

Nimofer[®] 6928 - сплав В-2

Описание материала № 4022
Издание март 2002

Коррозионностойкий сплав

Nimofer[®] 6928 - сплав В-2

Nimofer[®] 6928 -

сплав В-2

Nimofer[®] 6928 - сплав В-2

Nimofer[®] 6928 - сплав В-2

Nim

A company of
ThyssenKrupp
Stainless

ThyssenKrupp VDM



ThyssenKrupp VDM

Коррозионностойкий сплав Nimofер 6928 состоит из никель-молибден твердого раствора

Nimofер 6928 характеризуется:

- контролируемым минимальным содержанием железа и хрома во избежание выделения упорядоченной бета-фазы Ni₄Mo
- значительной коррозионной стойкостью в восстановительных средах

- отличной устойчивостью против чистой серной кислоты средней концентрации и некоторых не окислительных кислот
- хорошей устойчивостью против коррозионного растрескивания, вызываемого хлоридами
- хорошей устойчивостью против ряда органических кислот

Таблица 1 - Обозначения и нормы

Страна	Описание материала	Спецификация							
		Хим. состав	Трубы		Лист	Брусok	Лента	Проволока	Кованые изделия
Станд			бесшовные	сварные					
Германия	Опис.№2.4617 NiMo 28	17744 436	17751	17751	17750 436	17752 436	17750		436
DIN VdTUV- Wbl									
Франция	NiMo 28								
AFNOR									
Великобр.	UNS N 10665		B 622	B 619 B 626 SB 619 SB 626	B 333	B 335	B 333		
BS									
США	UNS N 10665		B 622	B 619 B 626 SB 619 SB 626	B 333	B 335	B 333		
ASTM									
ASME			SB 622		SB 333	SB 335	SB 333		
ISO	NiMo 28	9722	6207		6208	9723	6208	9724	9725

Таблица 2 - Химический состав (% по массе)

	Ni	Cr	Fe	C	Mn	Si	Cu	Mo	Co	P	S
min	основа	0,4	1,6					26,0			
max		1,0	2,0	0,01	1,0	0,08	0,5	30,0	1,0	0,02	0,010

Таблица 3 - Физические свойства при комнатных и высоких температурах

Плотность	9,2 г/см ³	0.332 ф/дм ³
Область плавления	1330-1380 °C	2430-2520 °F
Проницаемость при 20°C/68°F	≤1,001	

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	373	0,089			137	824	218	31,6		
20	68	377	0,090	11,1	77	137	825	217	31,4		
93	200		0,092		84		829		30,8		5,7
100	212	389		12,2		138		213		10,3	
200	392	406		13,4		138		208		10,8	
204	400		0,097		94		832		30,1		6,0
300	572	423		14,6		139		203		11,1	
316	600		0,101		104		836		29,3		6,2
400	752	431		16,0		139		197		11,4	
427	800		0,104		114		838		28,4		6,4
500	932	444		17,3		141		191		11,6	
538	1000		0,107		124		858		27,4		6,5
600	1112	456		18,7		146		184		11,8	
649	1200		0,110		134		900		26,1	7	6,6
700	1292							176			

Механические свойства

Следующие механические свойства при комнатной и повышенных температурах действительны для Nimofeg 6928 в состоянии после диффузного отжига для образцов, взятых вдоль и поперек волокон в указанных измерениях. Для более больших параметров следует согласовывать свойства отдельно.

Таблица 4 - Минимальные механические свойства при комнатной температуре мин. Показатели согласно VdT ÜV 424

Форма	Параметры мм дюймы	Предел текучести $\sigma_{0.2}$		Предел текучести $\sigma_{1.0}$		Предел прочности на разрыв σ_B		Относ. Удлинение δ_{50} %	Твердость По Бринеллю НВ	Размер зерна		
		Н/мм ²	ksi	Н/мм ²	ksi	Н/мм ²	ksi			Мкм	ASTM No	
Лента и лента холоднокатанные	≤5	340	49	380	55	755	109	40	250	127	127	
	≤3/16									214	214	
Плита горячекатанные	5-56	325	47	370	54	745	108					
	3/16 - 2 1/2	340	49	360	52	755	109					
Брусек и пруток		350	51	-		760	110			241	выше	выше
Трубы												
Все (в соответствии с ASTM)												

