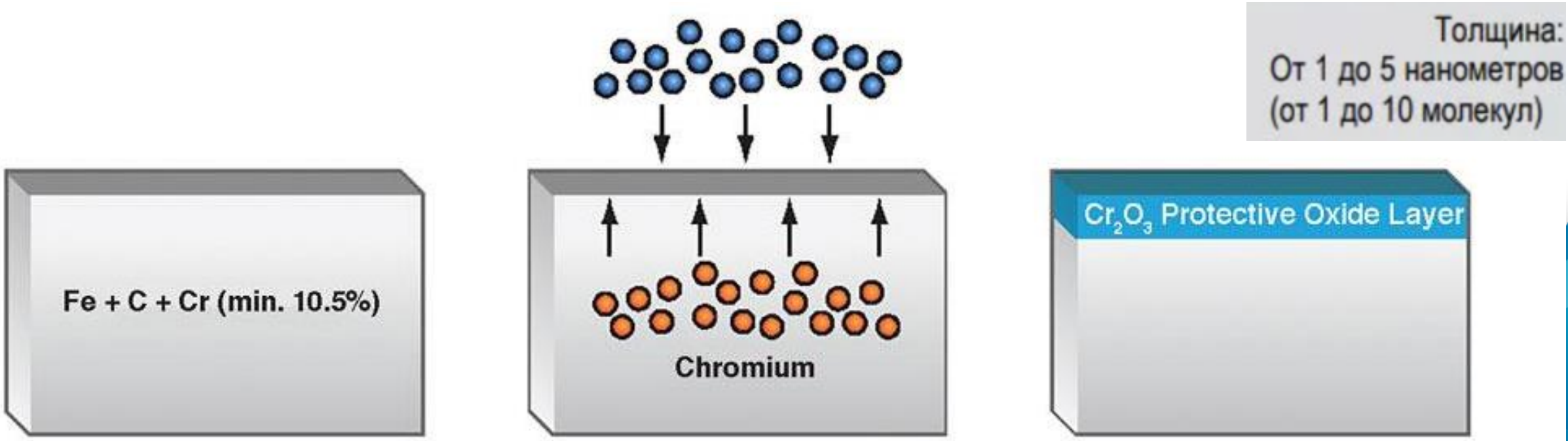
ООО НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР
«САМАРА»

Особенности применения высоколегированных сталей в коррозионно-активных средах

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

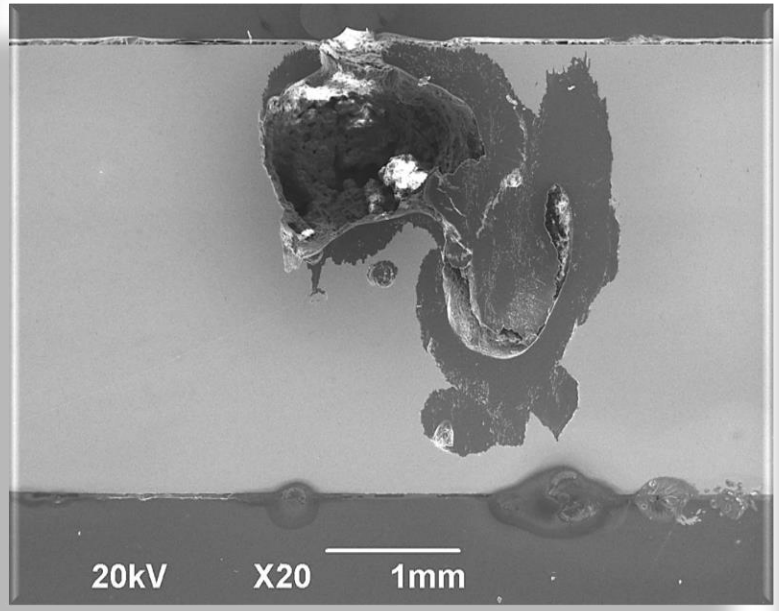
Легированные стали

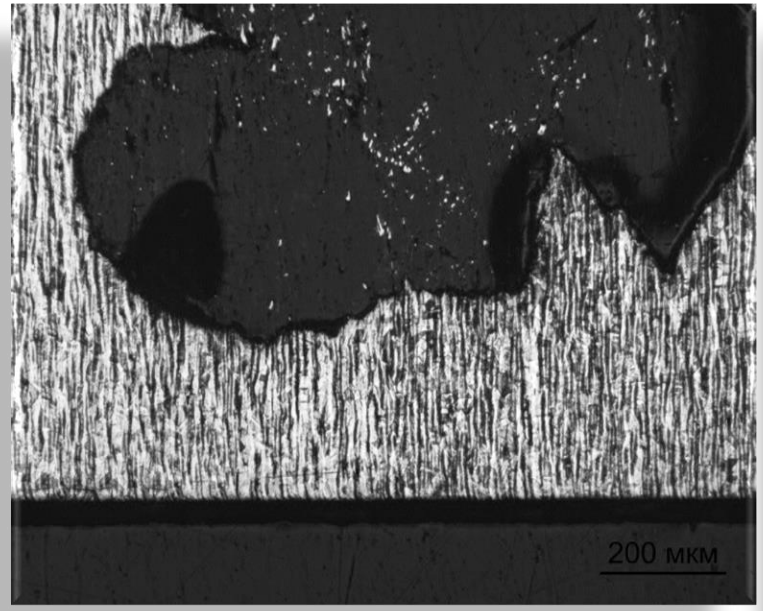
1.Ферритные содержат мало углерода (не более 0,15 %) и до 30 % хрома.
2.Аустенитные содержат не менее 7 % никеля и около 18 % хрома.
3.Мартенситные содержат 11–13 % хрома и до 0,5 % углерода.
4.Ферритно-аустенитные содержат 18–28 % хрома и 4,5–8 % никеля.

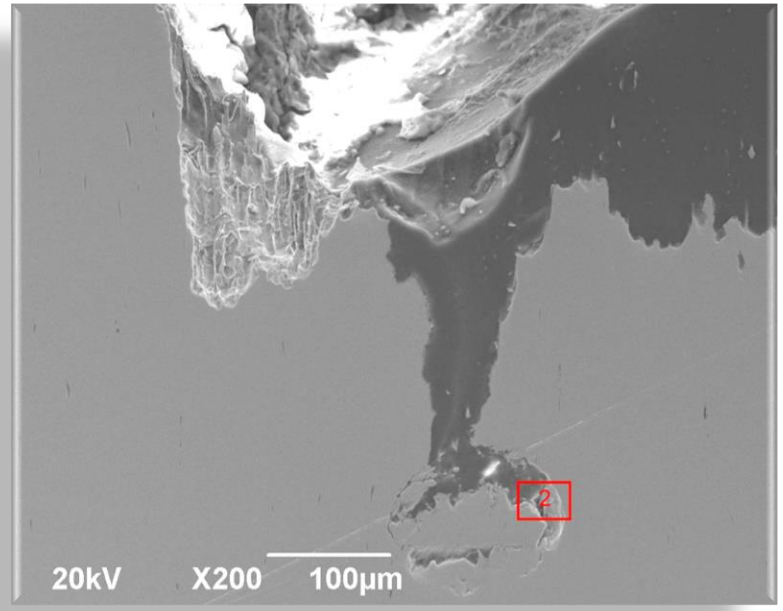


Корпус расходомера 316L (03Х17Н14М3)

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







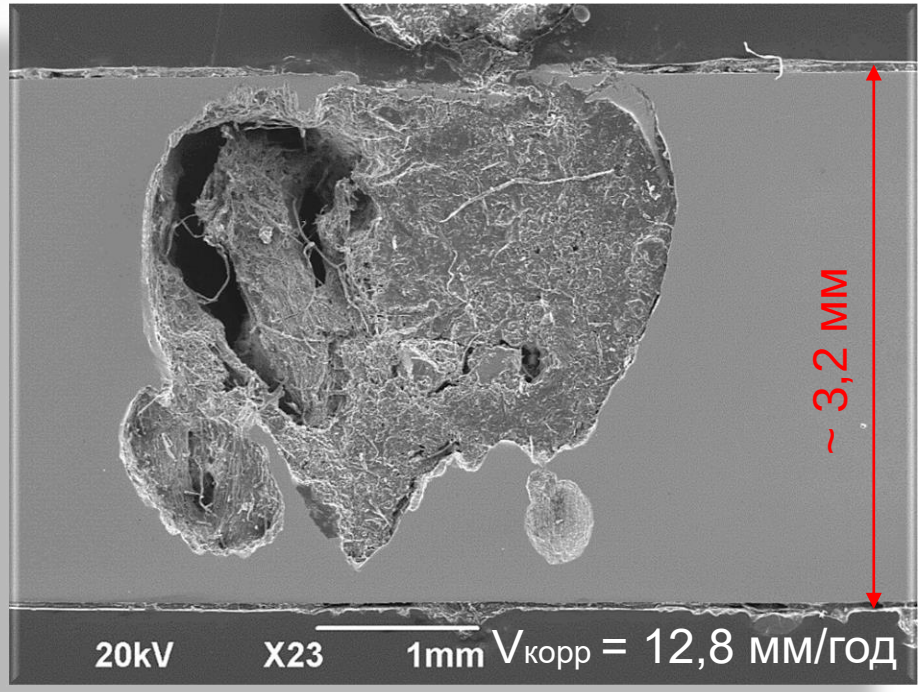
Химический состав металла, масс. %

Элемент	C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P	Cu	Mo
1	0,03	0,51	1,77	16,8	9,19	0,05	0,01	0,43	1,80

