

Nicrofer[®] 4722 Co - сплав X

Описание материала № 4016
Издание ноябрь 1990

Жаропрочный сплав

Nicrofer[®] 4722 Co - сплав X

Nicrofer[®] 4722 Co - сплав X

сплав X

Nicrofer[®] 4722 Co - сплав X

Nicrofer[®] 4722 Co - сплав X

Nicrofer

A company of
ThyssenKrupp
Stainless

ThyssenKrupp VDM



ThyssenKrupp VDM

Nicrofer 4722 Co - сплав X

Жаростойкий сплав Nicrofer 4722 Co является сплавом с упрочняющейся матрицей никель-хром-молибден с добавлением кобальта и вольфрама.

Nicrofer 4722 Co характеризуется:

- отличной устойчивостью к окислению при температуре до 1200°C (2190 °F).
- прочность при воздействии высоких температур
- хорошая способность к деформации и сварке
- хорошая стойкость к коррозионному растрескиванию

Таблица 1 - наименование и стандарты

| Страна Станд | Описание материала | Спецификация | | | | | | | |
|---|-------------------------------|--------------|----------------|---------------------|----------------|----------------|----------------|-----------|-----------------|
| | | Хим. состав | Трубы | | Лист | Брусok | Лента | Проволока | Кованые изделия |
| | | | бесшовные | сварные | | | | | |
| Германия DIN WL | Опис.№2.4650 NiCr 22Fe18Mo | | | | Часть 1 | Часть 2 | Часть 1 | Часть 3 | Часть 2 |
| Франция AFNOR | NCK 22 FeD | | | | AIR 9165 | AIR 9165 | | | AIR 9165 |
| Великобр. BS | | | | | HR 204 | HR 6 | HR 204 | | HR 6 |
| США ASTM ASME Code case ASME AMS | UNS N06002 | | B 622 | B 619, 626 | B 435 | B 572 | B 435 | | |
| ISO | NiCr21Fe18Mo9 | | SB 622 5587 | SB 619, 626 5588 | SB 435 5536 | SB 572 5754 | SB 435 5536 | 5798 | 5754 |

¹⁾ только LC-Ni 99.2

Таблица 2 - Химический состав (% по массе)

| | Ni | Cr | Fe | C | Mn | Si | Co | Mo | W | Al | P | S | B |
|-----|--------|------|------|------|------|------|-----|------|-----|-------|--------|-------|--------|
| min | основа | 20,5 | 17,0 | 0,05 | | | 0,5 | 8,0 | 0,2 | | | | |
| max | | 23,5 | 20,0 | 0,15 | ≥1,0 | ≥1,0 | 2,5 | 10,0 | 1,0 | ≥0,10 | ≥0,015 | ≥0,01 | ≥0,005 |

Таблица 3 - Типичные физические свойства при комнатной и повышенных температурах:

| | | |
|------------------------|-----------------------|----------------------------|
| Плотность | 8,3 г/см ³ | 0.30 фунт/дм. ³ |
| Область плавления | 1260-1355 °C | 23 ⁰ 0-2470 °F |
| Проницаемость при 20°C | <1,002 | |

