ООО НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР
«САМАРА»

Особенности выбора высоколегированных сталей для технологического оборудования процессов нефтегазодобычи

Петров Сергей Степанович
Начальник аналитического отдела, к.ф-м.н.

ООО НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР «САМАРА»

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Коррозионностойкие материалы: металлические и неметаллические материалы, способные противостоять разрушительному действию агрессивных сред.

Розенфельд И. Л. «Коррозия и защита металлов»

Коррозионно-стойкие стали и сплавы: Стали и сплавы, обладающие стойкостью против электрохимической и химической коррозии (атмосферной, почвенной, щелочной, кислотной, солевой), межкристаллитной коррозии, коррозии под напряжением и др.

ГОСТ 5632 «Легированные нержавеющие стали и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные»

Под стойкостью материала понимают его способность сопротивляться коррозии в конкретной среде или в группе сред. ***Материал, стойкий в одной среде, может интенсивно разрушаться в другой.***

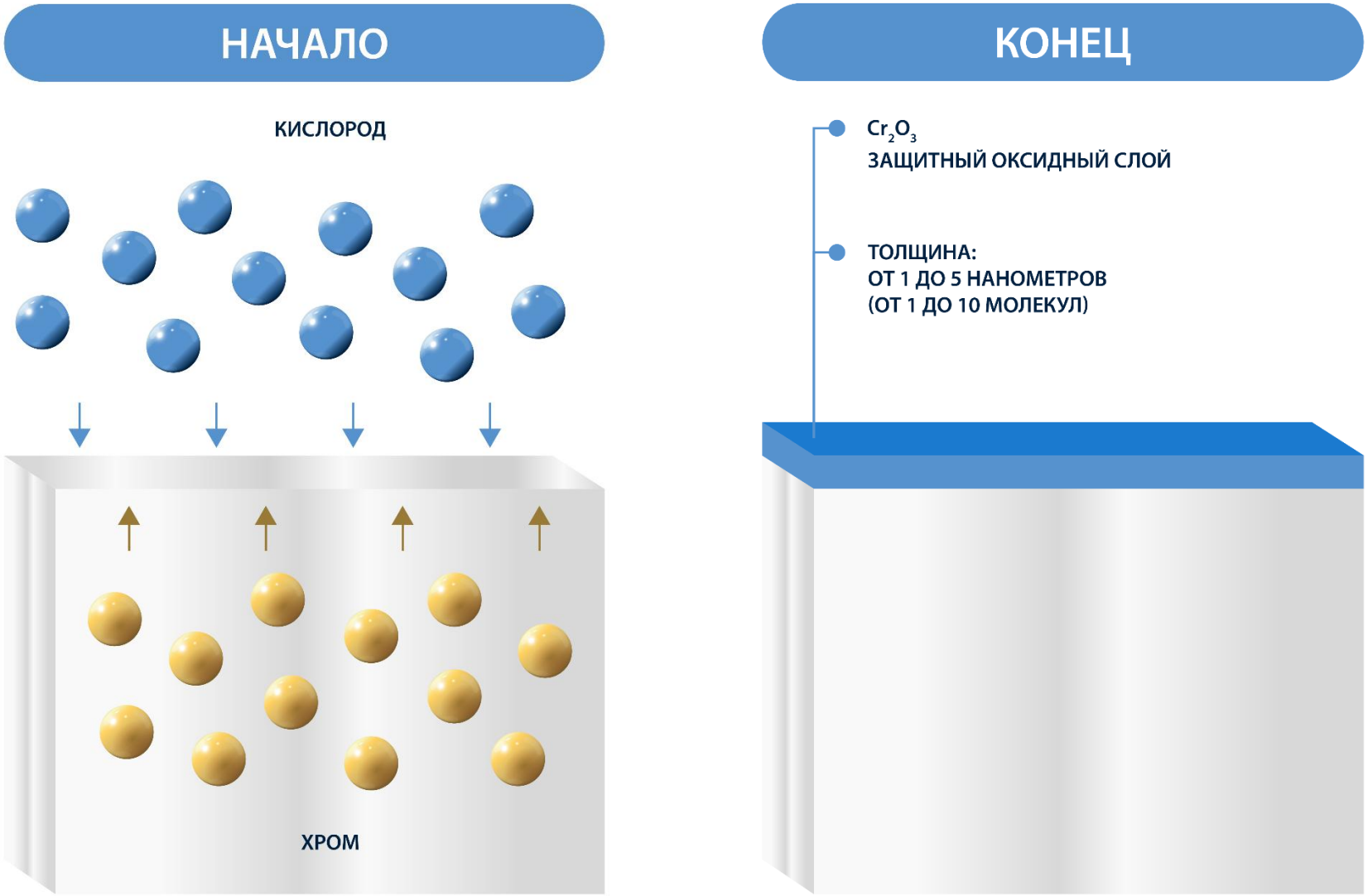
НПЦ САМАРА
ООО НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР «САМАРА»

Шкала оценки коррозионной стойкости металлов (ГОСТ 5272-50)

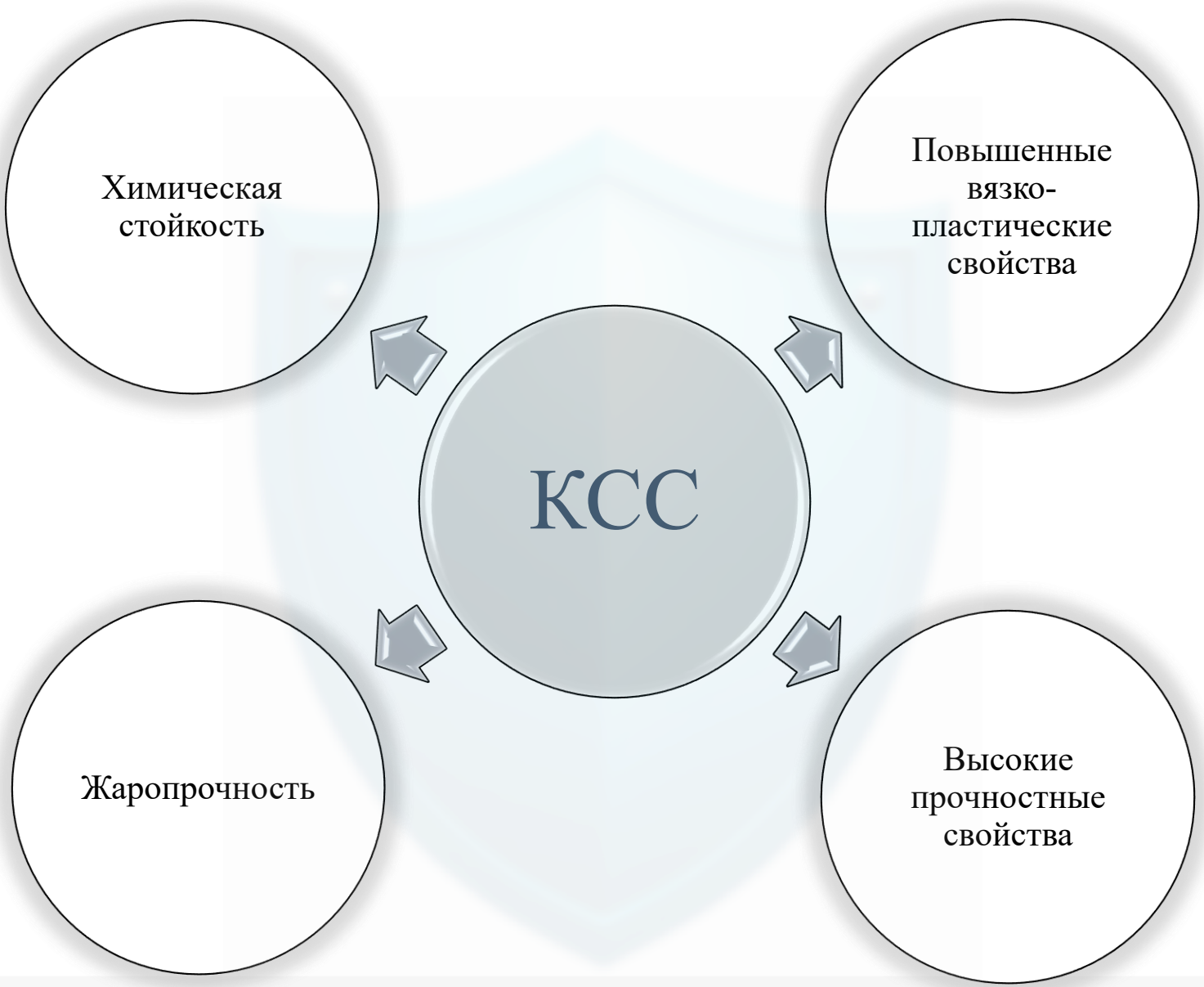
Группа стойкости	Скорость коррозии металла, $K_г$ мм/год	Балл
Совершенно стойкие	Менее 0,001	1
Весьма стойкие	0,001 до 0,005	2
	0,005 до 0,01	3
Стойкие	0,01 до 0,05	4
	0,05 до 0,1	5
Пониженно стойкие	0,1 до 0,5	6
	0,5 до 1,0	7
Малостойкие	1,0 до 5,0	8
	5,0 до 10,0	9
Нестойкие	Более 10,0	10

