

# Nicrofer<sup>®</sup> 5020 hMo - сплав 50 Plus

Описание материала № 4044  
Издание август 2002

Коррозионностойкий сплав

Nicrofer<sup>®</sup> 5020 hMo - сплав 50 Plus

Nicrofer<sup>®</sup> 5020 h

сплав 50 Plus

Nicrofer<sup>®</sup> 5020 hMo - сплав 50 Plus

Nicrofer<sup>®</sup> 5020 hMo - сплав 50 Plus

Nicro

A company of  
ThyssenKrupp  
Stainless

**ThyssenKrupp VDM**



ThyssenKrupp VDM

## Nicrofer® 5020 hMo - сплав 50 Plus

Nicrofer 5020 hMo является низкоуглеродистым сплавом никель-железо-хром-молибден, который имеет отличную коррозионную стойкость в большом числе коррозионных сред.

Сплав может использоваться в состоянии стабилизирующего и диффузионного отжига для применения во влажной коррозии.

Nicrofer 5020 hMo замечательно подходит в качестве материала для сварки соединения и наплавки, особенно для дуплексных, супердуплексных и 6-Mo сталей.

Nicrofer 5020 hMo характеризуется:

- отличной стойкостью против точечной и щелевой коррозии, а также против эрозионной и межкристаллической коррозии
- нечувствительностью к вызванному хлором коррозионному растрескиванию
- хорошей стойкостью против минеральных кислот, таких как азотная, фосфорная, серная и соляная кислоты
- хорошей стойкостью по отношению к щелочам и органическим кислотам
- очень хорошими механическими свойствами
- очень хорошей обрабатываемостью и деформируемостью

Таблица 1 - Наименования и стандарты.

Страна Станд	Описание материала	Хим. состав	Спецификация						
			Трубы бесшовные	Трубы сварные	Лист/ плита	Пруток/ полоса	Лента	Проволока	Поковка
<b>Германия</b> DIN EN VdTUV	Опис.№2.4850 NiC r20Fe14Mo11WN							Опис.№2.4849	
<b>Франция</b> AFNOR									
<b>Великобр.</b> BS EN									
<b>США</b> ASTM ASME ASME Code Case	UNS N06650	B 446				B 446			
ISO	NiC r20Fe14Mo11WN								

Таблица 2 - Химический состав (% по массе).

	Ni	Cr	Fe	C	Mn	Si	Mo	Al	Ti	Nb*	N	W	Mg	Ca	Zr
min	Основа	18,0	12,0				9,5	0,05		0,05	0,05	0,5	0,005	0,001	0,001
max		21,0	16,0	0,03	0,5	0,5	12,5	0,50	0,1	0,50	0,20	2,5	0,030	0,010	0,030

\* в США ниобий (Nb) обычно называют колумбием (Cb)

Таблица 3 - Физические свойства при комнатных и высоких температурах

Плотность		8,5 г/см <sup>3</sup>		0.307ф/дм <sup>3</sup>							
Область плавления		1310-1340 °C		2390-2444 °F							
Проницаемость при 20°C/68°F		1,004									
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
20	68					108		212	32,2		
93	200	453	0,1083	11,95	82,7	108	648			11,3	6,3
100	212	454	0,1086	12,05	83,4	110	650			11,2	6,2
200	392	456	0,1090	13,26	91,8	112	674			13,1	7,3
204	400	456	0,1091	13,30	92,1	112	674			13,1	7,3
300	572	454	0,1086	14,51	100,4	114	686			13,9	7,7
316	600	453	0,1083	14,68	101,6	115	689			14,0	7,8
400	752	458	0,1095	15,80	109,4	117	704			14,3	8,0
427	800	460	0,1100	16,18	112,0	119	712			14,4	8,0
500	932	447	0,1070	16,57	114,7	123	740			14,4	8,0
538	1000	435	0,1040	16,56	114,6	124	745			14,5	8,1
600	1112	541	0,1293	21,43	148,3	125	752			14,9	8,3
649	1200	559	0,1337	22,85	158,3	125	749			15,3	8,5
700	1292	559	0,1335	23,55	169	124	746			15,6	8,7
760	1400	554	0,1325	24,19	167,4	124	742			15,8	8,8
800	1472	556	1,1328	-	-	123	740			16,0	8,9
871	1600	558	0,1335	25,93	179,5	124	744			16,2	9,0
900	1652	562	0,1342	26,53	183,7	124	746			16,3	9,1
982	1800	567	0,1356	28,03	194,0	124	746			16,5	9,2
1000	1832	576	0,1376	28,69	198,6	124	746			16,5	9,2
1093	2000	515	0,1471	32,08	221,1	-	-			16,8	9,4
1100	2012	-	-	-	-	-	-			-	-

**Механические свойства**

Следующие механические свойства при комнатной и повышенных температурах действительны для подвергнутого горячей обработке давлением Nicrofer 5020 hMo в состоянии диффузионного или стабилизирующего отжига в указанных размерах.