| Температура (Т) | | Удельная теплоемкость | | Теплопроводность | | Электрическое сопротивление | | Модуль упругости | | Коэффициент расширения от 20°C до Т | |
|-----------------|------|-----------------------|-----------|------------------|--|-----------------------------|---|---------------------------------|---------------------|-------------------------------------|----------------------|
| °C | °F | Дж/кг К | Btu/lb °F | Вт/м К | $\frac{\text{Btu in.}}{\text{Ft h } ^\circ\text{F}}$ | $\mu\Omega \text{ м}$ | $\frac{\Omega \text{ circ mil}}{\text{ft}}$ | $\frac{\text{кН}}{\text{мм}^2}$ | 10 ³ ksi | 10 ⁻⁶ /К | 10 ⁻⁴ /°F |
| 0 | 32 | | | | | | | | | | |
| 20 | 68 | 435 | 0.102 | 11,3 | 78 | 115 | 692 | 205 | 29.7 | | |
| 93 | 200 | | 0.105 | | 87 | | 704 | | 29.1 | | 7.5 |
| 100 | 212 | 440 | | 12,7 | | 117 | | 201 | | 13,6 | |
| 200 | 392 | 460 | | 14,5 | | 119 | 716 | 195 | | 13,9 | |
| 204 | 400 | | 0.110 | | 101 | | 731 | | 28.1 | | 7.7 |
| 300 | 572 | 485 | | 16,2 | | 121 | | 189 | | 14,3 | |
| 316 | 600 | | 0.117 | | 114 | | 743 | | 27.3 | | 8.0 |
| 400 | 752 | 510 | | 17,9 | | 123 | | 182 | | 14,6 | |
| 427 | 800 | | 0.123 | | 127 | | 758 | | 26.1 | | 8.2 |
| 500 | 932 | 540 | | 19,5 | | 125 | | 176 | | 14,9 | |
| 538 | 1000 | | 0.131 | | 139 | | 758 | | 25.1 | | 8.4 |
| 600 | 1112 | 570 | | 21,2 | | 127 | | 168 | | 15,2 | |
| 649 | 1200 | | 0.140 | | 153 | | 758 | | 23.8 | | 8.6 |
| 700 | 1292 | 605 | | 22,8 | | 127 | | 161 | | 15,6 | |
| 760 | 1400 | | 0.148 | | 166 | | 758 | | 22.6 | | 8.8 |
| 800 | 1472 | 640 | | 24,6 | | 127 | | 153 | | 15,9 | |
| 871 | 1600 | | 0.159 | | 180 | | 770 | | 21.3 | | 9.0 |
| 900 | 1653 | 675 | | 26,4 | | 128 | | 145 | | 16,3 | |
| 982 | 1800 | | 0.170 | | 193 | | 776 | | 29.7 | | 9.2 |
| 1000 | 1832 | 715 | | 28,2 | | 129 | | 135 | | 16,7 | |

Механические свойства

Следующие механические свойства действительны для Nicrofer 4722 Co в состоянии после диффузного отжига и в указанных пределах параметров.

Для больших параметров свойства следует согласовывать дополнительно.

Таблица 4 - Механические свойства при комнатной температуре, минимальные значения согласно ASTM, AMS и BS.

| Форма | Параметры мм | Прочность на разрыв | | Предел прочности при растяжении 0,2% | | Предел прочности при растяжении 1% | | Пределное удлинение δ_{50} % | Твердость по Бринеллю НВ |
|-------------|-----------------|---------------------|-----|--------------------------------------|-----|-------------------------------------|-----|--|-----------------------------|
| | | Н/мм ² | Ksi | $\sigma_{0,2}$ Н/мм ² | Ksi | $\sigma_{1,0}$ Н/мм ² | Ksi | | |
| лист, лента | ≤ 4,75 | 725 | 105 | 310 | - | | | 30 | - |
| Плита | > 4,75 | 690 | 100 | 275 | - | | | | - |
| труба | ≤ 90 | 690 | 100 | 275 | - | | | 35 | - |
| Пруток | ≤ 100 | 660 | 95 | 240 | - | | | | - |

