

УДК 669.018.4:620.197.3

С.Е. Черепашкин, к.т.н., доцент, ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», филиал в г. Стерлитамаке;

Е.В. Боев, к.т.н., доцент, ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», филиал в г. Стерлитамаке;

А.Б. Лаптев, д.т.н., ФГУП «Всероссийский институт авиационных материалов»

## О ВЛИЯНИИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СТАЛЕЙ НА ЗАЩИТНУЮ СПОСОБНОСТЬ ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ

Термическая обработка сталей оказывает определенное влияние на скорость коррозии углеродистых сталей. Фазовые изменения сплавов при термической обработке приводят к появлению внутренних напряжений, изменению потенциала металла и, следовательно, к увеличению скорости коррозии. Применение ингибиторов – один из самых эффективных способов борьбы с коррозией металлов в различных агрессивных средах. Ингибиторы – это вещества, способные в малых количествах замедлять протекание химических процессов или останавливать их. Целью работы является установление влияния термической обработки сталей на защитную способность ингибиторов коррозии. Подобные исследования в литературе практически не встречаются.

**Ключевые слова:** термическая обработка, ингибиторы коррозии, защитная способность ингибитора коррозии, термодинамическая неустойчивость, коррозия металлов.

Обеспечение заданной коррозионной и коррозионно-механической прочности металлических конструкций должно осуществляться на всех этапах производства, начиная со стадии проектирования и разработки рационального технологического процесса изготовления. Во многом коррозионная стойкость оборудования зависит от правильно выбранной технологии изготовления и последовательности выполнения различных технологических операций.

Различные способы получения заготовок и деталей машин, методы обработки поверхности металла, неоднородность его структуры определяют уровень термодинамической неустойчивости металла и, как следствие, его коррозионное поведение при эксплуатации. При этом термодинамическая неустойчивость металла в основном определяется уровнем накопленных в процессе обработки остаточных напряжений.

Остаточные напряжения в основном являются следствием либо упрочнения локальных участков поверхности металла в результате пластической деформации, либо воздействия термического цикла при термообработке и сварке, сопровождающихся фазовыми и структурными превращениями. Основное назначение ингибиторов коррозии – снижение агрессивности электролитических сред, а также предотвращение активного контакта металлической поверхности с окружающей средой. Это достигается дозированием ин-



гибитора в коррозионную среду, после чего на металле образуется адсорбционная пленка, которая ограничивает площадь контакта поверхности с коррозионной средой и может служить надежным барьером, препятствующим протеканию коррозионных процессов. Необходимо, чтобы ингибитор был растворим в агрессивной среде и хорошо адсорбировался как на чистой поверхности металла, так и на оксидных пленках. Кроме того, ингибиторы коррозии должны обладать совместимостью с другими реагентами, применяемыми в различных процессах. При выборе ингибиторов коррозии металлов большое значение имеет потенциал металла в данном электролите. Если поверхность металла заряжена положительно (электродный потенциал  $j > 0$ , например, у металлов Pb, Cd, Tl), это способствует адсорбции анионов, которые могут привести к ускорению коррозии. Замедляющее действие

в этих условиях могут оказать лишь анионные добавки экранирующего действия, а замедлители катионного типа неприменимы. Если поверхность металла заряжена отрицательно (электродный потенциал  $j < 0$ , например, у металлов Zn, Al, Mg, Fe), это способствует адсорбции катионов, которые способны замедлять коррозию вследствие повышения перенапряжения катодного и анодного процессов, а также экранирования поверхности. Если поверхность металла не заряжена (электродный потенциал  $j = 0$ ), это способствует наибольшей адсорбции молекулярных (незаряженных) частиц, которые могут замедлять коррозию металла в результате механического экранирования его поверхности или (в зависимости от дипольного момента) создания энергетического барьера [1].

Таким образом, можно сформулировать проблему. Термическая обработка сталей (например, отжиг или нормализация) приводит к изменению структуры металла, изменению твердости и прочности, а также к изменению потенциала поверхности металла в коррозионных средах. Это способствует термодинамической неустойчивости, а следовательно, ускорению либо замедлению скорости коррозии металлов [2].

Логично предположить, что электродный потенциал поверхности металла после термической обработки будет значительно влиять на адсорбцию ингибитора коррозии [3], а следовательно, и на защитный эффект.

Для того чтобы это выяснить, в УГНТУ были проведены исследования по влиянию термической обработки сталей на защитный эффект ингибитора коррозии. Для проведения испытаний использовали образцы из стали 40Х. Для подготовки образцов были произведены следующие действия:

- образцы были очищены от загрязнений и продуктов коррозии, отшлифованы до металлического блеска;

Таблица 1. Электродный потенциал и твердость образцов

Вид обработки	Электродный потенциал поверхности, мВ (ХСЗ)	Твердость образцов, НРС
Отжиг	минус 0,33	36,2
Нормализация	минус 0,36	44,8
Контрольный образец*	минус 0,30	45,2

\* Контрольный образец был подвергнут горячей пластической деформации

- образцы прошли термообработку (отжиг, нормализация) в печи при температуре 801 °С [4];

- была удалена окалина, образовавшаяся вследствие термообработки;

- были изменены твердость и электродный потенциал контрольного, отожженного и нормализованного образцов.

Результаты измерений занесены в таблицу 1.

Исследование скорости коррозии образцов и определение эффективности ингибитора проводили по ГОСТ 9.502-82. Сущность гравиметрического метода заключается в определении потери массы металлических образцов за время их пребывания в испытываемой среде. При гравиметрическом методе скорость коррозии характеризуется массовым показателем  $K_m$ , (г/(м<sup>2</sup>·час)) [5].

