	10 ³ ksi	10 ⁻⁶ /K	10 ⁻⁶ /F
0	32			10,2	71			209	30,3		
20	68	407	0,097	10,6	73	125	752	208	30,2		
93	200		0,102		82		764		29,7		6,5
100	212	430		12,0		127		204		11,7	
200	392	454		13,7		128,5		200		12,1	
204	400		0,108		95		773		29,0		6,7
300	572	474		15,4		129		195		12,8	
316	600		0,113		108		776		28,0		7,1
400	752	492		17,1		129,5		188		13,1	
427	800		0,118		122		779		27,0		7,3
500	932	503		18,7		129		182		13,5	
538	1000		0,121		134		776		26,0		7,6
600	1112	517		20,7		128,5		175		14,0	
649	1200		0,124		151		770		24,8		7,9
700	1292	527		22,6		128		168		14,7	
760	1400		0,127		164		764		23,5		8,4
800	1472	536		24,3		126,5		160		15,5	
871	1600		0,129		177		758		22,2		8,8
900	1652	545		26,2		126		151		16,0	
982	1800		0,131		191		755		21,0		9,1
1000	1832	551		28,0		125,5		143		16,5	

Механические свойства

Следующие минимальные показатели при комнатной или повышенной температурах действительны для отожженных на твердый раствор образцах при продольных и поперечных пробах в пределах данных габаритов. Для более крупных размеров свойства должны быть отдельно согласованы.

Таблица 4 - Минимальные механические свойства при комнатной температуре,

Форма	Параметры		Предел текучести $\sigma_{0,2}$		Предел текучести $\sigma_{1,0}$		Предел прочности на разрыв σ_B		Относ. Удлинение δ_{50} %	
	мм	дюймы	Н/мм ²	ksi	Н/мм ²	ksi	Н/мм ²	ksi		
Лист и плита		<5	<0,20	310	45	330	48	730	106	30
	>5-25	>0,2-1,0	280	41	300	44	700	102	25	
Пруток	≤100	≤4							35 (пр)	≤240
Полоса*	0,1-3	0,004-0,12	310	45	330	48	730	106	40	

Таблица 5 - Механические свойства при повышенной температуре, мин. показатели.

Изделие	Параметры		Предел прочности при растяжении $\sigma_{0,2}$					Предел прочности при растяжении $\sigma_{1,0}$				
	мм	дюймы	Н/мм ²					Н/мм ²				
Температура °C			100	200	300	400	450	100	200	300	400	450
Лист и плита		<5	280	240	220	195	150	305	275	245	230	160
	>5-25	>0,2-1,0	280	240	220	195	150	305	275	245	230	160
Пруток	≤100	≤4	255	225	200	170	150	275	245	215	200	160
Полоса*	0,1-3	0,004-0,12	280	240	220	195	150	305	275	245	230	160
			Ksi					Ksi				
Температура °F			200	400	600	800	850	200	400	600	800	850
Лист и плита		<5	41	35	31	27	22	44	39	35	33	23
	>5-25	>0,2-1,0	41	35	31	27	22	44	39	35	33	23
Пруток	≤100	≤4	37	33	28	24	22	40	36	31	29	23
Полоса*	0,1-3	0,004-0,12	41	35	31	27	22	44	39	35	33	23

ISO V-ударная вязкость

Средний показатель при комнатной температуре

продольный ≥ 120 Дж/см²

Поперечный ≥ 90 Дж/см²

Особенность структуры

Nicrofer 5716 hMoW имеет гранцентрированную кубическую решетку

Коррозионная стойкость

Nicrofer 5716 hMoW может быть использован во многих химических процессах, как в окисляющих, так и восстанавливающих средах.

Его коррозионная стойкость в легкоаэрированной технической серной кислоте представлена на рисунке 2. Nicrofer 5716 hMoW пригоден к использованию за исключением областей где скорость коррозии указана более 0,5 мм/а.

Высокое содержание хрома и молибдена делают сплав устойчивым к воздействию ионов хлорид. Присутствие вольфрама повышает эту устойчивость.

Nicrofer 5716 hMoW один из не многих материалов, который устойчив к влажному газу хлора, гипохлориду, хлорид-оксидным растворам.

Сплав демонстрирует отличную сопротивляемость концентрированным растворам окисляющих солей (хлорид железа или меди).

