ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНЖИНИРИНГ

Особенности подбора ингибиторов для защиты металла от наводораживания в сероводородсодежащих средах

Ковтунов Дмитрий Артёмович
Пирожков Павел Александрович
Чистопольцева Елена Александровна

ООО “ИТ-Сервис”, Самара

Актуальность

Примеры НКТ после эксплуатации в средах с повышенными параметрами:

- температурой;
- парциальными давлениями (H_2S, CO_2);
- минерализацией.









Цели и задачи

Цель:

Оценить эффективность применения ингибиторов сероводородной коррозии и наводораживания для защиты компонентов внутрискважинного оборудования.

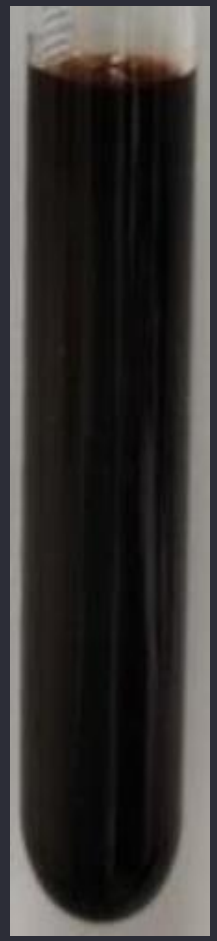
Задачи:

- Осуществить входной контроль ингибиторов коррозии;
- Выполнить входной контроль материалов образцов для коррозионных (фрагменты НКТ) и коррозионно-механических (проволока стальная) испытаний;
- Провести коррозионные испытания;
- Провести коррозионно-механические испытания;
- Оценить величины общей и локальной коррозии, а так же степень наводораживания.

Входной контроль ингибиторов коррозии

№ п/п	Наименования анализа (испытания)	КорМастер 1060		КК 260417-95	
		Требования НД на продукцию	Фактические результаты	Требования НД на продукцию	Фактические результаты
1	Внешний вид	Однородная жидкость от светло-жёлтого до тёмно-коричневого цвета	Жидкость тёмно-коричневого цвета	Однородная жидкость от светло-жёлтого до тёмно-коричневого цвета	Жидкость тёмно-коричневого цвета
2	Массовая доля активного вещества, % масс.	21.6 - 26.4	23.1	16.5 - 20.1	18.5
3	Вязкость кинематическая, $мм^2/с$ - при +20°С; - при -40°С;	 < 20.0 < 500.0	 6.353 140.5	 < 20.0 < 500.0	 4.338 65.11
4	Плотность, г/мл, при 20°С	0.903 - 0.997	0.942	0.89 - 0.98	0.924
5	Температура застывания, °С	< (-50)	Не застывает	< (-50)	Не застывает
6	Коррозионная агресивность реагента для стали м. Ст3, $г/м^2*час$	< 0.089 - для фонда скважин; < 0.125 - для остальных направлений	0.041±0.012	< 0.089 - для фонда скважин; < 0.125 - для остальных направлений	0.044±0.012
7	Растворимость -Модельная вода -Модельная нефть	 растворимый/ диспергируемый растворимый/ слабодиспергируемый	 растворимый слабодиспергируемый	 растворимый/ диспергируемый растворимый/ слабодиспергируемый	 растворимый слабодиспергируемый
8	Массовая доля хлорорганических соединений, мкг/г	Отсутствие	Не обнаружено	Отсутствие	Не обнаружено

