

УДК 621.793.7
МРНТИ 29.00.00

ВЛИЯНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СРЕДЫ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ИЗНАШИВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ ОБОРУДОВАНИЯ С ИЗНОСОСТОЙКИМ ПОКРЫТИЕМ

ЕРМЕКОВ Д.К., ПОВЕТКИН В.В., РУТКУНИЕНЕ Ж.

Казахский Национальный университет им. аль-Фараби

Аннотация: В статье коротко описано влияние коррозионной среды на физико-химическое изнашивание деталей оборудования с износостойким покрытием в нефтегазовой отрасли, методы их защиты. Также приведены результаты испытаний стандартных образцов по ГОСТ 1050-80 с нанесенным покрытием ПГ-Ж40 на коррозионную стойкость в кислотных средах и адгезионную прочность.

Ключевые слова: износостойкое покрытие, нанесение покрытий, испытание на коррозионную стойкость, адгезионные свойства, повышение износостойкости, стандартизация и сертификация

INFLUENCE OF CORROSION ENVIRONMENT ON PHYSICAL AND CHEMICAL WEARING OF EQUIPMENT PARTS WITH WEAR-RESISTANT COATING

Abstract: The article briefly describes the influence of a corrosive environment on the physico-chemical wear of parts of equipment with a wear-resistant coating in the oil and gas industry, and methods of their protection. The test results of standard samples according to GOST 1050-80 coated with PG-Zh40 for corrosion resistance in acidic environments and adhesive strength are also presented.

Key words: wear-resistant coating, coating, corrosion test, adhesive properties, increased wear resistance, standardization and certification

ТОЗУҒА ТӨЗГІШ ЖАБЫНМЕН ӨНДЕЛГЕН ҚОНДЫРҒЫ ТЕТІКТЕРІНЕ КОРРОЗИЯЛЫҚ ОРТАНЫҢ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ТОЗУҒА ӘСЕРІ

Аңдатпа: Мақалада мұнай-газ саласындағы қондырғылардың тетіктеріне коррозиялық ортаның физика-химиялық тозуға әсерлері мен олардан қорғау тәсілдері қысқаша сипатталған. Сонымен қатар ПГ-Ж40 жабынымен өңделген ГОСТ 1050-80 бойынша стандарттық үлгілерді пайдалана отырып, қышқылды ортадағы коррозияға төзімділікке және адгезияға жүргізілген сынақтардың нәтижелері келтірілген.

Түйінді сөздер: тозуға төзімді жабын, жабындарды қондыру, коррозиялық төзімділікке сынау, адгезиялық қасиет, тозуға төзімділікті арттыру, стандарттау және сертификаттау

Введение

Проблема упрочнения и защиты от коррозии деталей оборудования нефтегазовой промышленности в настоящее время является одной из важнейших проблем данных отраслей, успешное решение которой позволит резко сократить расход черных металлов, повысить качество и долговечность работы машин и механизмов, производительность труда, сэкономить материальные, энергетические и трудовые ресурсы.

В связи с этим актуальным является упрочнение и восстановление изнашиваемых деталей оборудования с приданием им свойств, значительно превосходящих свойства необработанных деталей, прежде всего, способности сопротивления к коррозии и физико-химическому изнашиванию.

Для получения и подтверждения представленных качественных и количественных показателей порошкового сплава были проведены промышленные испытания.

Разработанный новый самофлюсующийся порошковый наплавочный материал на основе железа будет использоваться для восстановления деталей машин и оборудования, работающих в условиях воздействия физико-химических изнашиваний, коррозии, в агрессивных средах, при повышенных температурах.

На сегодняшний день существуют много наплавочных самофлюсующихся порошковых сплавов на основе никеля, меди, получаемых разными методами. При разработке порошковых материалов, сплавов, их изготовлении, обработке и применении они должны подвергаться разнообразным испытаниям. Из различных и многообразных свойств материалов основными являются механические и антикоррозионные свойства, поэтому физико-химическим и коррозионным испытаниям уделяется особое внимание как подготовительные работы к промышленным испытаниям.

Экспериментальная часть

Стойкость сталей против локальной коррозии определяется целым рядом факторов,

как эксплуатационного характера (содержанием агрессивных газов, минерализацией водной фазы, режимом течения газожидкостной смеси, наличием сульфатовосстанавливающих бактерий и др.), так и металлургического происхождения – химическим и структурно-фазовым составом сплавов, наличием в них специальных легирующих элементов, неметаллических включений особого типа и рядом других.

Обеспечение коррозионной стойкости и повышение срока службы нефтегазового оборудования является одной из наиболее остро стоящих проблем перед изготовителями трубной продукции. Наряду с нанесением защитных покрытий на трубах и использованием ингибиторов коррозии, актуальными вопросами являются производство труб в коррозионностойком исполнении и для эксплуатации в определенных типах сред [1].