Химический состав ПК, масс. %

Элемент	C	Si	Cr	Ni	S
1	22,26	1,17	15,96	4,41	0,81

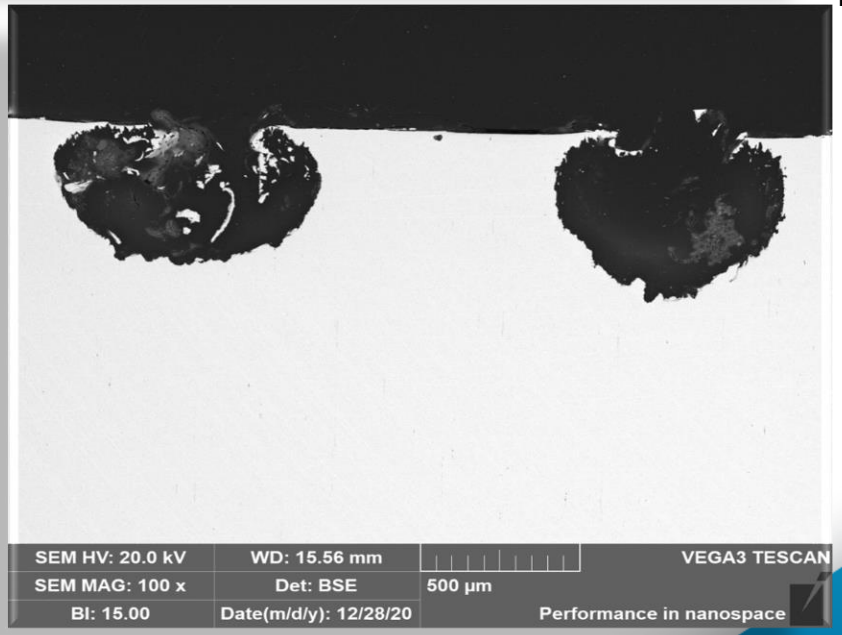
Корпус расходомера 316L (03Х17Н14М3)



Причина разрушения: коррозионное разрушение под действием хлора

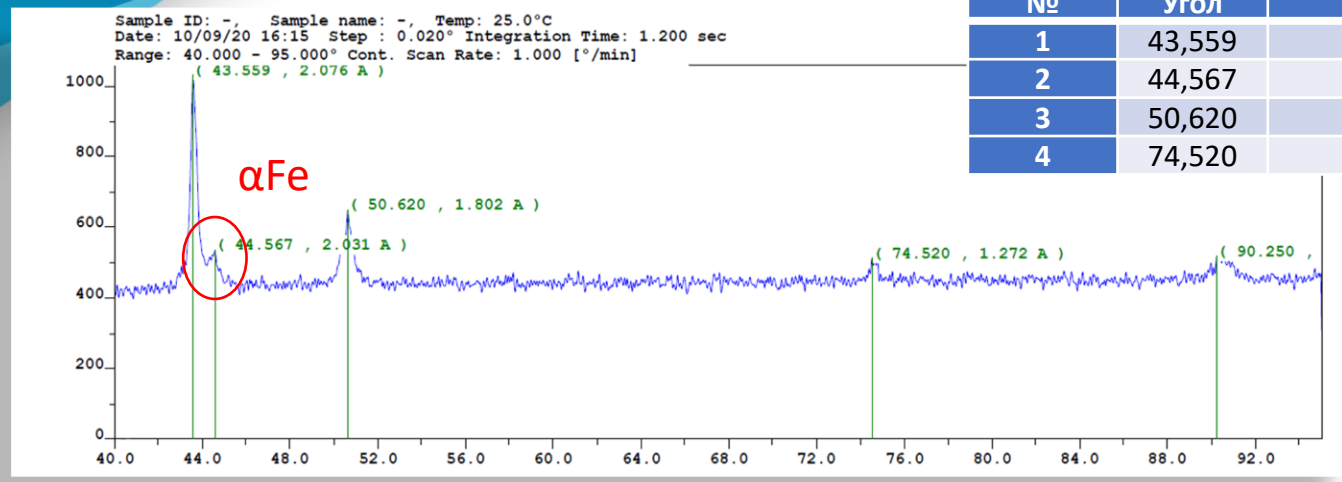


FeCl3



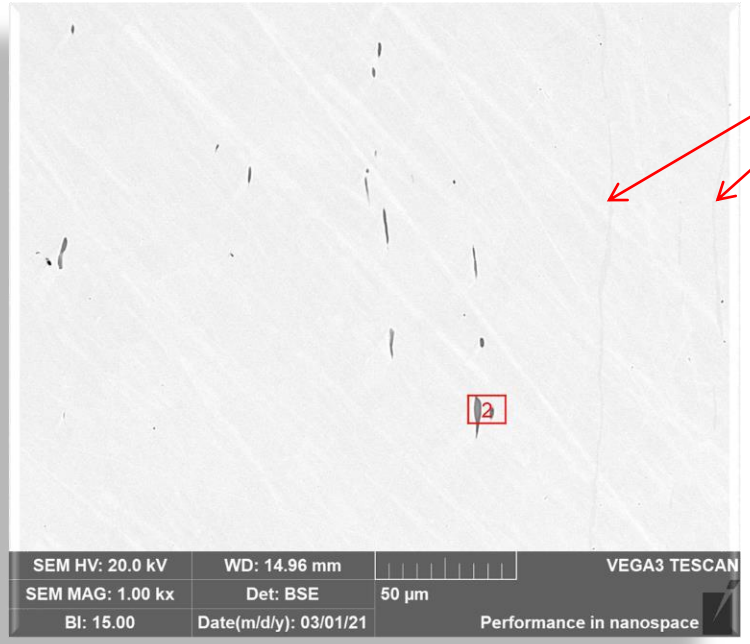
5 часов моделирования

Корпус расходомера 316L (03Х17Н14М3)

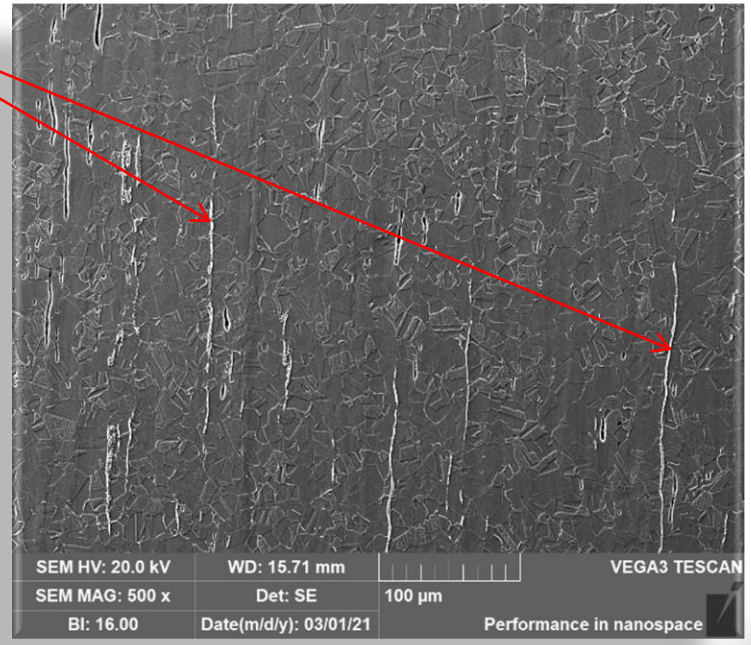


№	Угол	Межплоскостное расстояние, А	Фаза
1	43,559	2,076	Feγ
2	44,567	2,031	Feα
3	50,620	1,802	Feγ
4	74,520	1,272	Feγ

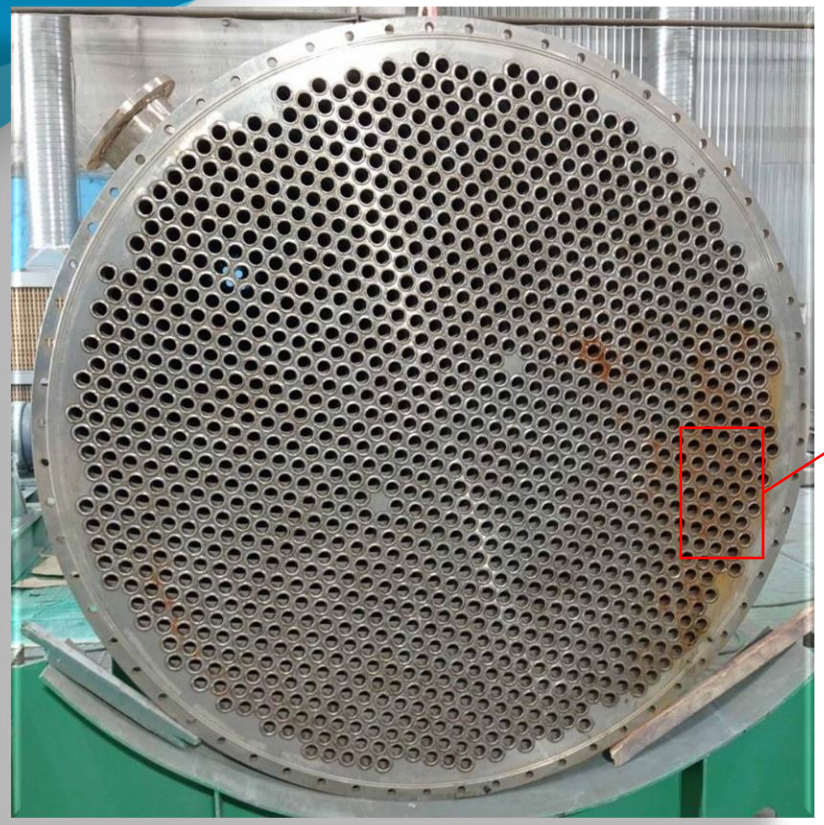
Наличие α – фазы в металле ***не является нарушением условий поставки,*** но на практике не допустимо.