Кор-Мастер 1060



КК 260417--95

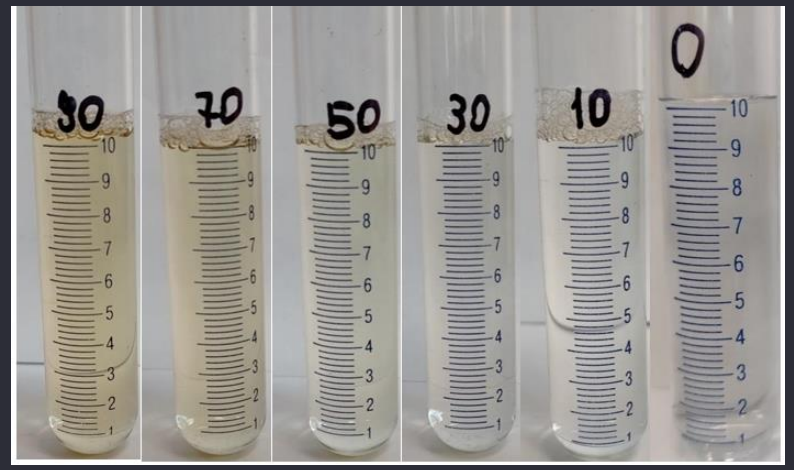


Входной контроль ингибиторов коррозии. Испытания на совместимость

Концентрация ингибитора, г/л	КорМастер 1060 и КК 260417-95	
	Степень мутности	Наличие расслоения, геля
0	отсутствует	отсутствует
10	отсутствует	отсутствует
30	отсутствует	отсутствует
50	отсутствует	отсутствует
70	отсутствует	отсутствует
90	отсутствует	отсутствует



КорМастер 1060

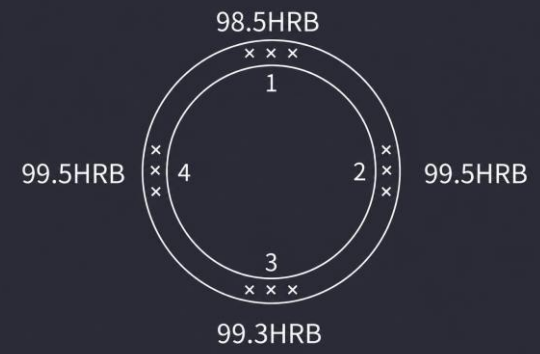


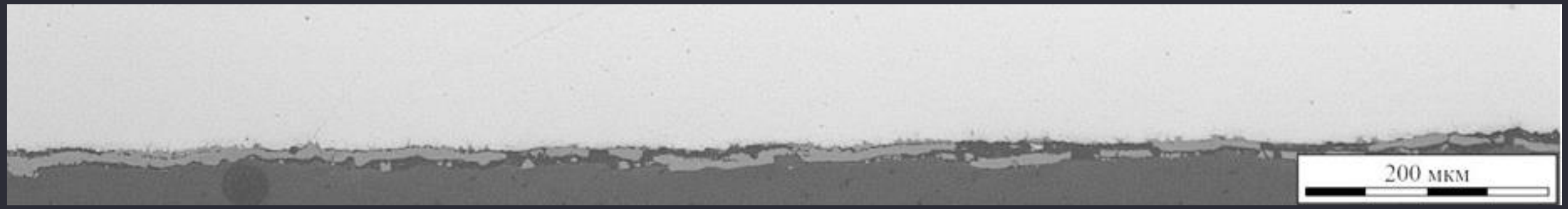
КК 260417-95

Входной контроль НКТ

- Химический состав стали 30ХГМА в коррозионно-стойком исполнении – методом атомно-эмиссионного спектрального анализа по ГОСТ Р 54153;
- Оценка твердости – по ГОСТ 9013: 98.5, 99.5, 99.3, 99.5 HRB, что соответствует сертификату качества и ТУ (не более 26 HRC);
- Шероховатость образцов – профилометром по ГОСТ 2789-73: 0.65 – 4.77 мкм.

Марка стали	Массовая доля элемента, %										
	C	Si	Mn	Cr	Al	Mo	P	S	Ni	Cu	Fe
30ХГМА	0.294	0.23	0.931	0.83	0.037	0.28	0.013	0.0022	0.157	0.191	ост.