Таблица 5 - Механические свойства при повышенной температуре, мин. Показатели согласно VdT ÜV 424

Изделие	Предел текучести $\sigma_{0.2}$					Предел текучести $\sigma_{1.0}$				
	Н/мм ²					Н/мм ²				
°C	100	200	300	400		100	200	300	400	
Лист/плита	315	285	270	255		355	325	310	295	
Труба										
Брус, пруток, Поковка	300	275	265	240		340	315	300	285	

	Ksi					Ksi				
	200	400	600	800		200	400	600	800	
Лист/плита	46	41	39	(36)		52	47	45	(42)	
Труба										
Брус, пруток, Поковка	44	40	37	(34)		50	46	43	(41)	

ISO V ударная вязкость образца с надрезом

Среднее значение

при комнатной температуре > 150 Дж/см²

при -196°C (-320°F) > 120 Дж/см²

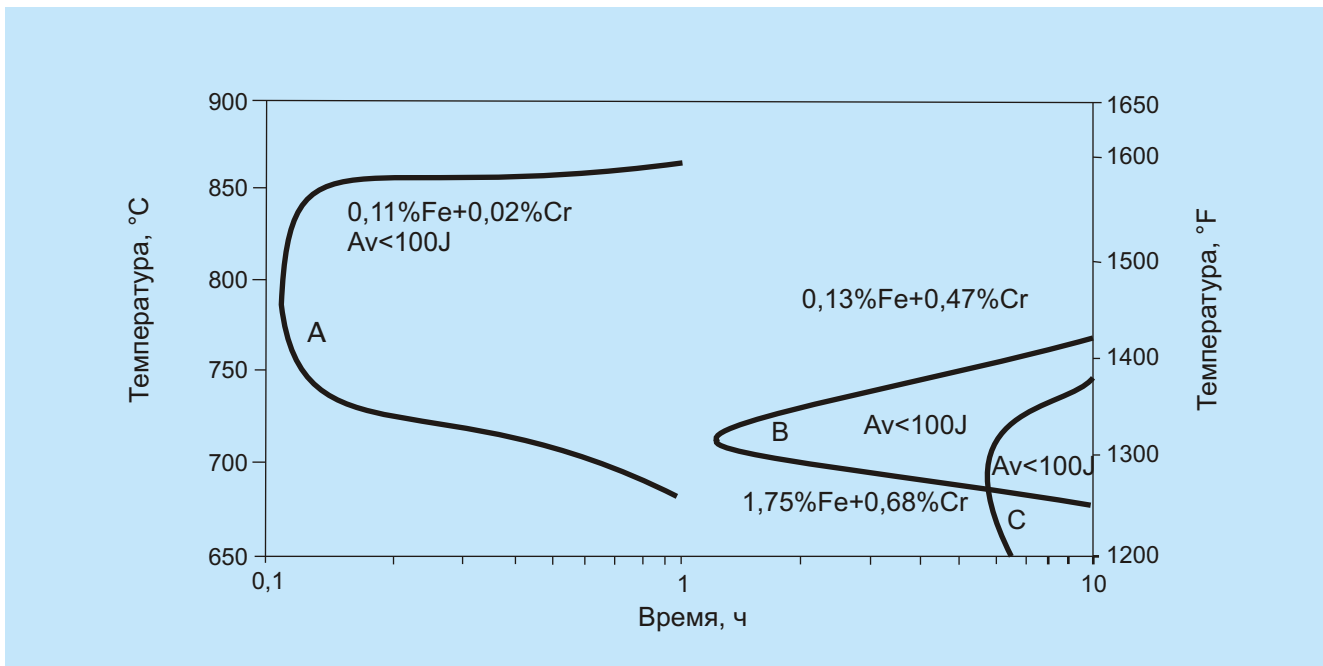


Рис.1 - Диаграмма вязкости по времени и температуре (ISO-V) для Nimofel 6928 в зависимости от содержания железа и хрома для расплавов А, В и С.