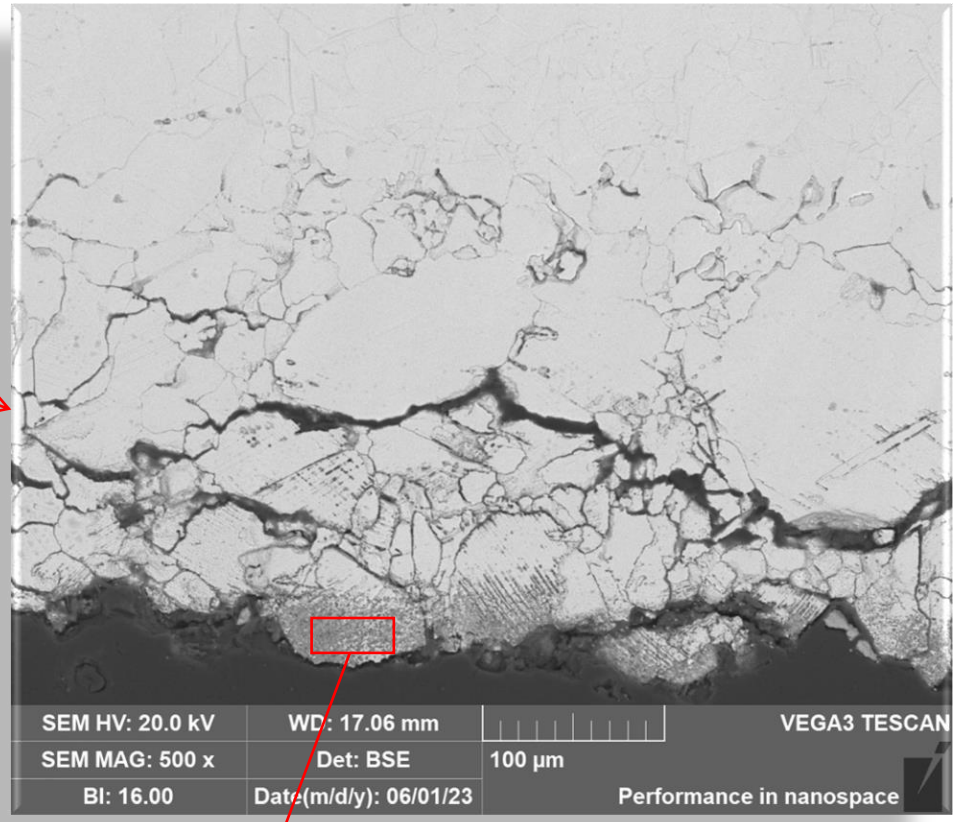
αFe



Трубный пучок теплообменного аппарата (12Х18Н10Т)





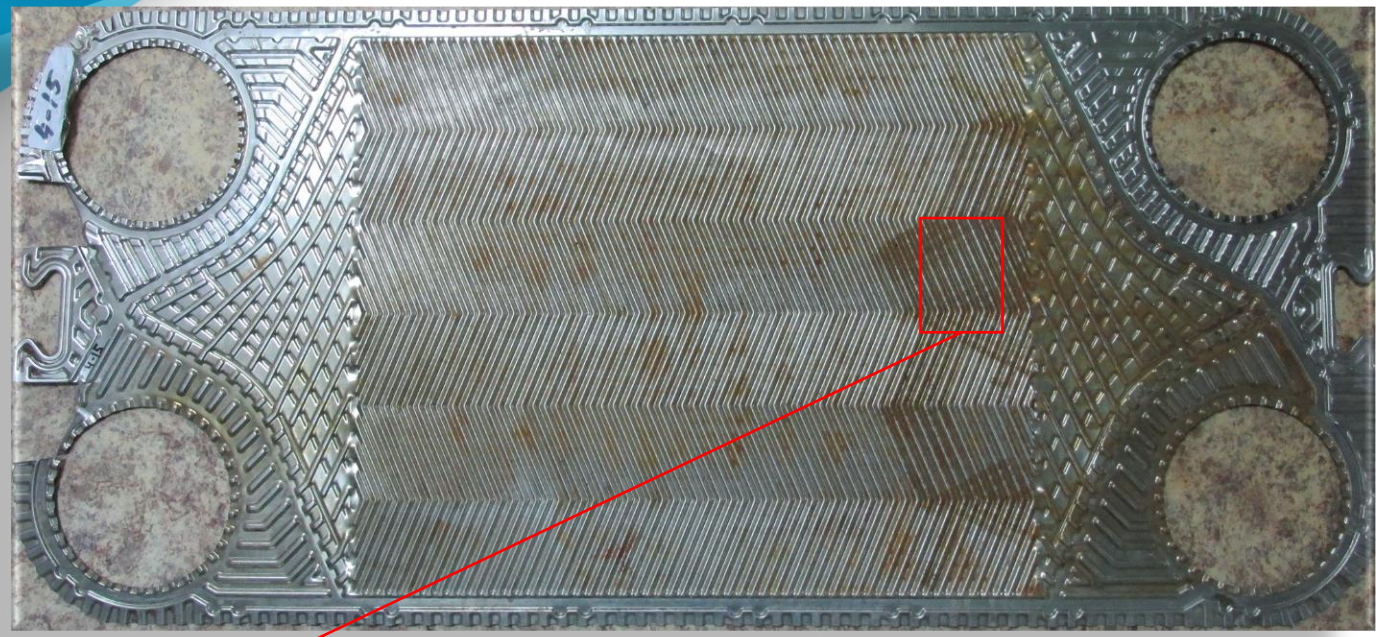


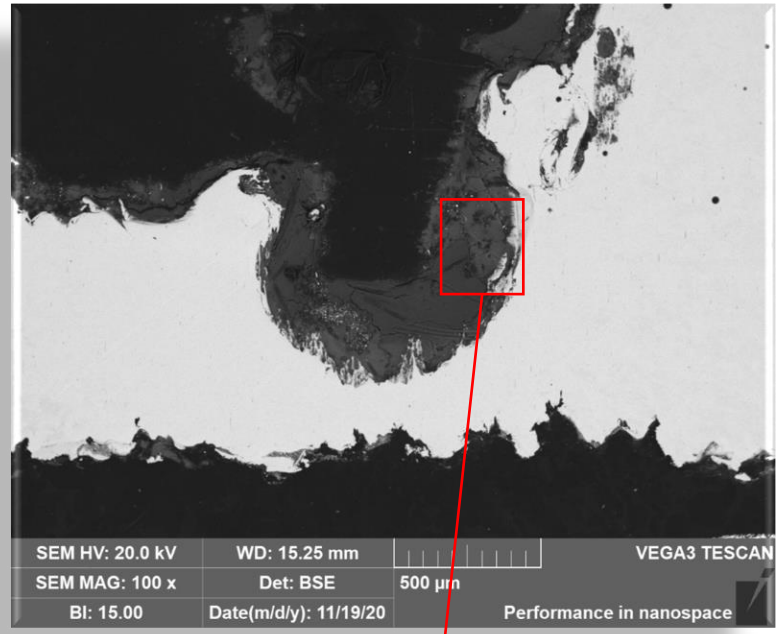
Причина разрушения: взаимодействие внутренней поверхности трубок с рабочей средой, содержащей высокую концентрацию хлора

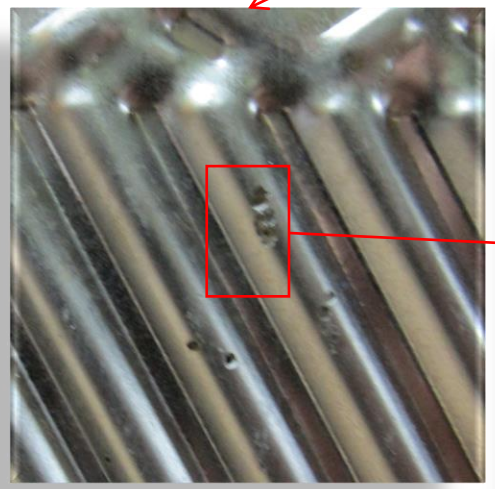
Химический состав, масс. %

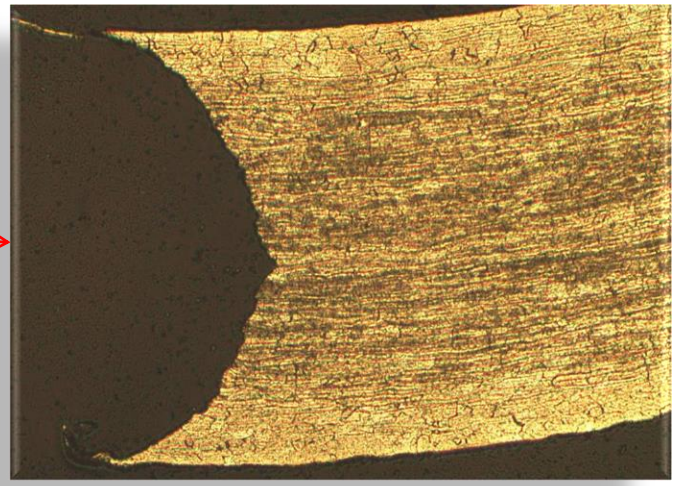
Элемент	C	O	Cl	Cr	Fe	S	Ni	Si
1	18,0	24,93	2,38	14,60	36,78	0,56	2,50	0,25

Пластины теплообменника сталь 304 по ASTM (08Х18Н10)









Химический состав, масс. %

Элемент	C	O	Cl	Cr	Fe	Ni	Si
1	24,05	32,17	2,14	13,81	36,78	4,70	0,14

Причина разрушения: коррозионное разрушение под действием хлора

Механизм разрушения

Питтинговая (точечная) коррозия – электрохимический процесс, старт образованию питтинга дает повреждение защитной оксидной пленки (пассивного слоя) на поверхности стали.