Nicrofer 5716 hMoW находит широкое применение

в химической промышленности, используется для компонентов в органических процессах, содержащих хлорид, для катализаторов.

Материал особо востребуем при работе в горячих, неочищенных минеральных и органических (напр.. муравьиная, уксусная) кислотах, растворах, а также в морской воде.

- бумажная, целлюлозная промышленности, напр. для подготавливающих и отбеливающих резервуаров.
 - промыватель и специальные повторные подогреватели, влажно работающие вентиляторы для мусоросжигательных и обессеривающих дымчатый газ установок.
 - сооружения для применения кислотного газа
 - реакторы для производства уксусной кислоты.
 - охладители для серной кислоты.
 - Мителен дифелен изоцианат (МВИ)
- Производство и переработка технически загрязненной фосфорной кислоты.

Таблица 6 - Критическая температура точечной (КТТК) и щелевой (КТЩК) коррозии в растворе «Зеленая смерть»: $7\%H_2SO_4 + 3\%HCl + 1\%CuCl_2 + 1\%FeCl_3 \cdot 6H_2O$ после 24 часов транспортировки и повышением температуры на $5^\circ C$.

Сплав	КТТК	КТЩК
Nicrofer 5716 hMoW-Сплав - 276	115 $120^\circ C$ ($240-250^\circ F$)	$105^\circ C$ ($202^\circ F$)
Nicrofer 5923 hMo-Сплав 59	$>120^\circ C$ ($250^\circ F$)	$>110^\circ C$ ($230^\circ F$)
Nicrofer 6020 hMo-Сплав 625	$100^\circ C$ ($212^\circ F$)	$85-95^\circ C$ ($185-205^\circ F$)

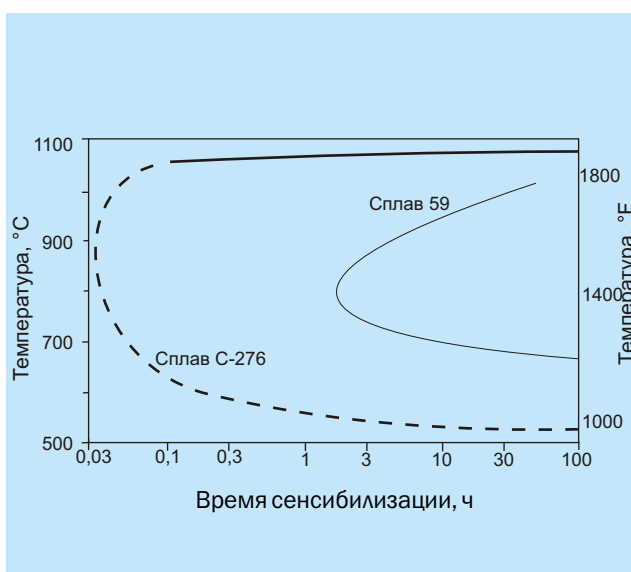


Рис.1 - Диаграмма восприимчивости во времени и при температуре для отожженного Nicrofer 5716 hMoW согласно тесту (ASTM G-28, метод А).

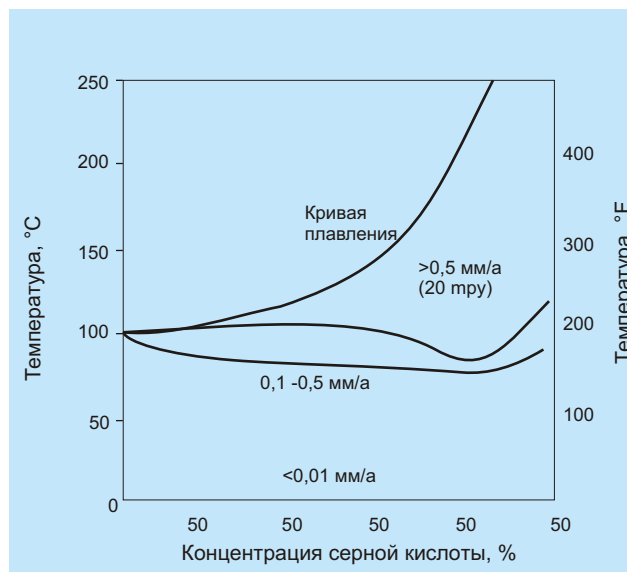


Рис.2 - Коррозионная диаграмма Nicrofer 5716 hMoW в легкоаэрированной технической серной кислоте, на основе результатов иммерсионного теста, который длился 120 часов.