Скорость коррозии  $K_m$  рассчитывают по формуле:

$$K_m = \frac{m_1 - m_2}{S \cdot t}, \quad (1)$$

где  $m_1$  – масса образца до испытания, г;

$m_2$  – масса образца после испытания, г;

$S$  – площадь поверхности, м<sup>2</sup>;

$t$  – время испытаний, час.

Дальнейшие испытания проводили в цилиндрических колбах вместимостью 500 мл, заполненных 3%-ным раствором NaCl. Образцы размещались внутри емкостей так, чтобы они находились на одном уровне, не касались друг друга и стенок сосуда. Использовали не менее пяти образцов на каждый эксперимент. Предварительно образцы были зачищены, обезжирены и взвешены на аналитических весах с точностью до 0,1 мг. Время экспозиции образцов составило 6 часов. При этом раствор активно перемешивался на магнитной мешалке. В качестве ингибитора коррозии использовали водорастворимый реагент «РИК-207» (ООО «УТТП», г. Уфа), который добавляли в концентрациях 10 и 20 г/т. Результаты испытаний приведены в таблице 2.

Далее провели статистическую обработку полученных данных в соответствии с ГОСТ 9.502-82 и определили защитную способность ингибитора коррозии с доверительным интервалом (табл. 3).

Таблица 2. Результаты гравиметрических испытаний

Ингибитор	Вид обработки	Скорость коррозии, г/(м <sup>2</sup> час)
3%-ный раствор NaCl	Отжиг	0,795
	Нормализация	0,822
	Контрольный образец	0,698
3%-ный водный раствор NaCl + ингибитор коррозии (10 г/т)	Отжиг	0,213
	Нормализация	0,190
	Контрольный образец	0,160
3%-ный водный раствор NaCl + ингибитор коррозии (20 г/т)	Отжиг	0,101
	Нормализация	0,111
	Контрольный образец	0,085

Таблица 3. Защитная способность ингибитора коррозии при различных дозировках

Дозировка ингибитора	Вид обработки	Скорость коррозии без ингибитора, г/(м <sup>2</sup> час)	Скорость коррозии с ингибитором, г/(м <sup>2</sup> час)	Защитный эффект, %
10 г/т	Отжиг	0,795	0,213	73,20 ± 0,148
	Нормализация	0,822	0,190	76,88 ± 0,107
	Контрольный образец	0,698	0,160	77,20 ± 0,187
20 г/т	Отжиг	0,795	0,101	87,29 ± 0,056
	Нормализация	0,822	0,111	86,49 ± 0,054
	Контрольный образец	0,698	0,085	87,76 ± 0,056

Отсюда следует, что скорость коррозии образцов в среде зависит от вида термической обработки и концентрации ингибитора. Чем выше концентрация ингибитора, тем меньше скорость коррозии. При этом показано, что, несмотря на различную скорость коррозии образцов, защитный эффект (Z, %) ингибитора коррозии практически не изменился [6–7]. То есть при выборе ингибитора необходимо обращать внимание не только на его эффективность, но и на скорость коррозии образцов. Образцы для коррозионных испытаний необходимо обрабатывать, как и элементы настоящих металлоконструкций.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Были проведены исследования влияния термической обработки стали 40X на защитную способность ингибитора коррозии. После термической обработки (отжиг и нормализация) изменился электродный потенциал поверхности образцов и их твердость. Предполагали, что это может повлиять на адсорбционную способность ингибитора. Исследования показали, что и термическая обработка, и

дозировка ингибитора значительно влияют на скорость коррозии стали. В первую очередь влияет концентрация ингибитора. Но защитный эффект при этом составил при дозировке 10 г/т около 75%, а при дозировке 20 г/т – 87%. То есть при разной скорости коррозии стали эффективность ингибитора одинакова. Это говорит о том, что термическая обработка сталей не влияет на адсорбционную и защитную способности ингибитора.

Так как в лабораториях зачастую образцы-свидетели применяются без термической обработки либо после пластической деформации, есть риск получить более завышенную или заниженную скорость коррозии, чем на реально действующем оборудовании. В связи с этим рекомендуется при лабораторных исследованиях образцы для коррозионных испытаний обрабатывать так же, как и элементы настоящих металлоконструкций.



### Литература:

1. Латыпов О.Р., Бугай Д.Е. Ингибиторы коррозии в нефтегазовой промышленности. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2013. 74 с.
2. Жук Н.П. Курс теории коррозии и защиты металлов. М.: Металлургия, 1976. 475 с.
3. Латыпов О.Р. Исследование влияния электрокинетического потенциала стали на ее скорость коррозии // Prospero. 2015. № 2 (14). С. 46–48.
4. Солнцев Ю.П. Материаловедение и технология металлов: Учебное пособие. СПб: ХИМИЗДАТ, 2007. 784 с.
5. Черепашкин С.Е., Латыпов О.Р., Кравцов В.В. Методы коррозионных исследований: Учебное пособие. Уфа: РИЦ УГНТУ, 2014. 86 с.
6. Денисенко А.Н., Латыпов О.Р., Спивак А.Е., Мусин И.Г. Осуществление подбора ингибирующего реагента для предотвращения коррозии технологического оборудования // Материалы 62-й науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2011. С. 142.
7. Мухаметшин Д.Р., Латыпов О.Р., Бугай Д.Е. Разработка ингибитора в минерализованных кислородсодержащих средах // Материалы 62-й науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2011. С. 145.