

# Nicrofer<sup>®</sup> 6616 hMo - сплав С-4

Описание материала № 4024  
Издание февраль 2003

Коррозионностойкий сплав

Nicrofer<sup>®</sup> 6616 hMo - сплав С-4

Nicrofer<sup>®</sup> 6616 h

сплав С-4

Nicrofer<sup>®</sup> 6616 hMo - сплав С-4

Nicrofer<sup>®</sup> 6616 hMo - сплав С-4

Nicr

A company of  
ThyssenKrupp  
Stainless

**ThyssenKrupp VDM**



ThyssenKrupp VDM

Nicrofer 6616 hMo низкоуглеродистый, аустенитный сплав никель-молибден-хром.

Важным отличием от прежде разработанных сплавов подобного состава является низкое содержание углерода, кремния и железа. Этот сплав имеет большую коррозионную стойкость в диапазоне температур между 650 и 1040°C (1200-1900°F). Тем самым улучшена стойкость к межкристаллической коррозии. Поэтому при безупречной обработке не появляется также коррозия по линии отреза в зонах сварного шва, подвергшихся термическому влиянию.

Nicrofer 6616 hMo характеризуется:

- очень хорошей стойкостью в широком поле корродирующих сред при сильно окислительных условиях
- отличной стойкостью против щелевой, сквозной коррозии и коррозионного растрескивания

Таблица 1 - наименование и стандарты

Страна Стандарт	Описание материала	Спецификация							
		Хим. состав	Трубы		Лист/плита	Бруски/прутки	Лента	Поковка	Фитинги
			бесшовные	сварные					
<b>Германия</b> DIN VdT ÜV	Опис. №2.4610 Ni Mo16Cr16Ti	17744 424	17751 424		17750 424	17752 424	17750 424	424	
<b>Франция</b> AFNOR									
<b>Великобр.</b> BS									
<b>США</b> ASTM ASME	UNS N06455		B 622 SB 622	B 619/626 B 619/626	B 575 SB 575	B 574* SB 574*	B 575 SB 575		B 575 SB 575
ISO	Ni Mo16Cr16Ti								

\* толтко для прутка

Таблица 2 - Химический состав (% по массе) согласно VdT ÜV 424

	Ni	Cr	Fe	C	Mn	Si	Mo	Co	Ti	P	S
min	основа	14,5					10,0				
max		17,5	3,0	0,009	1,0	0,05	17,0	2,0	0,7	0,020	0,010

Химический состав в других спецификациях может в некоторых элементах отличаться

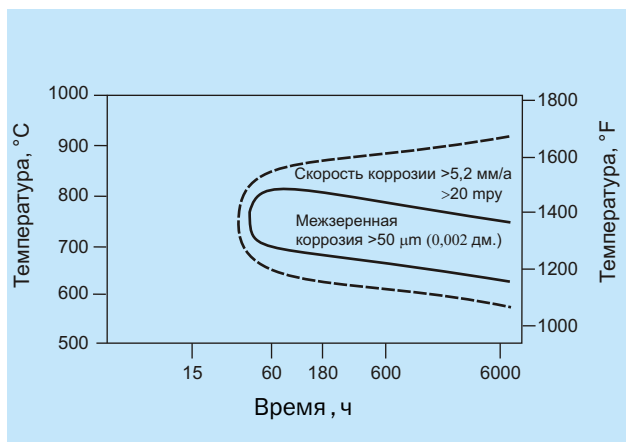
Таблица 3 - Физические свойства при комнатных и высоких температурах