ООО НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР «САМАРА»

ПРОТЕКТОРНЫЙ МЕХАНИЗМ



ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА



КСС – коррозионно-стойкая сталь

НПЦ САМАРА
ООО НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР «САМАРА»

ОСНОВНЫЕ КЛАССЫ



Коррозионно-стойкие материалы на основе железа

Основные классы

- **Ферритный**
  - 08Х13
  - 12Х17
  - 08Х17Т
- **Аустенитный**
  - 12Х18Н9Т
  - 08Х18Н10Т
  - 12Х18Н10Т
  - 08Х18Н10
- **Мартенситный**
  - 20Х13
  - 20Х17Н2
  - 40Х13
  - 65Х13

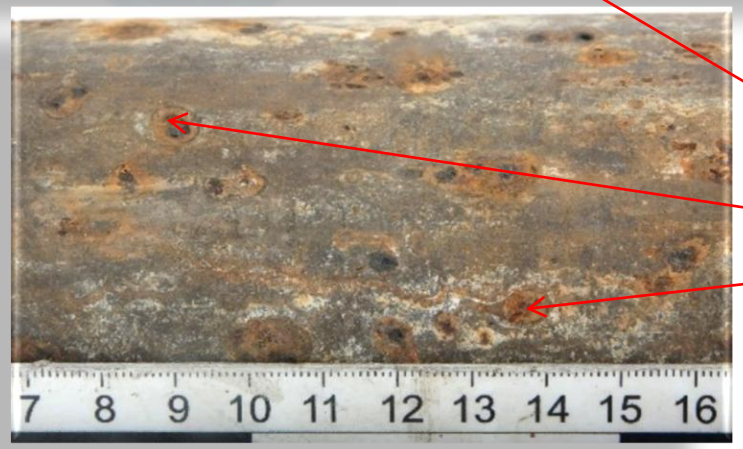
Дублексные

- **Ферритно-аустенитный**
  - 03Х23Н6
  - 08Х22Н6Т
  - 12Х21Н5Т
- **Ферритно-мартенситный**
  - 10Х13
  - 20Х13
  - 15Х12
- **Аустенитно-мартенситный**
  - 08Х17Н8Ю
  - 09Х15Н9Ю
  - 07Х16Н6

РАЗРУШЕНИЕ ПАССИВИРУЮЩЕЙ ХРОМИСТОЙ ПЛЕНКИ

НКТ ТМК UP PF 114,3х8,56 мм 13Cr, P110
Наработка на НКТ составляет 178 суток.



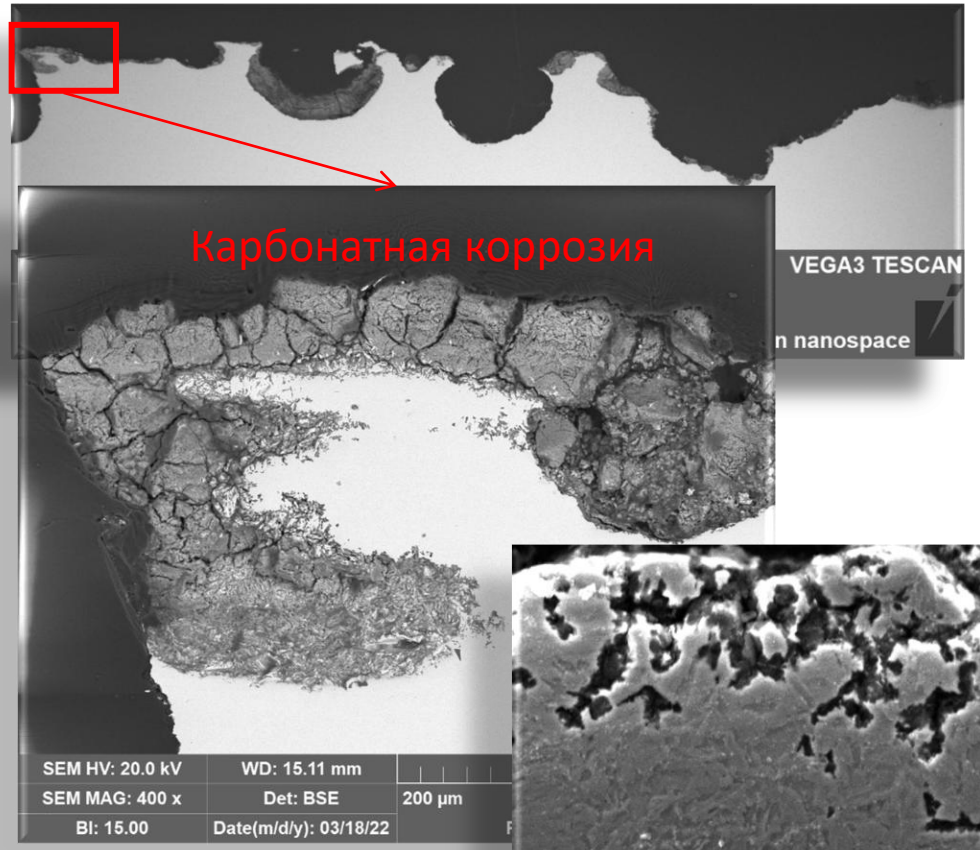


Наружная поверхность



Коррозионные повреждения

Внутренняя поверхность



Коррозионное повреждение НКТ произошло в связи с разрушением пассивирующей хромистой пленки под действием ***раствора не ингибированной соляной кислоты***.

НПЦ САМАРА
ООО НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР «САМАРА»

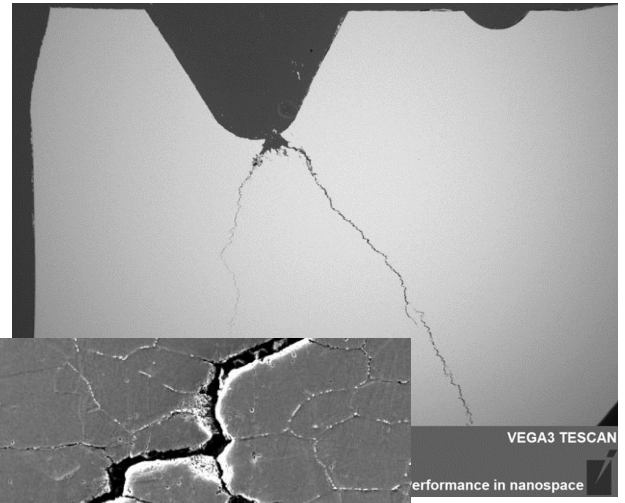
МЕЖКРИСТАЛЛИТНАЯ КОРРОЗИЯ (МКК)