Для более высоких параметров следует согласовывать свойства отдельно.

**Таблица 4** - Механические свойства при комнатной температуре, минимальные значения

Состояние	Размеры		Предел текучести		Предел текучести		Предел прочности		Относ. Удлинение $\delta_{50}$ %
	Мм	Дм	$\sigma_{0.2}$ Н/мм <sup>2</sup>	ksi	$\sigma_{0.1}$ Н/мм <sup>2</sup>	ksi	$\sigma_B$ Н/мм <sup>2</sup>	ksi	
Обработанный на твердый раствор	≤10	≤4	360	52,2	420	60,9	720	104,3	40
Стабилизированный	≤10	≤4	450	65,2	510	73,9	800	115,9	25

**Таблица 5** - Механические свойства при 450°C (842°F), минимальные значения.

Состояние	Размеры		Предел текучести		Предел текучести		Предел прочности		Относ. Удлинение $\delta_{50}$ %
	Мм	Дм	$\sigma_{0.2}$ Н/мм <sup>2</sup>	ksi	$\sigma_{0.1}$ Н/мм <sup>2</sup>	ksi	$\sigma_B$ Н/мм <sup>2</sup>	ksi	
Обработанный на твердый раствор	≤10	≤4	230	33,3	270	39,1	580	84,1	35
Стабилизированный	≤10	≤4	310	44,9	370	53,6	630	93,1	20

**Таблица 6** - Механические свойства при 550°C (1022°F), минимальные значения.

Состояние	Размеры		Предел текучести		Предел текучести		Предел прочности		Относ. Удлинение $\delta_{50}$ %
	Мм	Дм	$\sigma_{0.2}$ Н/мм <sup>2</sup>	ksi	$\sigma_{0.1}$ Н/мм <sup>2</sup>	ksi	$\sigma_B$ Н/мм <sup>2</sup>	ksi	
Обработанный на твердый раствор	≤10	≤4	210	30,4	250	36,2	550	79,7	35
Стабилизированный	≤10	≤4	300	43,5	360	52,2	620	89,9	25

**ISO - V ударная вязкость образца с надрезом**

Среднее значение при комнатной температуре:

> 137 Дж/см<sup>2</sup>

### Характер структуры

Nicrofer 5020 hMo имеет гранецентрированную кубическую решетку. Благодаря молибдену и азоту улучшаются механические свойства путем упрочнения твердого раствора никель-хром матрицы.

### Коррозионная стойкость

Nicrofer 5020 hMo имеет отличную коррозионную стойкость по отношению к большому числу сред:

- замечательная стойкость против точечной и щелевой коррозии в хлорсодержащих средах и нечувствительность к эрозионной и межкристаллической коррозии
- практический иммунитет к вызванному хлоридами коррозионному растрескиванию
- высокая стойкость против подверженности коррозии под воздействием минеральных кислот, таких как азотная, фосфорная, серная и соляная; также под воздействием щелочей и органических кислот, а также в окислительных и восстановительных условиях
- неподверженность коррозии в морской и промышленной атмосфере; высокая стойкость против морской и солоноватой воды, также при повышенных температурах
- хорошая стойкость против науглероживания и образования окалина в статических и переменных условиях

Оптимальная коррозионная стойкость достигается лишь тогда, когда материал применяется в чистом состоянии.