Входной контроль проволоки

Химический состав проволоки Св-08А ø3 мм и длиной 110 мм определяли на атомно-эмиссионном спектрометре с индуктивно-связанной плазмой по ГОСТ Р 55079.

Марка стали	Массовая доля элемента, %													
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	Mo	Ti	Al	W	V	S	P	Fe
Св-08А	0.07	<0.01	0.47	<0.01	0.03	0.03	0.02	<0.005	<0.005	<0.01	<0.005	0.006	0.004	ост.
Требования ГОСТ 2246														
Св-08А	<0.10	<0.03	0.35 -0.60	<0.12	<0.25	-	-	-	<0.01	-	-	<0.030	<0.030	-

Число гибов определяли на испытательной машине ИХ5111 по ГОСТ 1579.

№ образца	Число гибов
1	5
2	5
3	5
4	6
5	6



Машина ИХ5111

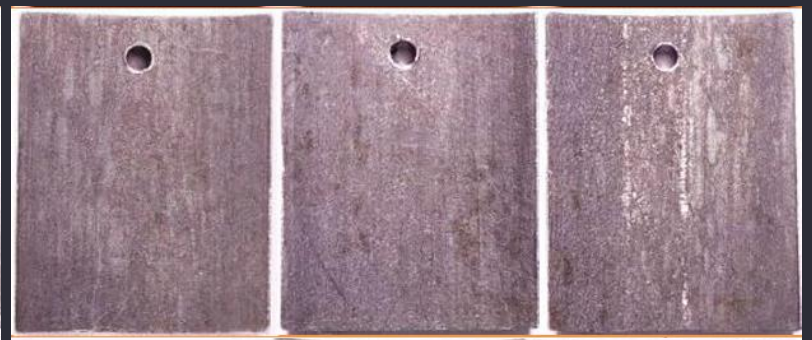
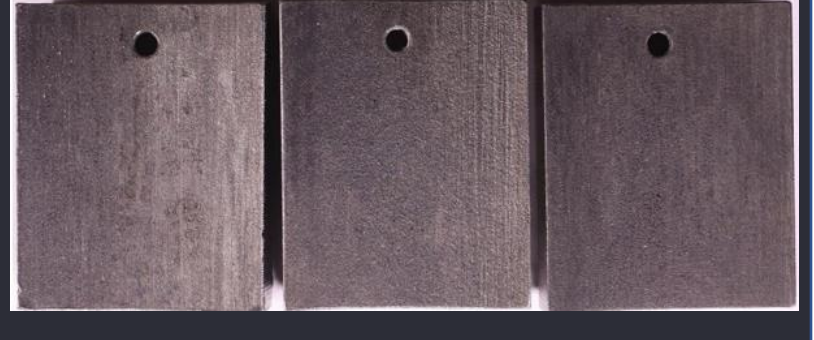
Условия автоклавных испытаний

Ингибитор	Без ингибитора		КорМастер 1060		КК 260417-95	
Оцениваемый параметр	Общая и локальная коррозия	Степень наводораживания	Общая и локальная коррозия	Степень наводораживания	Общая и локальная коррозия	Степень наводораживания
Материал	30ХГМА	Св-08А	30ХГМА	Св-08А	30ХГМА	Св-08А
Размеры образцов, мм	25х20х5	L=110; ø3	25х20х5	L=110; ø3	25х20х5	L=110; ø3
Температура, °С	41 и 20				41	
$P(H_2S)$, МПа	1					
$P(CO_2)$, МПа	2					
Общее давление, МПа	10					
Среда	0.4 г/л NaCl; 85 г/л CH_3COONa					
Продолжи-тельность испытания, ч	240					