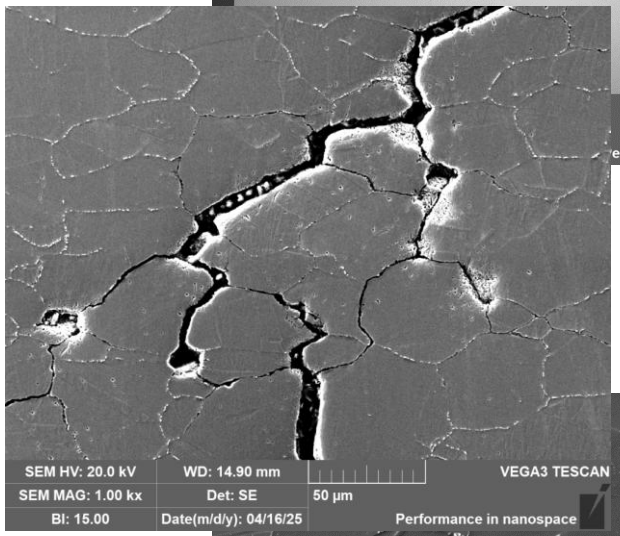
Разрушение переводника Ø120 мм:

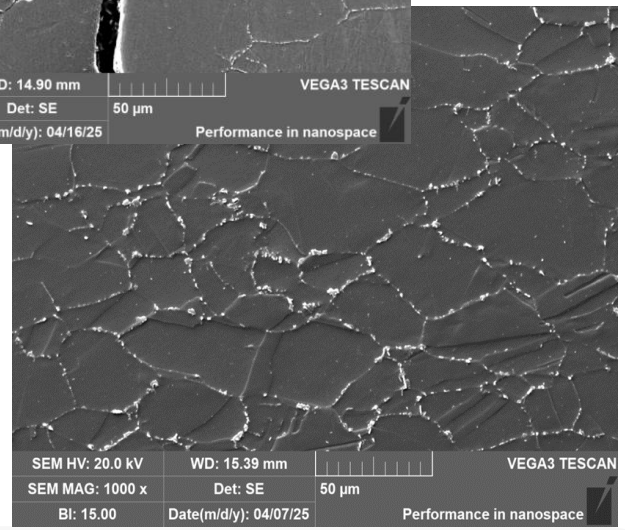
- сталь 08Х18Н6АГ10С;
- локальное повреждение на ниппельной части.











Причина разрушения переводника Ø120 мм – межкристаллитная коррозия (МКК) вследствие неоднородности структуры материала – наличием карбидной сетки (нарушение режимом ТО).

ООО НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР «САМАРА»

КОРРОЗИОННОЕ РАСТРЕСКИВАНИЕ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ (КРН)

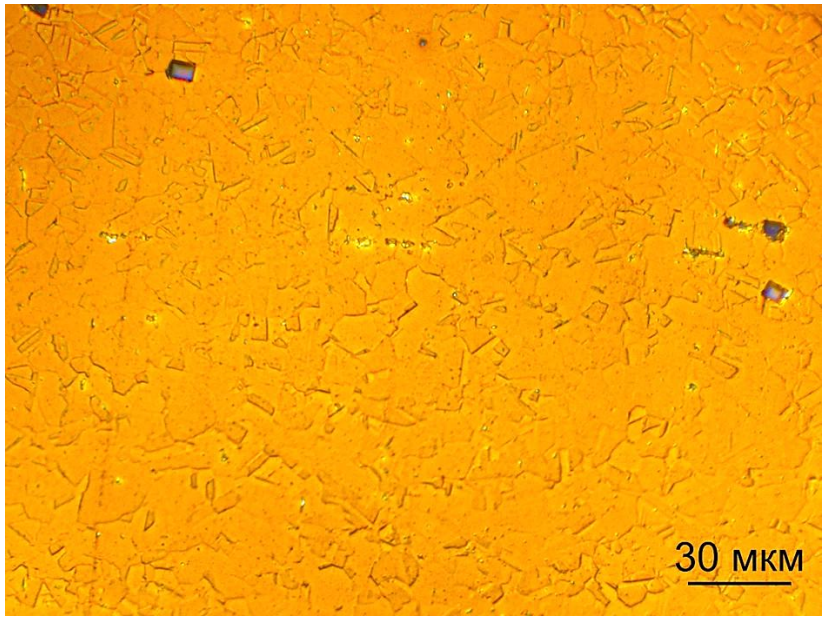
Разрушение трубы Ø57х4 мм:

- Труба бесшовная, деформированная;
- сталь 10Х17Н13М2Т;
- локальные повреждения по внутреннему радиусу.

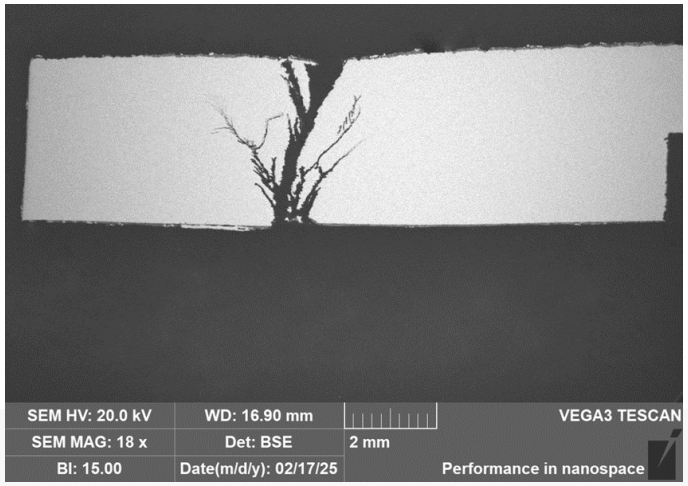












НПЦ САМАРА
ООО НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР «САМАРА»

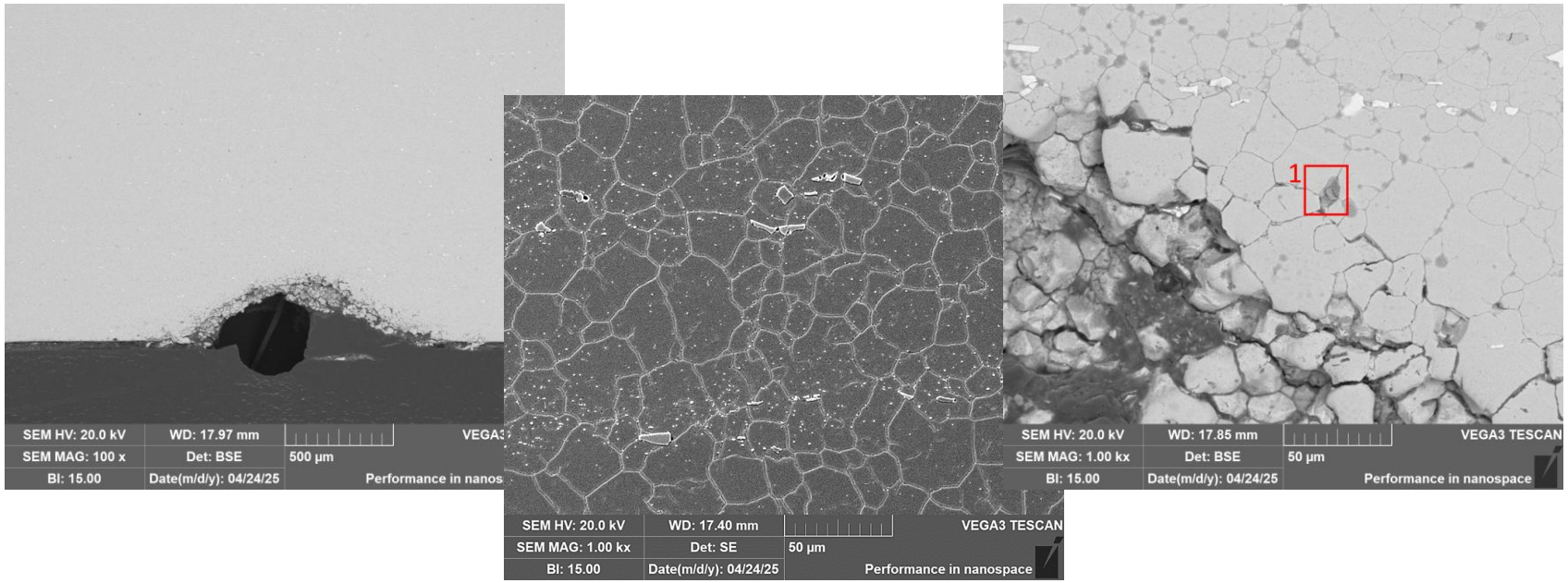
МЕЖКРИСТАЛЛИТНАЯ КОРРОЗИЯ (МКК)

Разрушение соединительной муфты :

- сталь 037Х12Н8Г8МФБ;
- локальные питтинги на внутренней поверхности.







