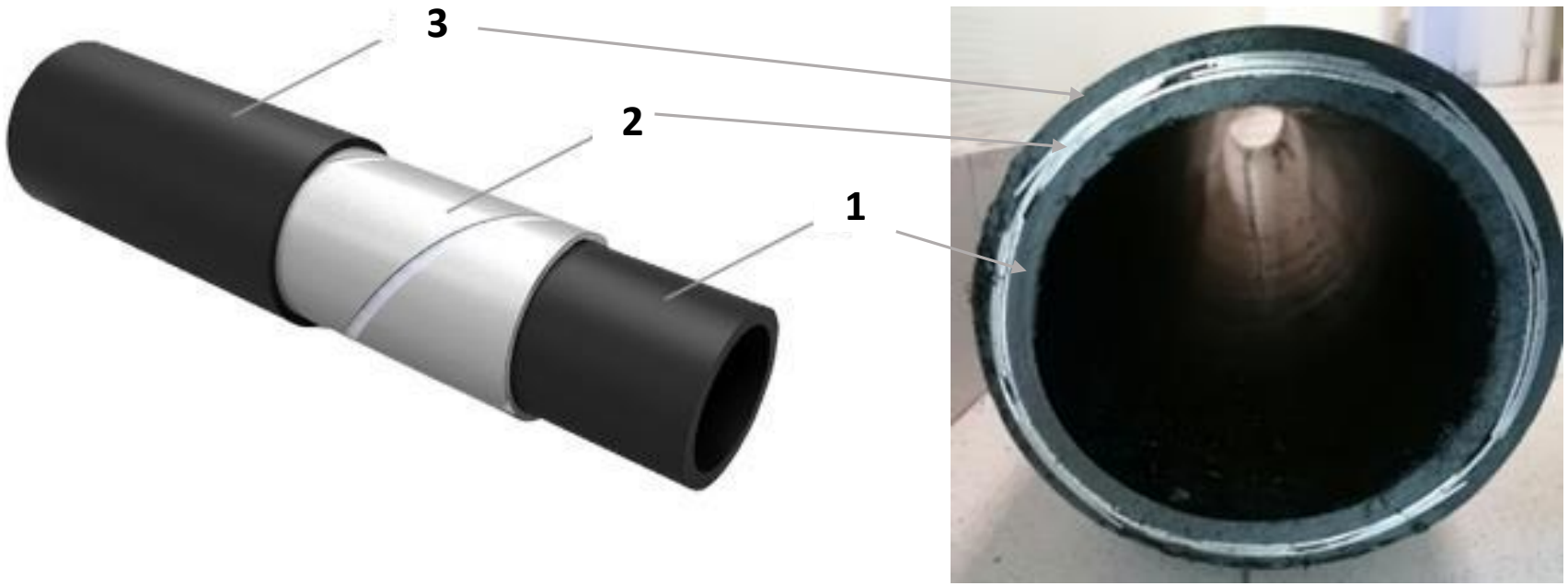
ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНЖИНИРИНГ

Методы оценки стойкости материала стальной армирующей ленты к воздействию сероводородсодержащих сред

Докладчик:
Начальник отдела исследований металлопродукции ООО «ИТ-Сервис»
Кощеев Кирилл Игоревич

Схематичный вид ГПАТ в разрезе



1. **Внутренний полимерный лайнер;**
2. **Стальная армирующая лента;**
3. **Наружный защитный полимерный слой.**

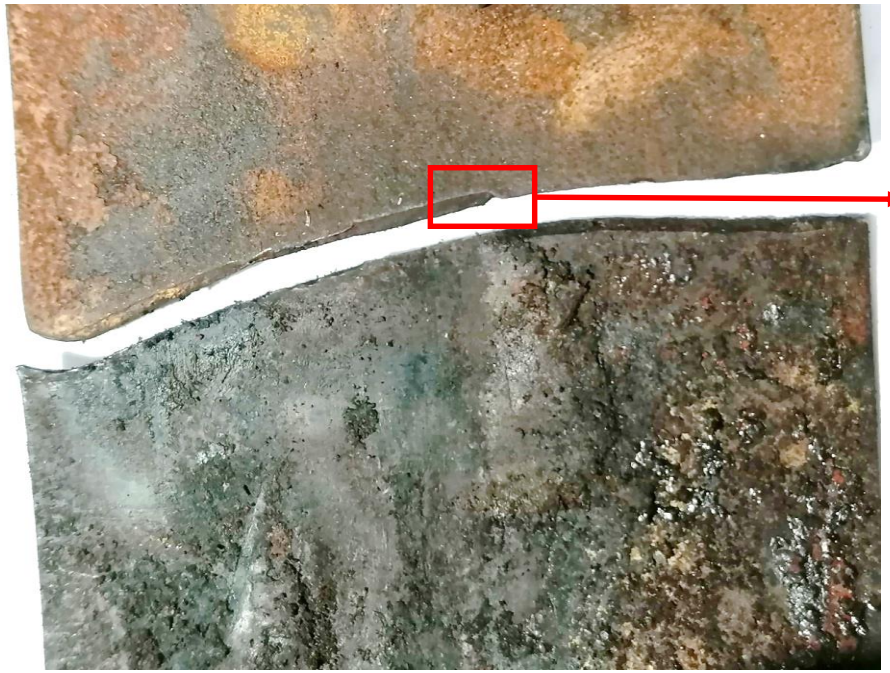
Вид разрушенных образцов ГПАТ со стальной армирующей лентой