Условия возникновения:

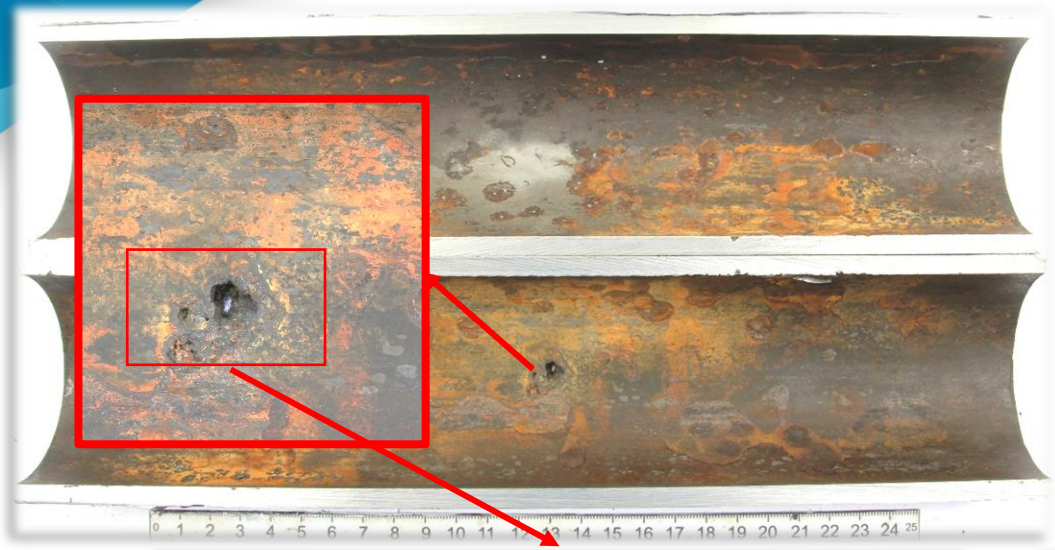
- Пассивирующая среда (наличие защитной пленки);
- Наличие в растворе аниона-активатора, выше критической концентрации;
- Наличие в растворе окислителя;
- Электрический контакт с другими металлами, наличие осадкой, загрязнения металла, замкнутое пространство.

Скорость зарождения зависит от температуры, концентрации ионов хлора.

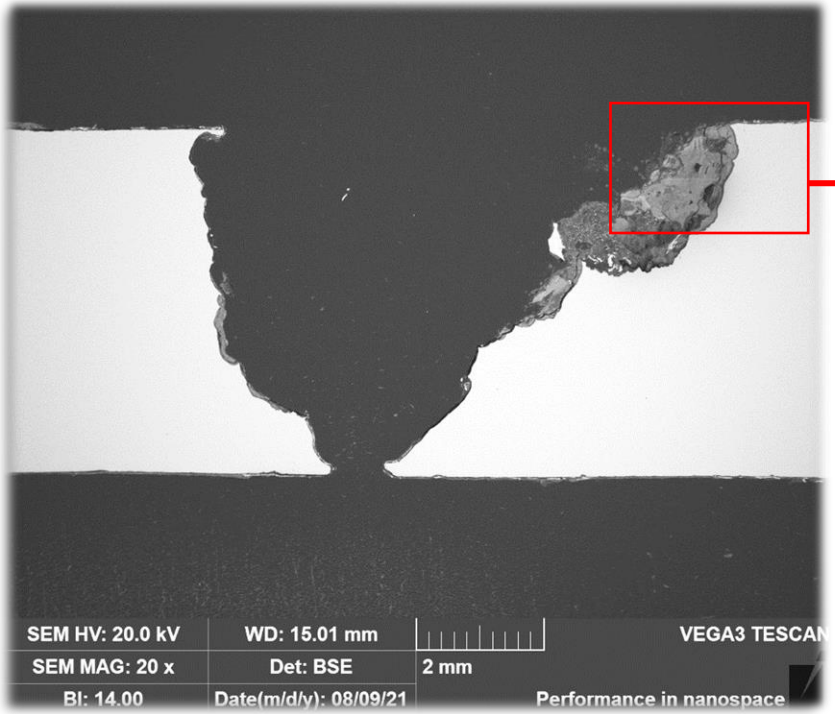
Стойкость к ПК зависит от содержания (Cr, Mo, N) ЭСП/PREN

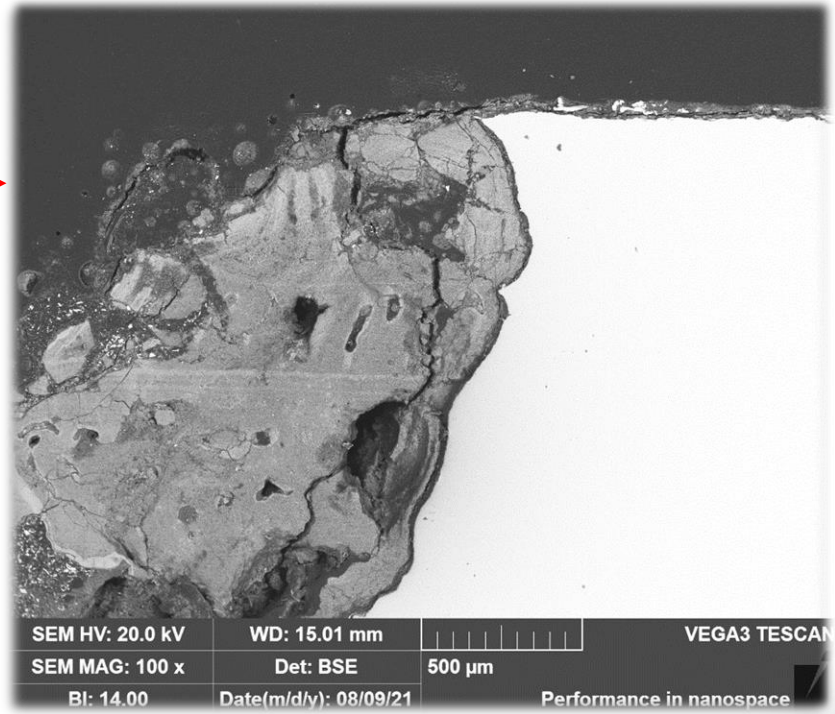
Разрушение мартенситных сталей

«L-80 тип 13Cr» с резьбовым соединением ТМК UP PF Наработка на отказ – 362 суток



Сквозное повреждение НКТ произошло в результате нарушения целостности пассивирующей пленки железа, вследствие электрохимического воздействия из-за ***нарушения изоляции кабельной линии***. После нарушения целостности пассивирующей пленки разрушение трубы протекало по механизму карбонатной коррозии.





Озек-Суатского месторождения, ООО «РН-Ставропольнефтегаз»

