

ОЦЕНКА СТОЙКОСТИ УГЛЕРОДИСТЫХ И НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ К БАКТЕРИАЛЬНОЙ КОРРОЗИИ

И.В. Костицына, В.П. Паршуков, А.И. Бирюков, А.Г. Тюрин

Методами гравиметрии и потенциометрии оценена стойкость сталей 32Г2, 26ХМФА-2, 15Х5М, применяющихся для изготовления насосно-компрессорных труб, к бактериальной коррозии под действием сульфатвосстанавливающих бактерий (СВБ). Установлено положительное влияние добавок хрома (1 мас. %) на стойкость к данному виду бактериальной коррозии.

Ключевые слова: бактериальная коррозия, сталь, гравиметрия, потенциометрия.

Введение

Коррозия нефтепромыслового оборудования и сооружений является одной из основных причин снижения их работоспособности, вызывает огромные экономические потери и экологический ущерб. По результатам коррозионных мониторингов крупных нефтепромысловых компаний одной из главных причин возникновения повреждений оборудования является жизнедеятельность сульфатвосстанавливающих бактерий (СВБ), которые привносятся в пласты поверхностными водами системы поддержания пластового давления. Степень заражения СВБ может достигать 80–90 % [1, 2].

В настоящее время разработаны многие способы защиты металлов от биокоррозии, которые основаны на применении химических бактерицидов и фунгицидов, а также на рациональном подборе и использовании в конструкциях технических изделий биостойких материалов [3].

Задача данного исследования – проанализировать влияние химического состава на стойкость материала к бактериальной коррозии, путем проведения испытаний материалов, применяющихся для изготовления насосно-компрессорных труб – 32Г2, 26ХМФА-2, 15Х5М. Выбрать из представленных материал стойкий к действию СВБ.

Для решения поставленной задачи мы провели испытания гравиметрическим и потенциометрическим методом.

Экспериментальная часть

Объектом исследования служили образцы от НКТ группы прочности Е по ГОСТ 633–80. Химический состав и механические свойства исследуемых сталей представлены в табл. 1 и 2.

Испытания гравиметрическим методом проводили в соответствии с требованием ГОСТ 9.905, в среде Постгейта С [4] на базе 5 %-ного раствора NaCl. Температура испытаний составляла 35 °С, продолжительность – 768 часов. Для оценки вклада бактериальной среды провели испытания в среде Постгейта С на базе 5 %-ного раствора NaCl в отсутствие СВБ. По окончании эксперимента образцы промыли и очистили от продуктов коррозии, обезжирили ацетоном, высушили и взвесили. Результаты определения скорости коррозии гравиметрическим методом представлены в табл. 3.

Химический состав сталей

Таблица 1

Марка стали	Содержание элементов, мас. %									
	C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu	V	Al
32Г2	0,34	1,21	0,28	0,013	0,017	0,02	0,04	0,01	0,007	0,02
26ХМФА-2	0,27	0,58	0,24	0,006	0,006	0,89	0,14	0,20	0,04	0,02
15Х5М	0,12	0,36	0,28	0,006	0,011	4,70	0,15	0,20	0,01	–
Требования ГОСТ 633–80				0,045	0,045					

Таблица 2

Механические свойства и режимы обработки

Марка стали	Режим т/о	Временное сопр. разрыву, σ_b , МПа	Предел текучести, σ_t , МПа	Относит. удлинение, δ_5 , %
32Г2	Закалка 870 °С + отпуск 640–650 °С (1 ч)	705	631	27
26ХМФА-2	Закалка 890 °С + отпуск 710 °С (1,5 ч)	720	644	21
15Х5М	Нормализация 900 °С + отпуск 650 °С	731	627	17
Требования ГОСТ 633–80 для гр. пр. Е		≥ 689	552–758	≥ 13

Таблица 3

Значения скорости коррозии

Марка стали		32Г2	26ХМФА-2	15Х5М
Скорость коррозии, мм/год	Среда Постгейта С, 5% NaCl с СВБ	0,20	0,01	0,02
	Среда Постгейта С, 5% NaCl без СВБ	0,03	0,02	0,02

Метод потенциометрии основан на измерении потенциала исследуемого (рабочего) электрода с определением плотности тока и скорости реакции как функции потенциала и других переменных [5].

Для проведения потенциометрических испытаний было изготовлено шесть цилиндрических образцов сталей длиной 12 мм и диаметром 5 мм с отверстием в торцевой части образца для крепления токопровода, по два от каждой марки стали. Испытания проводили в среде Постгейта С на базе 5 %-ного раствора NaCl с СВБ и без бактерий. Температура испытаний составила 35 °С. С периодичностью раз в три дня определяли потенциал коррозии (E_k), с помощью потенциометра Gamry Reference 600. Экспозиция образцов составила 768 часов. По окончании опыта с каждого образца сняли потенциодинамические кривые.

Для каждой серии потенциометрических измерений построили зависимости средних значений потенциала коррозии от времени эксперимента. Также построили зависимости потенциала от силы тока при скорости развертки потенциала 0,5 мВ/с. Данные представлены на рис. 1–4.