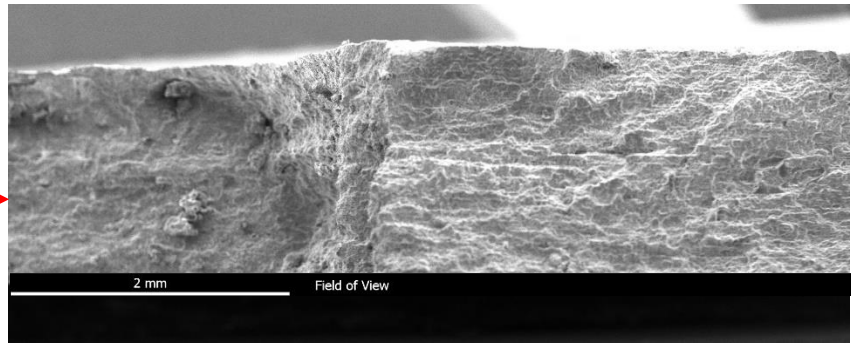


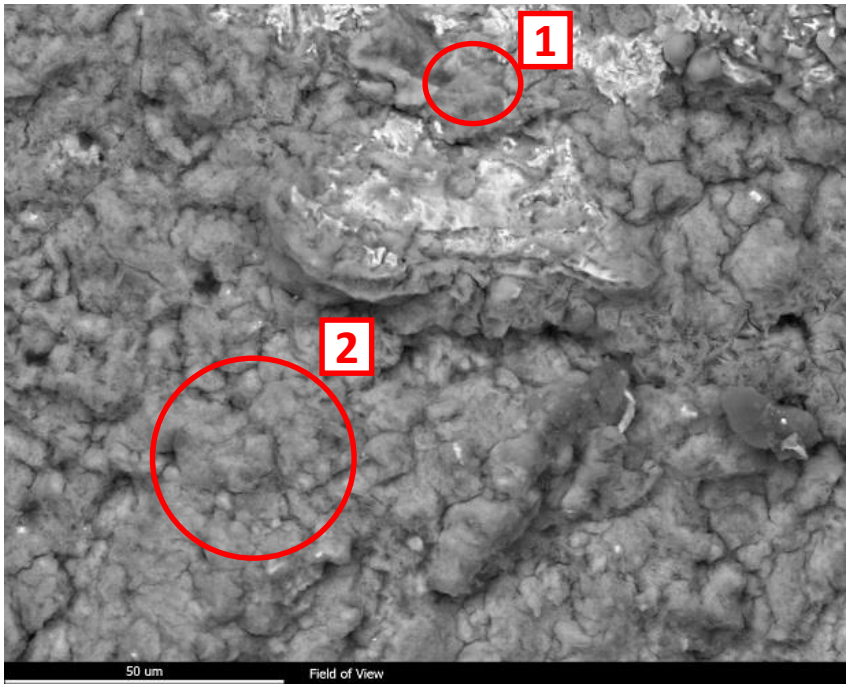




Химический состав продуктов коррозии в области разрушения стальной армирующей ленты







Обл. изм.	Содержание химических элементов, вес. %							
	C	O	Na	Si	S	Cl	Mn	Fe
1	4.76	23.56	5.92	0.50	3.74	8.87	1.12	51.53
2	4.05	13.39	4.15	-	6.58	0.49	0.82	70.50

Основные причины попадания H_2S-содержащей водной среды в слой с армирующей стальной лентой

Нарушения при монтаже и эксплуатации

Диффузия компонентов эксплуатационной среды через внутренний полимерный лайнер

Смешанная

Нарушения при монтаже и эксплуатации ГПАТ





Замятие и разрушение верхнего слоя ГПАТ вследствие нарушений технологии размотки бухты



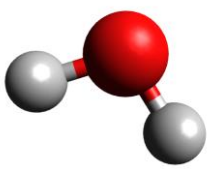


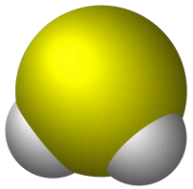
Повреждение наружного полимерного слоя и армирующей ленты при ударе зубом ковша экскаватора

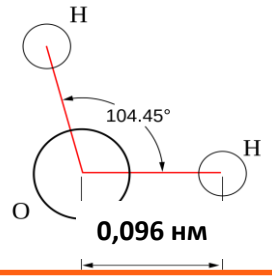
Диффузия компонентов эксплуатационной среды через внутренний полимерный лайнер

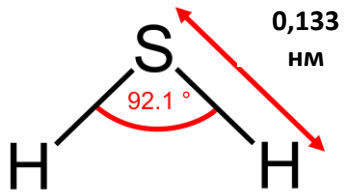
Газопроницаемость материалов [1]

Материал	Газопроницаемость $см^3/(см^2 \cdot с \cdot атм)$
Ткани	$10^1 \div 10^5$
Бумага, кожа, керамика	$10^{-5} \div 10^1$
Жидкости	$10^{-6} \div 10^{-5}$
Полимеры	$10^{-12} \div 10^{-6}$
Неорганические соли, стекла	$10^{-15} \div 10^{-12}$
Металлы	10^{-16} и ниже









Молекула H_2O | **Молекула H_2S**

Коэффициенты диффузии молекул в ПВЭП при Т=25°С [1]

Пенетрант	D, $см^2/с$	Пенетрант	D, $см^2/с$
Метан	$2 \cdot 10^{-7}$	Морфолин	$0{,}08 \cdot 10^{-7}$
Азот	$1{,}4 \cdot 10^{-7}$	Ацетон	$0{,}5 \cdot 10^{-7}$
Пентан	$0{,}3 \cdot 10^{-7}$	Дихлорметан	$0{,}45 \cdot 10^{-7}$
Гексан	$0{,}25 \cdot 10^{-7}$	Хлороформ	$0{,}34 \cdot 10^{-7}$
Гептан	$0{,}22 \cdot 10^{-7}$	Тетрахлорметан	$0{,}1 \cdot 10^{-7}$
Октан	$0{,}19 \cdot 10^{-7}$	Дихлорэтан	$0{,}24 \cdot 10^{-7}$
Нонан	$0{,}16 \cdot 10^{-7}$	Хлорбензол	$0{,}3 \cdot 10^{-7}$
Декан*	$0{,}75 \cdot 10^{-7}$	Хлоргептан	$0{,}15 \cdot 10^{-7}$
Ундекан*	$0{,}61 \cdot 10^{-7}$	Метанол	$2{,}6 \cdot 10^{-7}$
Тридекан*	$0{,}26 \cdot 10^{-7}$	Этанол	$1{,}6 \cdot 10^{-7}$
Бензол	$0{,}38 \cdot 10^{-7}$	Н-пропанол	$0{,}76 \cdot 10^{-7}$
Толуол	$0{,}33 \cdot 10^{-7}$	Изо-пропанол	$0{,}42 \cdot 10^{-7}$
пара-Ксилол	$0{,}31 \cdot 10^{-7}$	Н-бутанол	$0{,}48 \cdot 10^{-7}$
Мета-Ксилол	$0{,}32 \cdot 10^{-7}$	Изо-бутанол	$0{,}4 \cdot 10^{-7}$
Пиридин	$0{,}23 \cdot 10^{-7}$	Вода	$0{,}36 \cdot 10^{-7}$
Метиламин	$0{,}95 \cdot 10^{-7}$	Перхлорэтан	$1{,}2 \cdot 10^{-7}$
Диэтиламин	$0{,}25 \cdot 10^{-7}$	Этилацетат	$0{,}47 \cdot 10^{-7}$
Триэтиламин	$0{,}1 \cdot 10^{-7}$	Циклогексан	$0{,}54 \cdot 10^{-7}$

1. Чалых А., Герасимов В., Хасбиуллин Р. Диффузия органических растворителей в полиэтилене и время защитного действия стенки полимерной трубы// Технологии и материалы. Полимерные трубы. 2008. №4 (22). С.44-46

Влияние температуры и давления на диффузию компонентов эксплуатационной среды

Транспортные коэффициенты CH4 в ПЭ [2]