Причина разрушения трубы Ø57х4 мм – **межкристаллитная коррозия (МКК)** стали с неблагоприятной структурой.

Рекомендации: термическая обработка.

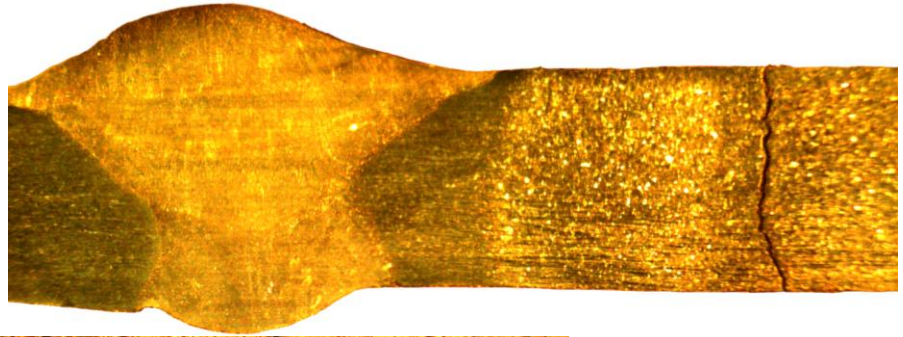
НПЦ САМАРА
ООО НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР «САМАРА»

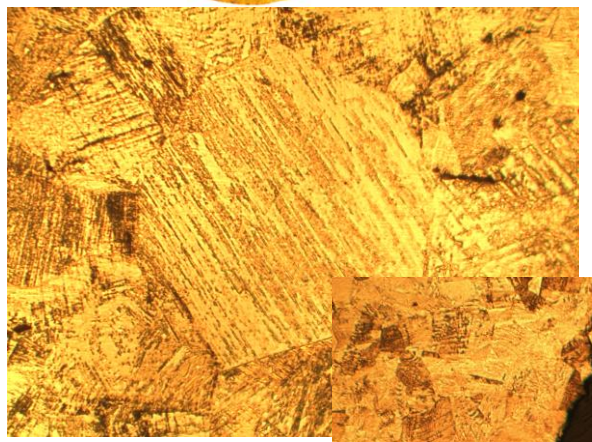
СТРУКТУРНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ

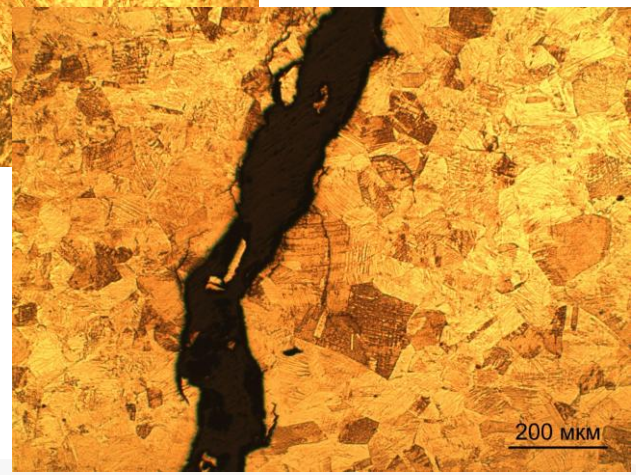
Отвод Ø377х9 мм (12Х18Н10Т) после эксплуатации в среде с высоким содержанием сероводорода











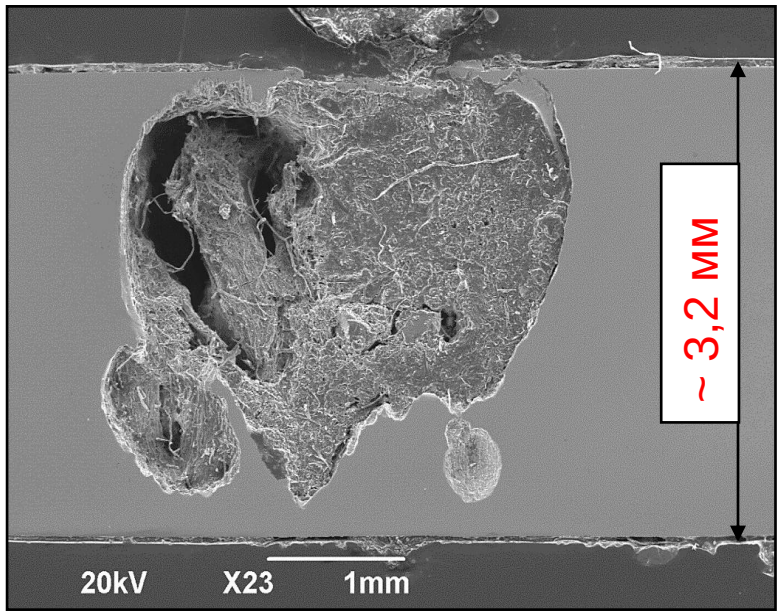
Разрушение (образование трещин) отвода произошло по механизму **СКРН** в области термического влияния на структуру, содержащую мартенсит деформации (мартенситная α'-фаза)

ООО НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР «САМАРА»

ПИТТИНГОВАЯ (ТОЧЕЧНАЯ) КОРРОЗИЯ

Корпус расходомера 316L (03Х17Н14М3)

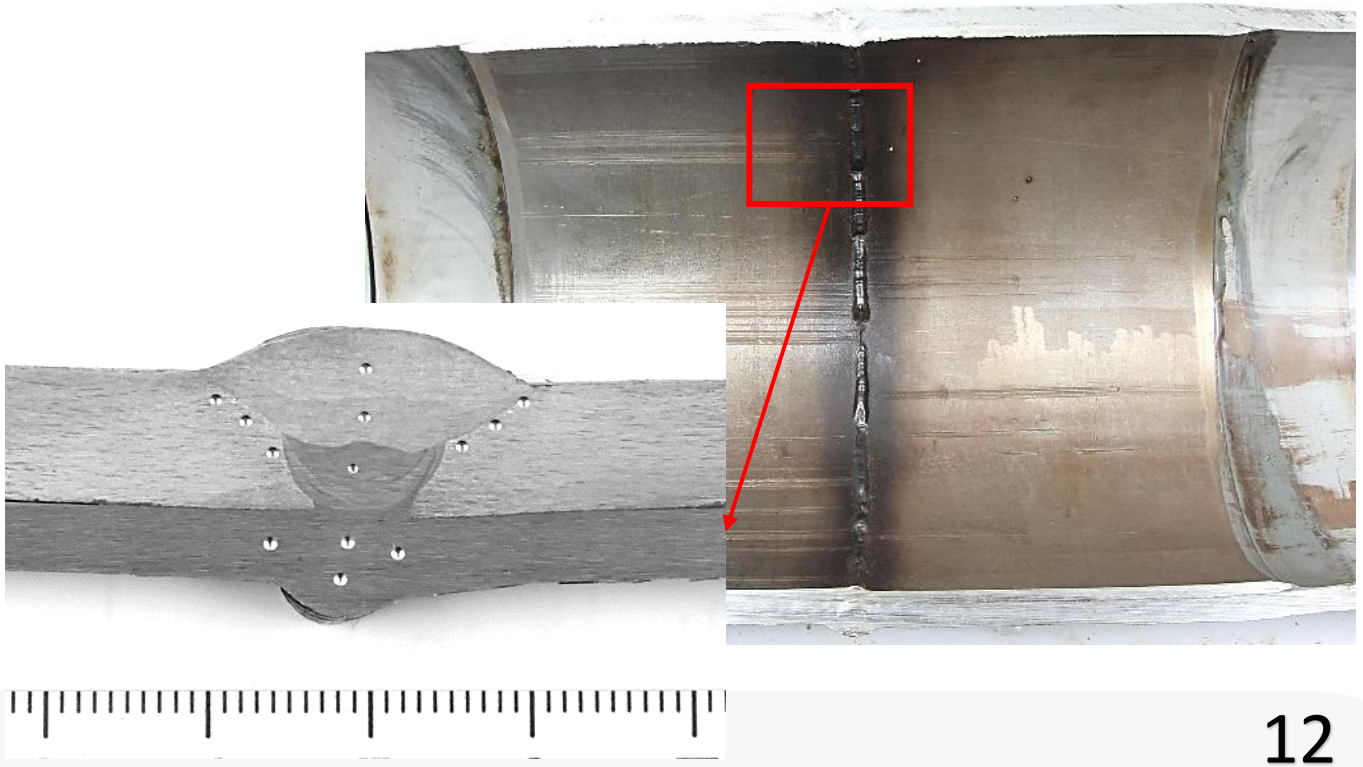
Условия эксплуатации: морская вода, температура до 35 С.
Срок эксплуатации 3 месяца