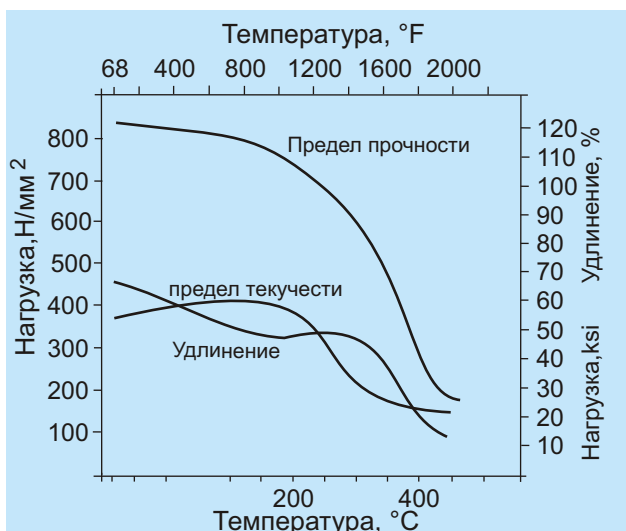


Рис. 2 - Типичные кратковременные свойства сплава Nimofel 6928 после диффузионного отжига (1080°C, быстрое охлаждение водой) при повышенных температурах.

Таблица 6 - Максимально допустимая прочность на разрыв согласно ASME UNF-23.3, SB 333

Температура		Максимально допустимая нагрузка			
°C	°F	N/mm ²		Ksi	
		1)	1) 2)	1)	2)
38	100			21.2	21.2
93	200			21.2	21.2
100	212	146	146		
149	300			20.4	21.2
200	392	132	146		
204	400			19.2	21.2
260	500			18.3	21.2
300	572	124	146		
316	600			17.8	21.2
371	700			17.3	21.0
400	752	119	146		
427	800			17.1	20.8
482	900			16.8	20.5
500	932	115	138		
538	1000			16.6	19.7

1) метрические значения, определённые интерполяцией
2) допустимые значения деформации (смотрите далее)

Допустимые значения деформации

Более высокие значения условной нагрузки вплоть до 90 % от прочности на растяжение могут быть использованы в том случае если приемлемы большие деформации. Таки нагрузки могут привести к изменению размеров в следствии остаточной деформации и не рекомендуются для фланцев и уплотнительных соединений.

Характер структуры

Nimofeg 6928 имеет кубически-гранцентрированную решетку. Контролируемый анализ с минимальным содержанием железа и хрома уменьшает риск возникновения хрупкости во время обработки путем замедления выпадения фазы Ni₄Mo в области температур 700-870°C (1290-1600°F).

Коррозионная стойкость

Сплав никель-молибден Nimofeg 6928 с очень низким содержанием углерода и кремния, которые уменьшают выделения карбидов и других фаз в зонах сварных швов, подвергаемых термическому воздействию, обеспечивает достаточные коррозионные свойства также в сварном состоянии.

Nimofeg 6928 проявляет хорошую устойчивость против коррозионного растрескивания и точечной коррозии и особенно коррозионностойкий в восстановительных средах. Он устойчив как против соляной кислоты в обширных диапазонах температуры и концентрации, а также против серной кислоты средней концентрации с незначительными примесями хлорида. В уксусной и фосфорной кислотах его можно тоже использовать.

Оптимальная коррозионная стойкость только тогда может быть обеспечена, если материал применяется в чистом, сверкающем металлическим блеском состоянии.

Новый разработанный материал Nimofeg 6629 сплав В-4 проявляет улучшенную стойкость против коррозии растрескивания, чем Nimofeg 6928 сплав В-2 при такой же устойчивости против общей и межкристаллической коррозии. Сенсбилизация устойчивости также улучшена. Остальные сведения вы сможете найти в описании материала № 4141, Nimofeg 6629 сплав В-4.

Области применения

Nimofeg 6928 находит широкое применение в химической промышленности, особенно в процессах, содержащих серную кислоту, соляную кислоту, фосфорную или уксусную кислоты. В случаях особого применения свяжитесь с производителем полуфабриката.