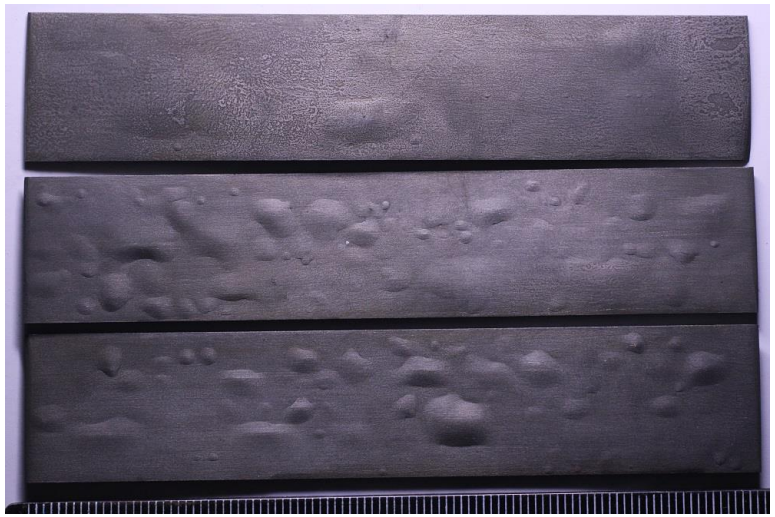
Polymer	*T* (°C)	*p* (MPa)	*l* (mm)	К. проницаемости (10^{-7} cm^3(STP)/cm·s·MPa)	К. диффузии (10^{-7} cm^2/s)	К. растворимости (cm^3(STP)/cm^3·MPa)
LDPE (Φa = 0.70)	41	4	1.85	4.3	3.4	1.30
	40	10	1.83	3.7	4.2	0.90
	40	7.5	1.82	4.8	3.7	1.30
	59	7.5	1.80	13	10	1.20
	80	4	1.83	29	23	1.30
	80	10	1.91	28	22	1.30
	77	7	2.75	32	26	1.20
MDPE (Φa = 0.53)	39	10	2.01	1.2	1.6	0.78
	39	7	1.92	1.5	2.1	0.74
	60	7	1.99	5	4.7	1.10
	59	4	1.95	3.3	6.5	0.51
	80	4	1.91	12	11	1.10
HDPE (Φa = 0.37)	39	7	2.08	0.92	1.6	0.57
	61	7	1.99	2.6	4.6	0.56
	77	10	2.05	5.1	9.2	0.56

Транспортные коэффициенты CO2 в ПЭ [2]

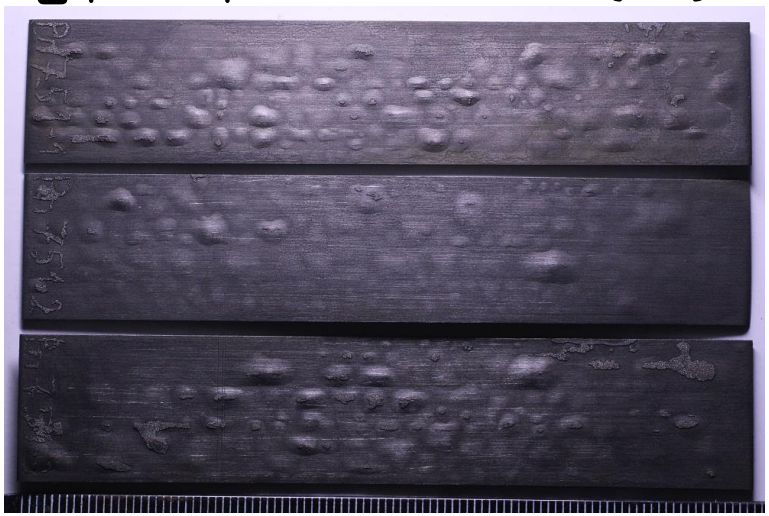
Polymer	*T* (°C)	*p* (MPa)	*l* (mm)	К. проницаемости (10^{-7} cm^3(STP)/cm·s·MPa)	К. диффузии (10^{-7} cm^2/s)	К. растворимости (cm^3(STP)/cm^3·MPa)
LDPE (Φa = 0.70)	40	4	1.83	22	6.7	3.30
	60	4	1.80	41	19	2.20
	76	4	2.16	64	22	2.90
MDPE (Φa = 0.53)	39	4	1.95	8.1	3.7	2.25
	61	4	2.03	17	10	1.65
	80	4	1.95	29	17	1.80
HDPE (Φa = 0.37)	40	4	2.01	5.5	4.0	1.40
	60	4	2.09	9.6	8.2	1.20
	81	4	2.07	19	16	1.20

2. B. Flaconnèche, J. Martin, M.H. Klopffer. Permeability, Diffusion and Solubility of Gases in Polyethylene, Polyamide 11 and Poly(vinylidene fluoride)// Oil & Gas Science and Technology – Rev. IFP, Vol. 56 (2001), No. 3, pp. 261-278

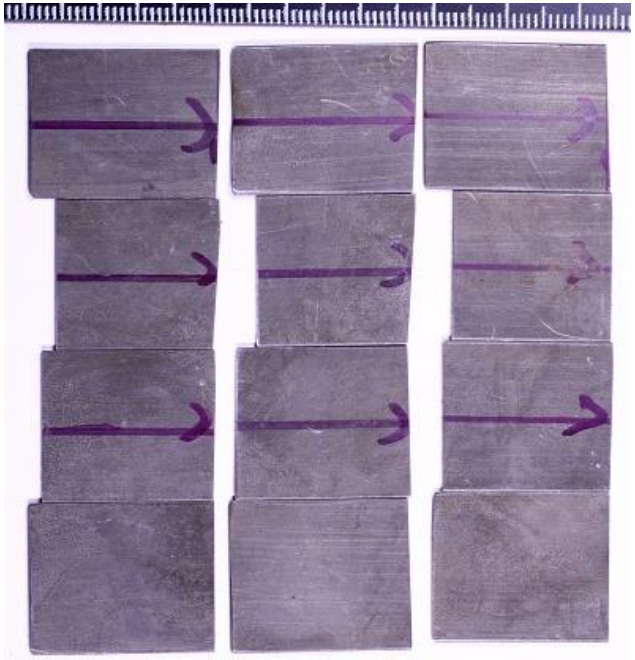
Вид поверхности образцов лент после испытания на стойкость к водородному растрескиванию (ВР)