$V_{корр}$ = 12,8 мм/год

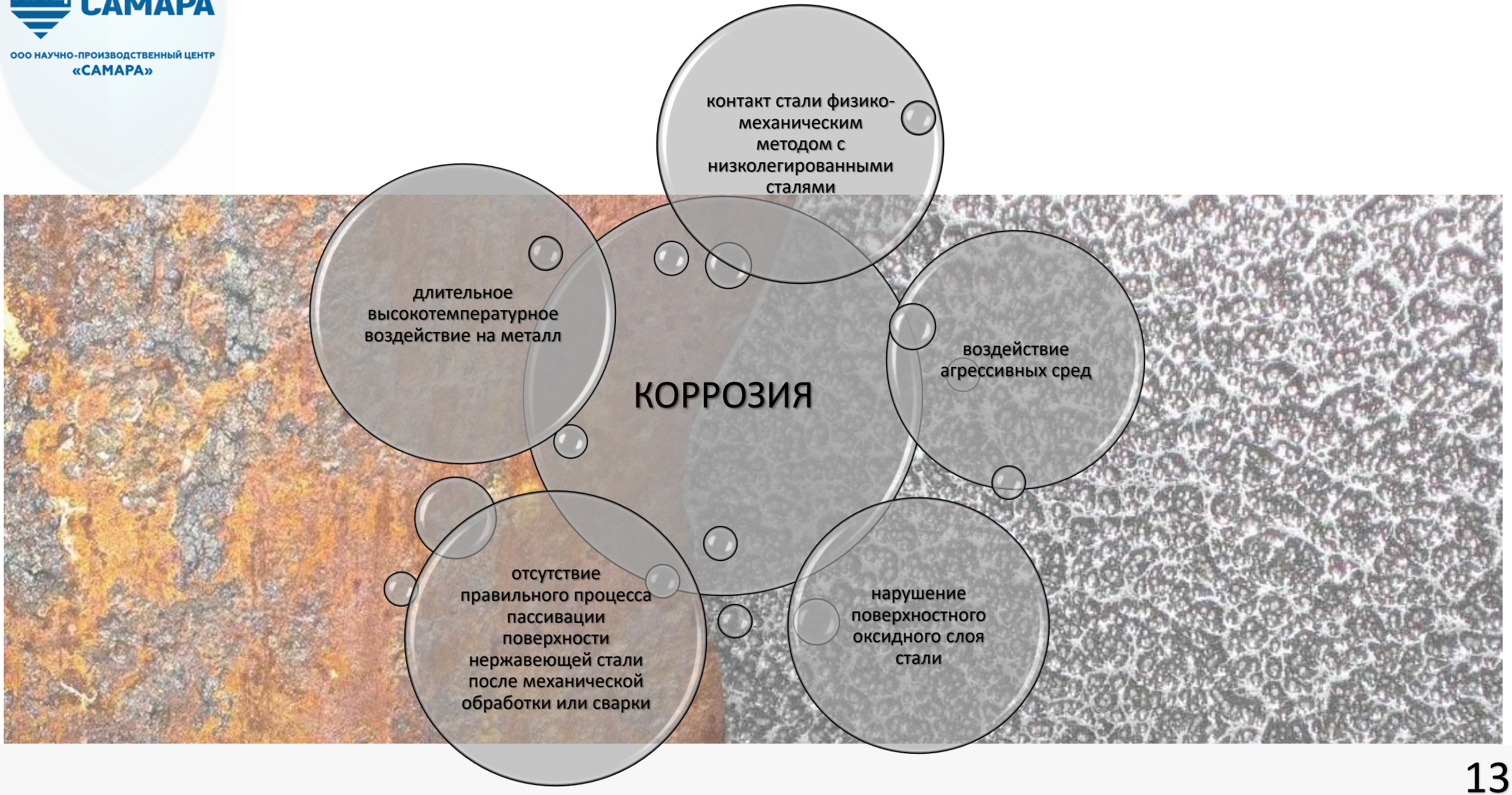
Втулка защиты сварного стыка из стали 12Х18Н9Т

Условия эксплуатации: обводненность более 90%, температура до 80 С. Содержание Cl-, до 50 000 мг/дм3,
Срок эксплуатации 2 года



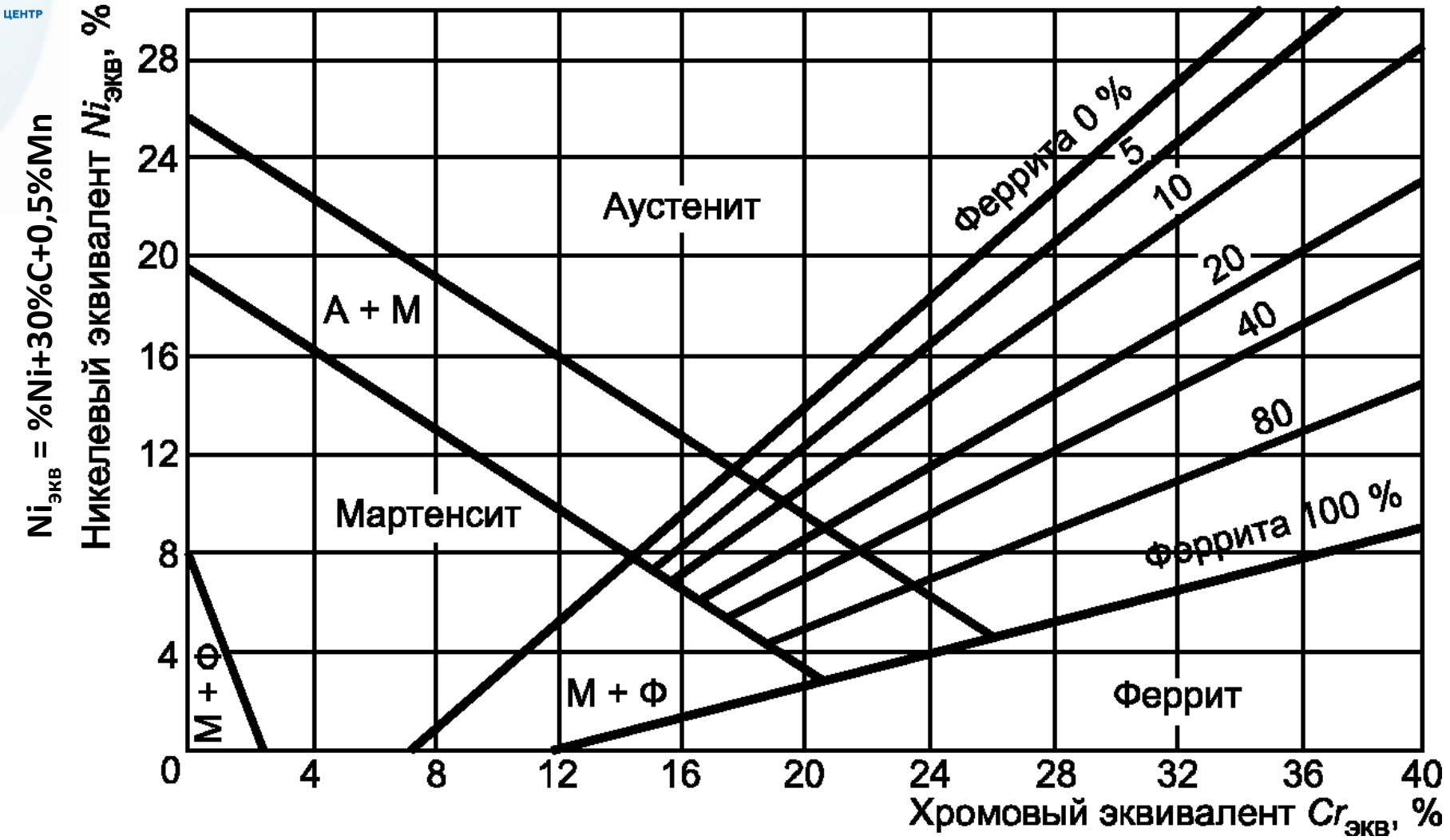
ООО НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР «САМАРА»