Обработка и термообработка

Nicrofer 5716 hMoW хорошо обрабатывается обычными промышленными технологическими инструментами.

Нагрев

Изделия должны быть очищены предварительно и сохранены в чистоте во время термообработки.

Сера, фосфор, свинец и другие, легкоплавкие металлы могут при термообработке привести к повреждениям. Подобные загрязнения содержатся в маркировочных красках, смазочных жирах, маслах, горючем.

Рекомендуются горючие материалы с минимальным количеством серы. Доля серы в природном газе не должна превышать 0,1% по массе общего содержания. Допустимо горючее масло с макс. 0,5 % по массе серы от общего содержания.

Атмосфера в печи устанавливается в пределах нейтральной и до легко окисляющей и не должна колебаться между окислительной и восстановительной. Изделия не должны подвергаться непосредственному воздействию пламени.

Горячее формование

Nicrofer 5716 hMoW подвергается термической обработке при температурах между 1290 °C и 950 °C (2160-1749°F) с последующим ускоренным охлаждением в воде и на воздухе.

Рекомендуется проводить термообработку после горячего формования материала для получения оптимальных коррозионных свойств.

Для нагрева изделия помещаются в уже прогретую до заданной температуры печь.

Холодное формование

Nicrofer 5716 hMoW демонстрирует более высокие показатели холодного упрочнения в сравнении с другими аустенитными, нержавеющими сталями. Это должно быть учтено при выборе деформирующей техники. А изделие должно подаваться в отожженном в твердом растворе состоянии. При интенсивном холодном формовании необходим промежуточный отжиг.

При обжиге материала свыше 15 % должна быть проведена обработка на твердый раствор.

Термообработка

Отжиг на твердый раствор должен проводиться при температурах от 1150 °C - до 1200 °C (2010-2120 °F), предпочтительно при 1180 °C (2050 °F).

Для достижения оптимальной коррозионной устойчивости обязательным является последующее ускоренное охлаждение в воде. При толщине изделия менее 1,5 мм может выполняться быстрое охлаждение воздухом.

При каждой термообработке должны быть соблюдены предписанные требования чистоты.

Удаление окалины

Окислы Nicrofer 5716 hMoW и цвета побежалости удерживаются в области сваривания прочнее, чем у нержавеющей стали. Рекомендуется шлифование мелкозернистой лентой, шлифовальным кругом. Шлифование должно быть очень аккуратным во избежание потускнения.

Перед травлением в азотной и плавиковой кислотах, с точным соблюдением времени и температуры травления, окисные слои должны быть разрушены пескоструйной обработкой, легкой шлифовкой или предварительной обработкой в расплавленной солевой ванне.

Механическая обработка.

Так как сплав Nicrofer 5716 hMoW проявляет склонность к холодному упрочнению, то выбираются низкие скорости резки. Режущий инструмент должен постоянно находиться в зацеплении.

Важно соблюдать достаточную глубину резания, чтобы прорезать возникшую к этому моменту упрочненную в холодном состоянии зону.

Сварка

При сваривании сплавов, имеющих в своей основе никель, принимаются во внимание следующие указания:

Рабочее место

Должно быть предусмотрено отдельно обустроенное рабочее место, которое не должно находиться вблизи места, где обрабатывается углеродистая сталь. Обязательна чистота, защитные стены и отсутствие сквозняка.

Вспомогательные средства, одежда

Используются чистые перчатки из тонкой кожи и чистая рабочая одежда.

Инструменты и машины

Используемые исключительно для никель и хром содержащих сталей и сплавов с никелевой основой инструменты не должны применяться для других материалов. Предпочитаются щетки из нержавеющей стали. Обработывающие машины (ножницы, пресс, прокатный вал) устроены таким образом (фетр, картон, фолио), чтобы частички железа не попадали на поверхность материала, что впоследствии ведет к коррозии.

Очистка

Очистка грунтового материала в области шва (с обеих сторон) и добавок для сваривания (сварочный пруток) должно быть проведено ацетоном.

Не применяются: трихлорэтилены, пер-хлорэтилены, тетрахлоруглерод.

-

Подготовка сварочного шва

Подготовка шва преимущественно производится механическим путем в результате точения, фрезерования и строгания. Возможным является абразивное резание струей воды и резание плазмой. В последнем случае края резки должны быть чисто обработаны. Допускается осторожное шлифование без перегрева.