Дозировка каждого ингибитора составляла 50 мг/л

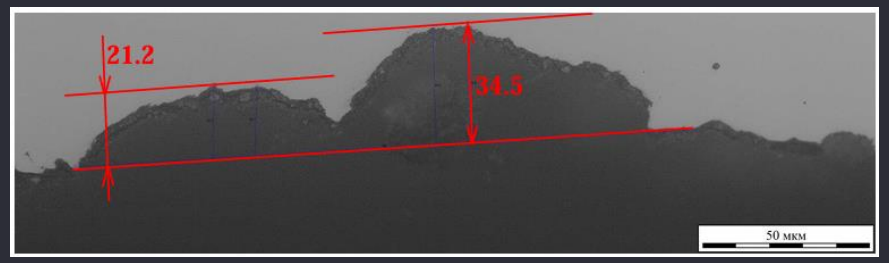
Результаты коррозионных испытаний. Внешний вид

Внутренняя поверхность образцов НКТ после испытаний при Т=41°С

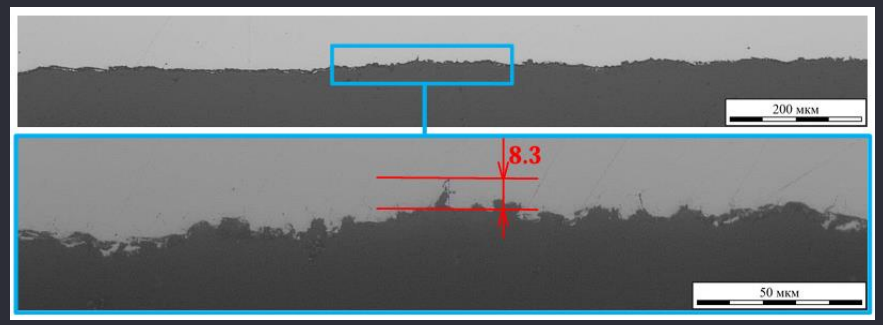
	Без ингибитора	КорМастер 1060	КК 260417-95
До			
После			

Результаты коррозионных испытаний. Общая и локальная коррозия

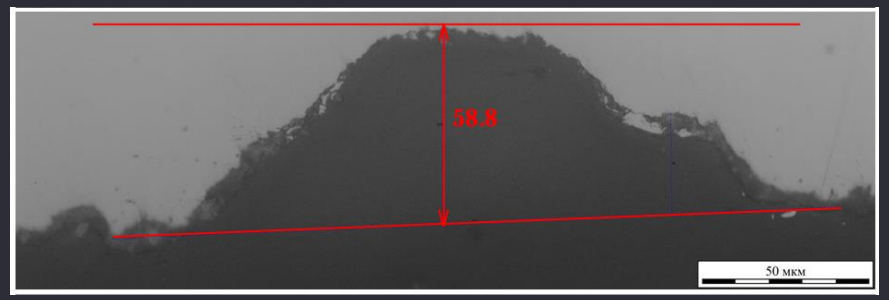
Без ингибитора
T=41°C



КорМастер 1060
T=41°C



КК 260417-95
T=41°C



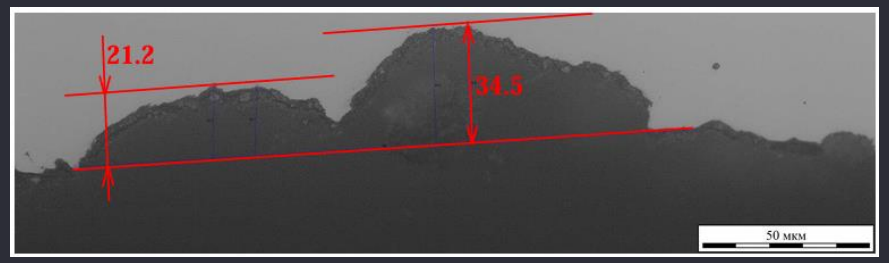
Инги-битор	Темпе-ратура, °C	Средняя скорость общей коррозии, мм/год	Максимальная скорость локальной коррозии, мм/год
-	41	1.20	1.03
-	20	0.73	0.77
Кор-Мастер 1060	41	0.01	0.31
Кор-Мастер 1060	20	0.03	0.21
КК 260417--95	41	0.08	1.79
КК 260417--95	20	-	-

