

Nicrofer[®] 3033- сплав 33

Описание материала № 4042
Издание март 2000

Коррозионностойкий сплав

ofer[®]3033- сплав 33

Nicrofer[®] 3033

ав 33

Nicrofer[®]3033-сплав 33

Nicrofer[®]3033-сплав33

Nicr

A company of
ThyssenKrupp
Stainless

ThyssenKrupp VDM



ThyssenKrupp VDM

Nicrofer 3033-сплав 33 - это аустенитный сплав с высоким содержанием хрома, разработанный компанией ThyssenKrupp VDM. Данный сплав объединяет в себе как легкость обработки, так и непревзойденную стойкость к высокоокислительным средам, таким как концентрированная серная кислота. Несмотря на низкое содержание молибдена, в данном сплаве он демонстрирует великолепную стойкость к локальной коррозии в галогенидных средах.

Содержание азота обеспечивает высокие механические свойства и хорошую пластичность.

Nicrofer 3033 характеризуется:

- чрезвычайной стойкостью к высоко окислительным средам
- великолепной стойкостью к локальной коррозии в галогенидных средах

- великолепной стойкостью к растворам азотной/плавиковой кислот
- великолепной стойкостью к едкому натру
- высокой прочностью и ударной вязкостью
- Простотой обработки
- хорошей свариваемостью
- хорошей металлургической стабильностью
- допущен к использованию для камер высокого давления в температурном диапазоне от -196 до 450°C (-320 - 840 °F).

Таблица 1 - Наименования и стандарты.

Страна Станд	Описание материала	Спецификация							
		Хим. состав	Трубы		Лист/плита	Пруток/полоса	Лента	Проволока	Кованые изделия
			бесшовные	сварные					
Германия	Опис.№1.4591 X1 CrNiMoCuN33-32-1								
VdTUV SEW		516 400	400	400	516 400	516 400	400	400	516 400
Франция AFNOR									
Великобр. BS									
США ASTM	UNS R20033		B 622	B619, B626	B 625	B 649	B 625	B 649	B472, B564
ASME			SB 622	SB 622, Sb626	SB 625	SB 649	SB 625		SB 564
ASME Code Case			2227	2227	2227	2227	2227		2227
ISO									

* только в состоянии диффузионного отжига

Таблица 2 - Химический состав (% по массе).

	Ni	Cr	Fe	C	Mn	Si	Mo	Cu	N	P	S
min	30,0	31,0	Основна				0,5	0,3	0,35		
max	33,0	35,0		0,015	2,0	0,50	2,0	1,2	0,60	0,020	0,010

Таблица 3 - Физические свойства при комнатных и высоких температурах

Плотность	7,9 г/см ³	0.285 ф/дм ³
Интервал плавления	1330-1370 °C	2430-2500 °F
Магнитная 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										
20	200	-500	-0,12	13,4		-104	-625	195	28,3		
93	212								26,8		8,5
100	392			14,6		107	643	185		15,3	
200	400			16,0		109	655	176		15,7	
204	572								25,5		8,7
300	600			17,5		112	673	170		16,1	
316	752								24,5		9,0
400	800			19,0		114	685	163		16,4	
427	932								23,5		9,2
500	1000			20,4		116	697	159		16,7	

Механические свойства.

Следующие механические свойства соответствуют Niсrofer 3033 в указанных размерах (в состоянии обработки на твердый раствор). Необходимо дополнительное согласование свойств, если материал не соответствует указанным размерам. Данные могут быть использованы для листов и пластин, а также для брусьев и поковок.

Лист и пластина	до 50 мм	2 дюйма
Полоса	до 3 мм	1/8 дюйма
Пруток, брусок, поковка	до 150 мм	6 дюймов
Проволока	до 12,7 мм	½ дюйма

Таблица 4 - Механические свойства при комнатной температуре согласно DIN EN 10095.

Изделие	Предел прочности на разрыв σ_B		Предел текучести $\sigma_{1.0}$		Предел текучести $\sigma_{0.2}$		Относ. Удлинение $\delta_{50}^{1)}$ %	Твердость по Бринеллю НВ
	Н/мм ²	ksi	Н/мм ²	ksi	Н/мм ²	ksi		
Полоса	900	130	550	80	500	72	35	
Другие изделия	720	104	420	61	380	55	40	Макс 240

¹⁾ 80 для пластин или листа ≤3 мм толщины

Таблица 5 - Механические свойства при повышенной температуре (согласно VdTÜV-WbI516), минимальные значения.