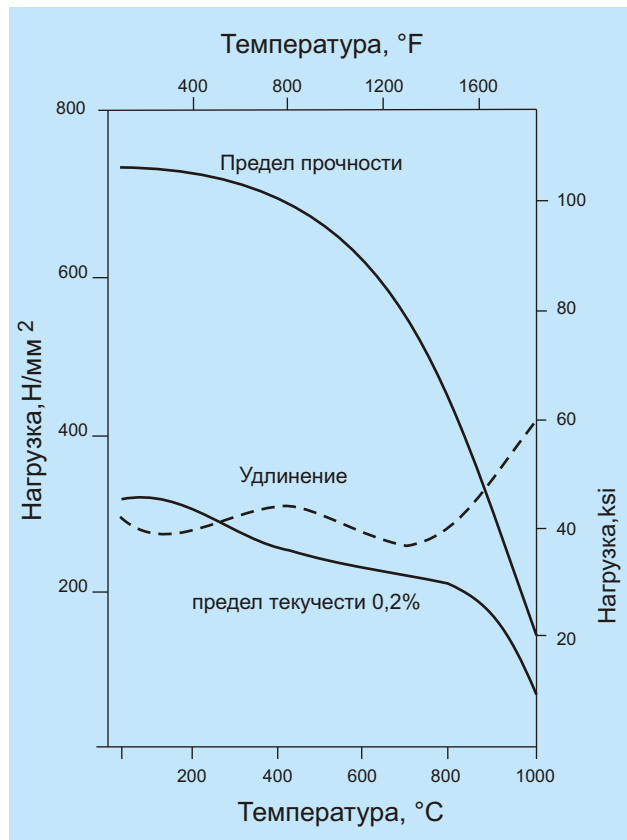


Рис.1 - Типичные кратковременные механические свойства при комнатной и повышенной температуре.

Испытание на длительную прочность (по WL 2.4556 и HR 204)

| | |
|---------------------------|-----------------------|
| Испытательная температура | 815°C (1500°F) |
| Нагрузка | 110 Н/мм ² |
| Время нагрузки | мин 23 часа |
| Удлинение | мин 8 % |

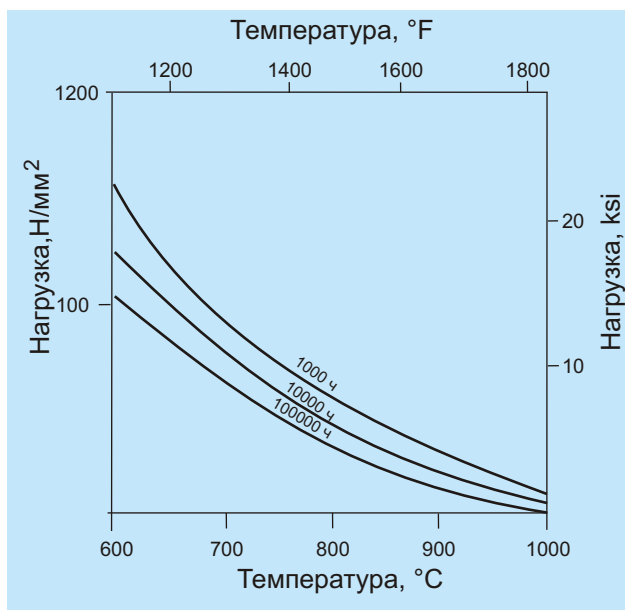


Рис.2 - Усталостная прочность Nicrofer 4722 Co после диффузионного отжига.

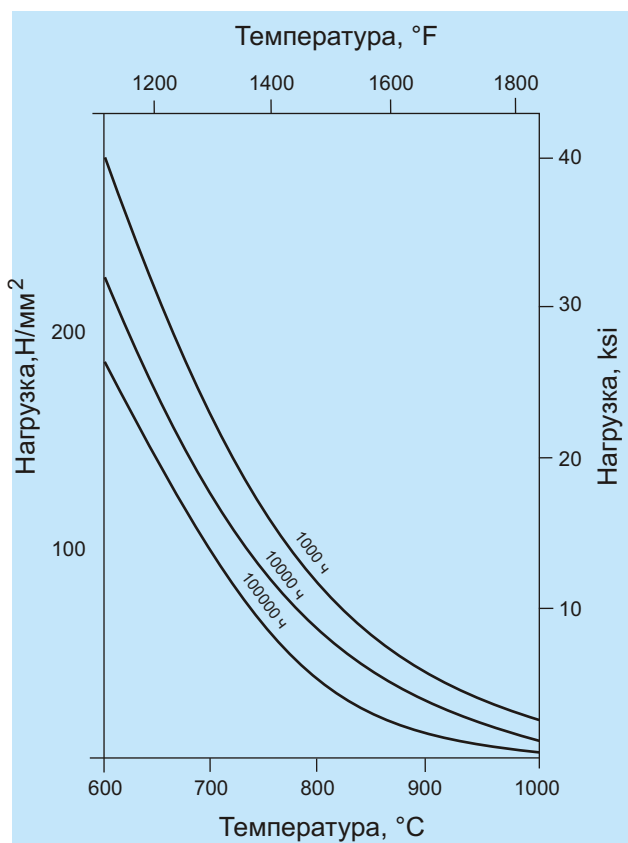


Рис.3 - Типичные 1%-пределы усталости при удлинении Nicrofer 4722 Co после диффузионного отжига.