Допустимые значения в соответствии с программой испытаний:

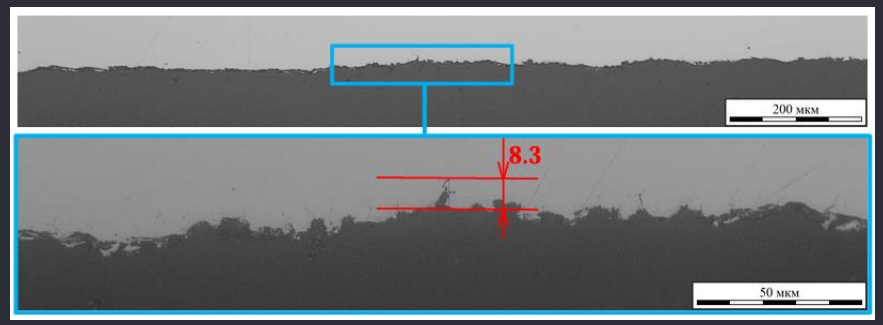
- общая скорость коррозии не должна превышать значение 0.1 мм/год в испытаниях при 20°C, а так же не должна превышать значение 0.33 мм/год в испытаниях при 41°C;
- Максимальная скорость локальной коррозии не должна превышать значение 0.33 мм/год при 20 и 41°C

Результаты коррозионных испытаний. Общая и локальная коррозия

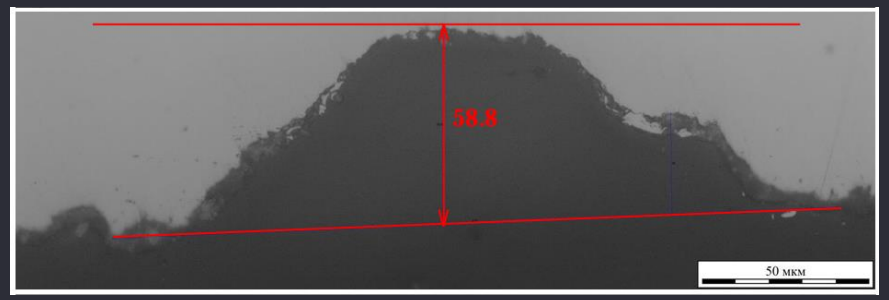
Без ингибитора
T=41°C



КорМастер 1060
T=41°C



КК 260417-95
T=41°C



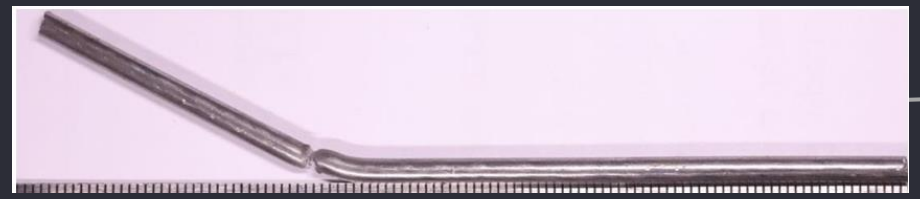
Ингибитор	Температура, °C	Средняя скорость общей коррозии, мм/год	Максимальная скорость локальной коррозии, мм/год
-	41	1.20	1.03
-	20	0.73	0.77
КорМастер 1060	41	0.01	0.31
КорМастер 1060	20	0.03	0.21
КК 260417--95	41	0.08	1.79
КК 260417--95	20	-	-

Допустимые значения в соответствии с программой испытаний:

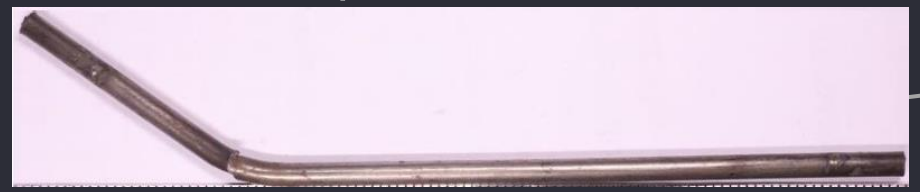
- общая скорость коррозии не должна превышать значение 0.1 мм/год в испытаниях при 20°C, а так же не должна превышать значение 0.33 мм/год в испытаниях при 41°C;
- Максимальная скорость локальной коррозии не должна превышать значение 0.33 мм/год при 20 и 41°C

Результаты коррозионно-механических испытаний. Внешний вид проволок и изломов после испытаний при Т=41°С

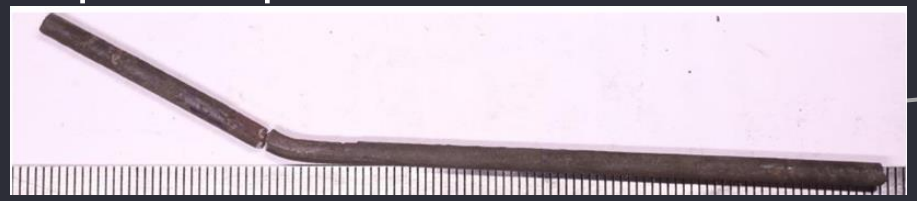
До испытаний



Без ингибитора

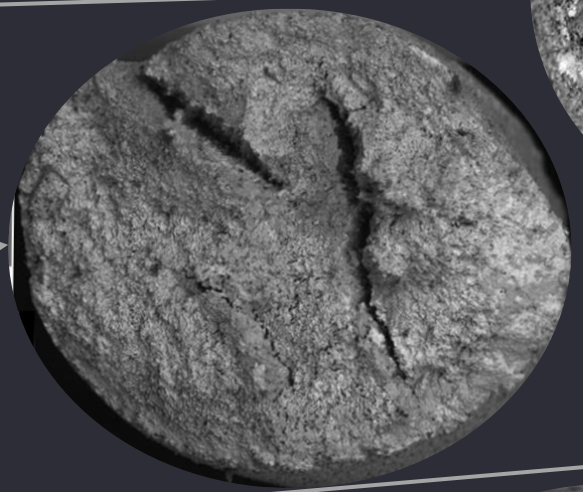


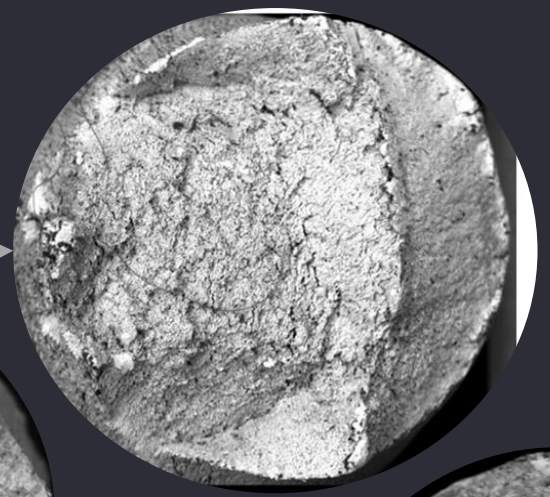
КорМастер 1060

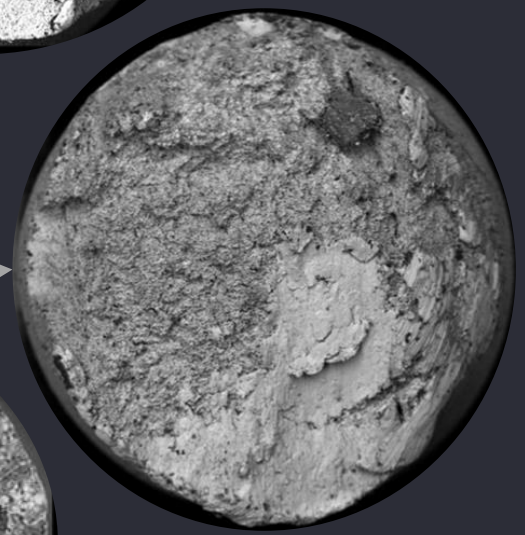


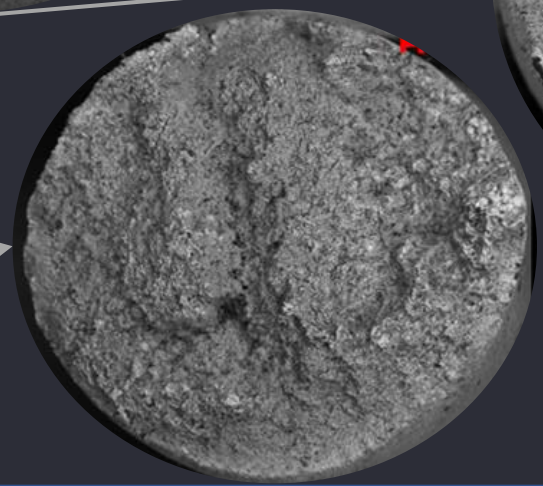
КК 260417-95





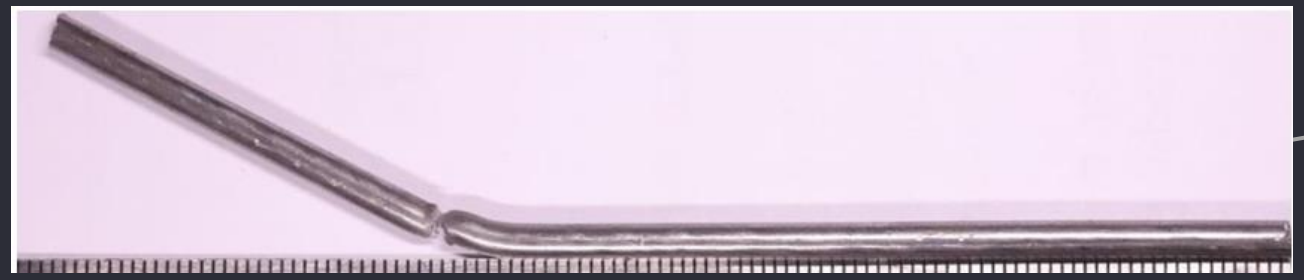






Результаты коррозионно-механических испытаний. Внешний вид проволок и изломов после испытаний при Т=20°С