Изделие	Н/мм ² Предел текучести $\sigma_{0,2}$					Н/мм ² Предел прочности σ_B				
	100	200	300	400	500	100	200	300	400	500
°C	100	200	300	400	500	100	200	300	400	500
Все	320	270	240	220	210	350	300	270	250	240
	Ksi					Ksi				
°F	200	400	600	800	1000	200	400	600	800	1000
Все	46,7	39,0	33,9	31,3	(29,7)	51,0	43,2	38,4	35,7	(34,1)

ISO V ударная вязкость образца с надрезом

В соответствии с DIN EN 10045-1 при комнатной температуре

Среднее значение для 3 образцов в продольном/поперечном сечении

Лист/пластина ≥ 188 Дж/см²
 Пруток, брусок, поковка ≥ 150 Дж/см²

Таблица 5 - максимально возможная нагрузка в соответствии с ASME 2227

Температура		Максимально допустимая нагрузка	
°C	°F	Н/мм ²	Ksi
38	100		27,3
93	200		27,3
100	212	188	
149	300		25,7
200	392	170	
204	400		24,5
260	500		23,5
300	572	157	
316	600		22,8
371	700		22,1
400	752	150	
427	800		21,5

Метрические величины определялись интерполяцией

Рисунок 1 - Типичные механические свойства листового Nicrofer 3033 в состоянии обработки на твердый раствор

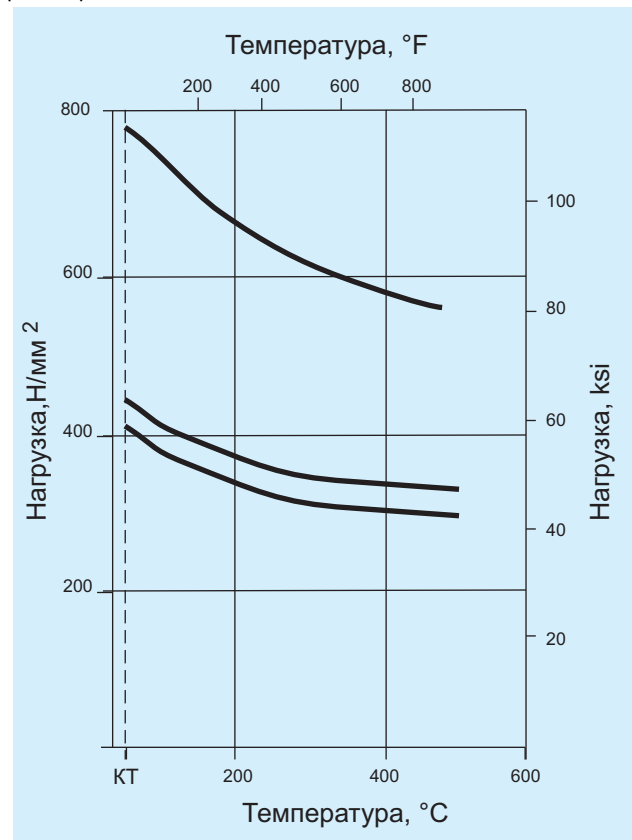
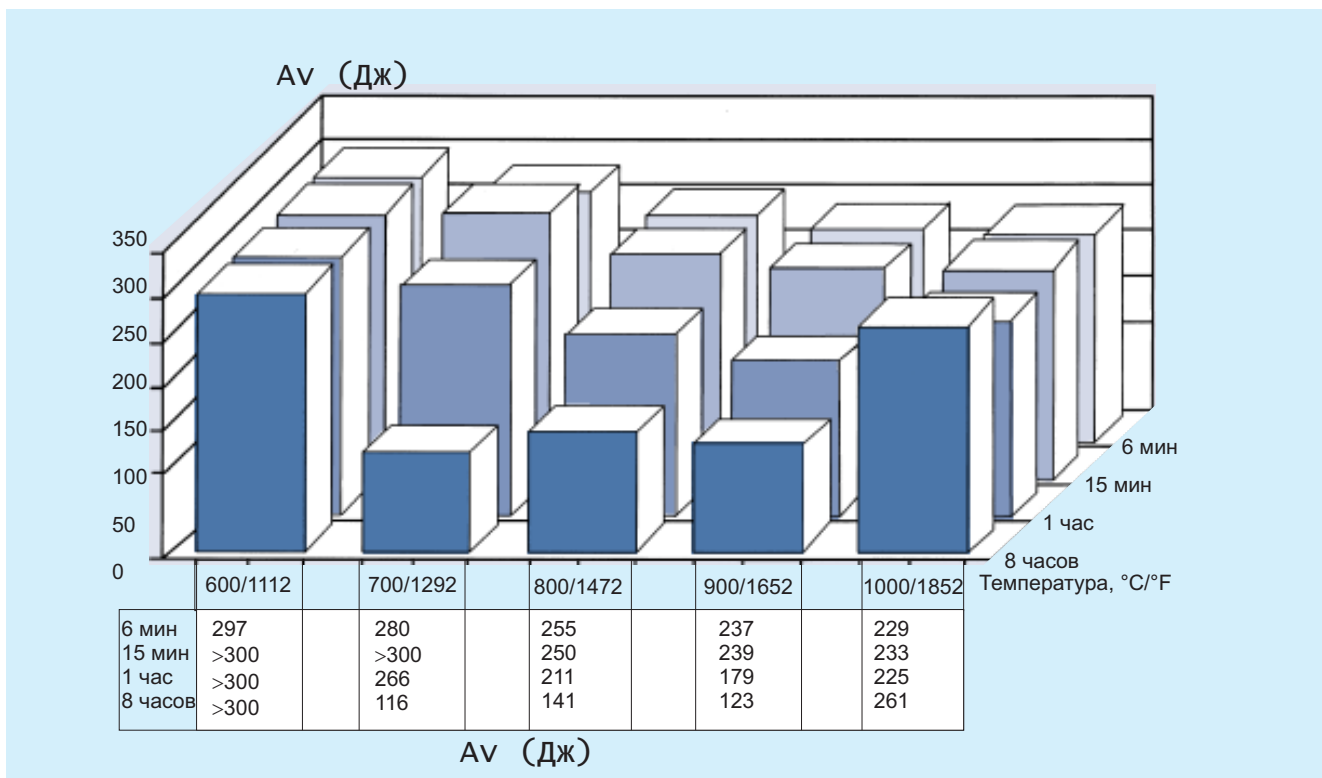