Образец ленты №1

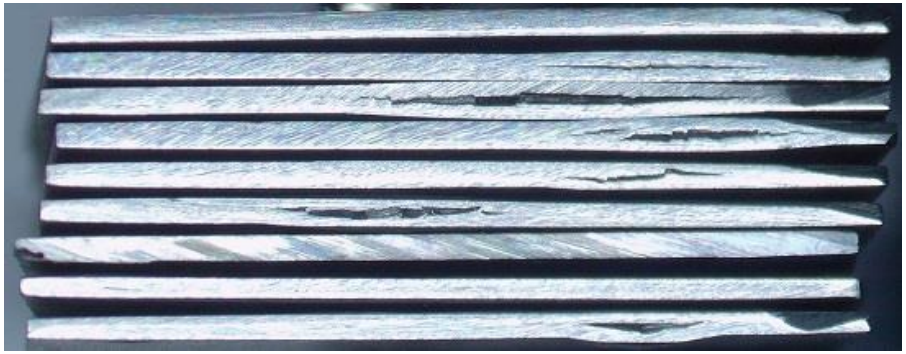


Образец ленты №2

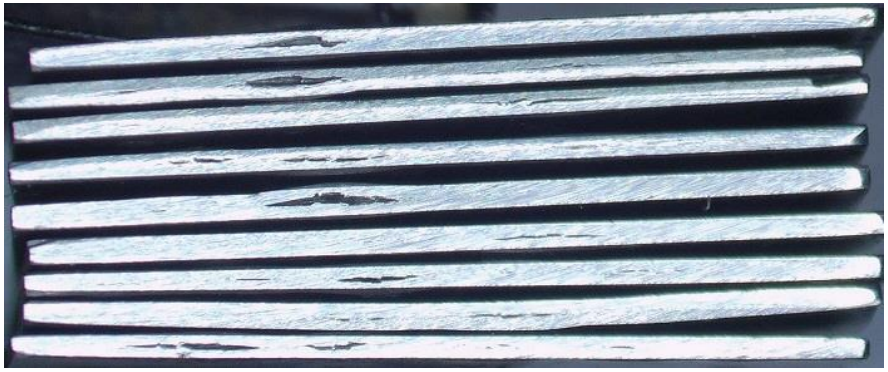


Образец ленты №3

Сечения образцов после испытания ленты на стойкость к водородному растрескиванию (ВР)