Таблица 5 - Максимально допустимая прочность на разрыв согласно ASME Pressure Vessel Code UNF- 233, SB 435...

| Температура | | Максимально допустимая нагрузка | | | |
|-------------|------|---------------------------------|-------|------|------|
| °C | °F | Н/мм ² | | Ksi | |
| | | 1) | 1) 2) | 1) | 2) |
| | 100 | | | 23.3 | 23.3 |
| | 200 | | | 20.9 | 23.3 |
| 100 | | 143 | 161 | | |
| | 300 | | | 19.2 | 23.3 |
| 200 | | 124 | 158 | | |
| | 400 | | | 17.8 | 22.9 |
| | 500 | | | 16.5 | 22.3 |
| 300 | | 109 | 148 | | |
| | 600 | | | 15.6 | 21.1 |
| | 700 | | | 15.0 | 20.3 |
| 400 | | 102 | 138 | | |
| | 800 | | | 14.7 | 19.8 |
| | 900 | | | 14.5 | 19.6 |
| 500 | | 100 | 135 | | |
| | 1000 | | | 14.3 | 19.3 |
| | 1100 | | | 14.2 | 17.5 |
| 600 | | 97 | 117 | | |
| | 1200 | | | 11.6 | 11.3 |
| 700 | | 55 | 55 | | |
| | 1300 | | | 7.7 | 7.7 |
| | 1400 | | | 4.8 | 4.8 |
| 800 | | 25 | 25 | | |
| | 1500 | | | 3.0 | 3.0 |
| | 1600 | | | 1.7 | 1.7 |
| 900 | 1650 | 8,3 | 8,3 | 1.2 | 1.2 |

Более высокие «относительные» значения прочности на разрыв до 90% предела прочности при растяжении при указанных температурах могут быть использованы, если есть возможность допустить слабое обжатие.

Продолжительное растяжение может привести к изменениям размеров и не рекомендуется, например, при фланцевании и уплотнении.

Характер структуры

Nicrofer 4722 Co имеет кубическую гранцентрированную решетку. Отличные механические свойства при высоких температурах основываются на твердофазном упрочнении первичных и вторичных карбидов. Сплав поддается дисперсионному упрочнению.

Коррозионная стойкость

Nicrofer 4722 Co проявляет отличную стойкость к окислению до 1200°C - 1000°C (2190°F - 1830°F) и может применяться как в нейтральной так и восстановительной атмосфере. Nicrofer 4722 Co также устойчив в цементирующей и азотирующей атмосфере.

Сферы применения

Ввиду коррозионной устойчивости в различных атмосферах и отличной усталостной прочности Nicrofer 4722 Co находит широкое применение в области высоких температур.

Типичные области применения:

- компоненты в промышленных и летательных газовых турбинах (камеры горения, раковины, футляры)
- строительство промышленных печей, печные блоки, решетка, сотканые ленточные конвейеры, гидромониторы
- выводы в нефтехимических установках
- компоненты для ядерных высокотемпературных реакторов с газовыми охладителями.

Обработка и термическая обработка

Nicrofer 4722 Co хорошо поддается горячей и холодной обработке давлением, может обрабатываться режущим способом и поддается дуговой сварке с неплавящимся или плавящимся электродом.

Нагрев

Важным является то, чтобы обрабатываемые изделия оставались до и во время термообработки чистыми и свободными от каких-либо примесей. Сера, фосфор, свинец и другие легкоплавкие металлы могут при термообработке привести к повреждению Nicrofer 4722 Co. 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 по массе. Жидкое топливо с содержанием максимум 0,5% по массе также подходит.

Электропечи желательны ввиду точного температурного режима и свободы от примесей.

Печи, нагреваемые газом, годны к применению, если содержание примесей поддерживается на низком уровне.