Рисунок 2 - Диаграмма Время-Температура-Ударная вязкость сплава Nicrofer 3033, основанная на испытании образцов с V-образным надрезом (согласно ISO) при температуре окружающей среды; начальное состояние - обработка на твердый раствор. Типичные свойства.



Характер структуры.

Nicrofer 3033 имеет гранецентрированную кубическую решетку. Содержание приблизительно 0,4% азота в сочетании с 31% никеля стабилизирует аустенитную структуру и снижает степень выделения интерметаллидных фаз.

Коррозионная стойкость.

Новый аустенитный сплав Nicrofer 3033 имеет в своем составе невероятно высокий процент содержания хрома (33%), что и является основой коррозионной стойкости к окислительным средам. Небольшое количество молибдена в составе сплава улучшает его стойкость к фосфорной кислоте, а наличие меди способствует пассивированию в серной кислоте.

Помимо великолепной стойкости к смеси азотной и плавиковой кислот, данный сплав обладает великолепной коррозионной стойкостью к щелочным средам.

Он также обладает великолепной стойкостью к точечной и щелевой коррозии в хлористых средах, а также стойкостью к коррозионному растрескиванию под воздействием хлоридов.

Оптимальная коррозионная стойкость обеспечивается если материал чистый и отполированный при использовании.

Рисунок 3 - Критические температуры точечной коррозии (КТТК) для сплава Nicrofer 3033 в сравнении с другими специальными нержавеющими сталями (результат тестирования в 10% растворе FeCl₃•6H₂O в течении 24 часов)