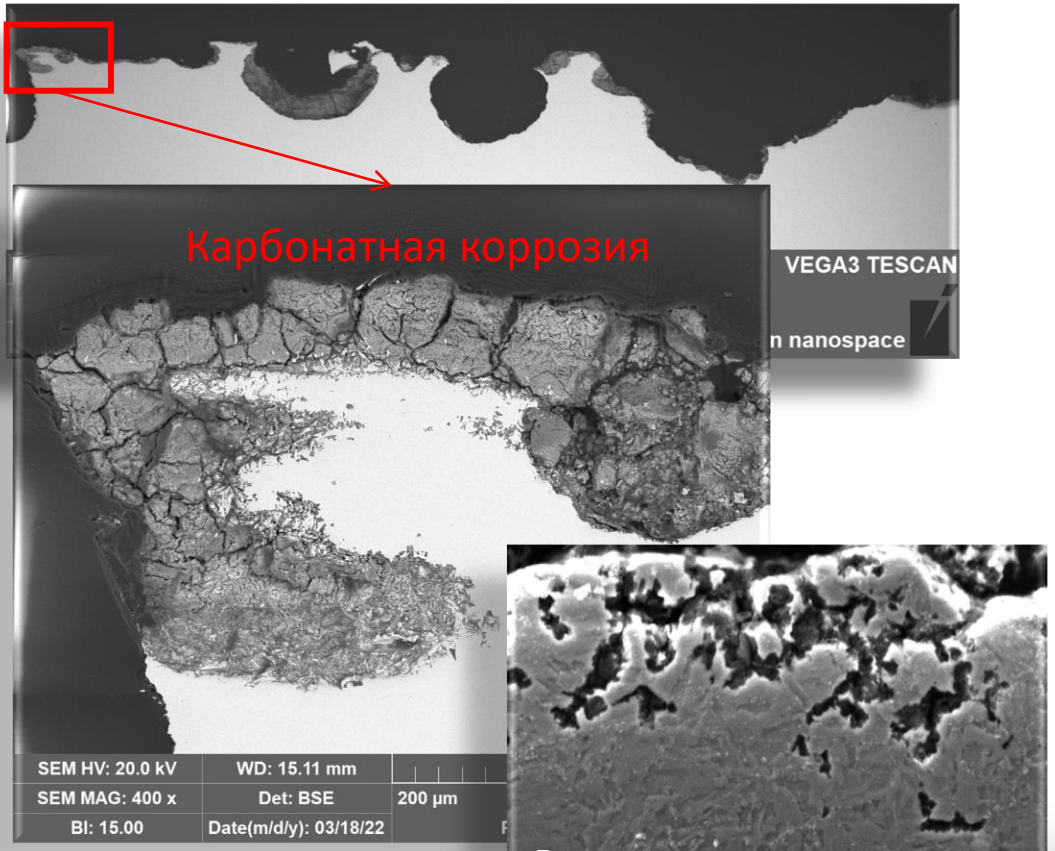
НКТ TMK UP PF 114,3х8,56 мм 13Cr, P110
куст №19G, Бованенковское нефтегазоконденсатное месторождение (НГКМ)
Наработка на НКТ составляет 178 суток.



Наружная поверхность

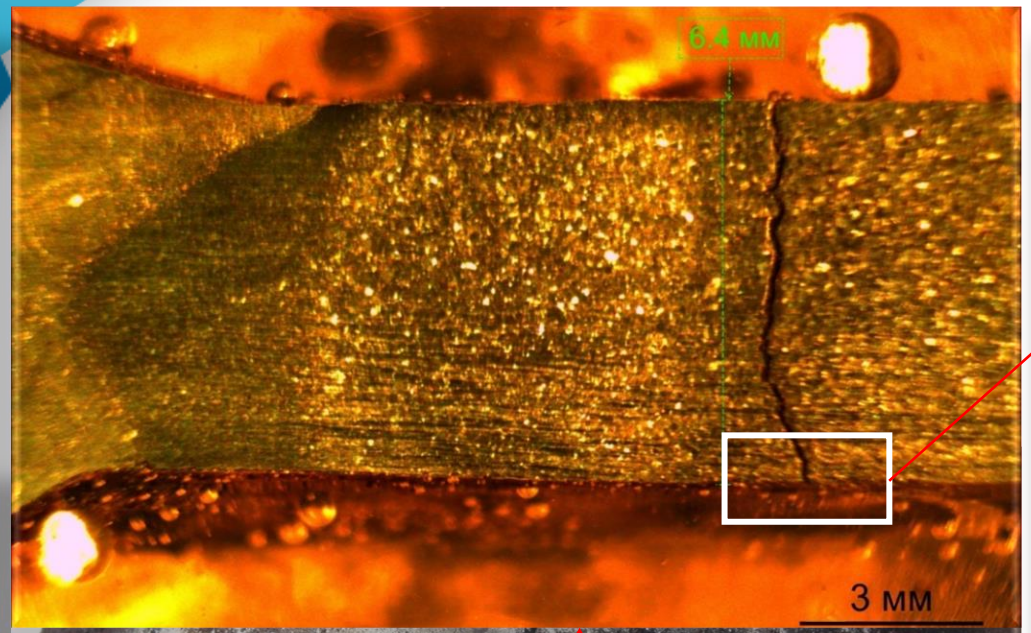
Коррозионные повреждения

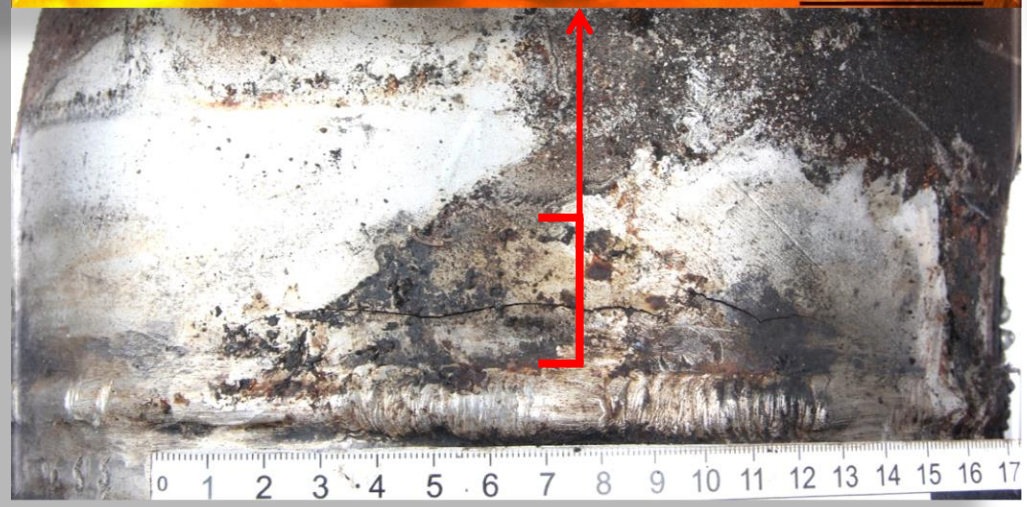
Внутренняя поверхность

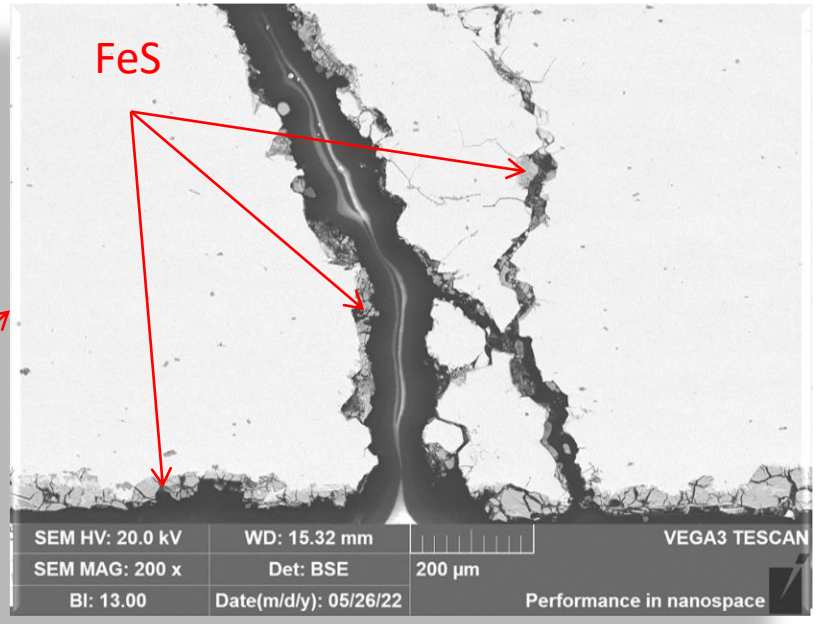


Коррозионное повреждение НКТ произошло в связи с разрушением пассивирующей хромистой пленки в результате ***механического воздействий*** и агрессивной транспортируемой среды, содержащей ионы хлора.

Отвод Ø273х6 мм (12Х18Н10Т) после эксплуатации на технологическом трубопроводе МНС им. А.Алабушина, ТПП «Лукойл- Усинскнефтегаз» ООО «Лукойл-Коми»