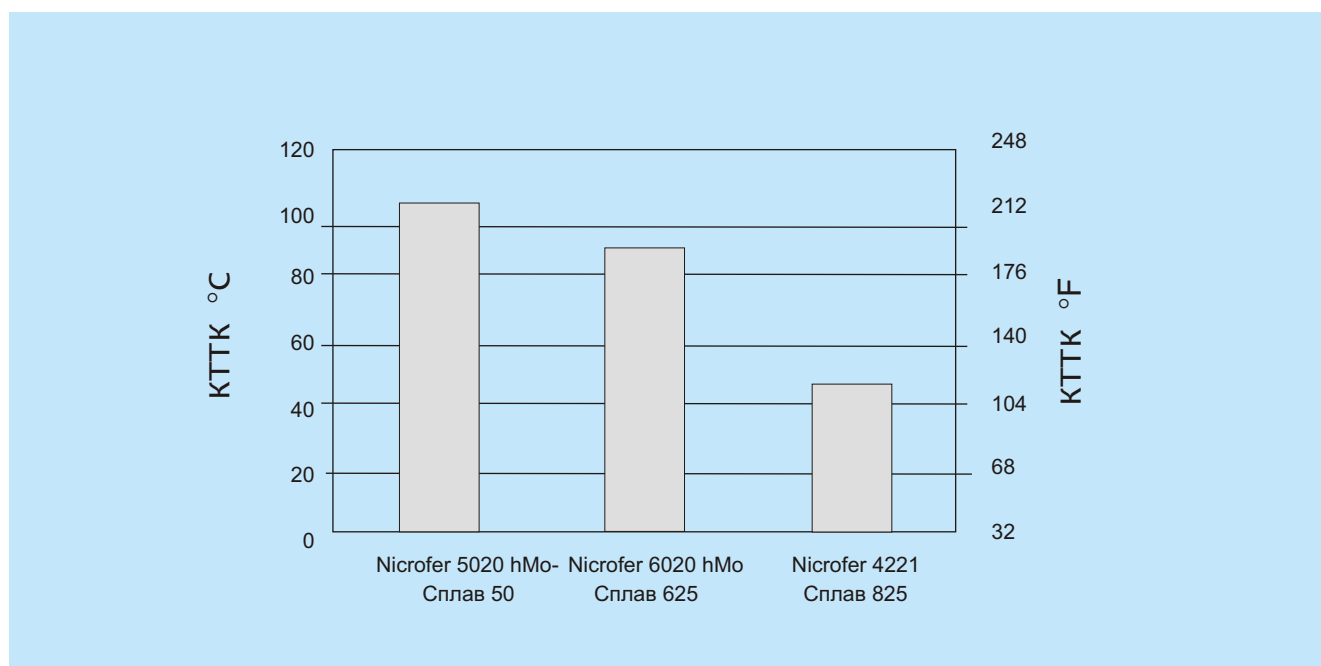
### Области применения

Отожженный, низкоуглеродистый сплав Nicrofer 5020 hMo подходит для применения в химических промышленных процессах, так как хорошая коррозионная стойкость допускает также тончайшие детали конструкции.