Плотность		8,7 г/см <sup>3</sup>		0.314 ф/дм <sup>3</sup>							
Область плавления		1335-1380 °C		2435-2515 °F							
Проницаемость при 20°C/68°F		<1,01									
Температура (Т)		Удельная теплоемкость		Теплопроводность		Электрическое сопротивление		Модуль упругости		Коэффициент расширения	
°C	°F	Дж/кгК	Btu/lb*°F	Вт/м К	Btu*in/ft <sup>2</sup> *h*F	μΩ м	Ω*circ*mil/ft	кН/мм <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup> ksi	10 <sup>-6</sup> /К	10 <sup>-6</sup> /F
0	32	406	0,097								
20	68	408	0,097	10,1	70	124	75	211	30,8		
93	200		0,101		79		75		30,2		6,0
100	212	426		11,4		125		207		10,9	
200	392	448		13,2		126		202		11,9	
204	400		0,107		92		76		29,3		6,6
300	572	465		15,0		127		195		12,5	
316	600		0,111		106		76		28,3		7,0
400	752	477		16,7		128		188		12,9	
427	800		0,115		119		77		27,3		7,2
500	932	490		18,4		129		181		13,2	
538	1000		0,118		133		78		26,2		7,4
600	1112	502		20,5		132		175		13,6	
649	1200		0,121		149		80		25,0		7,7
700	1292	512		22,6		135		168		14,0	
760	1400		0,124		152		82		23,7		8,0
800	1472	522		24,8		138		158		14,5	
871	1600								22,2		8,3
900	1652							149		15,1	
982	1800								20,6		8,7
1000	1832							138		15,9	



### Характер структуры

Nicrofer 6616 hMo имеет кубическую-гранецентрированную решетку. Из-за особого химического состава сплав проявляет хорошую стабильность структуры и высокую стойкость против сенсбилизации.



**Рис.1** - Диаграмма временной и температурной сенсбилизации (ZTS) для Nicrofer 6616 hMo с 0,008% содержанием углерода согласно испытания по методу Штрейхера (ASTM G-28, Methode A). Скорость коррозии в состоянии обработанном на твердый раствор: 3мм/а (120 мпу).

### Коррозионная стойкость

Благодаря сочетанию хрома с высоким содержанием молибдена, Nicrofer 6616 hMo приобретает чрезвычайную стойкость против большого количества химических сред; напр., Неочищенные, восстановительные минеральные кислоты (такие как фосфорная, соляная и серная кислоты), хлориды и органические, а также неорганические среды с примесью хлоридов.

Из-за высокого содержания никеля Nicrofer 6616 hMo практически нечувствителен к вызываемому хлоридами коррозионному растрескиванию, а также в горячих хлоридных растворах.

### Области применения

Nicrofer 6616 hMo применяется в химической промышленности, а также для высокотемпературных химических процессов.

Особыми областями применения являются:

- десульфизация дымовых газов, напр., поглощающие компоненты
- восстановление травильного раствора в отделочных цехах
- компоненты в производстве уксусной кислоты и для изготовления химических удобрений и ядохимикатов для растений.

### Обработка и термическая обработка

Nicrofer 6616 hMo может легко обрабатываться традиционными промышленными технологиями изготовления. Все же для всех обработок требуются машины, которые принимают в расчет хорошие механические свойства.

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 Nicrofer 6616 hMo 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 0,1 % по массе серы. Подойдет также жидкое топливо с максимальным содержанием серы 0,5% по массе.

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

### Горячая обработка давлением

Nicrofer 6616 hMo можно обрабатывать в диапазоне температур между 1080 и 900°C (1980-1650°F) с заключительным ускоренным охлаждением в воде или на воздухе.

Для разогрева обрабатываемые изделия помещают в уже разогретую до максимальной рабочей температуры печь. Когда в печи после этого снова будет достигнута нужная температура, материал следует держать прим. 60 минут на 100 мм толщины. Обработку следует начинать немедленно в указанном выше температурном интервале, при этом, если температура упадет до минимальной температуры обработки, то требуется повторное нагревание.

Термообработка после горячей обработки давлением рекомендуется для получения оптимальных свойств и обеспечения максимальной коррозионной стойкости.

### Холодная обработка давлением

Nicrofer 6616 hMo имеет более высокий наклеп чем аустенитные нержавеющие сталь. При выборе устройств для деформирования это следует учитывать, и обрабатываемое изделие следует представлять в состоянии после диффузионного отжига. При сильных холодных обработках необходимы промежуточные отжиги.