НЕГАТИВНЫЕ ФАКТОРЫ



НПЦ САМАРА
ООО НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР «САМАРА»

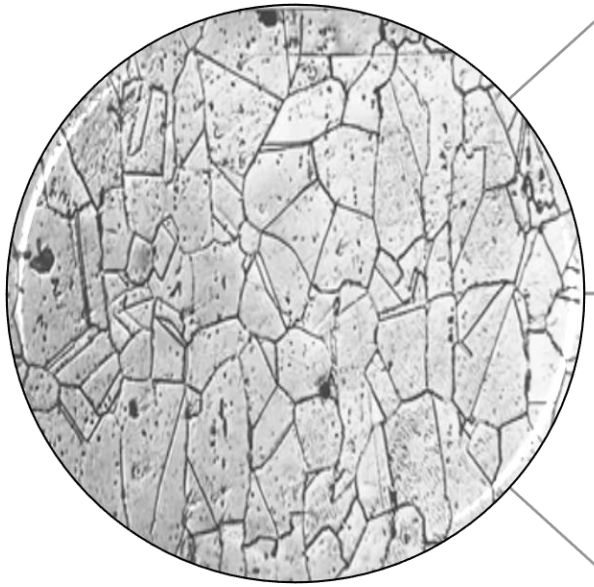
ДИАГРАММА ШЕФФЛЕРА



$Cr_{экв}$ = %Cr+%Mo+1,5%Si+0,5%Nb

Диаграмма Шеффлера (1949 г.), используемая и в настоящее время

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА И ОСОБЕННОСТИ МИКРОСТРУКТУРЫ АУСТЕНИТНОГО КЛАССА



\+

- Высокая коррозионная стойкость
- Высокая пластичность
- Высокая формуемость

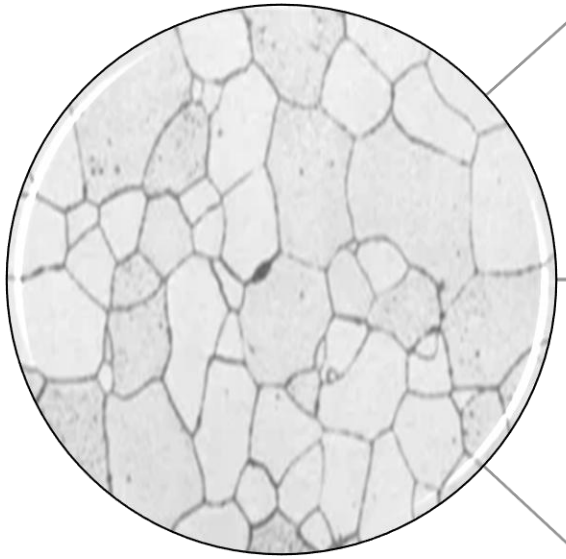
\-

- Низкая износостойкость
- Магнитная нестабильность
- Слабая теплопроводность

!

- Не поддается упрочнению при термической обработке

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА И ОСОБЕННОСТИ МИКРОСТРУКТУРЫ ФЕРРИТНОГО КЛАССА

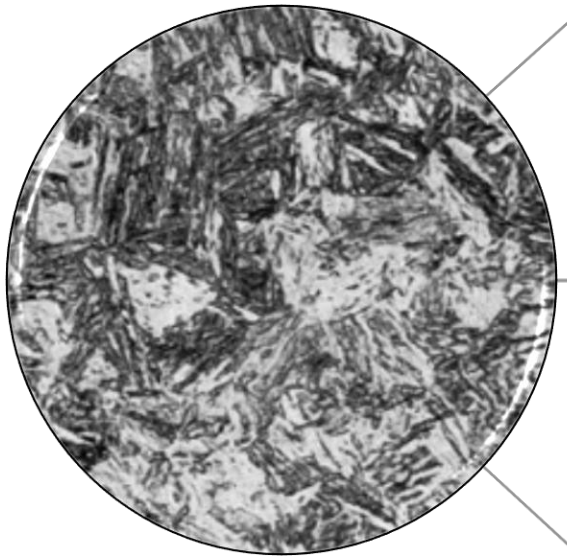


- Высокая коррозионная стойкость к КРН
- Высокая пластичность
- Высокая формуемость
- Хорошая теплопроводность

- Низкая стойкость к точечной коррозии в хлор-содержащих средах
- Ограниченная свариваемость по сравнению с аустенитным классом
- Относительно низкий предел текучести и прочность, чувствительность к температуре

- Не поддается упрочнению при термической обработке, но могут быть подвергнуты холодной обработке для повышения твердости
- Немагнитные

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА И ОСОБЕННОСТИ МИКРОСТРУКТУРЫ МАРТЕНСИТНОГО КЛАССА



\+

- Высокая прочность и твердость
- Умеренная коррозионная стойкость

\-

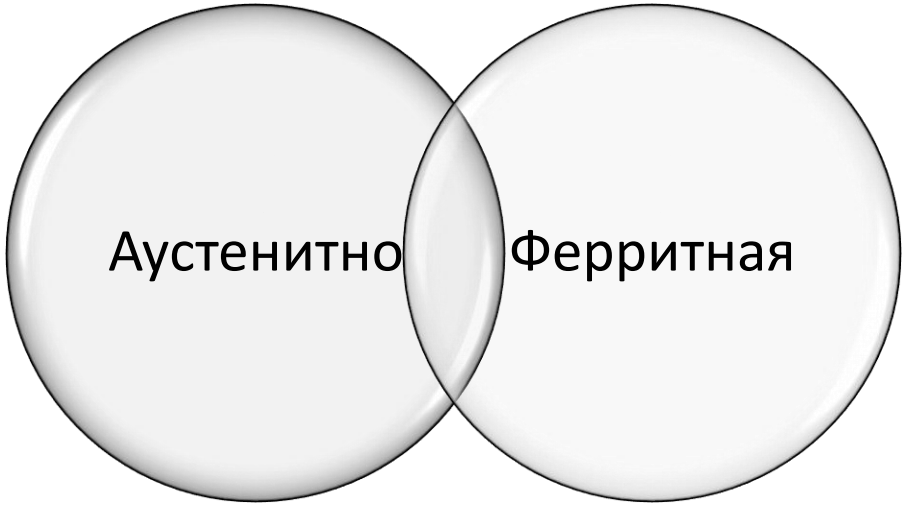
- Низкая стойкость к КРН
- Ограниченная свариваемость
- Низкая пластичность

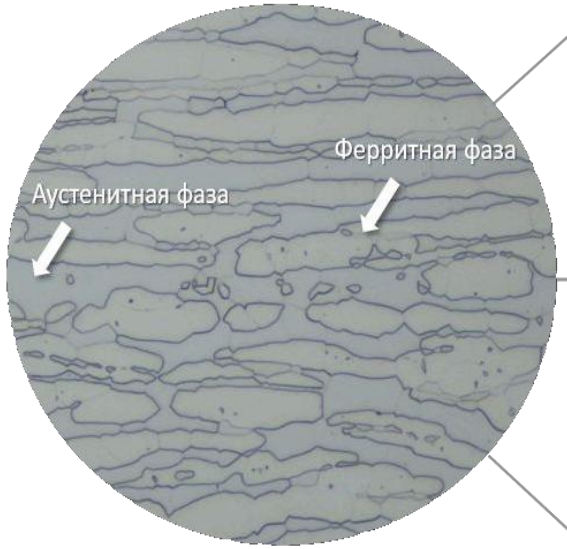
!

- Могут быть упрочнены термической обработкой

ООО НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР «САМАРА»

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА И ОСОБЕННОСТИ МИКРОСТРУКТУРЫ ДУПЛЕКСНЫХ КЛАССОВ





+

- Повышенная стойкость к КР
- Повышенная прочность
- Улучшенная свариваемость толстолистовых изделий
- Высокая ударная вязкость при пониженных температурах

−

- Склонность к охрупчиванию при длительном нагреве в диапазоне 300–500°C
- Ограниченная стойкость в сильноокислительных средах

!