Обработка и термическая обработка

Nimofeg 6928 сплав В-2 может обрабатываться горячей и холодной прокаткой, а также подвергаться механической обработке.

Нагрев

Важным является то, чтобы обрабатываемые изделия до и во время термообработки оставались чистыми и свободными от каких-либо примесей.

Сера, фосфор, свинец и другие легкоплавкие металлы могут при термообработке Nimofeg 6928 привести к повреждению. Такого рода примеси содержатся также в красках маркировки и указания температуры или карандашах а также в смазках, маслах, горючем и т.п.

Горючее должно иметь по возможности низкое содержание серы. Природный газ должен содержать менее 0,1% по массе серы. Жидкое топливо с содержанием максимум 0,5% по массе также подходит.

Атмосфера печи должна быть нейтральной до слегка окислительной и не должна меняться между окислительной и восстановительной. Обрабатываемые изделия не должны напрямую подвергаться воздействию огня.

Горячая обработка давлением

Nimofeg 6928 следует подвергать горячей обработке давлением в области температур между 1160 и 900°C (2120-1050°F) с ускоренным заключительным охлаждением водой или воздухом.

Термообработка после горячей обработки давлением рекомендуется для достижения оптимальных коррозионных свойств.

Для нагрева обрабатываемые изделия помещают в уже разогретую до заданной величины печь. Это должно происходить настолько можно быстрее.

Холодная обработка давлением

Nimofeg 6928 имеет более высокий наклеп чем аустенитные нержавеющие стали. При выборе устройств для обработки давлением следует это учитывать, и обрабатываемое изделие должно быть представлено в состоянии после диффузионного отжига. При сильных обжатиях необходимы промежуточные отжиги.

При обжатиях свыше 15% следует проводить повторный диффузионный отжиг.

Термообработка

Диффузный отжиг должен производиться при температурах от 1060 до 1080°C (1940-1980°F).

Для достижения оптимальных коррозионных свойств изделий толщиной более 1,5 мм (0,06 дм.) следует производить ускоренно охлаждение водой или на воздухе.

При каждой термообработке следует соблюдать выше названные требования к чистоте, указанных в пункте "Нагрев".

Удаление окалины

Окиси Nimofer 6928 и цвета побежалости в области сварных швов проявляются прочнее чем у нержавеющей сталей. Рекомендуется шлифование очень мелкими абразивными лентами или шлифовальными кругами.

Перед травлением слои окиси должны быть удалены пескоструйной обработкой или осторожным шлифованием.

Травление в производственных условиях следует проводить в смеси азотной и плавиковой кислот при тщательном контроле температуры и времени. Ввиду чувствительности материала к окислительным кислотам можно ожидать относительно большой процент износа при образовании нитридных газов.

Механическая обработка

Nimofer 6928 предпочтительно обрабатывать в состоянии после диффузионного отжига. Так как сплав склонен к наклепу, следует выбирать низкую скорость резания и режущий инструмент должен постоянно оставаться в действии.

Важна достаточная глубина резания, чтобы резать прежде возникшую нагартованную зону

Сварочные работы

Для сваривания никелевых сплавов и высоколегированной нержавеющей стали нужно соблюдать следующие инструкции:

Рабочее место

Рабочее место должно находиться отдельно от места, где идет производство углеродистой стали. Важным является соблюдение чистоты и предотвращение появления сквозняков.

Вспомогательные условия, рабочая одежда

Следует использовать чистую рабочую одежду и чистые кожаные перчатки.

Инструменты и оборудование

Инструменты используемые для обработки никелевых сплавов и нержавеющей стали не должны использоваться для других материалов. Щетки должны быть изготовлены из нержавеющей сталей.

Металлообрабатывающее и производственное оборудование, такое, к примеру, как ножницы, прессы, валы должно соответствовать средствам (войлок, картон, пластиковые листы) для удаления с поверхности металла металлических частиц, которые могут привести к коррозионному разрушению

Очистка

Чистка базы металла в зоне сваривания (с обеих сторон) и присадочного металла (к примеру, сварочный круг) должна проводиться с помощью ацетона.