Образцы из ленты №1

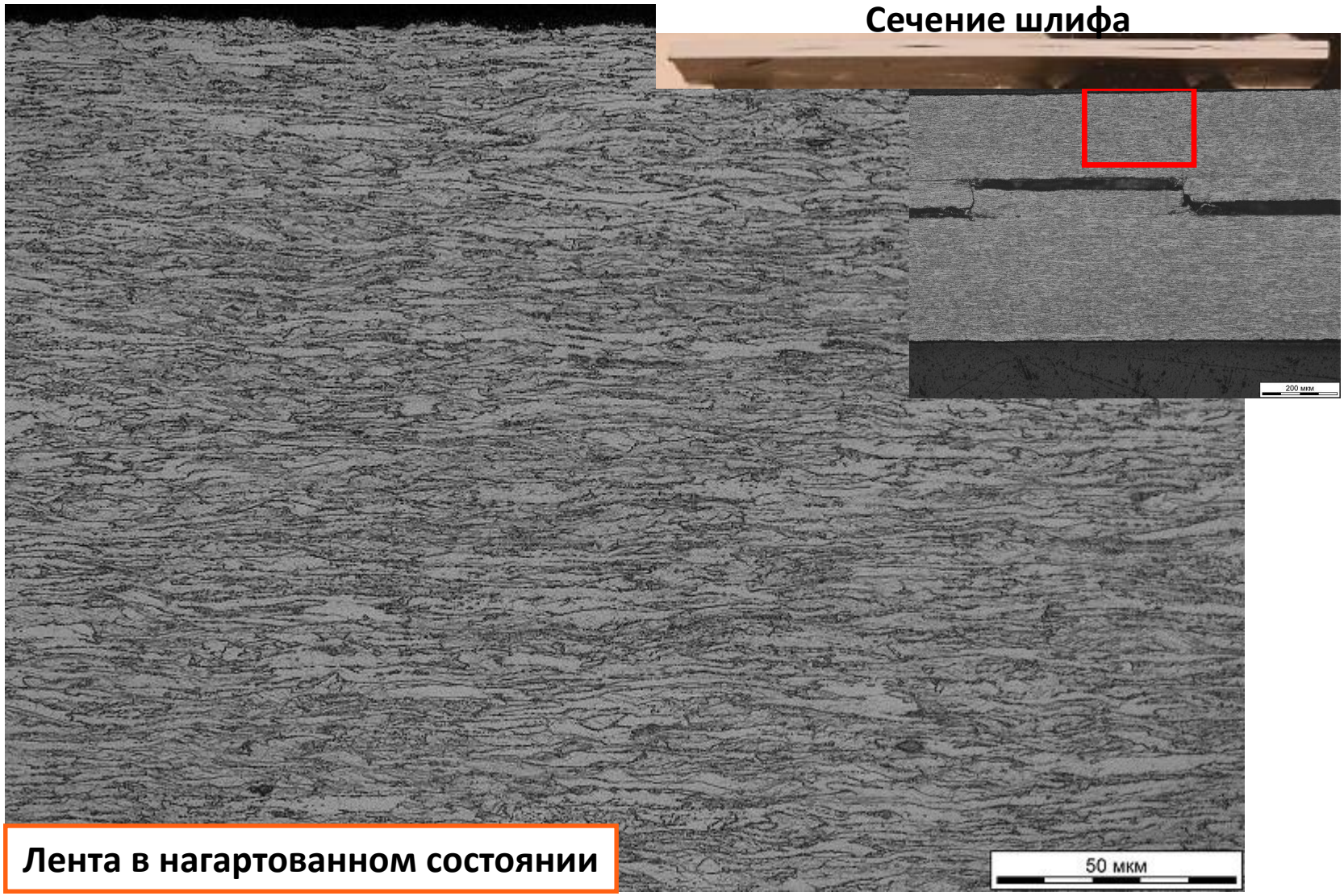


Образцы из ленты №2



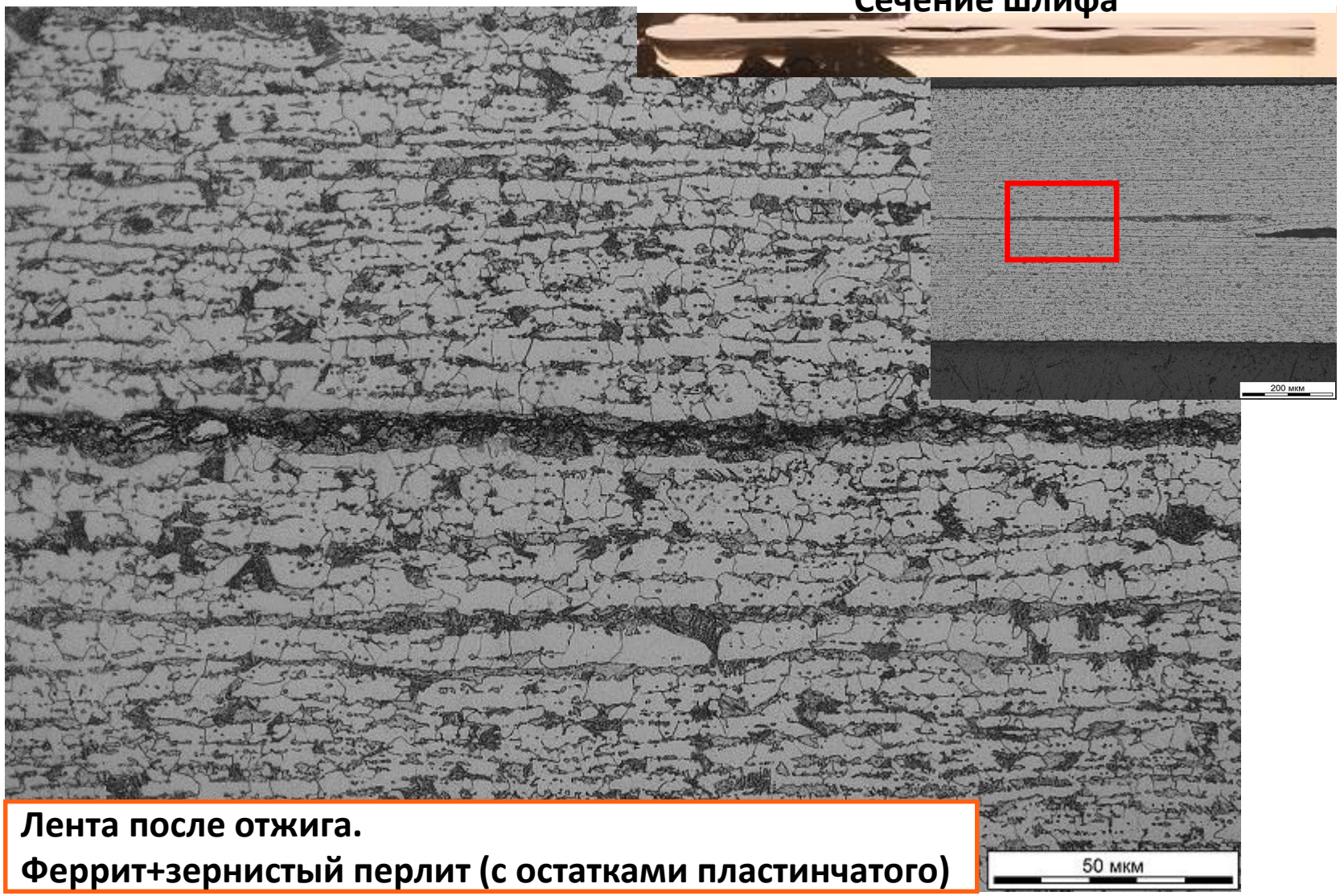
Образцы из ленты №3

Микроструктура ленты №1 после испытания на стойкость к водородному растрескиванию (ВР)



Лента в нагартованном состоянии

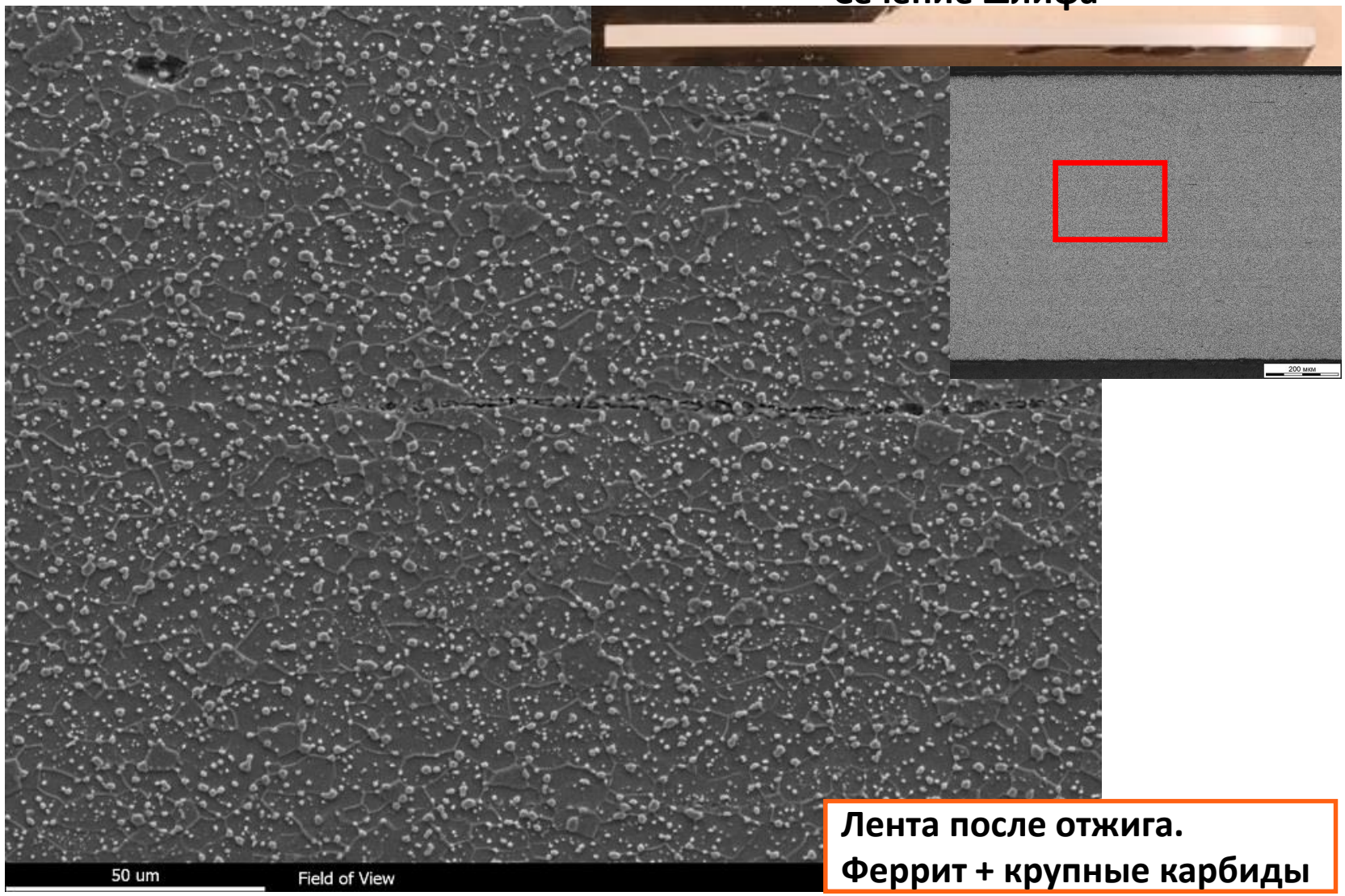
Микроструктура ленты №2 после испытания на стойкость к водородному растрескиванию (ВР)



Лента после отжига.
Феррит+зернистый перлит (с остатками пластинчатого)