Характерной особенностью многих нефтяных и газовых месторождений, находящихся в поздней стадии разработки является высокая обводненность добываемого продукта. Коррозия внутренней поверхности трубопроводов (язвенная, канавочная, бактериальная), имеющая локальный характер, является основной причиной выхода из строя промышленных трубопроводов [2, 7]. Как правило, основным фактором, влияющим на коррозионную стойкость труб, считают агрессивность добываемой и транспортируемой среды. Вместе с тем, несмотря на его очевидность, такой подход представляется весьма упрощенным. В действительности, трубопроводы подвергаются различным воздействиям, меняющихся как во времени, так и в пространстве. На развитие локальной коррозии влияет не только агрессивность транспортируемых сред, но и режим течения газожидкостной смеси, тип используемого материала трубопровода, микроструктура стали, а также механические и коррозионные свойства материала труб.

Вследствие сквозных коррозионных повреждений значительно увеличилось число отказов узлов электропогружных установок

(ЭПУ) и насосно-компрессорных труб, что уменьшает наработку внутрискважинного оборудования, которая очень часто не превышает 100 суток. Большой проблемой является низкая эксплуатационная надежность насосно-компрессорных труб – приблизительно 30% отказов вследствие локальной коррозии внутренней поверхности труб и негерметичности резьбовых соединений. Наблюдаются также отказы в виде коррозионных повреждений силового кабеля и коррозионного износа крепежных элементов (до 50% случаев так называемых «полетов ЭПУ» вызвано коррозионным износом шпилек) [1].

Учитывая требования по экологическим, технологическим и экономическим показателям, данное научно-исследовательское направление, в частности, современные методы нанесения покрытий, методы их испытаний подлежат к стандартизации и сертификации этих процессов. Необходимость стандартизации процедур сварки (нанесения покрытия) появилось в связи с введением международных и европейских стандартов системы менеджмента качества, в которых сварка считается специальным процессом, «В котором подтверждение соответствия конечной продукции затруднено» (ИСО 9000:2000). В требованиях стандарта ИСО 9001:2008 записано: «Организация должна подтверждать все процессы производства и обслуживания, результаты которых нельзя проверить посредством последовательного мониторинга или измерения, вследствие чего их недостатки становятся очевидными только после начала использования продукции или после предоставле-

ния услуги». Подробные требования к качеству сварки (нанесения покрытия) определяет серия стандартов ИСО 3834 по обеспечению качества в сварочном производстве.

Так для выявления качественных и количественных показателей порошкового сплава ПГ-Ж40 были проведены испытания сплава на коррозионную стойкость.

Порошковый сплав ПГ-Ж40 в своем составе имеет следующие химические элементы в соответствующем процентном соотношении: Fe=38%; Cr=15,0%; Si=3,1%; B=2,9%; Ni=33%; Cu=4%; V=4,0%.

Для определения антикоррозионных свойств порошкового сплава ПГ-Ж40 были проведены следующие испытания на стандартных образцах по ГОСТ 1050-80 (марка СТ 3) с нанесенным покрытием:

1) Испытание на коррозионную стойкость

При проведении испытаний в качестве агрессивной среды выбрали 30%-ный раствор H_2SO_4 . Плотность раствора при температуре 200С $\rho=1,83$ г/см³. Образцы №1,2.

Размеры:

образец №1	образец №2
H=48 мм	H=46 мм
W=33 мм	W=32 мм
B=9 мм	B=10 мм
S=4812 мм ²	S=4504 мм ²
$m_1=109,73$ гр	$m_2=103,077$ гр

По результатам испытаний были определены: изменения массы образцов; скорость коррозии; коррозионная стойкость образцов.

Сводная таблица результатов испытаний

№ образца	Материал	Коррозионная среда	Масса образца, гр		Изменение массы, гр	Потеря от коррозии	Коррозионная стойкость
			до исп.	после исп.			
1	ПГ-Ж40	30% H_2SO_4	109,73	109,21	0,52	0,000074	3 балла
2	ПГ-Ж40	30% H_2SO_4	103,077	102,38	0,697	0,000082	4 балла

2) Испытание в коррозионных средах

При проведении испытаний были применены средство измерения для определения скорости коррозии Монитор-2М, агрессивные среды сероводородной H_2S , серной H_2SO_4 кислоты (кислотных сред).

Результаты испытаний

1. Получены следующие результаты коррозионных испытаний сплава в сероводородной среде H_2S (образец №3):

Внешний вид покрытия	светло-серый
Адгезия покрытия	не менее 50-80 МПа
Микротвердость покрытия	не менее 500 HV
Массовый показатель коррозии покрытия	0,089 мм/год
Глубинный показатель коррозии покрытия	0,101 мм/год
Показатель циттинговой коррозии	0,014 г/м ³ *час
Электрохимический потенциал коррозии	-0,190 В

2. Получены следующие результаты коррозионных испытаний сплава в серной кислоте H_2SO_4 (образец №4):

Внешний вид покрытия	светло-серый
Адгезия покрытия	не менее 55-82 МПа
Микротвердость покрытия	не менее 500 HV
Массовый показатель коррозии покрытия	0,08 мм/год
Глубинный показатель коррозии покрытия	0,115 мм/год
Показатель циттинговой коррозии	0,02 г/м ³ *час
Электрохимический потенциал коррозии	-0,23 В

3) Испытание по определению на прочность сцепления покрытий к основе

При проведении испытаний были применены следующие оборудования: пистолет для газопламенного напыления защитных покрытий Р3177, Гидропресс ДБ 2432, камера абразивно-струйная КСО-130-И-ФВ-М, штангенциркуль по ГОСТ 166-89.