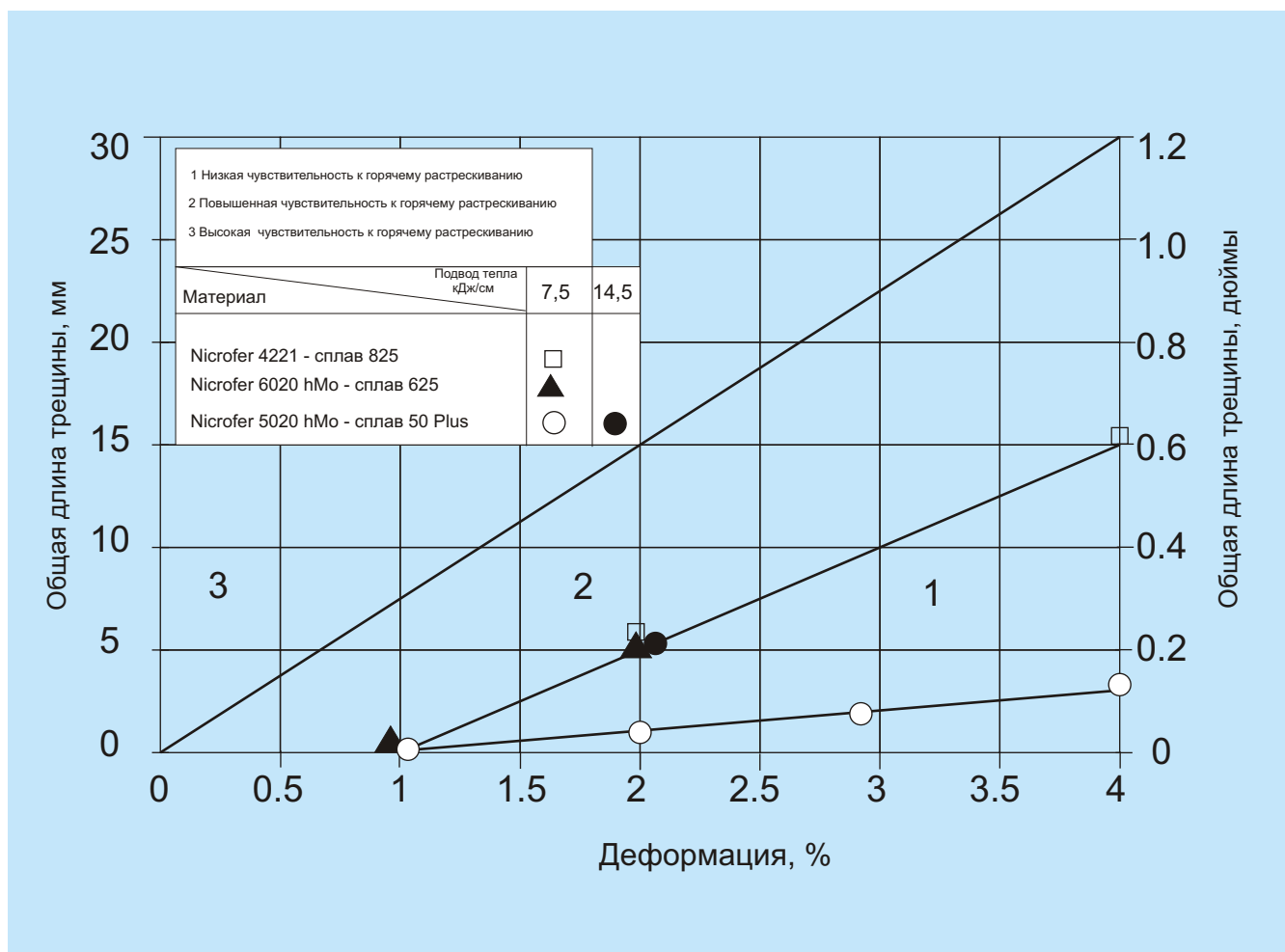
К тому же Nicrofer 5020 hMo можно применять для деталей, имеющих контакт с морской водой с одновременно высокими требованиями к прочности.

Типичными являются следующие области применения:

- материал для сварки Nicrofer S 5020 в прибрежной промышленности: например, для сварки соединения стале 6-Mo, дуплексных и супердуплексных сталей
- материал для сварки Nicrofer S 5020 в прибрежной промышленности: например для наплавки плакирующего слоя фланцев
- материал для сварки Nicrofer S 5020 для строительства установок: например, для наплавки плакирующего слоя труб бойлеров в установках для сжигания мусора
- прибрежная и морская техника



**Рис. 2** - Критические температуры точечной коррозии (КТТК) для различных материалов в сравнении с Nicrofer 5020 hMo после контроля в растворе «Зеленая смерть».



**Рис.2** - Стойкость против растрескивания в горячем виде сплава *Nicrofer 5020 hMo* в сравнении с *Nicrofer 6020 hMo* и *Nicrofer 4221*.

### Обработка и термическая обработка

Nicrofer 5020 hMo легко поддается горячей и холодной обработке, а также резанию. Для всех обработок требуются все таки машины, принимающие в расчет высокие механические свойства.

Материал для сварки Nicrofer S 5020 проверен в сварке неплавящимся электродом; он проявляет по сравнению с другими никелевыми базовыми материалами отличную стойкость к горячему растрескиванию (см. рис.2). Проверка характеристики горячего растрескивания проходила в виде модифицированного теста MVT. При этом образец наплавляется в определенных условиях выше участка пути форсунки для сварки ДСПЭ и во время этого процесса механически изогнут. Общая длина видимых на поверхности при 25-кратном увеличении трещин будет затем определена в зависимости от имеющегося удлинения от изгиба и служит мерой чувствительности к растрескиванию в горячем состоянии (т.е. маленькая длина трещин соответствует минимальной чувствительности к растрескиванию в горячем виде). Важным является то, чтобы обрабатываемые изделия до и во время термообработки оставались чистыми и свободными от каких-либо примесей.

Сера, фосфор, свинец и другие низкоплавкие металлы могут при термообработке Nicrofer 5020 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 менее 0,1% серы. Подходит также жидкое топливо с минимально 0,5%-содержанием.

Электроды желательны ввиду точной подачи температуры и свободы от загрязнений.