Трихлорэтилен, перхлорэтилен и тетрахлорид углерода не следует использовать, так как они вредны для здоровья.

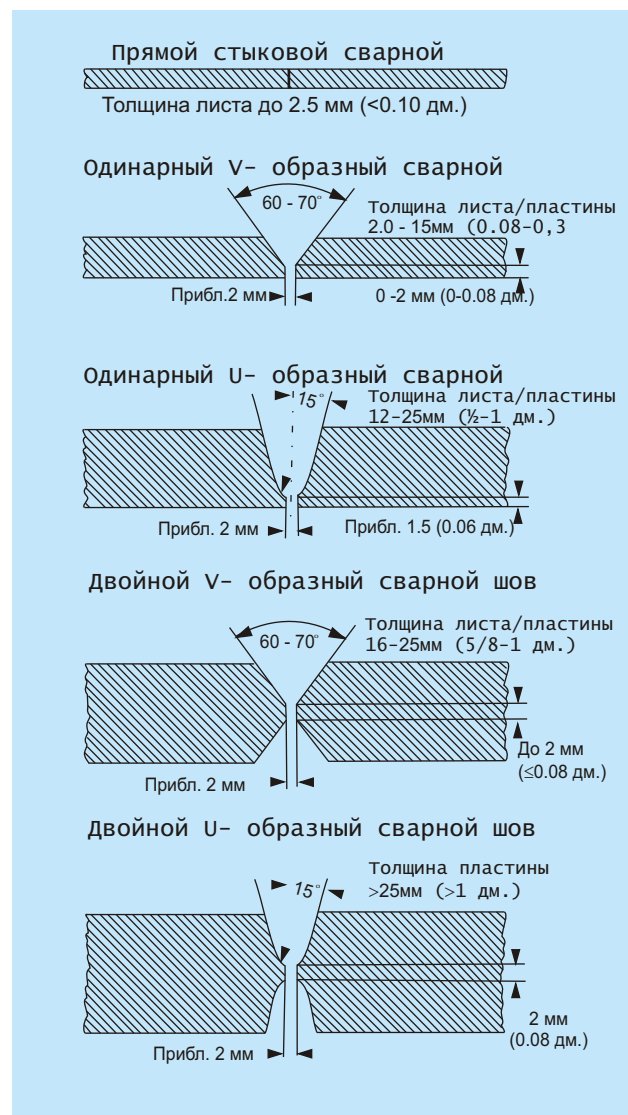


Рис. 3 - Подготовка кромок для сваривания никелевых сплавов и специальной нержавеющей стал

Обработка кромок

Эту обработку следует проводить с помощью механических средств, к примеру, обтачивание, дробление, обработка на строгальном станке, можно использовать также абразивный гидромонитор или плазменную резку. Однако, что касается последнего, разрезающее ребро (сторона, которая разрезается) должна быть чистой после обработки. Разрешена аккуратная шлифовка без перенагрева.

Угол открытия

Различные физические характеристики никелевых сплавов и нержавеющей стали проявляют низкую теплопроводность и высокий уровень термического расширения в отличии от углеродистой стали. Это следует учитывать с помощью средств таких, как больший зазор между свариваемыми кромками (1-3 мм),

8

В то время как прилегающие углы (60-70), как показано на графике 3, могут использоваться для индивидуального стыкового соединения, благодаря текучести расплавленного свариваемого металла и препятствуют усадке.

Место соприкосновения с электрической дугой

Дуга должна быть направлена на зону сваривания, то есть на стороны, которые свариваются или на прогонный участок. Следы, которые остаются после сварки могут привести к коррозии

Сварка

Nimofe 6928 можно сваривать дуговой сваркой неплавящимся электродом и при применении электродуговой сварки со стержневыми электродами с покрытием. Дуговая сварка предпочтительна. При газозащитной сварке рекомендуется использование многокомпонентного защитного газа (Ar+He+H₂+CO₂).

Перед свариванием, Nimofe 6928 должен быть отожженным и с него должна быть удалена окалина, смазка или маркировочная краска. При сваривании основы, следует уделять пристальное внимание созданию основы (аргон 99,99), с таким расчетом, чтобы после сварочных работ не образовались окислы на сварочном шве.