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

Nicrofer 4722 Co можно подвергнуть горячей обработке давлением в области температур между 1200 - 1000°C (2190°F - 1830°F) с быстрым охлаждением в воде или на воздухе в конце.

Для разогрева обрабатываемые изделия следует поместить в уже разогретую до заданной величины печь.

Диффузионный отжиг после горячей обработки давлением рекомендуется для достижения оптимальных длительных свойств.

Холодная обработка давлением

Nicrofer 4722 Co имеет более высокий наклеп чем аустенитные нержавеющие стали. При выборе устройств деформации следует это учитывать и обрабатываемое изделие должно быть представлено в состоянии после диффузионного отжига. При сильных холодных обработках давлением необходимы промежуточные отжиги.

При холодной обработке давлением свыше 10% - при рабочих температурах свыше 900°C (1600°F) уже свыше 5% - следует проводить повторную термообработку.

Термообработка

Диффузный отжиг должен происходить от 1160 до 1190°C, предпочтительно до примерно 1175°C (2150°F).

Для достижения оптимальных длительных свойств следует ускоренно охлаждать водой. При толщинах ниже прим. 1,5 мм также может происходить быстрое охлаждение воздухом.

Отжиги, снимающие напряжение, производят при температуре примерно 810°C.

При каждой термообработке следует соблюдать выше названные требования к чистоте.

Удаление окалины

Окиси Nicrofer 4722 Co и цвета побежалости в области сварных швов схватываются прочнее, чем у нержавеющих сталей. Рекомендуется шлифование очень мелкими абразивными лентами или шлифовальными кругами.

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

Режущая обработка

Nicrofer 4722 Co предпочтительно обрабатывать в отожженном состоянии. Так как сплав склонен к наклепу, следует пользоваться низкой скоростью резания и режущий инструмент должен постоянно оставаться в действии.

Важна достаточная глубина резания, чтобы резать возникшую прежде нагарованную зону.

Сварка

Nicrofer 4722 Co может подвергаться сварке всеми традиционными способами, такими как дуговая сварка неплавящимся электродом, плавящимся электродом и дуговая сварка стержневыми электродами с покрытием. При газозащитной сварке рекомендуется применение импульсной техники.

Для сварки следует предоставить материал в состоянии после диффузионного отжига и свободный от окалины, смазки и маркировок.

Зону в 25 мм (1 дюйм) с двух сторон от шва следует отшлифовать до металлического блеска. Во время сварки условием является педантичная аккуратность.

Следует обращать внимание на минимальную подачу и быстрый отвод тепла. Температура прослоек не должна превышать 100°C.

Не требуется ни предварительный подогрев ни дополнительная термообработка.

Рекомендуется следующие материалы для сварки: сварка неплавящимся электродом, сварка плавящимся электродом

Nicrofer S 4722 опис. № 2.4613
SG-NiCr21Fe18Mo

Готовность к использованию

Nicrofer 4722 CoTi подлежит доставке в следующих стандартных полуфабрикатных формах.

Листы

(ленточные листы см. в разделе лент)

Состояние поставки:

Горячая или холодная прокатка (х/к, г/к), после диффузионного отжига и травления

| Толщина мм | | Ширина* | Длина* |
|---------------|-----|---------|--------|
| мм | | мм | мм |
| 1,20 < 1,50 | х/к | 2000 | 6000 |
| ≥ 1,50 < 6,0 | х/к | 2400 | 6000 |
| ≥ 6,0 < 10,0 | х/к | 2400 | 8000 |
| ≥ 6,0 < 10,0 | г/к | 2400 | 8000 |
| ≥ 10,0 < 20,0 | г/к | 2400 | 5000** |
| ≥ 20* | г/к | - | - |

| Толщина дюймы | | Ширина* | Длина* |
|------------------|-----|---------|--------|
| дюймы | | дюймы | дюймы |
| 0.047 < 0,060 | х/к | 80 | 240 |
| ≥ 0,060 < 1/4 | х/к | 96 | 320 |
| ≥ 1/4 < 3/8 | х/к | 96 | 320 |
| ≥ 1/4 < 3/8 | г/к | 96 | 320 |
| ≥ 3/8 < 3/4 | г/к | 96 | 200** |
| ≥ 20* | г/к | - | - |