Угол раскрытия

Различные физические реакции нержавеющей сталей и никелевых сплавов выражаются в целом в сравнении с углеродистой сталью в уменьшении способности к теплопроводности и высоким показателем теплового расширения.

Такое поведение обусловлено более крупной расщелиной в корне шва, а также расстоянием перегородок (1- 3 мм), в то время как ввиду вязко текущей сварочной массы с более крупными углами раскрытия (60 -70°) отдельных склеенных в стык соединений необходима обработка, которая будет противодействовать явно выраженной усадке.

Воспламенение

Воспламенение допустимо только в области шва, напр., по краям шва или сбегу, но не на поверхности изделия. Места, подвергнутые воспламенению, наиболее восприимчивы к коррозии.

Процесс сварки

Nicrofer 5716 hMoW может быть сварен всеми традиционными способами. Сюда относятся WIG, WIG горячая проволока, MIG/MAG, плазменная сварка, электродуговой метод.

Материалы, используемые при сварке

Nicrofer S 5923 FM 59

Описание сплава № 2. 4607

Краткие обозначения SG-NiCrMo16

AWSA5.14 ERNiCrMo-13

Покрытый стержневой электрод

Описание сплава № 2.4621

Краткие обозначения EL-NiCr22Mo16

AWSA5.11 ENiCrMo-13

Для поверхностной сварки электрошлаковыми методами

Сварочная лента Nicrofer B 5923 WS 59

Описание сплава № 2. 4607

UP-NiCr23Mo16

AWSA5.14 ERNiCrMo-13

Параметры сварки и влияния

Нужно позаботиться об экономном расходе тепла при установленном процессе термообработки. Промежуточная температура не должна превышать 120 С. Нужно стремиться к использованию штриховой гусеничной тех-нике. В связи с этим обращается внимание на выбор диаметра проволочных и стержне-вых электродов.

Исходя из указанных предписаний получены следующие значения количества теплоты, которые указаны в табл. 8. Принципиально важным остается контроль параметров сварки.

Показатель количества теплоты может рассчитываться следующим образом:

$$Q = \frac{U \cdot I \cdot 60}{v \cdot 1000} \text{ (кДж/см)}$$

U=электрическое напряжение дуги, в вольтах

I=электрический ток сваривания, в амперах

V= скорость сваривания, измеряется в см/мин.

При проведении сварочных работ рекомендуется проконсультироваться с Лабораторией сваривания компании ThyssenKrupp VDM.

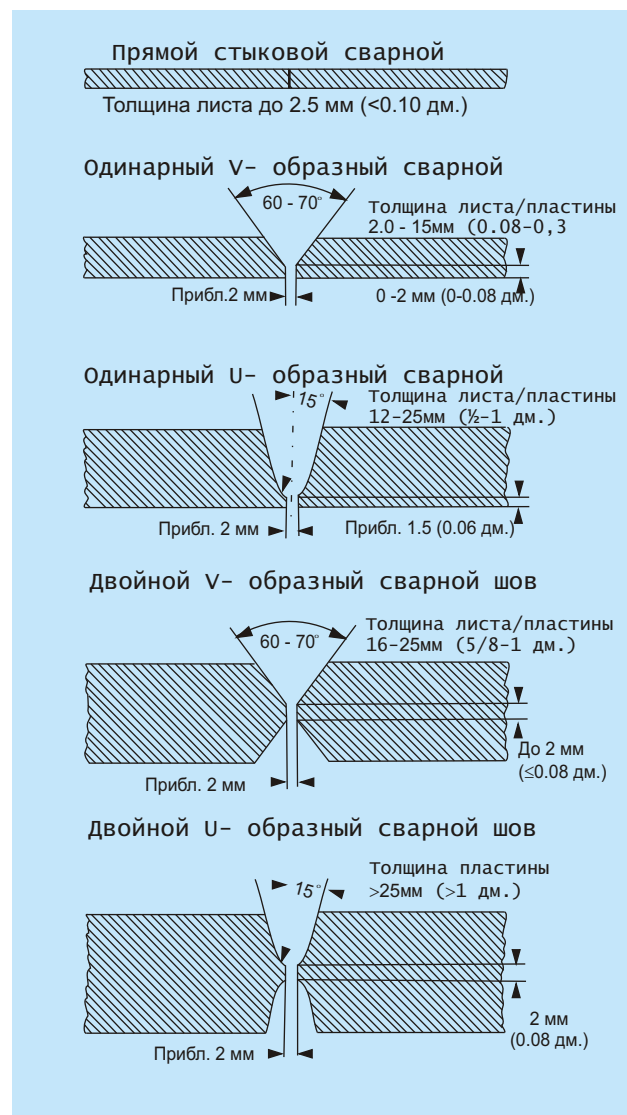


Рис. 3 - Подготовка кромок для сваривания никелевых сплавов и специальной нержавеющей стал

