

СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНГИБИТОРОВ СОЛЕОТЛОЖЕНИЯ "ОПТИОН-313" И "ГИЛУФЕР-422"

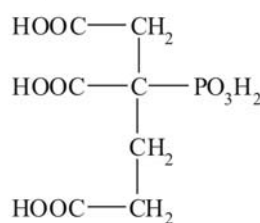
Ф. Ф. Чаусов

Удмуртский государственный университет, Физико-технический институт УрО РАН

Проблема защиты деталей стального энергетического оборудования от солей отложений и коррозии исключительно актуальна для снижения воздействия энергетической инфраструктуры на окружающую среду. Одним из наиболее эффективных путей решения этой проблемы является обработка воды ингибиторами на основе производных органофосфоновых кислот [1, 2]. Ингибиторы, содержащие цинковый комплекс оксиэтилидендифосфоновой кислоты, образуют островки защитной плёнки в местах выхода дислокаций на поверхность металла, что блокирует коррозионный процесс (Пат. 2344199 РФ).

Важным резервом повышения эффективности защиты стального оборудования является создание композиционных ингибиторов солей отложений и коррозии, содержащих, помимо органофосфоновых кислот и их производных, вещества, повышающие стабильность защитных плёнок. Часто такая смесь оказывается неустойчивой в хранении, из-за чего приходится хранить компоненты отдельно и смешивать их перед применением, как, например, отечественный продукт ККФ [3]. Это затрудняет эксплуатацию систем водоподготовки и является недостатком ингибитора ККФ. Наиболее технологичны в исполь-

зовании однорастворимые композиционные продукты. К таким ингибиторам относится, например, ингибитор "Гилуфер-422", выпускаемый компанией ВК Giulini Chemie GmbH & Co. OHG (Германия). Этот продукт представляет собой водный раствор натриевых солей фосфобутантрикарбоновой кислоты (I) и поликарбоксилатов натрия. Упрощенная схема фосфобутантрикарбоновой кислоты следующая:



В сложившейся экономической ситуации, в условиях существенной девальвации рубля, неизбежен рост эксплуатационных затрат у предприятий, использующих для подготовки воды импортные реагенты. В то же время описанной ситуации можно полностью избежать, замещая импортные реагенты на российские при достижении сопоставимого или лучшего технического результата. Использование отечественных реагентов позволит снизить себестоимость вырабатываемой тепловой энергии.

Таким образом, замещение импортных реагентов продукта-

ми, произведенными в России, не только даёт экономический эффект конкретному предприятию, но и имеет важное социальное значение — способствует удержанию существующего уровня тарифов.

Учитывая вышесказанное, представляется интересным сравнение эффективности двух популярных в России ингибиторов: "Гилуфер-422" и "Опцион-313", выпускаемого ООО "Экоэнерго" (г. Ростов-на-Дону) [4].

Для исследования был закуплен ингибитор "Гилуфер-422" по цене 600 руб./кг (при действовавшем курсе 23 руб./долл.) Он представляет собой бесцветную прозрачную жидкость со слабым запахом, напоминающим запах фосфина. Продукт стабилен при хранении, при отстаивании и фильтровании образца препарата образования какого-либо осадка не замечено. Ингибитор "Опцион-313" выпускается в виде порошка, который представляет собой оксиэтилидендифосфонат натрия (II):

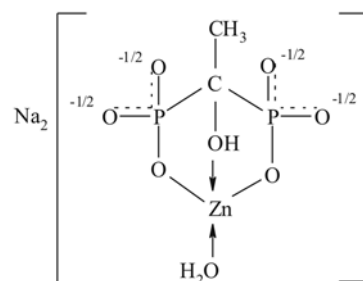


Таблица 1. Составы и свойства модельных растворов для испытания ингибиторов

№ раствора	Массовая концентрация компонентов, мг/дм ³					Показатели качества				
	NaCl	MgSO ₄	Na ₂ SO ₄	NaHCO ₃	CaCl ₂	Жесткость, мг-экв/дм ³			Хлориды	Сульфаты
						Общая	Ca	Mg		
1	243	25	192	8	5	0,50	0,09	0,41	150	150
2	914	250	1924	361	237	9,2	4,3	4,9	1500	706

Для проведения испытаний в стандартных условиях были приготовлены два раствора, моделирующие распространённые типы природных вод. Составы растворов в соответствии с ГОСТ 9.502-82 приведены в табл. 1. Раствор №1 моделирует мягкую умеренно коррозионную воду поверхностных источников, а раствор №2 — жёсткую коррозионную артезианскую воду.