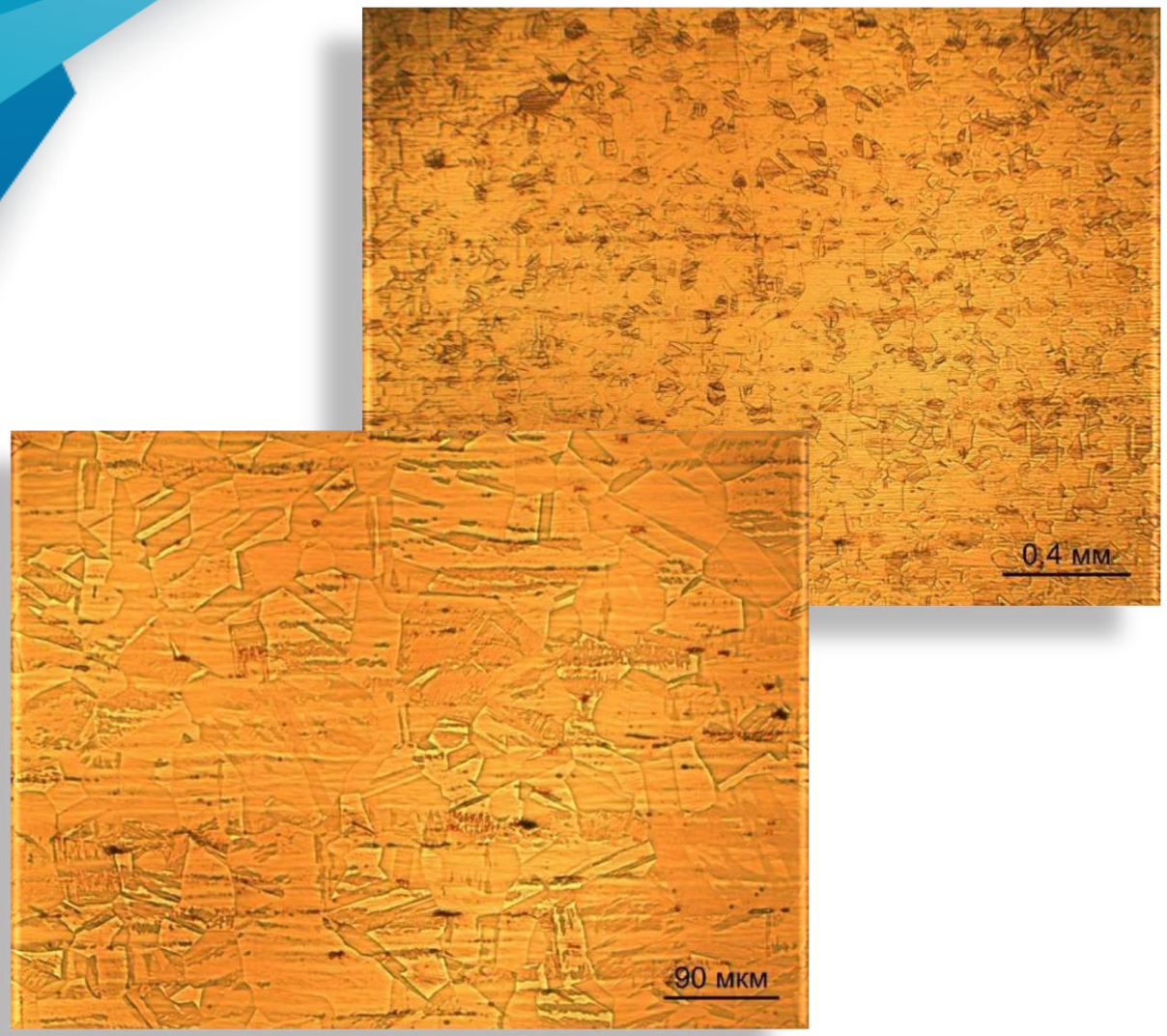




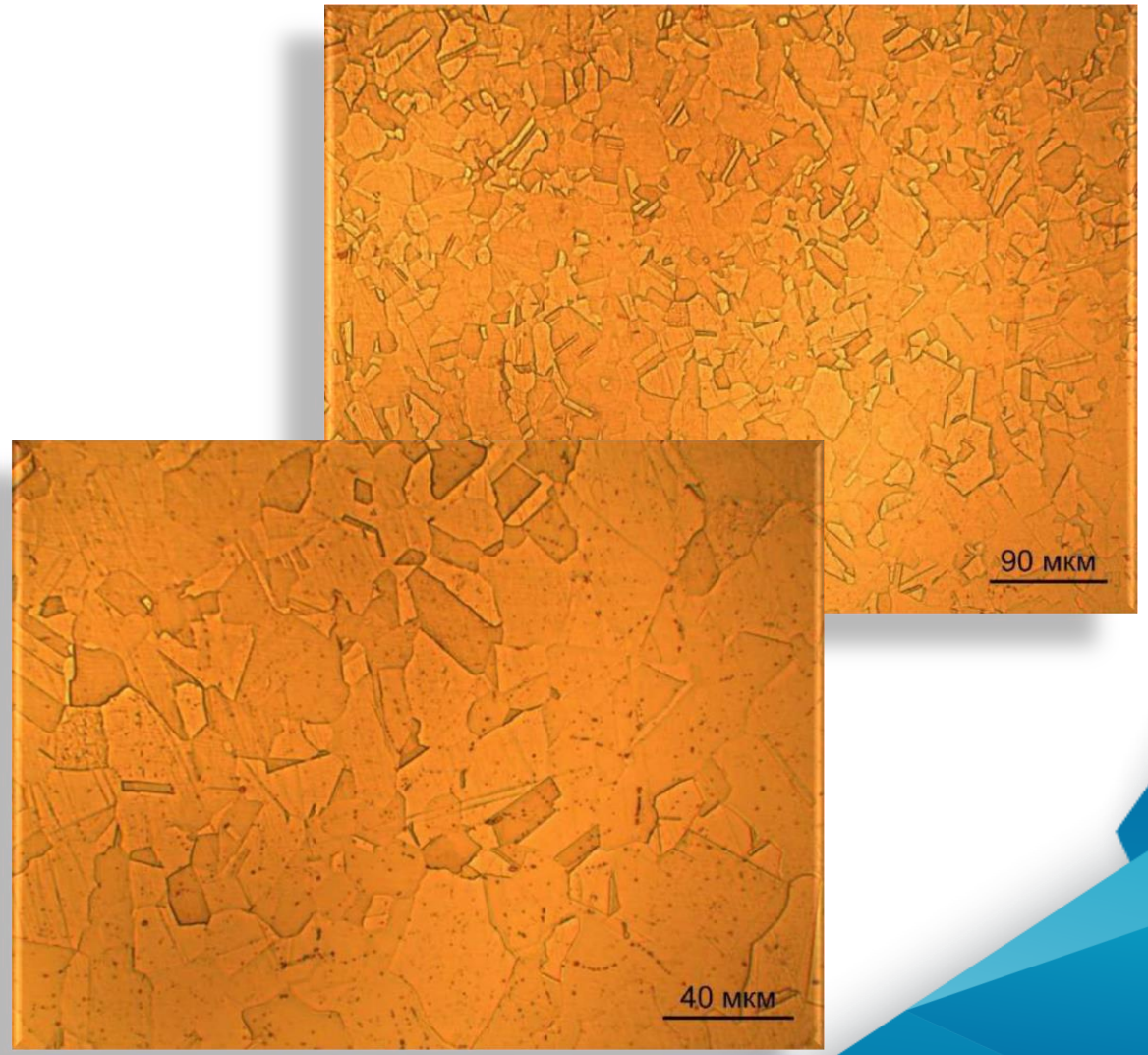
Разрушение (образование трещин) отвода произошло в результате совместного воздействия транспортируемой среды, содержащей коррозионно-агрессивные компоненты (сероводород) и действующих в околошовной зоне сварного стыкового шва отвода напряжений по механизму ***сульфидного-коррозионного растрескивания под напряжением (СКРН).***

Отвод Ø273х6 мм (12Х18Н10Т) после эксплуатации на технологическом трубопроводе МНС им. А.Алабушина, ТПП «Лукойл- Усинскнефтегаз» ООО «Лукойл-Коми»