Можно использовать и газовые печи, если поддерживается низкое содержание загрязнений.

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 5020 hMo должен подвергаться горячей обработке давлением в области температур между 1170 и 900°C (2138 - 1650 °F) с последующим быстрым охлаждением в воде или на воздухе.

Для нагрева обрабатываемые изделия помещают в печь, уже разогретую до максимальной температуры обработки. После установления температуры, материал следует выдержать прим. 60 минут на 100 мм толщины. Деформацию следует начинать незамедлительно, при чем при достижении 950°C (1740 °F) требуется повторный подогрев.

#### Холодная обработка давлением

Nicrofer 5020 hMo имеет немного более высокий наклеп чем аустенитные нержавеющие стали. При выборе устройств для деформирования это следует учитывать, и обрабатываемое изделие следует предоставить в отожженном состоянии. При сильных обжатиях необходимы промежуточные отжиги.

При обжатии свыше 15% требуется в заключении диффузионный или стабилизирующий отжиг.

### Термообработка

Nicrofer 5020 hMo используется в состоянии обработки на твердый раствор или в отожженном состоянии.

Обработка на твердый раствор должна проводиться при температурах от 1160 до 1200°C (2120 - 2192 °F).

Стабилизирующий отжиг должен проводиться при температурах от 950 до 1050°C (1740 - 1992 °F), предпочтительно 980°C (1795 °F).

Стабилизирующий отжиг в температурном интервале >900°C (1650°F) - 1100°C (2010°F) используется для улучшения коррозионной стойкости против межкристаллической коррозии, особенно в сварных соединениях при их использовании во влажных условиях. Стабилизирующий отжиг приводит к собиранию мелких карбидных выделений в небольшие по численности, крупные и достаточно глобулярные узлы, которые обладают меньшим неблагоприятным влиянием на сопротивление влажной коррозии, чем мелкодисперсные карбиды, расположенные почти полностью на границах зерен. Термообработка также удаляет все первоначальные дефекты холодной обработки давлением, которые приводят к ускорению выделения карбидов при неблагоприятных температурных обработках или условиях эксплуатации. Более высокое содержание углерода и лигирующих элементов (Ni, Cr, Mo) в нержавеющих сталях приводит к выделению карбидов.

Более того, для снижения обеднения хромом в сталь зачастую добавляются титан или ниобий. Данные элементы присоединяют углерод с образованием карбидов титана или ниобия в матрице, а не вдоль границ зерен, таким образом предотвращая любую опасность возникновения коррозионного разрушения.

Стабилизирующий отжиг подобен смягчающему, но в сравнении с последним не приводит к рекристаллизации зеренной структуры.

Закалка в жидкости или ускоренное охлаждение на воздухе рекомендуются (и является необходимой) для достижения максимальных значений коррозионной стойкости.

Материал следует класть в печь, уже разогретую до необходимой температуры.

Отжиги с низким напряжением производятся при температурах до 870°C.

При каждой термообработке следует соблюдать выше названные требования к чистоте.

#### Удаление окалины

Окиси сплава Nicrofer 5020 hMo и цвета побежалости в области сварных швов проявляются прочнее чем у нержавеющих сталей. Рекомендуется шлифование очень мелкими абразивными лентами или шлифовальными кругами. Следует избегать цвета побежалости.

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

#### Механическая обработка

Nicrofer 5020 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

## Технические указания по сварке

При сварке никелевых сплавов следует учитывать нижеприведенные указания.

### Рабочее место

Предусмотреть отдельно устроенное 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

Использовать инструмент исключительно для никелевых сплавов, щетки из нержавеющей стали. Перерабатывающие и обрабатывающие станки, такие как ножницы, тиски или валики следует так оборудовать (войлок, картон, пластик), чтобы по этой причине исключить частички железа, которые могут вдавливаются в поверхность материала и, в конечном счете, привести к коррозии.

### Очистка

Очистка основного материала в области шва (с двух сторон) и присадки для сварки (напр., сварочный пруток) должна производиться ацетоном.

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

### Подготовка кромок

Подготовка сварного шва производится преимущественно механическим путем обточкой, фрезерованием или строганием. Возможна также плазменная резка. Однако в этом случае кант среза (кромка разделки шва) должен быть аккуратно доработан. Допускается осторожное шлифование без перегрева.