* другие размеры по запросу

** 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 | ≤ 4000 | ≤ 200 | ≤ 2000 | - |
| Бухта | ≤ 3000 | ≤ 200 | ≤ 2500 | по запросу |
| | Фунты | Дюймы | Дюймы | Дюймы |
| Рулон | ≤ 8800 | ≤ 12 | ≤ 80 | - |
| Бухта | ≤ 6600 | ≤ 8 | ≤ 100 | по запросу |

* другие размеры по запросу

Прутки, полоса

Состояние поставки:

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

| Продукт | | Кованные* мм | Вальцованные* мм | Волоченные* мм |
|----------------|-------|-----------------|---------------------|-------------------|
| Круглый | Ø | ≤ 200 | 15-75 | 12-65 |
| Квадратный | a | 40-300 | 15-100 | 12-65 |
| Плоский | a x b | 40-80 | 5-20 | 10-20 |
| | | x 200-600 | x 120-600 | x 30-80 |
| Гексагональный | S | 40-80 | 13-50 | 12-60 |
| | | Дюймы | Дюймы | Дюймы |
| Круглый | Ø | ≤ 8 | 5/8 - 3 | ½ - 2 ½ |
| Квадратный | a | 1 5/8 - 12 | 5/8 - 4 | ½ - 2 ½ |
| Плоский | a x b | 1 5/8 - 3 1/8 | 3/16 - 3/4 | 3/8 - 3/4 |
| | | x 8 - 24 | x 5 - 24 | x 1 ½ - 3 1/8 |
| Гексагональный | S | 1 5/8 - 3 1/8 | ½ - 2 | ½ - 2 3/8 |

* другие размеры по запросу

Кованные изделия

Другие формы, кроме круглых заготовок, бухт и брусков -
По запросу.

Лента*

Состояние поставки:

Холоднокатаные,
после диффузионного отжига и травленные или со
светлым отжигом**

| Толщина мм | Ширина мм | Мотки внутрен. Ø мм | | | | |
|---------------|--------------|------------------------|-----|-----|-----|-----|
| 0,04 ≤ 0,10 | 30-120 | 100 | 300 | | | |
| > 0,10 ≤ 0,20 | 4-200 | | 300 | 400 | | |
| > 0,20 ≤ 0,25 | 4-400 | | 300 | 400 | | |
| > 0,25 ≤ 0,60 | 5-635 | | 300 | 400 | | |
| > 0,60 ≤ 1,0 | 8-635 | | | 400 | 500 | |
| > 1,0 ≤ 2,0 | 15-635 | | | 400 | 500 | 600 |
| > 2,0 -3,0 | 25-635 | | | 400 | 500 | 600 |

| Толщина мм | Ширина мм | Мотки внутрен. Ø мм | | | | |
|-----------------|--------------|------------------------|----|----|----|----|
| 0.0016 ≤ 0,004 | 1.2 - 5 | 4 | 12 | | | |
| > 0,004 ≤ 0,008 | 0.16 - 8 | | 12 | 16 | | |
| > 0,008 ≤ 0,010 | 0.16 - 16 | | 12 | 16 | | |
| > 0,010 ≤ 0,024 | 0.20 - 25 | | 12 | 16 | | |
| > 0,024 ≤ 0.04 | 0.32 - 25 | | | 16 | 20 | |
| > 0,04 ≤ 0,08 | 0.60 - 25 | | | 16 | 20 | 24 |
| > 0,08 -0,12 | 1.0 - 25 | | | 16 | 20 | 24 |

* листы длиной от 500 до 3000 мм, отделенные от рулонов

** максимальная толщина 3,0 мм

Проволока

Состояние поставки:

Чистотянутая, с ¼ жесткости до жесткой, со светлым отжигом

Размеры:

0,01 - 12,7 мм диаметр, в бухтах, в пачках, на катушках и
таганах**Сварочный материал**Сварочные прутки, электроды и проволочные электроды
могут поставляться по всем стандартным измерениям.