Исходная структура



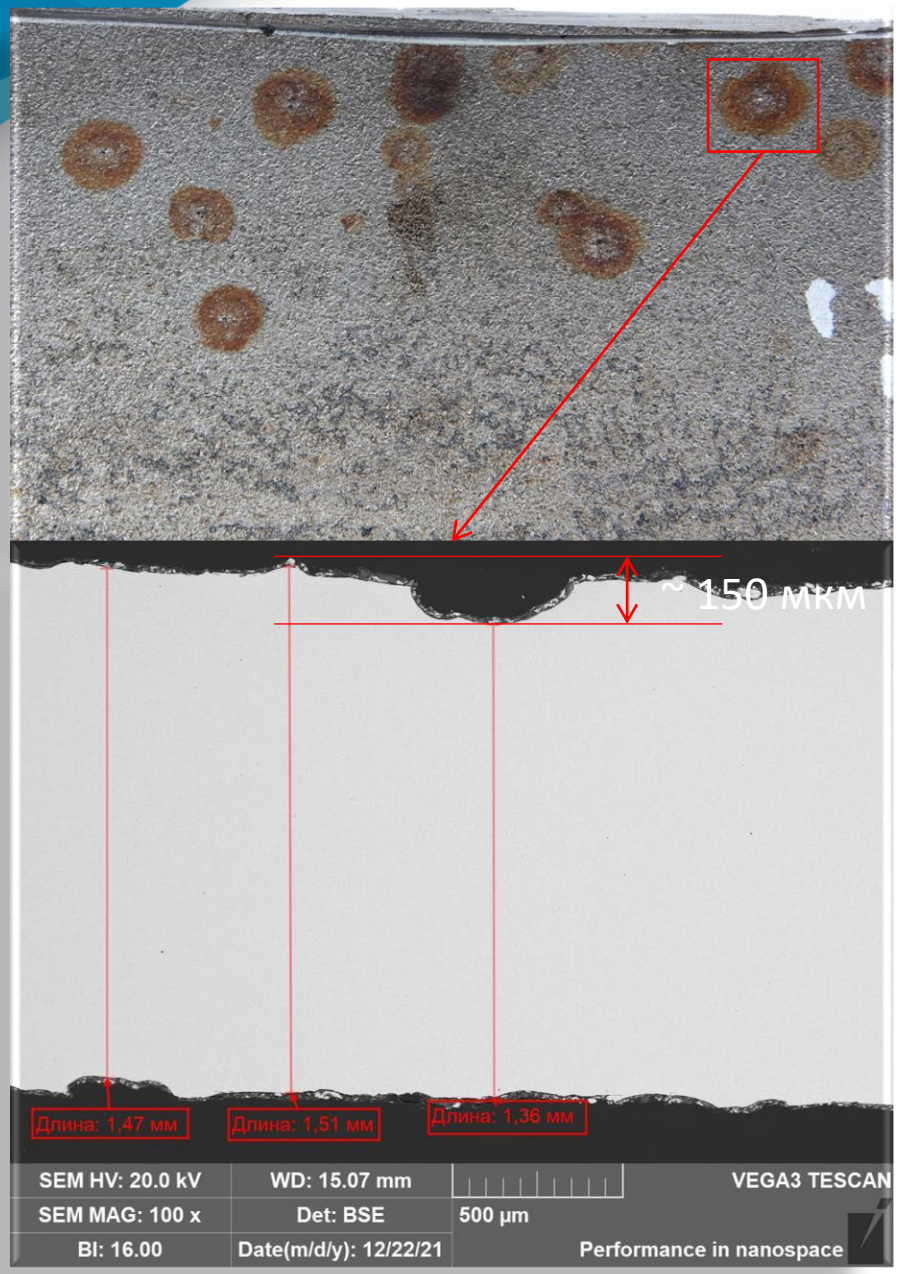
Структура после ТО

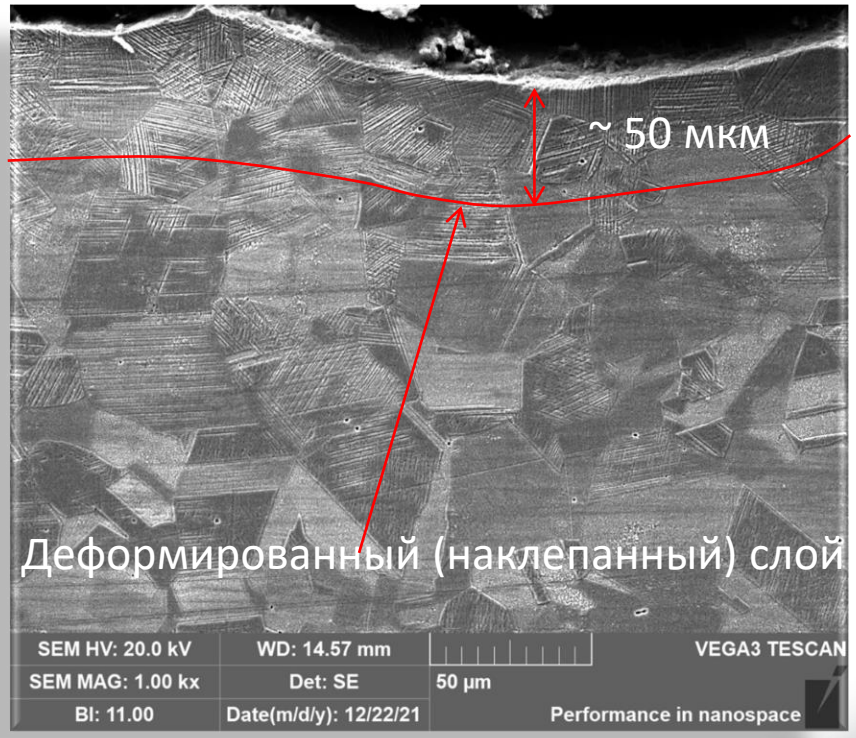


Причина возникновения разрушений: нарушение технологии изготовления СДТ

Втулка, после эксплуатации, в составе трубопровода т.п.40-т.вр.39, ТПП «Когалымнефтегаз, ООО «Лукойл-Западная Сибирь». Наработка ~ 1 год.

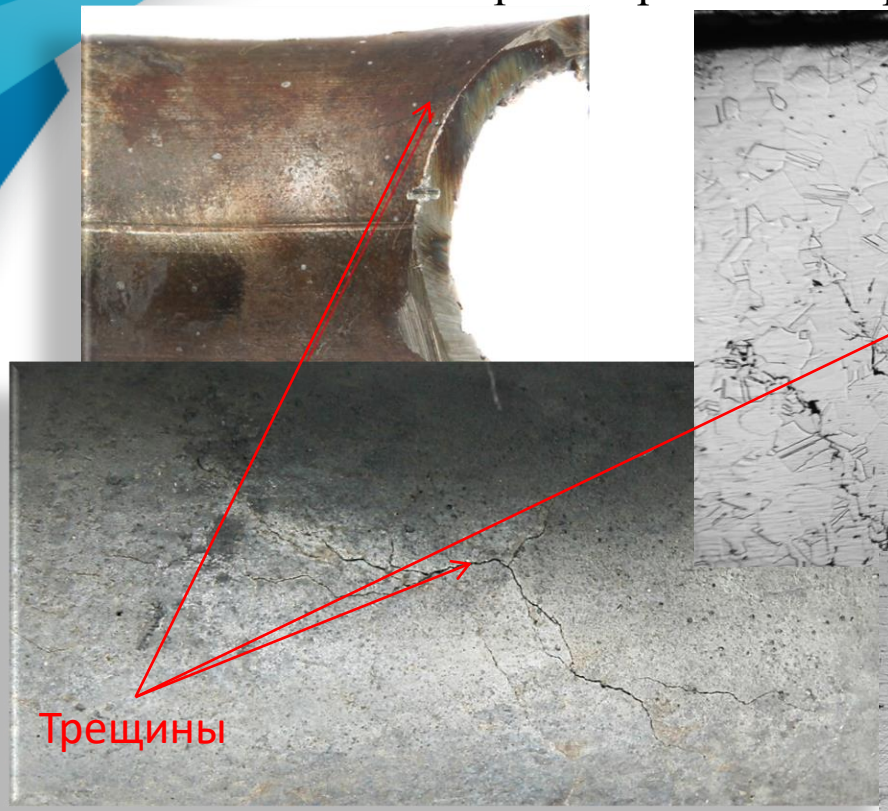
Наблюдается зарождение единичных коррозионных процессов с дальнейшим развитием вглубь металла втулки, что обусловлено наличием ***наклепанного слоя металла,*** образованного в результате проведения механической обработки поверхности втулки

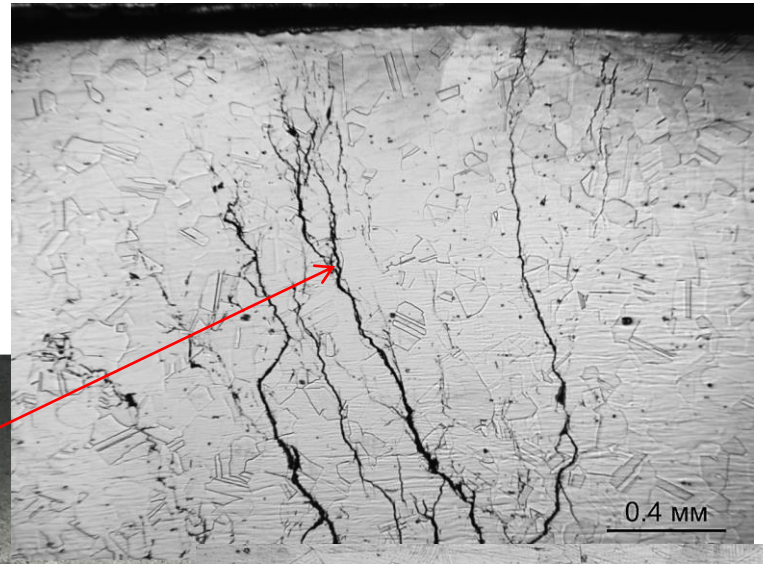




Разрушение аустенитных сталей

Отвод Ø32х3 трубопровода транспортировки водородсодержащего газа (установка изомеризации)
Ориентировочная наработка – 5 лет