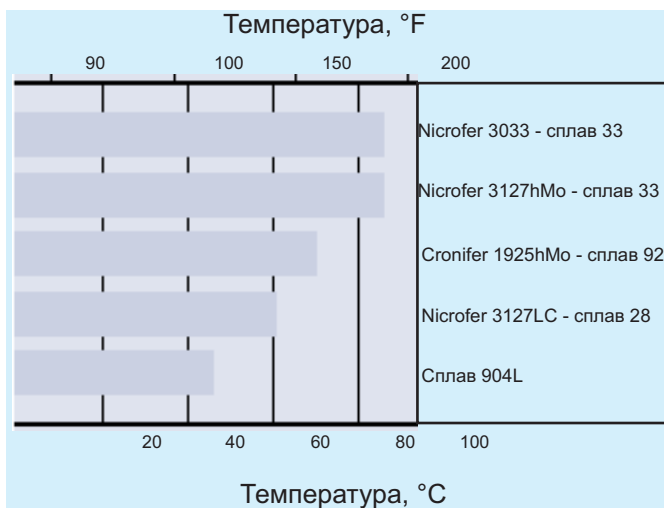


Таблица 7 - Скорости коррозии сплава Nicrofer 3033 - сплав 33 и различных других материалов в смеси азотной и плавиковой кислот при 25°C (77 °F) и 50°C(122 °F), выраженные в мм/год

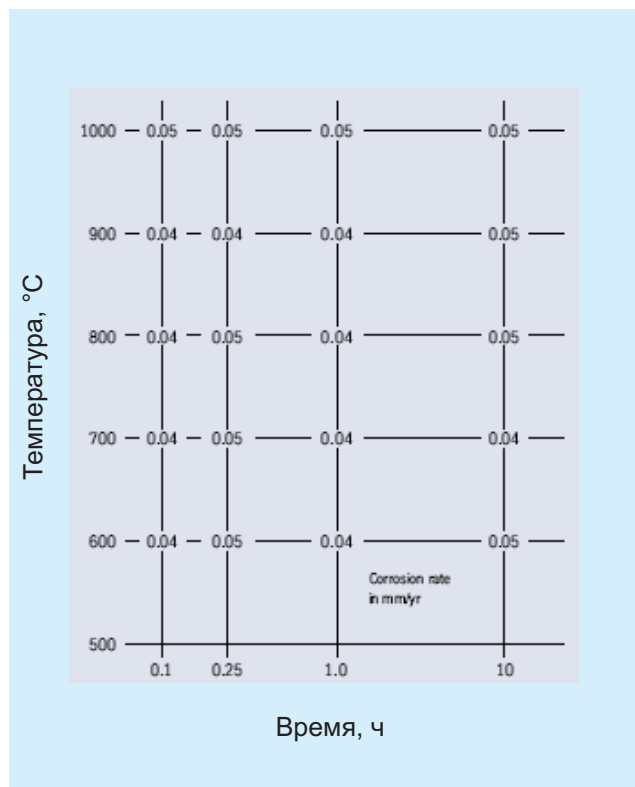
Обозначение сплава ThyssenKrupp VDM	20% HNO ₃			20% HNO ₃		
	+ 3% HF	+ 5% HF	+ 7% HF	+ 3% HF	+ 5% HF	+ 7% HF
	Температура тестирования 25°C (77 °F)			Температура тестирования 50°C (122 °F)		
AlSi 316 Ti	3,7	6,8	6,3	19,0 ¹⁾	27,0 ¹⁾	37,0 ¹⁾
Nicrofer 3127LC - сплав 28	0,03	0,04	0,07	0,20	0,32	0,45
Nicrofer 3033 - сплав 33	0,01	0,01	0,02	0,09	0,12	0,19
Время тестирования 3x7 дней			1) Время тестирования 3x7 дней			

Таблица 8 - Скорость коррозии листов сплава Nicrofer 3033 - сплав 33 в различных средах, как функция концентрации и температуры.

Среда	Температура		Время тестирования, дней	Скорость коррозии, мм/год	
	°C	°F			
H ₂ SO ₄ - 98%	212	402	7	0,04	
	100	392	7	0,04	
	150	212	1	0,20	
	200	212	7	0,08	
H ₃ PO ₄ - 85%	100	309	1	1,07	
	100	167		<0,01	
	154	219		<0,01	
NaOH - 25%	75	167	28	<0,01	
	104	212		<0,01	
	50%	75		295	<0,01
	100				
	146				

Метрические величины определялись интерполяцией

Рисунок 4 - Диаграмма Время-Температурная чувствительность сплава Nicrofer 3033 - сплав 33. Испытания по Хьюи, 15 циклов в течении 48 часов.



Области применения.