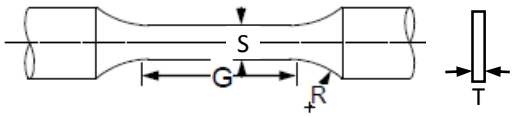
Микроструктура ленты №3 после испытания на стойкость к водородному растрескиванию (ВР)

Сечение шлифа



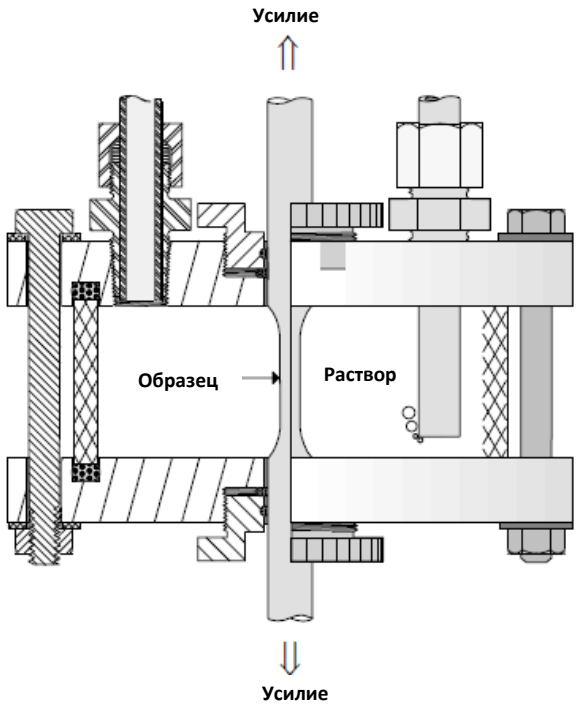
Лента после отжига.
Феррит + крупные карбиды

Испытание лент на стойкость к сульфидному коррозионному растрескиванию под напряжением (СКРН)



Толщина ленты

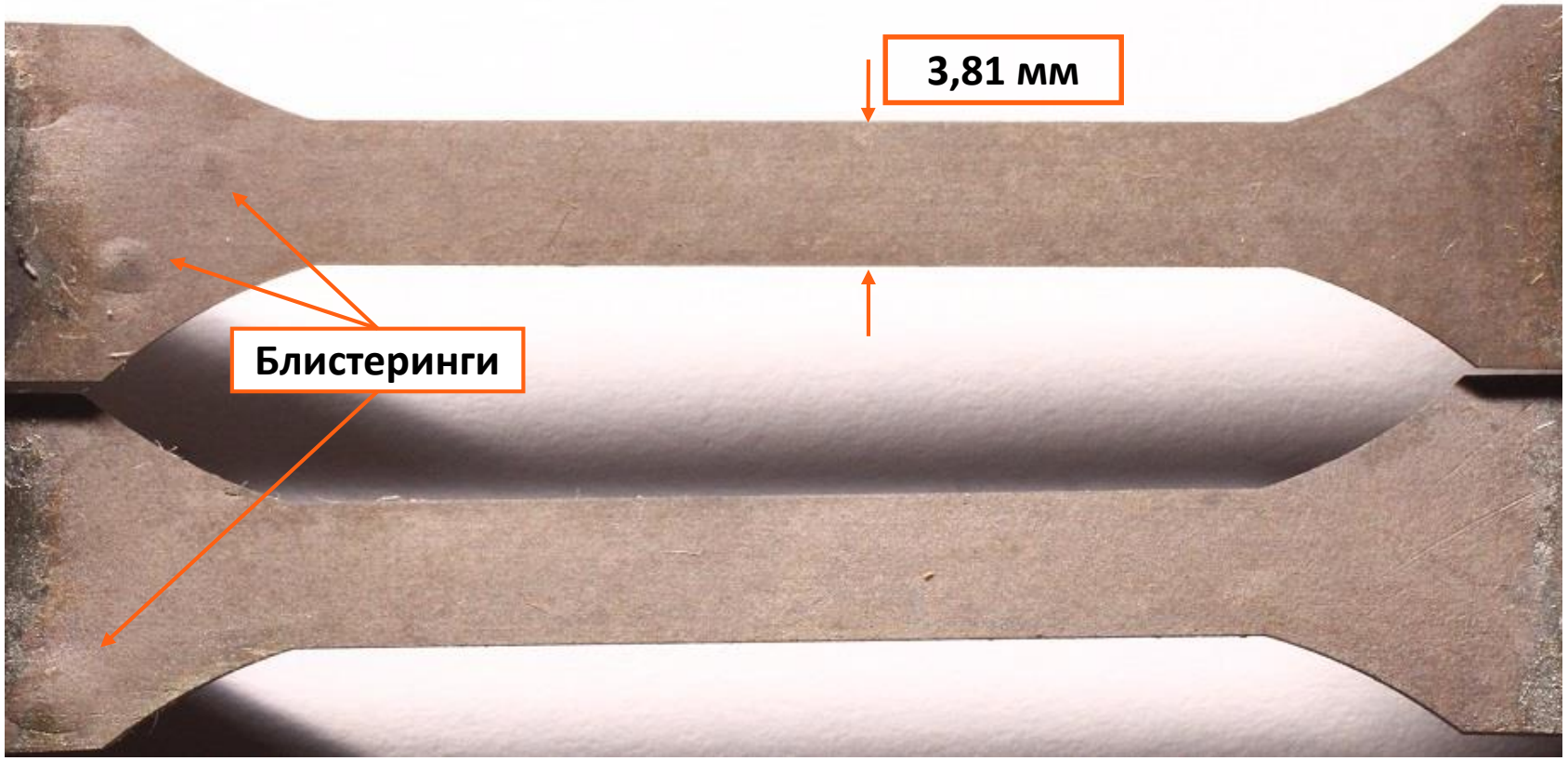
Размер	Полноразмерный образец	Уменьшенный образец
S	6.35 ± 0.13 mm (0.250 ± 0.005 in)	3.81 ± 0.05 mm (0.150 ± 0.002 in)
G	25.4 mm (1.00 in)	25.4 mm (1.00 in)
R (min.)	15 mm (0.60 in)	15 mm (0.60 in)