- Требует строгого соблюдения режимов термообработки и сварки

ООО НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР «САМАРА»

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА И ОСОБЕННОСТИ МИКРОСТРУКТУРЫ ДУПЛЕКСНЫХ КЛАССОВ





- Высокое сопротивление коррозии
- Повышенная прочность
- Высокая жаропрочность

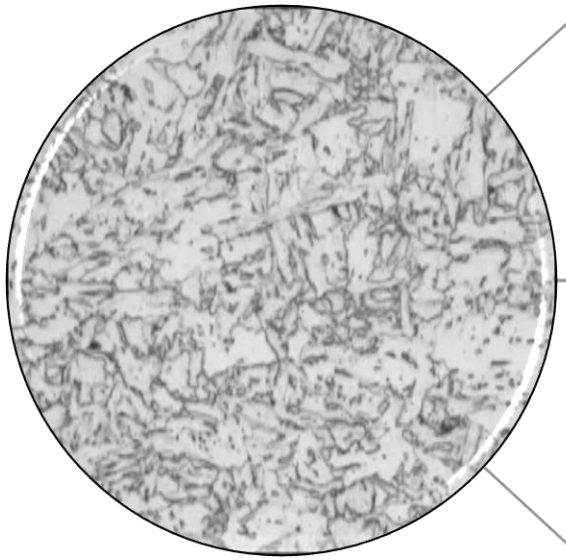
- Присутствие δ-феррита может ухудшать деформируемость стали при ковке и штамповке, а также снижать пластичность и ударную вязкость усиливается склонность материала к разрушению при деформации в области высоких температур

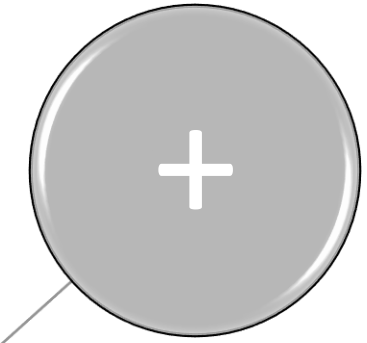
- Физико-механические свойства определяются количеством мартенсита и размером зёрен феррита

ООО НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР «САМАРА»

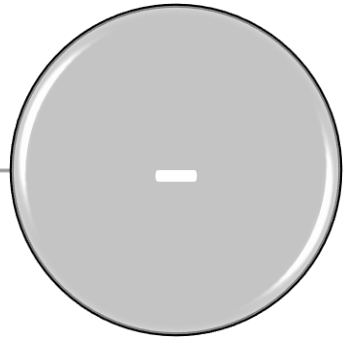
ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА И ОСОБЕННОСТИ МИКРОСТРУКТУРЫ ДУПЛЕКСНЫХ КЛАССОВ



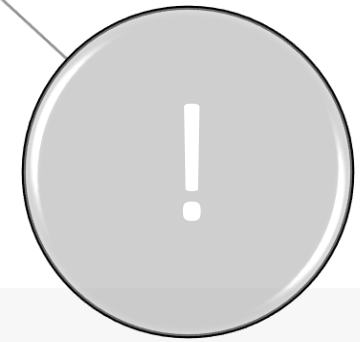




- Сочетание высокой прочности и коррозионной стойкости
- Высокая пластичность и ударная вязкость при отрицательных температурах
- Хорошая свариваемость



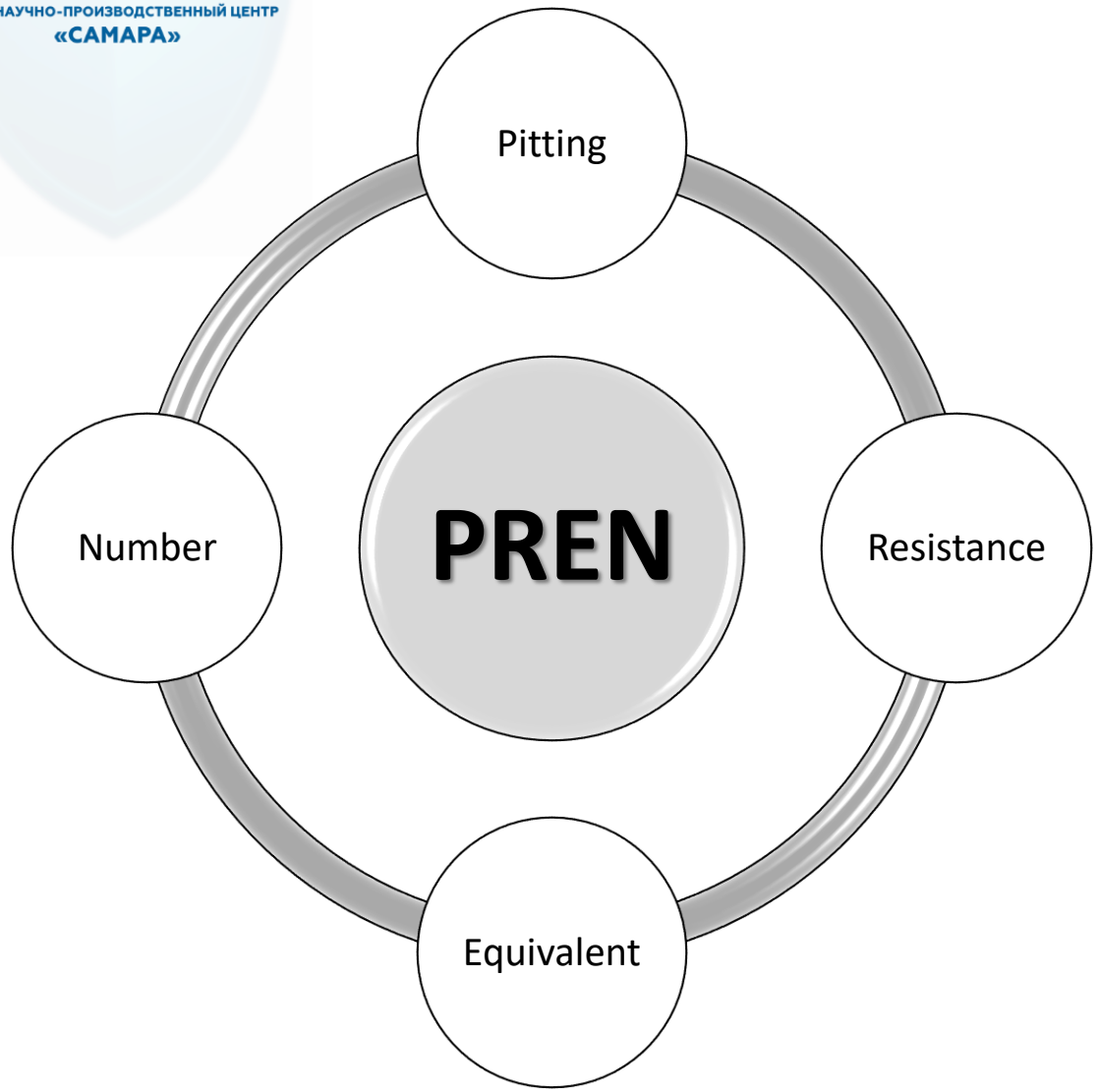
- Склонность к МКК



- Влияние формирования δ-феррита.