Типичными областями применения сплава Nicrofer 3033 являются:

- установки по производству серной кислоты
- системы по транспортировке и температурному восстановлению серной кислоты
- установки для травления в смеси азотной и плавиковой кислот
- системы, связанные с морской водой
- пластинчатые или трубчатые теплообменники, охлаждаемые слабоминерализованной или морской водой
- отбеливающие установки для целлюлозной промышленности

Обработка и термическая обработка.

Nicrofer 3033 является деформируемым сплавом и может легко обрабатываться всеми традиционными промышленными методами.

Важно, чтобы обрабатываемые изделия были очищены и не содержали какие-либо примеси как перед, так и во время термообработки.

Nicrofer 3033 может повредиться при нагреве в присутствии таких примесей как сера, фосфор, свинец и другие металлы с низкой температурой плавления. Источником подобных примесей могут быть маркировочные и термометрические краски и карандаши, смазки, жидкости и горючие материалы.

Топливо должно содержать как можно меньше серы. Природный газ должен содержать не более 0,1% по массе серы. Содержание серы в жидком топливе должно быть не выше 0,5% по массе.

Атмосфера печи должна быть нейтральной или слегка окислительной. Необходимо избегать колебание атмосферы печи между окислительной и восстановительной, а также прямое воздействие пламени на металл.

Горячая обработка давлением.

Nicrofer 3033 должен обрабатываться давлением в диапазоне температур между 1200 и 1000°C (2190-1830 °F) с последующей закалкой в воде или ускоренным охлаждением на воздухе.

Для нагрева, изделия следует загружать в печь при максимальной рабочей температуре (приблизительно 1200°C (2190 °F)).

Термообработка после горячей обработки давлением рекомендуется для получения оптимальных свойств.

Холодная обработка давлением.

Для проведения холодной обработки материал должен находиться в отожженном состоянии. Nicrofer 3033 имеет больший уровень упрочнения, чем аустенитная нержавеющая сталь. Это следует принимать во внимание при выборе деформирующего оборудования.

При холодной обработке давлением может потребоваться промежуточный отжиг.

После холодной обработки давлением (обжатием более 15%) рекомендуется провести окончательную обработку на твердый раствор.

Термообработка.

Термообработка Nicrofer 3033 проводится в температурном диапазоне от 1100 до 1150°C (2010-2100 °F), предпочтительно при 1120°C (2048 °F).

Закалка в воде необходима для толщин более 3 мм (1/8 дм.). При толщинах меньше 3 (0,06 дм.) допускается ускоренное охлаждение на воздухе.

При проведении любой термической обработки материал должен загружаться в печь, вышедшую на максимальную температуру отжига, и соответствовать требованиям касающихся чистоты, изложенным ранее.

Удаление окалины.

Окиси сплава 3033 и цвета побежалости в области сварных швов удерживаются сильнее чем у нержавеющей сталей. Рекомендуется шлифование очень мелкими абразивными лентами или шлифовальными кругами.

Перед травлением в смеси азотной и плавиковой кислот окиси должны быть разрушены пескоструйной обработкой или легким шлифованием.

Механическая обработка.

Nicrofer 3033 предпочтительно обрабатывать в отожженном состоянии. Так как сплав склонен к наклепу, следует выбирать низкую скорость резания, в сравнении с низколегированными нержавеющими сталями. Режущий инструмент должен постоянно оставаться в зацеплении с материалом.

Важна сильная подача, чтобы прорезать прежде возникшую нагартованную зону

Сварка.

При сваривании высоколегированных специальных сплавов следует учитывать нижеприведенные указания.

Рабочее место

Следует предусмотреть отдельно оборудованное рабочее место, четко отделенное от зон, где обрабатывается углеродистая сталь. Предусмотреть самую тщательную чистоту и избегать сквозняка.

Вспомогательные средства, одежда.

Использовать чистые тонкие кожаные рукавицы, чистую рабочую одежду.

Инструменты и машины.

Инструмент должен использоваться только для обработки нержавеющей сталей. Следует использовать щетки, изготовленные из материалов, не подвергающихся коррозии.

Оборудование для переработки и обработки, такое как ножницы, тиски или валики следует оснащать таким образом (войлок, картон, фольга), чтобы частички железа не попадали на поверхность материала с последующим впрессовыванием, что впоследствии ведет к коррозии.

Очистка.

Очистка основного металла в области шва (с двух сторон) и присадочных материалов (напр., сварочный прут) должна производиться ацетоном.

Нельзя использовать трихлорэтилен "TRI", перхлорэтилен "PER" и тетрахлорид "TETRA".