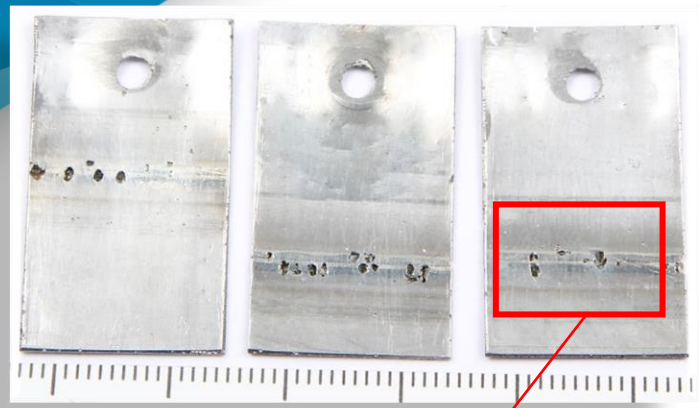




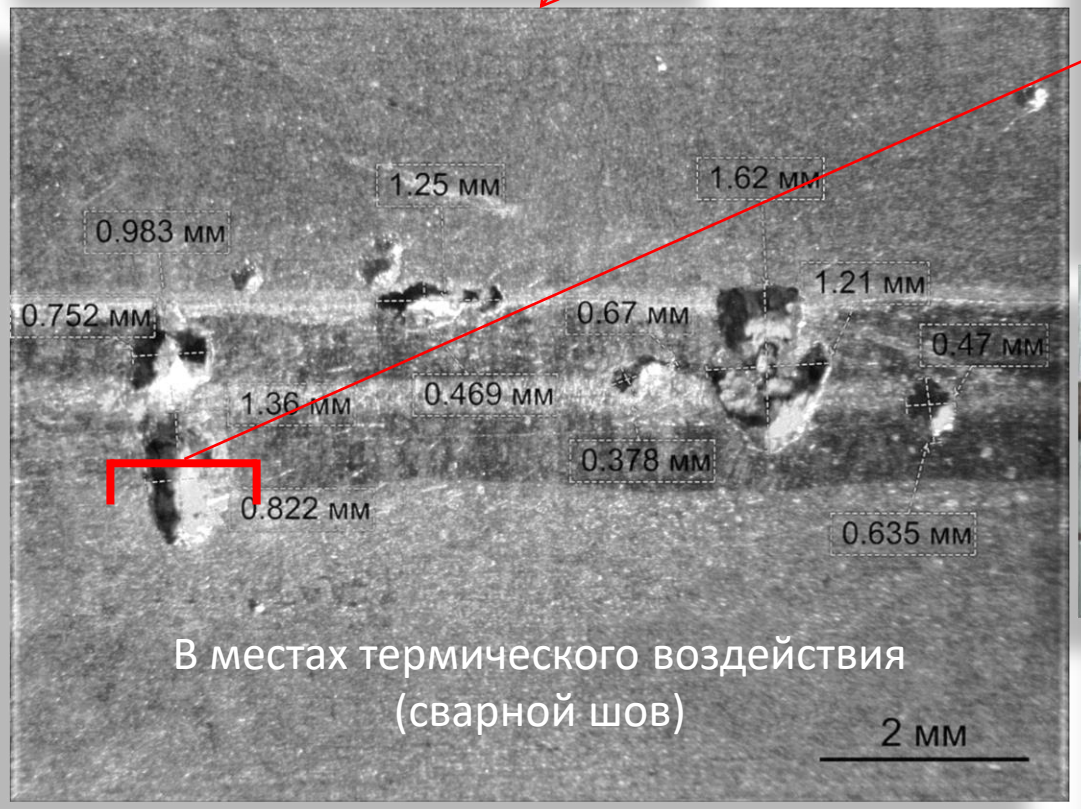
Образование трещин является следствием совокупного воздействия коррозионной сероводородсодержащей среды и ***структурной неоднородности металла***, вызванной нарушением технологии изготовления

В теле аустенитных зерен наблюдаются множественные двойники деформации. ***Двойники деформации*** - дефекты структуры, наличие которых обусловлено снижением температуры деформации. При двойниковании кристаллит делится скачкообразно плоскостью двойникования на две части, и кристаллическая решетка в одной его части становится зеркальным отображением решетки в другой части. Наличие двойников деформации способствует образованию неоднородной структуры и снижению технологической пластичности, что является причиной растрескивания стали. Кроме того, известно, что сталь, в которой активно развивается двойникование, является более склонной к наводораживанию.

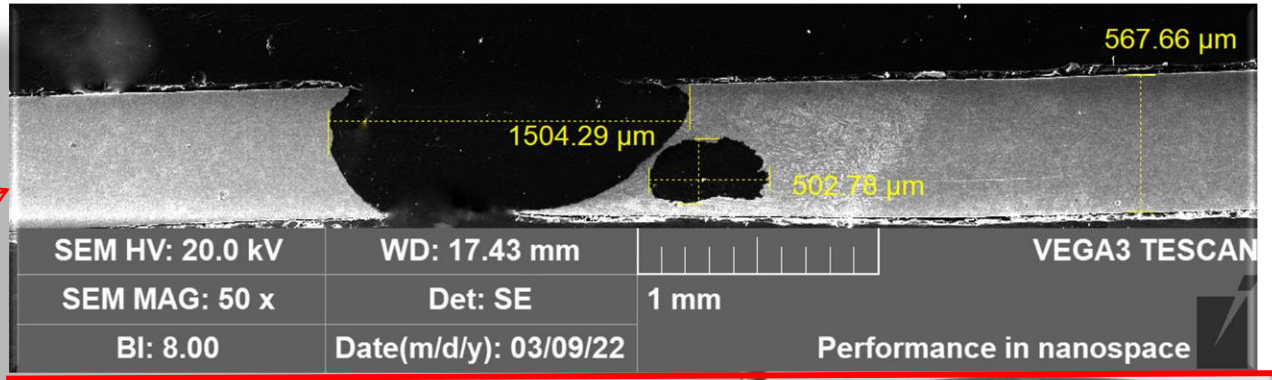
Наглядный пример коррозии аустенитных сталей с разным фазовым составом



	Массовая доля элементов, %								
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	V
Сталь марки 316L по ASTM A240									
≥	-	-	-	-	-	16,0	10,0	2,0	-
≤	0,030	0,75	2,0	0,045	0,030	18,0	14,0	3,0	-
Образец	0,016	0,47	1,7	0,002	0,028	19,1	8,3	0,1	0,1



В местах термического воздействия (сварной шов)











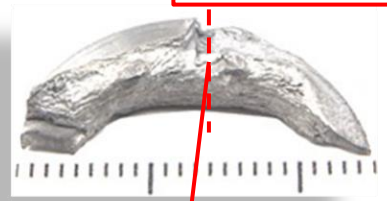
В местах пластической деформации (места изгиба)

Разрушение титанового сплава

Образцы разрушенного корпуса расходомера из сплава Ti-6Al-4V после эксплуатации в составе водородопровода.
Наработка порядка 3 месяцев

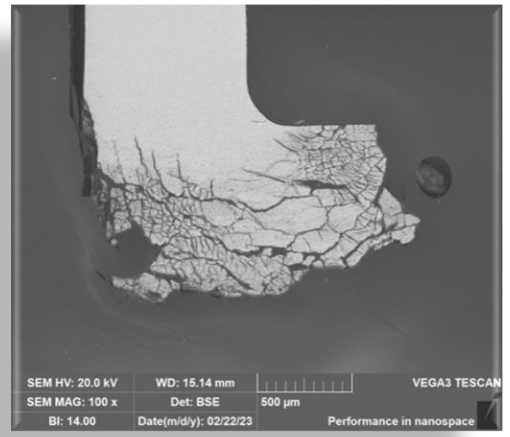


Плоскость шлифа для металлографических исследований

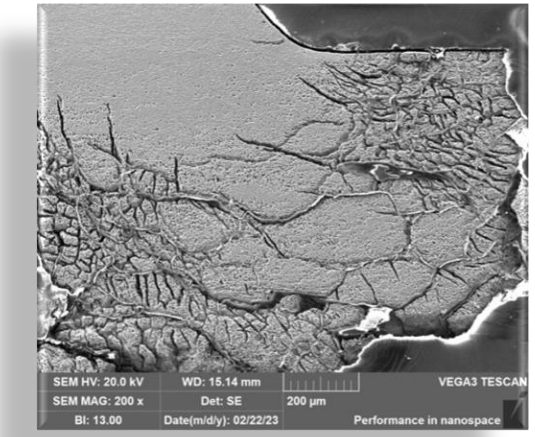


Плоскость шлифа для металлографических исследований

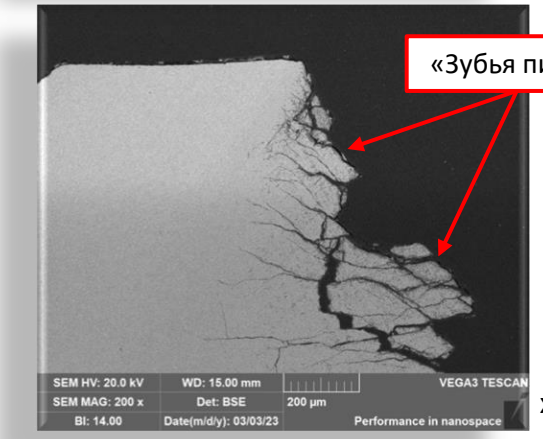
Металлографические исследования профиля излома



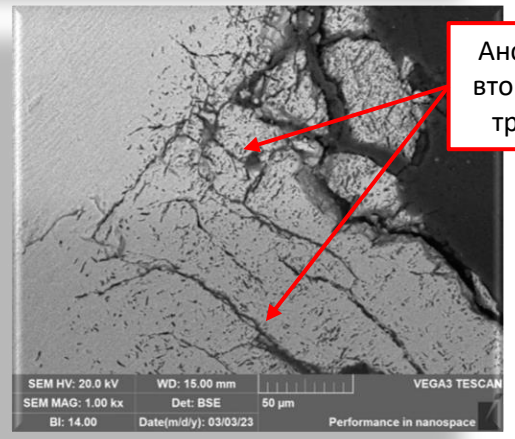
x100



x200



x200



x1000

В строении излома присутствуют так называемые «зубья пилы», возникающие при водородном охрупчивании титанового сплава. Отчетливо наблюдается ансамбль вторичных трещин и взаимодействие их с магистральной трещиной

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

Краткие выводы:

13 Cr (стали мартенситного класса)

Необходимо избегать любых воздействий (кислотные обработки, механический износ), способных повредить пассивирующий слой, поскольку перепассивация в процессе добычи не происходит.

Стали аустенитного класса:

1. Необходим контроль ТО, структуры, наличия α-фазы на всех стадиях производства, особенно при проведение сварочных работ и любых видов деформации.
2. Аустенитные стали требовательны к технологии сварки, которая не должна ограничиваться контролем механических свойств.
3. Проводить подбор материалов под условия нефтепромыслов (температура, содержание ионов Cl^-, наличие H_2S, наличие O_2, кислотные обработки и т.д.).

Титановые славы:

Не стойкие для трубопроводов, транспортирующих водород.

ООО НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР
«САМАРА»

Спасибо за внимание!

Контакты: petrov@npcsamara.ru,тел. +7(906)344-32-25