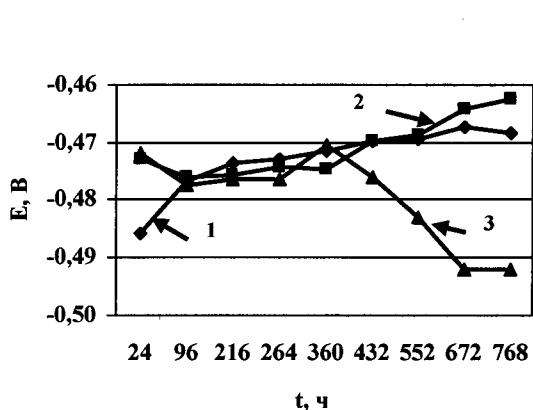


Рис. 1. Зависимость средних значений потенциала от времени испытания в среде с СВБ: 1 – 32Г2; 2 – 26ХМФА-2; 3 – 15Х5М

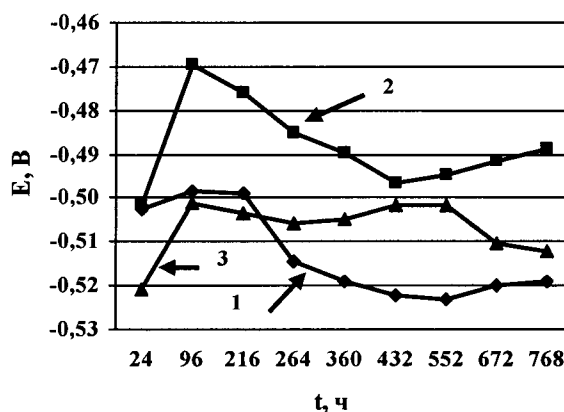


Рис. 2. Зависимость средних значений потенциала от времени испытания в среде без СВБ: 1 – 32Г2; 2 – 26ХМФА-2; 3 – 15Х5М

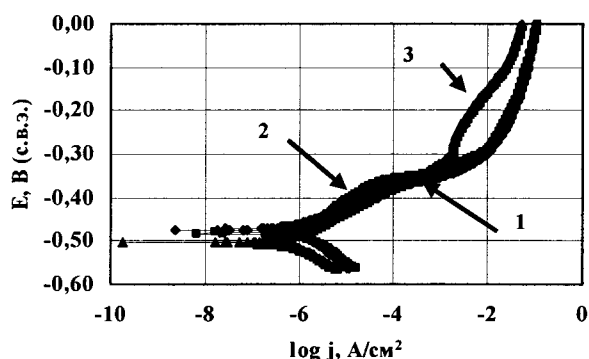


Рис. 3. Потенциодинамические кривые образцов сталей в среде с СВБ: 1 – 32Г2; 2 – 26ХМФА-2; 3 – 15Х5М

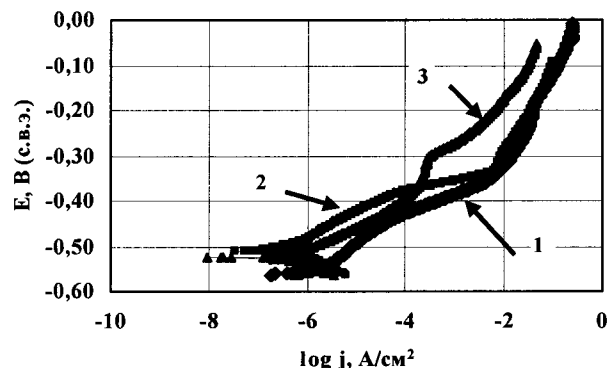


Рис. 4. Потенциодинамические кривые образцов сталей в среде без СВБ: 1 – 32Г2; 2 – 26ХМФА-2; 3 – 15Х5М

Для прямолинейных участков кривых определили коэффициент Тафеля, являющийся мерой ускорения анодной реакции (табл. 4).

Таблица 4

Результаты определения коэффициента Тафеля

Марка стали	32Г2		26ХМФА-2		15Х5М	
	с СВБ	без СВБ	с СВБ	без СВБ	с СВБ	без СВБ
Наличие СВБ	с СВБ	без СВБ	с СВБ	без СВБ	с СВБ	без СВБ
Коэффициент Тафеля, В	0,036	0,045	0,035	0,041	0,056	0,062

Результаты и их обсуждение

Результаты гравиметрического метода показали, что скорость коррозии исследуемых образцов в среде без СВБ одинакова и составляет от 0,02 до 0,03 мм/год. В присутствии СВБ скорость коррозии образцов из стали 32Г2 превышает скорость коррозии образцов из сталей 15Х5М и 26ХМФА-2 в 10 раз.

Колебания потенциала коррозии во времени для исследованных сталей следующие:

- 15Х5М – E_k в среде с СВБ уменьшается,
- 26ХМФА-2, 32Г2 – E_k в среде с СВБ увеличился.