Толщ. листа мм	Способ сварки	Присадка диам. скор.		Параметры сварки				Скор. сварки см/мин.	Защит. газ кол во л/мин.	Плазм. газ/ кол-во л/мин.
		мм	м/мин.	Корневой слой		Наполняющий и покровный слой				
				I A	U V	I A	U V			
3,0	WIG ручн.	2,0		90	10	110-120	11	10-15	ArW 3 ¹⁾ 8-10	
6,0	WIG ручн.	2,0-2,4		100-110	10	120-130	12	10-15	ArW 3 ¹⁾ 8-10	
8,0	WIG ручн.	2,4		110-120	11	130-140	12	10-15	ArW 3 ¹⁾ 8-10	
10,0	WIG ручн.	2,4		110-120	11	130-140	12	10-15	ArW 3 ¹⁾ 8-10	
3,0	WIG автом.	0,8	0,5	Ручн.		150	10	25	ArW 3 ¹⁾ 15-20	
5,0	WIG автом.	0,8	0,5	Ручн.		150	10	25	ArW 3 ¹⁾ 15-20	
2,0	WIG горяч. проволока	1,0	0,3			180	10	80	ArW 3 ¹⁾	
10,0	WIG горяч. проволока	1,2	0,45	Ручн.		250	12	40	ArW 3 ¹⁾	
4,0	Плазма	0,8	0,5	165	25			25	ArW 3 ¹⁾ 30	3,2
6,0	Плазма	0,8	0,5	190-200	25			25	ArW 3 ¹⁾ 30	3,2
8,0	MIG/MAG ²⁾	1,0	Около 8	WIG		130-140	23-27	24-30	Ar 4,6 ²⁾ 18-20	
10,0	MIG/MAG ²⁾	1,2	Около 5	WIG		130-150	23-27	20-26	Ar 4,6 ²⁾ 18-20	
6,0	E-Hand	2,5		40-70	Пр.21	40-70	Пр.21			
8,0	E-Hand	2,5-3,25		40-70	Пр.21	70-100	Пр.22			
16,0	E-Hand	4,0				90-130	Пр.22			

1. Аргон + max 3% водорода.

2. Для MAG сварки рекомендуется использование многокомпонентного защитного газа Cronigon He30S. Рекомендуется консультироваться с лабораторией сварки.

Для всех сварок с защитным газом нужно обращать внимание на корневую защиту.

Данные это ориентировочные значения, должны облегчать установку сварочных препаратов.

Таблица 7 - Параметры сварки (директивные показатели)

Способы сварки	Количество подводимой теплоты на единицу длины КДж/см	Способ сварки	Количество подводимой теплоты на единицу длины КДж/см
WIG, ручной, механизированный	Макс. 8	MIG/MAG, ручной, полностью механизированный	Макс. 11
WIG-горячая-проволока	Макс. 6	E-Hand	Макс. 7
Плазма (WP)	Макс. 10		

Таблица 8 - Энергия отрезка (директивные показатели)

Последующая обработка (травление, очистка щетками и термическая обработка)

Как правило, травление является последней рабочей стадией. Работы должны производиться на специализированных предприятиях. Для оптимального проведения работ во многих случаях после сварки могут применяться щетки, т.е. при еще теплом состоянии материала, что обеспечивает желаемое состояние поверхности, а цвета побежалости удаляются без остатка.