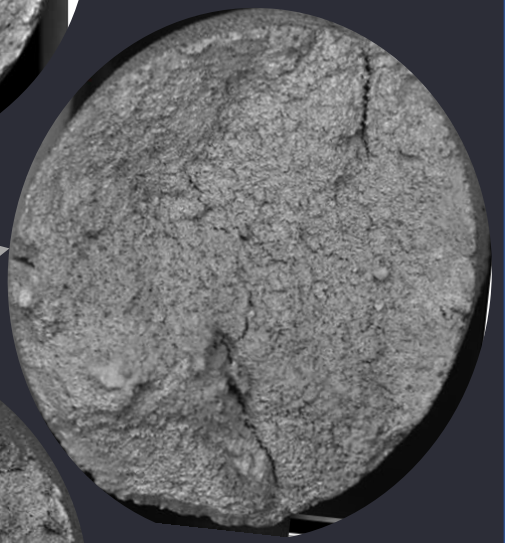
До испытаний





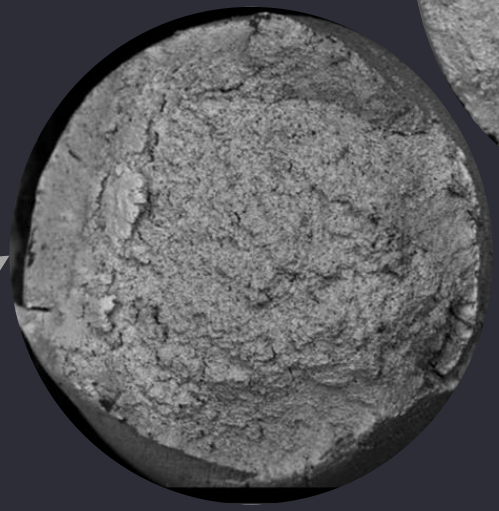
Без ингибитора





КорМастер 1060





Результаты коррозионно-механических испытаний

Ингибитор	Темпе-ратура, °С	Число гибов, n, шт.	Степень охрупчивания, N, %	Степень защиты ингибитора, Z, %
-	-	5, 5, 5, 6, 6	-	-
-	41	1, 2, 1, 2, 1	74.1	-
-	20	1, 0, 1, 1, 1	85.2	-
Кор-Мастер 1060	41	5, 5, 6, 5, 6	0.0	100
Кор-Мастер 1060	20	4, 4, 5, 4, 4	22.2	74
КК 260417--95	41	3, 4, 4, 4, 4	29.6	60
КК 260417--95	20	-	-	-

Допустимая степень защиты ингибитора, в соответствии с программой испытаний, не должна быть менее 70%

$$N = \frac{n_0 - n}{n_0} \times 100\%$$

$$N_и = \frac{n_0 - n_и}{n_0} \times 100\%$$

$$Z = \frac{n_и - n}{n_0 - n} \times 100\%$$

где,
n_0 - среднее число гибов до испытания;
n - среднее число гибов после испытания без ингибитора;
$n_и$ - среднее число гибов после испытания с ингибитором

Результаты коррозионно-механических испытаний

Ингибитор	Темпе-ратура, °С	Число гибов, n, шт.	Степень охрупчивания, N, %	Степень защиты ингибитора, Z, %
-	-	5, 5, 5, 6, 6	-	-
-	41	1, 2, 1, 2, 1	74.1	-
-	20	1, 0, 1, 1, 1	85.2	-
Кор-Мастер 1060	41	5, 5, 6, 5, 6	0.0	100
Кор-Мастер 1060	20	4, 4, 5, 4, 4	22.2	74
КК 260417--95	41	3, 4, 4, 4, 4	29.6	60
КК 260417--95	20	-	-	-

Допустимая степень защиты ингибитора, в соответствии с программой испытаний, не должна быть менее 70%

$$N = \frac{n_0 - n}{n_0} \times 100\%$$

$$N_и = \frac{n_0 - n_и}{n_0} \times 100\%$$

$$Z = \frac{n_и - n}{n_0 - n} \times 100\%$$

где,
n_0 - среднее число гибов до испытания;
n - среднее число гибов после испытания без ингибитора;
$n_и$ - среднее число гибов после испытания с ингибитором

Выводы

1. Был выполнен входной контроль ингибиторов, а так же образцов НКТ и проволок. Испытуемые образцы успешно прошли входной контроль.
2. В ходе работы была проведена оценка общей и локальной скоростей коррозии, а так же степени наводораживания при совместном присутствии H_2S и CO_2 для систем с ингибитором и без него при 20 и 41°С.
3. По результатам испытаний:

- Ингибитор КорМастер 1060 успешно прошел испытания и рекомендован к опытно-промысловым испытаниям и промышленному применению с дозировкой 50 мг/л;
- Ингибитор КК 260417-95 не прошел испытания и не рекомендован к опытно-промысловым испытаниям и промышленному применению с дозировкой 50 мг/л.

Спасибо за внимание

Ковтунов Дмитрий Артемович
+ 7 (927) 013 60 04
kovtunov@its-samara.com