Были получены следующие результаты испытания (образцы №5,6):

- 1) твердость основы образцов – HRC 57;
- 2) микротвердость покрытия – HV 1330;
- 3) абразивно-струйная обработка, мкм – 63;
- 4) нарезка рваной резьбы, мм – 1,28;
- 5) средний диаметр пор, мм – 0,1 – 0,15.

4) Испытание по определению влияния толщины покрытия на внешних цилиндрических поверхностях на адгезию покрытия к основе

При проведении испытаний были применены следующие оборудования: пистолет для газопламенного напыления защитных покрытий Р3177, Гидропресс ДБ 2432, камера абразивно-струйная КСО-130-И-ФВ-М, штангенциркуль по ГОСТ 166-89.

Получены следующие результаты испытания (образцы №7,8 и 9):

- твердость напыления образца HRC 42-46;
- микротвердость покрытия HV (1560 – 1670);
- пористость шлифованной поверхности, пор/см² – 1-3;

– адгезия покрытий образцов, кгс/см²:

№ 7 – 11,7

№ 8 – 14,6

№ 9 – 17,2.

5) Испытание по определению влияния дистанции напыления на адгезию покрытия к основе

При проведении испытаний были применены следующие оборудования: пистолет для газопламенного напыления защитных покрытий РЗ177, Гидропресс ДБ 2432, камера абразивно-струйная КСО-130-И-ФВ-М, штангенциркуль по ГОСТ 166-89.

Результаты испытаний (образцы №10,11):

– твердость основы образца, HRC – 43-45

– микротвердость покрытий, HV – 1640-1680

– пористость шлифованной поверхности (средний диаметр пор, мм – 0,05).

Среднее количество пор на 1 см² поверхности в зависимости от расстояния L от сопла до образца:

90 мм – 3-5

80 мм – 1-3

– адгезия покрытий (по методу среза в зависимости от L, кгс/мм²)

90 мм – 2,06

80 мм – 3,16.



Рис.1 – Образцы с нанесенным покрытием до проведения коррозионных испытаний



Рис.2 – Образцы с нанесенным покрытием после проведения коррозионных испытаний



Рис.3 – Образцы с отчищенной поверхностью от следов коррозии

Выводы

В заключении по лабораторным испытаниям приводятся следующие данные:

- коррозионная стойкость порошкового сплава по шкале коррозионной стойкости металлов составляет 3 балла «Весьма стойкие»;
- на рисунках 1-3 видно, что новое наноструктурированное антикоррозионное защитное покрытие коррозионностойкое к сероводородной (H_2S), серной (H_2SO_4) кислотам (кислотным средам);
- уровень коррозионной стойкости не менее уровня V NACE MR 0175 ISO 15156.
- исследуемое наплавленное наноструктурированное антикоррозионное защитное покрытие сопоставимо с нержавеющей сталью с подслоем типа 12X18H9T, пропитка покрытия эпоксидным композитом;
- твердость основы образцов – HRC 57;
- микротвердость покрытия – HV 1330;
- абразивно-струйная обработка – 0,45;
- средний диаметр пор, мм – 0,1 – 0,15.
- наличие пор, пор/см² – 1-3;
- адгезия покрытия образцов, кг*с/см² – № 7 – 11,7; № 8 – 14,6; № 9 – 17,2.

ЛИТЕРАТУРА

1. Костицына И.В. Коррозионная стойкость трубных сталей в агрессивных средах нефтяных и газовых месторождений: дис. ... канд. техн. наук: 02.00.04: – Челябинск, 2014. – 147 с.
2. Завьялов В.В. Проблемы эксплуатационной надежности трубопроводов на поздней стадии разработки месторождений / В. В. Завьялов. – М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2005. – 332 с.
3. Сб. тр. «Коррозионно-активные неметаллические включения в углеродистых и низколегированных сталях» / Под ред. И.Г. Родионовой А.И. Зайцева, О.Н. Баклановой. – М.: Метталургиздат, 2005. – 184 с.
4. Тюрин А.Г. Термодинамические особенности рафинирования стали при продувке порошками силикокальция / Тюрин А.Г., Михайлов Г.Г. //Изв. АН СССР. Металлы. – 1991. – № 1. – С.20-24.
5. Розанова Е.П. Микрофлора нефтяных месторождений / Е.П. Розанова, С.И. Кузнецов. – М.: Наука, 1974. – 185 с.
6. Андреюк Е.И. Литотрофные бактерии и микробиологическая коррозия / Е.И. Андреюк, И.А. Козлова. – Киев: Наукова Думка, 1977. – 157 с.
7. Гоник А.А. Механизм микробиологической коррозии при добыче, сборе и подготовке нефти и сточных вод / А.А. Гоник, Р.Н. Липович, К.Р. Низамов// Коррозия и защита в нефтегазовой промышленности. – М.: РНТС ВНИИОЭНГ, 1977. – С. 5-9.