Состояние поставки

Nicrofer 5716 hMoW поставляется в стандартных заготовочных формах:

Лист и плита

Состояние поставки:

Горяче- и холодно катанный,
Отработанный на твердый раствор и

Толщина мм		Ширина* мм	Длина* мм
1,10 < 1,50	Х/к	2000	8000
1,50 < 3,0	Х/к	2500	8000
3,0 < 7,5	Х/к	2500	8000
7,5 ≤ 25,0	Г/к	2500	8000 ²⁾
≥ 25 ¹⁾	Г/к	2500 ²⁾	8000 ²⁾

Толщина дюймы		Ширина* дюймы	Длина* дюймы
0.043 < 0,060	Х/к	80	320
0,060 < 0.12	Х/к	100	320
0.12 < 0.30	Х/к	100	320
0.30 ≤ 1.0	Г/к	100	320 ²⁾
≥ 1.0 ¹⁾	Г/к	100 ²⁾	320 ²⁾

1) другие размеры по запросу

2) зависит от штучного веса

Рулоны и бухты

Состояние поставки:

Горячо катанные или кованное,
Отожженные в твердом растворе, протравленные или волооченные.

Наименование	Вес кг	Толщина мм	Внеш-Ø* мм	Внут-Ø* мм
Рулон	≤ 10000	≤ 300	≤ 3000	-
Бухта	≤ 3000	≤ 200	≤ 2500	по запросу
	Фунты	Дюймы	Дюймы	Дюймы
Рулон	≤ 22000	≤ 12	≤ 120	-
Бухта	≤ 6600	≤ 8	≤ 100	по запросу

* другие размеры по запросу

Бруски, прутки

Состояние поставки:

кованный, катанный, перетянутый, отожженный в твердом растворе, протравленный, перетянутый, обточенный или отшлифованный

Продукт	Кованые* мм	Вальцованные* мм	Волооченные* мм
Прут круглый Ø	≤ 600	8-100	12-65
Брус квадратный а	40-600	15-280	Не стандарт.
Брус плоский а x b	40-80 x 200-600	5-20 x 120-600	10-20 x 30-80
Брус Гексагональный S	40-80	13-41	≤ 50
	Дюймы	Дюймы	Дюймы
Прут круглый Ø	≤ 24	5/16 - 4	½ - 2 ½
Брус квадратный а	1 5/8 - 24	10/16 - 11	Не стандарт.
Брус плоский а x b	1 5/8 - 3 1/8 x 8 - 20	3/16 - 3/4 4 3/4 - 24	3/8 - 3/4 1 1/4 - 3 1/8
Брус Гексагональный S	1 5/8 - 3 1/8	½ - 1 5/8	≤ 2

* другие размеры по запросу

Покówki

Такие формы, как диски, бухты или прутки под заказ. Фланцы и полые валы до 10 т штучного веса.

Лента

Состояние поставки:

Холодно катанная, отожженная в твердом растворе и протравленная или отожженная до блеска

Толщина мм	Ширина ³⁾ мм	Мотки внутрен. Ø мм			
0,04 ≤ 0,10	4-200	300	400		
> 0,10 ≤ 0,20	4-350	300	400	500	
> 0,20 ≤ 0,25	4-750		400	500	600
> 0,25 ≤ 0,60	5-750		400	500	600
> 0,60 ≤ 1,0	8-750		400	500	600
> 1,0 ≤ 2,0	15-750		400	500	600
> 2,0 ≤ 3,0	25-750		400	500	600

Толщина мм	Ширина мм	Мотки внутрен. Ø мм			
0.0016 ≤ 0,004	0.16 - 8	12	16		
> 0,004 ≤ 0,008	0.16 - 14	12	16	20	
> 0,008 ≤ 0,010	0.16 - 30		16	20	24
> 0,010 ≤ 0,024	0.20 - 30		16	20	24
> 0,024 ≤ 0,04	0.32 - 30		16	20	24
> 0,04 ≤ 0,08	0.60 - 30		16	20	24
> 0,08 ≤ 0,12	1.0 - 30		16	20	24

1) длина резания допустима в диапазоне от 250 до 4000 мм (10-158 дюймов)

2) максимальная толщина светлый отжиг 3,0 мм (0,120 дюймов)

3) большая ширина является объектом специального согласования

Проволока

Состояние поставки:

Светлотяннутая, ¼ жесткости до жесткой, со светлым отжигом

Размеры:

0,01 - 12,0 мм диаметр,

в бухтах, в бочках, на катушках и таганах

Материалы сварки

Сварочные прутки, электроды, проволочные и полосовые электроды поставляются во всех стандартных измерениях.

Бесшовные трубы

Для информации обращайтесь в представительство компании ThyssenKrupp VDM.

Сварные по продольным швам трубы

Сварные по продольным швам трубы изготавливаются и продаются известным производителем, при чем используются полуфабрикаты компании ThyssenKrupp VDM GmbH.