### Угол раскрытия кромок

Отличие физической характеристики никелевых сплавов и специальных высококачественных сталей проявляется в сравнении с углеродистой сталью, в меньшей теплопроводности и более высоком тепловом расширении. Эту характеристику следует учитывать среди прочего посредством большего зазора основы ( $2 \pm 0,5$  мм), в то время как по причине вязкости расплавленного металла следует работать с большим углом раскрытия кромок ( $60$  до  $70^\circ$ ) отдельных стыковых соединений, чтобы противодействовать выраженным усадочным свойствам.

### Сварочная дуга

Сварочную дугу можно направлять только в область шва, например, на кромки разделки шва или на концевую планку, но не на поверхности конструктивного элемента. Места контакта со сварочной дугой являются местами, на которых прежде всего может проявиться коррозия.

## Способы сварки

Материал Nicrofer 5020 hMo можно сваривать следующими способами сварки: сварка неплавящимся, плавящимся электродом, разогретым электродом, плазменная, в активном газе, под флюсом и электродуговая сварка. Например, для сварки в защитном газе необходимо использовать защитный газ Cronigon He 30S или Argomon-Ni.

Для сварки Nicrofer 5020 hMo должен находиться в отожженном состоянии и очищен от окалины, грязи и краски. При сваривании основы должна соблюдаться аккуратность, для получения наилучшего качества соединения. Необходимо использовать аргон высокой чистоты (99.99), чтобы в сварном шве не было окислов после процесса сварки. Цвета побежалости должны быть удалены щеткой, изготовленной нержавеющей проволокой, пока металл находится в горячем состоянии. Защитный газ для ДСПЭ и плазменной сварки должен быть смесью аргона и водорода (аргон + макс. 3% водорода).

## Наплавочные материалы

Рекомендуется следующий материал для сварки в среде защитного газа

Электроды без покрытия:

	Nicrofer S 5020-FM 50
оп.№ 2.4849	
	SG-NiCr20Fe14Mo11WN
"Электроды с покрытием	оп.№ 2.4848
	EL-NiCr20 Fe14Mo11WN

## Параметры сварки и ее влияние

(подача тепла)

Свариваемость сплава Nicrofer 5020 hMo характеризуется горячим растрескиванием. Проверка характеристики горячего растрескивания проходила в виде модифицированного теста MVT. При этом образец наплавляется в определенных условиях выше участка пути форсункой для сварки ДСПЭ и во время этого процесса механически изогнут. Общая длина видимых на поверхности при 25-кратном увеличении трещин будет затем определена в зависимости от имеющегося удлинения от изгиба и служит мерой чувствительности к растрескиванию в горячем состоянии (т.е. маленькая длина трещин соответствует минимальной чувствительности к растрескиванию в горячем виде).

Следует заботиться о том, чтобы работа проводилась с направленным вводом тепла и минимальной подачей тепла. Температура прослоек не должна превышать  $150^\circ\text{C}$  ( $300^\circ\text{F}$ ). 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



**Послесварочная обработка**

(очистка, травление и термообработка)

Очистка с помощью щетки из нержавеющей стали, непосредственно после сваривания, то есть пока металл горячий, способствует удалению цветов побежалости образовавшихся в результате нагрева, и создает желаемую поверхность без дополнительного травления.

Однако, травление, если оно требуется или предписывается, является в общей сложности последней операцией выполняемой после сваривания. Следует также обратиться к информации изложенной в графе «Снятие окалины и травление».

**Готовность к использованию**

Nicrofer 5020 hMo подлежит доставке в следующих стандартных полуфабрикатных формах.

**Проволока**

Состояние поставки:

Светлотяннутая,  $\frac{1}{4}$  жесткости до жесткой, со светлым отжигом

Размеры:

0,01 12,7 мм диаметр (0,0004 - 0,47 дм.),  
в бухтах, в пачках, на катушках и таганах

**Материалы сварки**

Сварочные прутки, электроды, проволочные и полосовые, а также фитильные электроды поставляются во всех стандартных размерах.

*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.*

*Так как описания материалов не подлежат автоматической замене, поэтому рекомендуется в случае необходимости запрашивать актуальное издание описания материала по телефону +49 (0) 23 92 55 2493, по факсу +49 (0) 23 92 55 2211 или по e-mail: [vdm@thyssenkruppvdm.com](mailto:vdm@thyssenkruppvdm.com)*

*Издание август 2002 г.*

*Самые актуальные описания материалов и печатные издания имеются также в Интернете на странице [www.thyssenkruppvdm.com](http://www.thyssenkruppvdm.com)*