Подготовка сварного шва.

Подготовка шва преимущественно производится механическим путем в результате обточки, фрезерования и строгания. Также допускается резание плазмой. В последнем случае, края резки должны быть доработаны до чистоты. Допускается легкое шлифование без перегрева.

Угол раскрытия кромок.

Различие в физических характеристиках никелевых сплавов и специальных нержавеющих сталей в сравнении с углеродистой сталью обычно заключается в пониженной теплопроводности и более высокой степени термического расширения.

Поэтому появляется необходимость в более широком зазоре между свариваемыми кромками ($2 \pm 0,5$ мм), в то время как больший угол раскрытия кромок (70°) используется для стыковых соединений, в следствии вязкой природы расплавленного металла шва и с целью противодействия ярко выраженной тенденции кусадке.

Сварочная дуга.

Сварочную дугу можно направлять только в область шва, т.е. на кромки сварного шва или на место сваривания, но не на поверхность конструктивного элемента. Места контакта со сварочной дугой являются местами, на которых прежде всего может проявиться коррозия.

Способы сварки.

Nicrofer 3033 является свариваемым материалом. Перед свариванием, материал должен быть очищен от окалины, смазки или маркировочной краски.

В соответствии со своим квалификационным статусом Nicrofer 3033 сваривается методом ДСВЭ с соответствующим наполнителем. При сваривании основы, следует уделять пристальное внимание к ее созданию (аргон 99,99), с таким расчетом, чтобы после сварочных работ не образовались окислы на сварочном шве. Возможные цвета побежалости следует удалять щеткой из нержавеющей стали, пока сварной шов еще горячий.

В качестве защитного газа должен использоваться аргон с максимальным содержанием водорода 5%.

Материалы для сварки.

Рекомендуется использование следующих материалов для сварки:

Nicrofer S 3033
Материал № 1.4591

Параметры сварки и их влияние

(подача тепла).

Следует заботиться о том, чтобы работа проводилась с направленным вводом тепла и его минимальной подачей. Температура проходов не должна превышать 120°C . Следует применять технику сварки «валик» (без поперечных колебаний).

В этом контексте важно учитывать, что высокое содержание азота делает необходимым использование очень мелких капель жидкого металла, чтобы дать возможность расплавленному металлу дегазироваться и предотвратить формирование пустот. Остатки на сварных кромках должны быть полностью удалены фрезерованием (шлифовка - недопустима).

Для толщин стенки более 20 мм промежуточные проходы должны осуществляться сварочным материалом Nicrofer S3028 (Материал № 1.4563) и покрываться по крайней мере двумя проходами сварочного материала Nicrofer S3033. Рекомендуется консультация с нашей Лабораторией по сварке.

Из выше названных указаний следуют соответствующие показатели подводимой теплоты на единицу длины, указанные как пример в таблице 9. Принципиально требуется контроль параметров сварки.

Для всех сварок особые характеристики материала должны учитываться на ранней стадии. Рекомендуется консультация со специалистами ThyssenKrupp VDM.

Подачу тепла Q можно рассчитать следующим образом:

$$Q = \frac{U \times I \times 60}{v \times 1000} \text{ (kJ / cm)}$$

U = напряжение электрической дуги, вольт

I = интенсивность сварочного тока, ампер

v = скорость сварки, см/мин

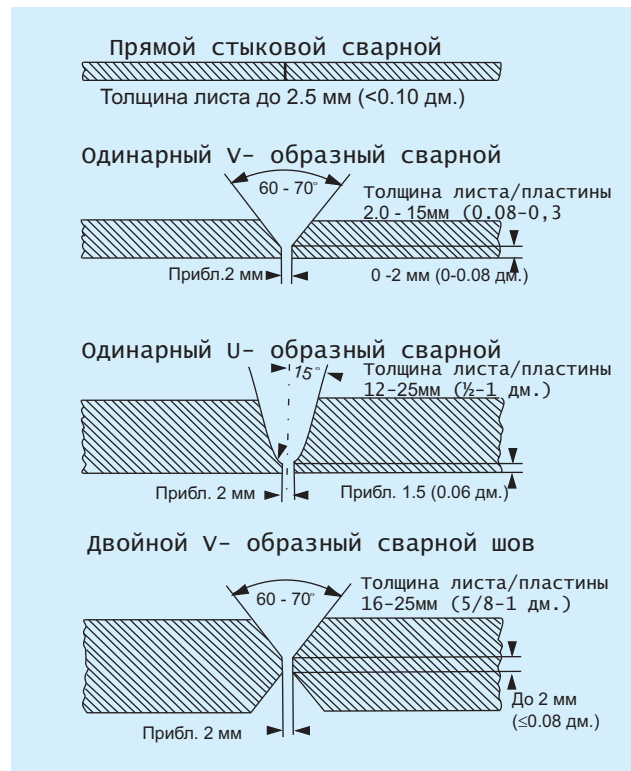


Рис. 3 - Подготовка кромок для сварки специальных нержавеющих сталей.

Таблица 9 - Параметры сварки (контрольные цифры).

Толщ. листа мм	Способ сварки	Присадка		Параметры сварки				Скор. Сварки см/мин.	Порошок/ защит.газ кол-во л/мин.	Подводимая теплота kJ/cm
		Диам. мм	Скор. м/мин	Сварочный корень		Наполняющий и покровный слой				
				A	V	A	V			
2,0	ДСВЭ Ручная	2,0		70	9			15	ArW 5 8	Макс. 3,5
6,0	ДСВЭ Ручная	2,0- 2,4		90	10	120	11	15	ArW 5 8	Макс. 6,5
12,0	ДСВЭ Ручная	2,4		100	10	140	14	15	ArW 5 8	Макс. 6,5

Послесварочная обработка.

(Травление и зачистка)

Травление, если предписано или необходимо, в целом, является завершающей стадией сварки. В этом случае работа должна производиться специализированными компаниями. Настоятельно рекомендуется консультация с нашими специалистами. Если работники высококвалифицированные, то зачистка еще горячего металла с помощью щеток, изготовленных из нержавеющей стали, непосредственно после сварки приводит к удалению цветов побежалости и обеспечивает желаемое состояние поверхности.

Форма поставки.

Nicrofer 3033 поставляется в следующих стандартных формах.

Листы/ плиты.

(Изделия, разрезанные по заданной длине, относятся к разделу "Лента")

Состояние поставки:

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

Толщина мм		Ширина*	Длина*
		мм	мм
1,30 < 1,50	Х/к	2000	6000
1,50 < 6,0	Х/к	2500	8000
≥6,0 < 10	Х/к	2500	8000
≥6,0 < 10	Г/к	2500	8000
≥10,0 < 25	Г/к	2500	8000
>25 ¹⁾	Г/к		

Толщина дюймы		Ширина*	Длина*
		дюймы	дюймы
0.050 < 0,060	Х/к	80	240
≥0,060 < 1/4	Х/к	100	320
≥1/4 < 3/8	Х/к	100	320
≥1/4 < 3/8	Г/к	100	320
≥ 3/8 < 1	Г/к	100	320
> 1.0 ¹⁾	Г/к		

¹⁾ другие размеры по запросу

Кованные изделия.

Другие формы, как диски, бухты и круги поставляются под заказ.

Рулоны и бухты.

Состояние поставки:

Горячекатаные или кованные, с термообработкой, с удаленной окалиной или обточенные

Наименование	Вес кг	Толщина мм	Внеш-Ø* мм	Внут-Ø* мм
Рулон	≤ 3000	≤ 200	≤ 2000	-
Бухта	≤ 2000	≤ 200	≤ 2500	по запросу
	Фунты	Дюймы	Дюймы	Дюймы
Рулон	≤ 6600	≤ 8	≤ 80	-
Бухта	≤ 4400	≤ 8	≤ 100	по запросу

* другие размеры по запросу

Прутки и бруски.

Состояние поставки:

Ковка, прокат, перетяжка, термическая обработка, травление, станочная обработка, чистка и шлифовка.

Продукт	Кованные* мм	Вальцованные* мм	Волоочные* мм
Прут круглый Ø	≤ 300	8-75	12-65
Брус квадратный а	40-200	15-100	12-65
Брус плоский а x b	40-80 x 200-600	5-20 x 120-600	10-20 x 30-80
Брус Шестигранный S	40-80	13-50	12-60
	Дюймы	Дюймы	Дюймы
Прут круглый Ø	≤12	5/16 - 3	½ - 2 ½
Брус квадратный а	1 5/8 - 8	5/8 - 4	½ - 2 ½
Брус плоский а x b	1 5/8 - 3 1/8 x 8 - 24	3/16 - 3/4 x5 - 24	3/8 - 3/4 1 3/4 - 3 1/8
Брус Шестигранный S	1 5/8 - 3 1/8	½ - 2	½ - 2 3/8

* другие размеры по запросу

Лента*

Состояние поставки:

Холоднокатаные, после диффузионного отжига, с удаленной окалиной или со светлым ОТЖИГОМ

Толщина мм	Ширина 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	6-750		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) Лента поставляется в отрезках от 500 до 3000 мм (20-120 дюймов)

Проволока.