Вырезанные из ленты образцы

Образцы из ленты №1 после испытания на стойкость к СКРН

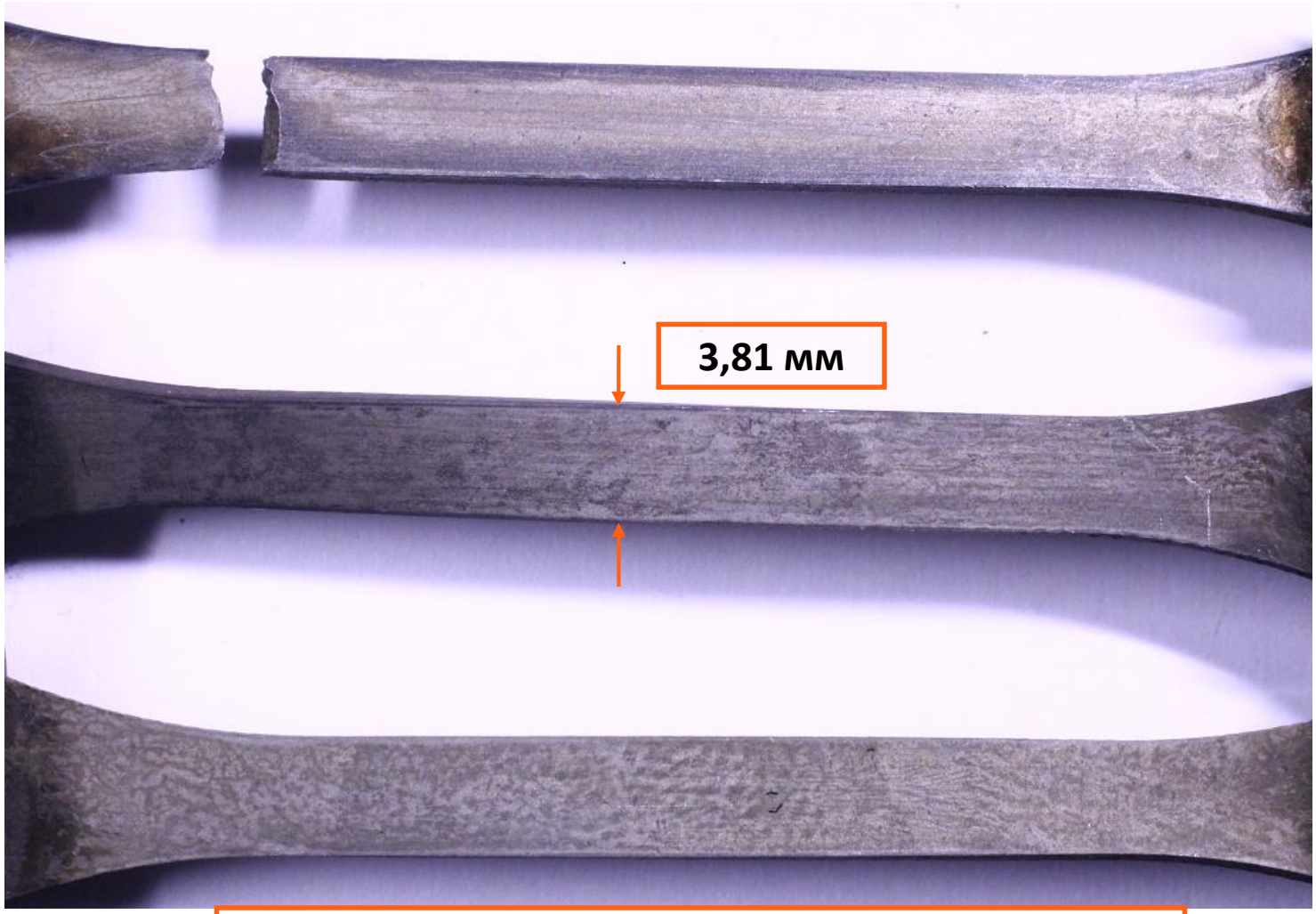


Оба образца прошли испытание

Образцы из ленты №2 после испытания на стойкость к СКРН

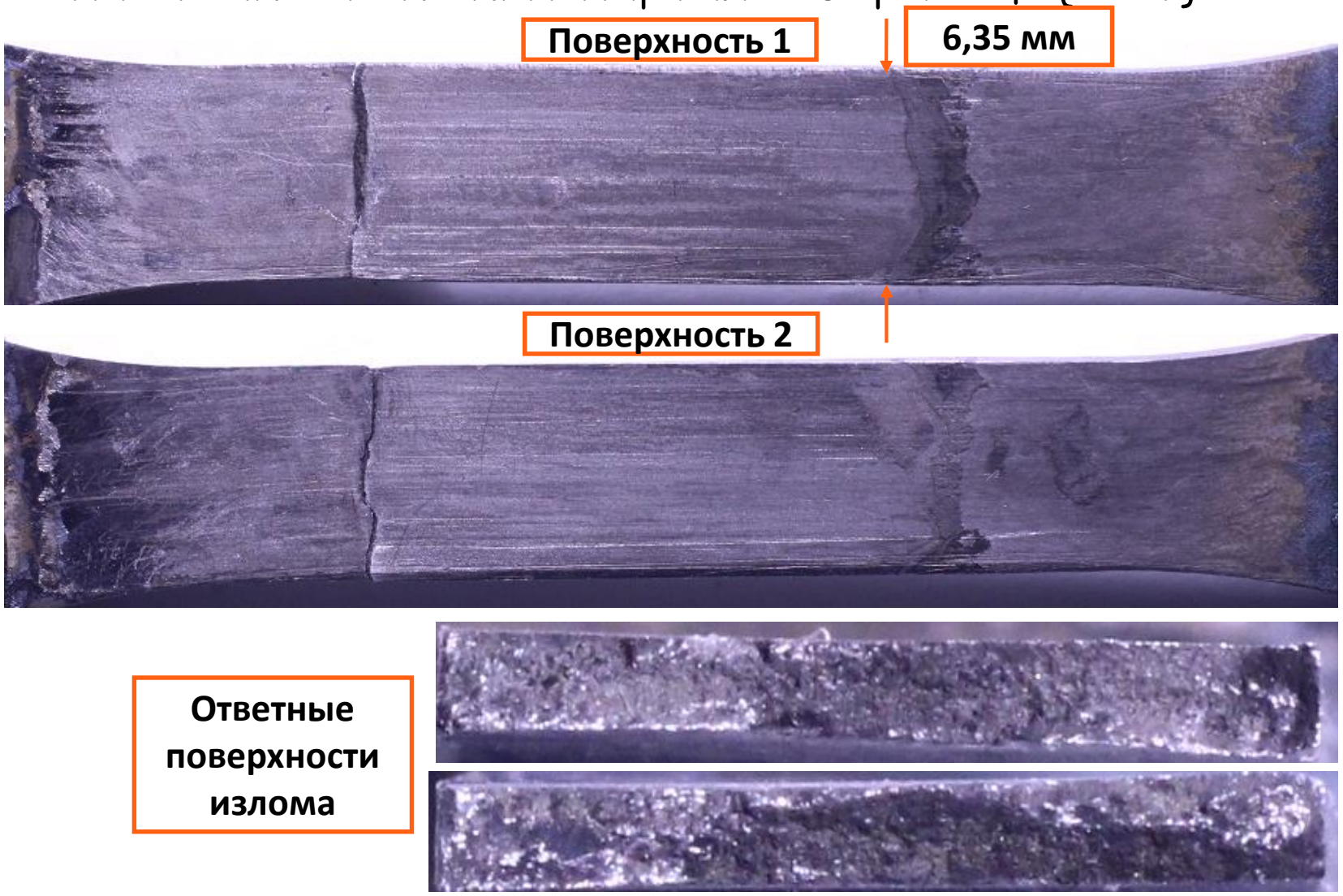


Образцы из ленты №3 после испытания на стойкость к СКРН. Партия 1

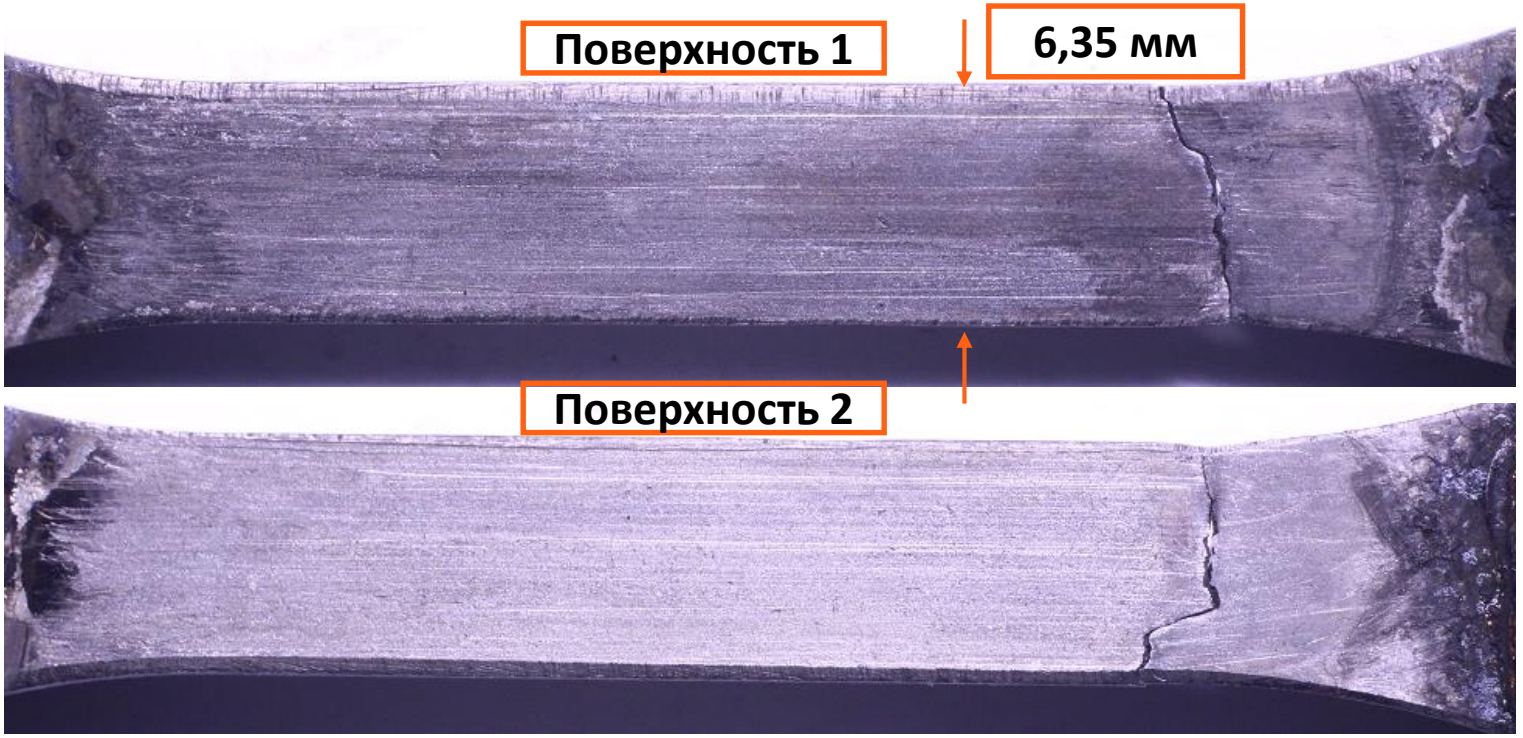


Партия I. Разрушился 1 (69 часов) образец из 3

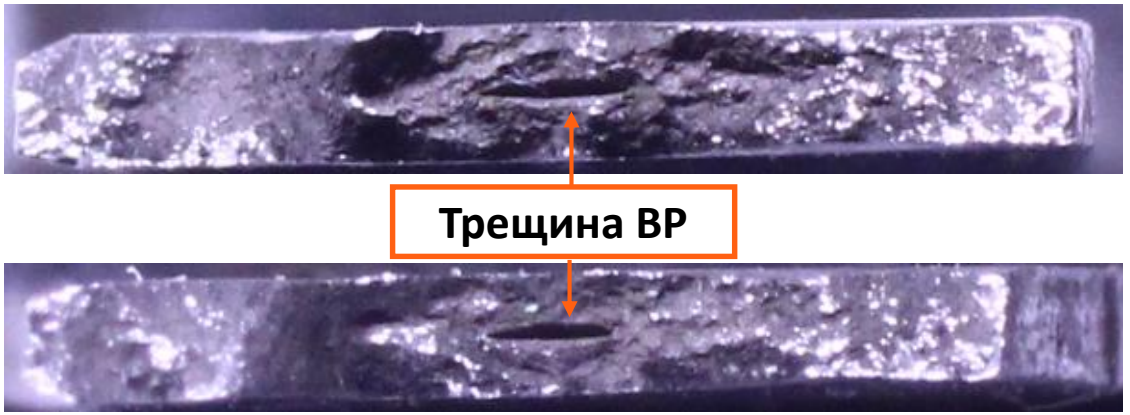
Образцы из ленты №3 после испытания на стойкость к СКРН. Партия 2. Образец 1 (43 ч.)



Образцы из ленты №3 после испытания на стойкость к СКРН. Партия 2. Образец 2 (49 ч.)



Ответные поверхности излома



Партия II. Разрушилось 2 (43 ч. и 49 ч.) образец из 6

Выводы

- **Для определения стойкости материала стальных армирующих лент к растрескиванию в сероводородсодержащих средах необходимо внесение дополнительных изменений в существующие методы испытаний;**
- **Специалистами ООО «ИТ-Сервис» были разработаны дополненные методы проведения испытаний на стойкость к ВР и СКРН материала лент;**
- **Было проведено уже более 20 испытаний на стойкость к растрескиванию материала армирующих лент;**
- **ООО «ИТ-Сервис» сотрудничает с компаниями-производителями ГПАТ, целью данного взаимодействия является изготовление и поставка ГПАТ, обладающих стойкостью к растрескиванию в сложных коррозионных условиях;**
- **Данные методы испытаний, после окончания их разработки, можно будет применять при разработке стальных армирующих лент стойких к воздействию H_2S-сред.**

Кощеев
Кирилл Игоревич

+ 7 (903) 300-75-16
koscheevki@its-samara.com