НПЦ САМАРА
ООО НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР «САМАРА»

PREN



Общая формула:

PREN = 1 * Cr% + 3,3 * Mo% + 16 * N%

Модифицированная формула:

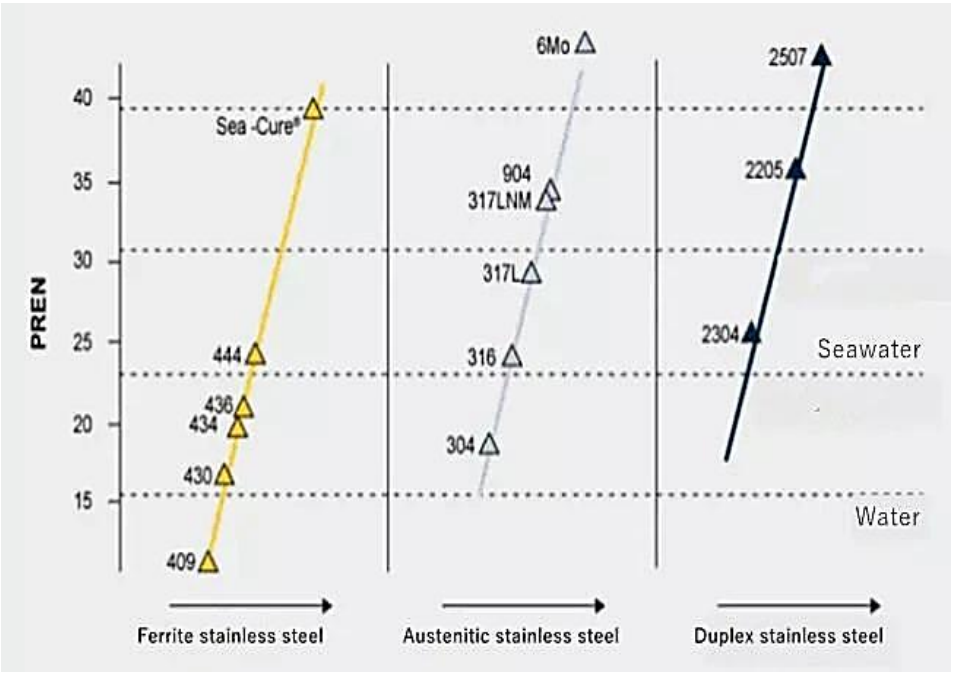
PREN = 1 * Cr% + 3,3 *(Mo% + 0,5*W%)+16 * N%

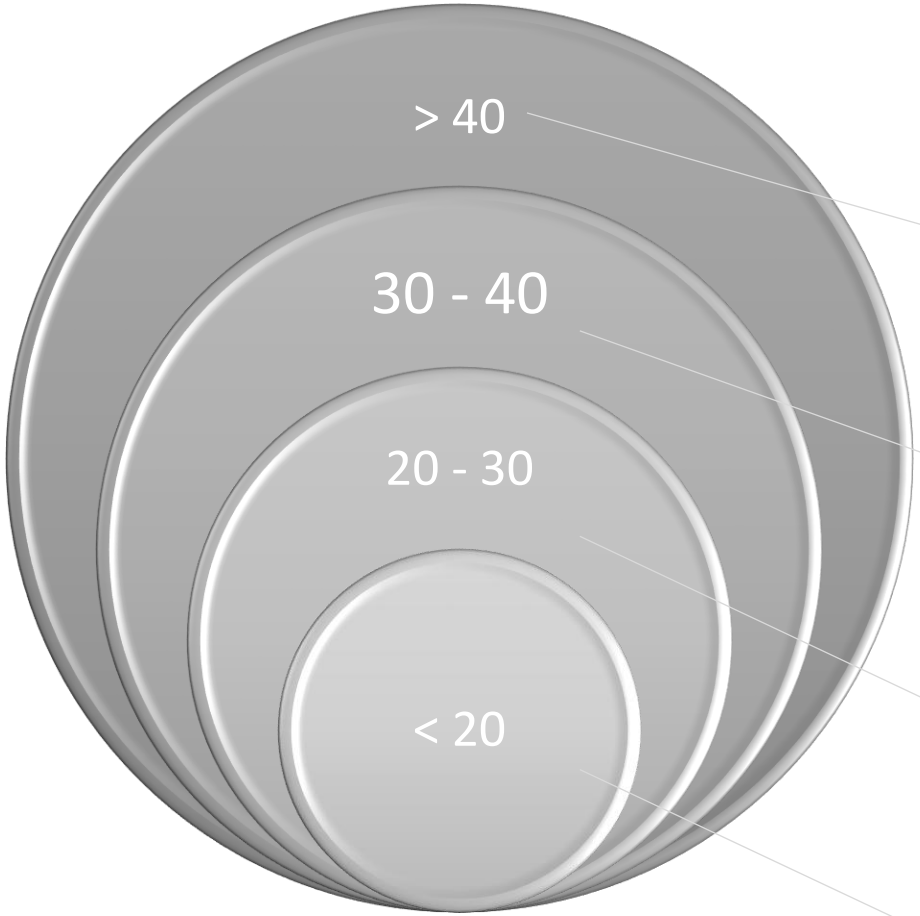
Значение PREN

Стойкость к локальной коррозии

ООО НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР «САМАРА»

PREN





супердуплексные и супераустенитные стали для наиболее агрессивных хлоридных сред

дуплексные стали с высокой питтингостойкостью

средняя стойкость для морской воды и слабых растворов хлоридов

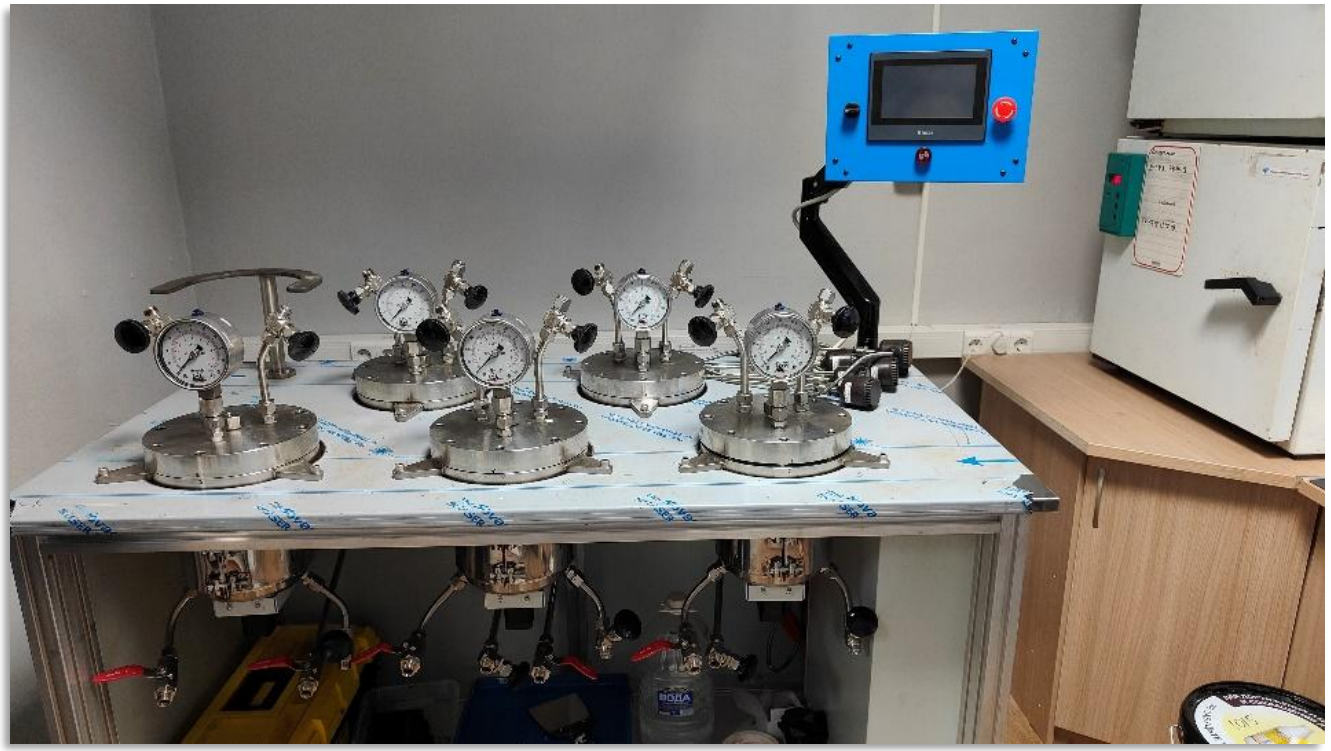
ограниченная стойкость в хлоридсодержащих средах

Значения PREN для различных нержавеющих сталей

ООО НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР «САМАРА»

МОДЕЛИРОВАНИЕ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ПОДБОР МАТЕРИАЛОВ









НПЦ САМАРА

ООО НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР
«САМАРА»

20 ЛЕТ С ВАМИ!

Тел. +7 (846) 932-03-23
Сайт: www.npcsamara.ru
E-mail: office@npcsamara.ru