При обжатии свыше 15% следует проводить повторный диффузионный отжиг.

**Термообработка**

Диффузионный отжиг должен проводиться при температурах от 1050 до 1100°C (1920-2010°F). Для достижения оптимальных коррозионных свойств необходимо ускоренное охлаждение в воде. При толщинах ниже прим. 1,5 мм может производиться также быстрое воздушное охлаждение.

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

**Удаление окалины**

Окиси сплава NiCrofer 6616 hMo и цвета побежалости в области сварных швов проявляются прочнее чем у нержавеющей сталей. Рекомендуется шлифование очень мелкими абразивными лентами или шлифовальными кругами.

Перед травлением в смеси азотной и плавиковой кислот слои окиси должны быть удалены пескоструйной обработкой или предварительно обработаны в расплавленных солевых электролитах.

**Режущая обработка**

NiCrofer 6616 hMo предпочтительно обрабатывать в отожженном состоянии. 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

**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. Обрабатывающие машины (ножницы, пресс, прокатный вал) устроены таким образом (фетр, картон, фольга), 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 6616 hMo можно сваривать, или приваривать к другим материалам, с помощью большинства традиционных методов сваривания. Эти методы включают обычную вольфрамовую сварку, дуговую сварку или же газозащитную сварку. Дуговая сварка предпочтительна. При газозащитной сварке рекомендуется использование многокомпонентного защитного газа (Ar+He+H<sub>2</sub>+CO<sub>2</sub>).

Перед свариванием, Nicrofer 6030 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 Nicrofer S 6616  
Оп.-№2.4611  
SG-NiMo16Cr16Ti  
AWS A5.14: ERNiCrMo-7  
BS 2901 Часть 5: NA45

Электроды с покрытием Оп.-№ 2.4612  
EL-NiMo15Cr15Ti  
AWS A5.14: ERNiCrMo-7

Наплавка  
Nicrofer S 6616 - WS C-4  
Оп.-№2.4611  
UP-NiMo16Cr16Ti  
AWS A5.14: ERNiCrMo-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 100 °C (212°F). Контроль за параметрами сварочного процесса является основополагающим принципом.

Количество вводимого тепла Q вычисляется по следующей формуле:

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

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.