Сварочный материал

При выборе стержневых электродов с покрытием предпочтительны электроды с идентичным химическим составом по отношению к основному материалу.

Электроды без покрытия Nimofe S 6928 - FM B-2

Оп.-№2.4615

SG-NiMo27

AWS A5.14: ERNiMo-7

Электроды с покрытием Оп.-№2.4616

EL-NiMo 29

AWS A5.11: ERNiMo-7

Параметры и влияние сварочных работ (подводимая теплота)

Нужно следить за тем, чтобы при сварочных работах тщательно контролировалось вводимое количество теплоты, которое должно быть низким, как это показано в таблице 7 в качестве примера. Использование валика, наплавленного без поперечных колебаний электрода или горелки целенаправленным. Вводимая температура должна быть не выше 120 °C (250 °F).

Контроль за параметрами сварочного процесса является основополагающим принципом.

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

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.

Послесварочная обработка

(чистка, травление и термическая обработка)

Чистка с помощью проволочной щетки из нержавеющей стали сразу после сваривания, то есть пока металл горячий, проводится с целью удаления цветов побежалости и приводит поверхность в нужное состояние без дополнительного травления.

В общей сложности, травление - это последняя операция, проводимая на сварочном изделии. Обращайтесь к информации изложенной в параграфе «Снятие окалины и травление».

Не требуются ни до- ни послесварочная термическая обработка.

Таблица 7 - Параметры сварки (директивные показатели)

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 8 - Ввод теплоты на единицу длины (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. 10	MIG/MAG, ручной, полностью механизированный	Макс. 11
WIG-горячая-проволока	Макс. 6	E-Hand	Макс. 7
Плазма (WP)	Макс. 10		

Готовность к использованию

Nimifer 6928 hMo подлежит доставке в следующих стандартных полуфабрикатных формах.

Листы/плиты

(ленточные листы см. в разделе лент)

Состояние поставки:

Горячая или холодная прокатка (г/к, х/к), диффузионный отжиг и травление

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:

Горячекатаные или кованные, после диффузионного отжига, протравленные или обточенные

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 и прутки

Состояние поставки:

Кованные, вальцованные, волоченные, после диффузионного отжига, протравленные, повторно обточенные, зачищенные или шлифованные

Продукт	Кованные* мм	Вальцованные* мм	Волоченные* мм
Прут круглый Ø	≤ 600	8-60	12-50
Брус квадратный a	40-600	15-280	Не стандарт.
Брус плоский a 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 - 2 3/8	1/2 - 2
Брус квадратный a	1 5/8 - 24	10/16 - 11	Не стандарт.
Брус плоский a 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	1/2 - 1 5/8	≤ 2

* другие размеры по запросу

Кованые изделия

Другие формы, в отличие от круглых заготовок, бухт и брусков - по запросу. Фланцы и полые валы до прим. 10 т штучного веса.

Лента¹⁾

Состояние поставки:

Холоднокатаные, с термообработкой и протравленные или со светлым отжигом²⁾

Толщина мм	Ширина ³⁾ мм	Мотки внутрен. Ø мм			
0,02 ≤ 0,10	4-200 ⁴⁾	300	400		
> 0,10 ≤ 0,20	4-350 ⁴⁾	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 (3,5) ²⁾	25-750		400	500	600

Толщина мм	Ширина мм	Мотки внутрен. Ø мм			
0.008 ≤ 0,004	0.16 - 8 ⁴⁾	12	16		
> 0,004 ≤ 0,008	0.16 - 14 ⁴⁾	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 ²⁾ (≤ 0,140) ²⁾	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

4) Большая ширина до 730 мм (29 дм.) является объектом специального согласования

Проволока

Состояние поставки:

Светлотяннутая, ¼ жесткости до жесткой, со светлым отжигом

Размеры:

0,01 - 12,7 мм диаметр, в бухтах, в бочках, на катушках и таганах

Материалы для сварки

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

Бесшовные трубы

Для информации обращайтесь в представительство компании ThyssenKrupp VDM.

Сваренные по продольным швам трубы (от ленты)

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