Разница потенциалов коррозии для исследуемых сталей в средах с и без СВБ уменьшается в ряду: 32Г2 > 26ХМФА-2 > 15Х5М, что свидетельствует о меньшей склонности к развитию коррозии под действием СВБ для стали 15Х5М. Из хода поляризационных кривых видно, что исследуемые стали не подвергаются пассивации в диапазоне исследованных потенциалов от 0 до –0,06 В.

Коэффициенты Тафеля, определенные для прямолинейных участков анодных поляризационных кривых в среде с СВБ, составляют: для стали 32Г2 – 0,036, для стали 26ХМФА-2 – 0,035, для стали 15Х5М – 0,056. Таким образом, анодная реакция на стали 15Х5М протекает в меньшей степени. Объяснением такому поведению стали 15Х5М является повышенное содержание хрома, способного существенно замедлять анодную реакцию растворения железа.

Заключение

Показано, что на стойкость к бактериальной коррозии оказывает большое влияние химический состав стали. Низкая стойкость к бактериальной коррозии стали 32Г2 может быть обусловлена высоким содержанием серы в своем составе. Выявлено положительное влияние добавки хрома в количестве 1 мас. % на стойкость к бактериальной коррозии. Дальнейшее увеличение содержания хрома не оказывает положительного влияния на скорость бактериальной коррозии. Разница в скоростях коррозии стали 26ХМФА-2 (содержит хрома до 1 мас. %) и стали 15Х5М (содержит хрома до 5 мас. %) является незначительной.

Результаты проведенных электрохимических и гравиметрических исследований показали, что среди материалов, применяемых для изготовления НКТ (32Г2, 26ХМФА-2, 15Х5М), наиболее стойкими к действию сред, содержащих СВБ, являются стали марок 26ХМФА-2 и 15Х5М. Несмотря на существенную разницу в химическом составе (содержании хрома), склонность к развитию бактериальной коррозии между данными материалами незначительна.

Литература

1. Шкандратов, В. Анतिकоррозионная защита / В. Шкандратов, С. Ким // Нефтегазовая вертикаль. – 2006. – № 9–10. – С. 158–162.
2. Завьялов, В.В. Проблемы эксплуатационной надежности трубопроводов на поздней стадии разработки месторождений / В.В. Завьялов. – М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2005. – 332 с.
3. Базунова, М.В. Современный ассортимент реагентов для подавления роста сульфатвосстанавливающих бактерий / М.В. Базунова, А.М. Назаров, Г.К. Аминова // Вестник Башкирского университета. – 2006. – № 3. – С. 40–48.
4. Андреюк, Е.И. Литотрофные бактерии и микробиологическая коррозия / Е.И. Андреюк, И.А. Козлова. – Киев: Наукова Думка, 1977. – 157 с.
5. Фрейман, Л.И. Потенциометрические методы в коррозионных исследованиях и электрохимической защите / Л.И. Фрейман, В.А. Макаров, И.Е. Брыскин. – Л.: Химия, 1972. – 240 с.

Поступила в редакцию 17 октября 2010 г.

APPRAISAL OF CARBON AND LOW-ALLOYED STEELS RESISTANCE TO BACTERIAL DECOMPOSITION

Using the gravimetry and potentiometry methods the authors studied sulfate-reducing bacterial decomposition of steels with different chromium content. These steels are used for making pump-compressor pipes. The authors established positive influence of chromium addition (1 %, mass) on resistance to sulfate-reducing bacterial decomposition.

Keywords: microbiological corrosion, steel, gravimetry, potentiometry.

Kosticina Irina Valerievna – Post-Graduate Student, Department of Physical and Analytical Chemistry, Chelyabinsk State University, Br. Kashirinykh 129, Chelyabinsk 454021.

Костицына Ирина Валерьевна – аспирант кафедры физической и аналитической химии, химический факультет, Челябинский государственный университет. 454021, г. Челябинск, ул. Бр. Кашириных, 129.

E-mail: kostitsynaiv@rosniti.ru

Parshukov Vladimir Pavlovich – Post-Graduate Student, Department of Physical and Analytical Chemistry, Chelyabinsk State University, Br. Kashirinykh 129, Chelyabinsk 454021.

Паршук В.В. Павлович – аспирант кафедры физической и аналитической химии, химический факультет, Челябинский государственный университет. 454021, г. Челябинск, ул. Бр. Кашириных, 129.

E-mail: parshukov@rosniti.ru

Birukov Alexander Igorevich – student of the Department of Physical and Analytical Chemistry, Chelyabinsk State University, Br. Kashirinykh 129, Chelyabinsk 454021.

Бирюков Александр Игоревич – студент кафедры физической и аналитической химии, химический факультет, Челябинский государственный университет. 454021, г. Челябинск, ул. Бр. Кашириных, 129.

E-mail: st4857@yandex.ru

Turin Alexander Georgevich – Dr. Sc. (Chemistry), Professor, Head of the Department of Physical and Analytical Chemistry, Chelyabinsk State University, Br. Kashirinykh 129, Chelyabinsk 454021.

Тюрин Александр Георгиевич – доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой физической и аналитической химии, Челябинский государственный университет. 454021, г. Челябинск, ул. Бр. Кашириных, 129.

E-mail: tag@csu.ru