Состояние поставки:

Светлотяннутая, ¼ жесткости до жесткой, со светлым отжигом

Размеры:

0,01- 12,0 мм (0,004-0,47 дм.) диаметр, в бухтах, в бочках, на катушках и таганах

Материалы для сварки.

Сварочные прутки, электроды, проволочные электроды поставляются во всех стандартных размерах.

Бесшовные трубы.

Для информации обращайтесь в представительство компании ThyssenKrupp VDM.

Сварные по продольным швам трубы.

Сварные трубы изготавливаются и продаются квалифицированными производителями, используя полуфабрикаты компании ThyssenKrupp VDM GmbH.

Технические публикации.

О материале Nicrofer 3033 вышли следующие технические публикации компании Krupp VDM:

M. Kohler, U. Heubner, K.-W. Eichenhofer, M. Renner:
Alloy 33, A New Corrosion-Resistant Austenitic Material for the Refinery Industry and Related Applications, Corrosion 95, Paper No. 338
NACE International, Houston, Texas, 1995

M. Kohler, U. Heubner, K.-W. Eichenhofer:
Progress with Alloy 33, A New Corrosion-Resistant Chromium-Based Austenitic Material, Corrosion 96, Paper No. 428
NACE International, Houston, Texas, 1996

M. Kohler, U. Heubner, K.-W. Eichenhofer, M. Renner:
Alloy 33. A New Nitrogen-Alloyed Chromium-Based Material for Many Corrosive Environments, Proc. Int. Conf. Stainless Steel '96
Verlag Stahleisen, Dusseldorf, 1996

M. Kohler, U. Heubner, K.-W. Eichenhofer, M. Renner:
Nicrofer 3033 – ein neuer stickstofflegierter hochchromhaltiger
Werkstoff für vielseitige Korrosionsbeanspruchung, Nichtrostende Stähle '96,
2. Europäischer Kongress, Dusseldorf/Neuss, 1996

D. C. Agarwal, M. Kohler:
Alloy 33. A New Material Resisting Marine Corrosion, Corrosion '97, Paper No. 424,
NACE International, Houston, Texas, 1997

U. Heubner, M. Kohler, K.-W. Eichenhofer, M. Renner:
Alloy 33. A New Material for Handling HNO₃/HF Media in Processing of Nuclear Fuel,

C. Voigt, G. Riedel, H. Werner, M. Kohler:
Kühlwasserseitige Korrosionsbeständigkeit von metallischen
Werkstoffen zur Handhabung von Schwefelsäure, Materials and Corrosion 49, 489-495, 1998

D. C. Agarwal, Philip A. Anderson:
Corrosion resistance of various high chromium alloys in simulated chemical processing nuclear plant waste solutions,
Corrosion 98, Paper No. 164,
Nace International, Houston, Texas, 1998

Pedro D. Portella, M. Kohler, M. Renner:
Investigation of microstructure and properties of a chromium-rich austenitic material with high nitrogen content,
5th International Conference on High Nitrogen Steels, Espoo/Stockholm, May 24-28, 1998

VDM Report No. 24: Nicrofer 3033 - alloy 33:
A new corrosion-resistant austenitic material for many applications, June 1998

M. Kohler:
Pitting corrosion and crevice corrosion of an advanced chromium-based stainless steel, Corrosion 99, Paper No. 444,
Nace International, Houston, Texas, 1999

M. Kohler, A. Houghton:
Nicrofer 3033 – alloy 33: A new high strength austenitic material for marine applications, Stainless Steel '99 Science and Market, Chia Laguna, Sardinia, Italy, June 7-9, 1999

M. H. Renner, D. Michalski-Vollmer:
Corrosion behaviour of alloy 33 in concentrated sulphuric acid,
Stainless Steel World 99 Conference, The Hague, Netherlands, November 16-18, 1999