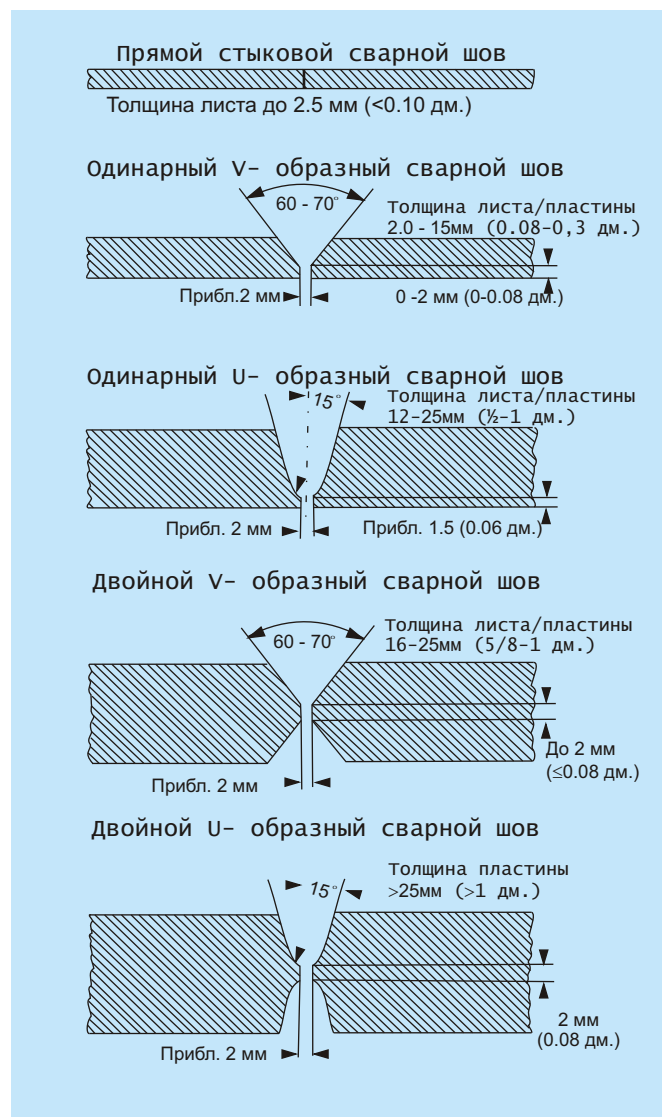


Рис. 2 - Подготовка кромок для сваривания никелевых сплавов и специальной нержавеющей стали

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 <sup>1)</sup> 8-10	
6,0	WIG ручн.	2,0-2,4		100-110	10	120-130	12	10-15	ArW 3 <sup>1)</sup> 8-10	
8,0	WIG ручн.	2,4		110-120	11	130-140	12	10-15	ArW 3 <sup>1)</sup> 8-10	
10,0	WIG ручн.	2,4		110-120	11	130-140	12	10-15	ArW 3 <sup>1)</sup> 8-10	
3,0	WIG автом.	0,8	0,5	Ручн.		150	10	25	ArW 3 <sup>1)</sup> 15-20	
5,0	WIG автом.	0,8	0,5	Ручн.		150	10	25	ArW 3 <sup>1)</sup> 15-20	
2,0	WIG горяч. проволока	1,0	0,3			180	10	80	ArW 3 <sup>1)</sup>	
10,0	WIG горяч. проволока	1,2	0,45	Ручн.		250	12	40	ArW 3 <sup>1)</sup>	
4,0	Плазма	0,8	0,5	165	25			25	ArW 3 <sup>1)</sup> 30	3,2
6,0	Плазма	0,8	0,5	190-200	25			25	ArW 3 <sup>1)</sup> 30	3,2
8,0	MIG/MAG <sup>2)</sup>	1,0	Около 8	WIG		130-140	23-27	24-30	Ar 4,6 <sup>2)</sup> 18-20	
10,0	MIG/MAG <sup>2)</sup>	1,2	Около 5	WIG		130-150	23-27	20-26	Ar 4,6 <sup>2)</sup> 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 6** - 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 7** - Энергия отрезка (директивные показатели)



### Послесварочная обработка

(чистка, травление и термическая обработка)

Чистка с помощью проволочной щеткой 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.

### Готовность к использованию

Nicrofer 6616 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	Г/Х	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 <sup>2)</sup>
≥ 25 <sup>1)</sup>	Г/к	2500 <sup>2)</sup>	8000 <sup>2)</sup>

Толщина дюймы	Г/Х	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 <sup>2)</sup>
≥ 1.0 <sup>1)</sup>	Г/к	100 <sup>2)</sup>	320 <sup>2)</sup>

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	≤ 11000	≤ 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 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 - 2 3/8	1/2 - 2
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	1/2 - 1 5/8	≤ 2

\* другие размеры по запросу

### Кованные изделия

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

**Лента<sup>1)</sup>**

Состояние поставки:

Холоднокатаные, с термообработкой и протравленные или со светлым отжигом<sup>2)</sup>

Толщина мм	Ширина <sup>3)</sup> мм	Мотки внутрен. Ø мм			
0,02 ≤ 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 (3,5) <sup>2)</sup>	25-750		400	500	600

Толщина мм	Ширина мм	Мотки внутрен. Ø мм			
0.008 ≤ 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 (≤ 0,140) <sup>2)</sup>	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 тяганах

**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.

Все данные в этом описании материала основываются на практическом опыте и результатах нашего исследования и разработки соответствуют точно состоянию техники во время печати. Данные подаются без гарантии и могут подлежать изменениям без уведомления с целью дальнейшего развития или улучшения качества материала. Поставки и услуги подчинены исключительно общим правилам ведения дела компании ThyssenKrupp VDM.