Опыты проводили в двух модельных растворах при различных концентрациях каждого из ингибиторов и при различных температурах, моделирующих режимы работы различных теплотехнических систем. При температуре 75 °С исследовали эффективность ингибиторов в системах горячего водоснабжения, концентрация растворов 3 и 10 мг/дм³ (ПДК ингибитора в питьевой воде). При температуре 150 °С исследовали эффективность ингибиторов в режимах, характерных для систем теплоснабжения. При этом концентрация раствора № 1 была 3 и 10 мг/дм³, а раствора № 2 (жёсткая вода) — 10 и 20 мг/дм³ (табл. 2).

Для испытаний использовали оборудование и методики, обеспечивающие сопоставимость результатов исследований [4]. Результаты экспериментов также обрабатывали по идентичным методикам.

Степень защиты от коррозии $Z_{кор}$ рассчитывали по формуле

$$Z_{кор} = (V^*_{кор} - V_{кор}) / V^*_{кор} \cdot 100 \%,$$

где $V^*_{кор}$ — средняя скорость коррозии в ячейке с коррозионной средой без добавки ингибитора (в холостом опыте), мм/год; $V_{кор}$ — средняя скорость коррозии в ячейке с коррозионной средой с добавкой ингибитора, мм/год.

Степень защиты от солеотложений $Z_{со}$ определяли по формуле

$$Z_{со} = (I^* - I) / I^* \cdot 100 \%,$$

где I^* — относительная нестабильность водной среды без добавки ингибитора (в холостом опыте); I — относительная нестабильность водной среды с добавкой ингибитора.

В соответствии с полученными результатами можно сделать вывод, что оба исследованных ингибитора обеспечивают одинаково высокую (в пределах статистической погрешности) степень защиты от солеотложений. Что же касается защиты от коррозии, то нельзя не заметить, что при малой жёсткости воды у ингибитора "Гилуфер-422" отрицательные значения степени защиты $Z_{кор}$. Анализируя первую формулу, можно сделать вывод, что скорость коррозии в присутствии ингибитора выше, чем в контрольном опыте, т.е. в мягких водах ингибитор "Гилуфер-422" стимулирует коррозию. В жёсткой воде ингибитор "Гилуфер-422" показывает положительную, хотя и невысокую, степень защиты стали от коррозии.

Осмотр поверхности образцов показал, что характер разви-

тия коррозионного процесса в отсутствие ингибитора и в присутствии различных ингибиторов различен.

В отсутствие ингибитора коррозионный процесс захватывает всю поверхность образца, кроме того, на этой равномерно корродированной поверхности отмечаются неглубокие язвы площадью до нескольких сотен квадратных миллиметров, среднее число язв на 1 см² поверхности образца на разных образцах различно и составляет от 0,3 до 4 язв/см².

В присутствии ингибитора "Опцион-313" подавляется как равномерная, так и язвенная коррозия. В присутствии этих ингибиторов отмечены лишь единичные язвы небольшой глубины на образцах, подвергнутых коррозии при концентрации ингибитора 3 мг/дм³. Площадь язв не превосходила 3 мм², а их среднее число на 1 см² поверхности образца не более 0,1 язвы/см² (1 язва в среднем на 10 мм²). При концентрации ингибитора 10 мг/дм³ и более язвы на образцах не наблюдались. Отмечена незначительная равномерная коррозия.

В присутствии ингибитора "Гилуфер-422" коррозионный процесс протекает интенсивно во всех случаях. При малой жёсткости воды (раствор №1) коррозионный процесс имеет равномерный характер, что, по-видимому, объясняется интен-

Таблица 2. Степень защиты от коррозии и солеотложений в различных условиях

Условия испытаний			Степень защиты*, %			
Жёсткость воды, мг-экв/дм ³	Температура, °С	Концентрация ингибитора, мг/дм ³	от солеотложений		от коррозии	
			"Гилуфер-422"	"Опцион-313"	"Гилуфер-422"	"Опцион-313"
0,5 (раствор №1)	75	3	88,5±5,0	92,0±4,0	-5,0±5,0	78,0±4,0
		10	96,0±4,0	96,0±4,0	-7,0±5,0	93,5±4,0
	150	3	85,0±4,0	90,5±4,0	-7,0±5,0	82,0±5,0
		10	88,5±5,0	98,0±2,0	-5,0±5,0	86,5±4,0
9,2 (раствор №2)	75	3	90,5±5,0	88,0±5,0	35,0±5,0	84,0±4,0
		10	92,5±5,0	95,0±5,0	15,0±5,0	90,5±5,0
	150	10	90,5±5,0	92,0±5,0	26,0±5,0	88,0±5,0
		20	98,0±2,0	96,0±4,0	24,5±5,0	94,5±4,0

*95% доверительные интервалы.

сивным отводом ионов железа от анодных участков за счёт комплексообразования с фосфобутантрикарбоксилат-анионами. Можно считать, что в водах малой жёсткости ингибитор "Гилуфер-422" стимулирует коррозию. При высокой жёсткости воды (раствор №2) коррозионный процесс менее интенсивен, однако он характеризуется явно выраженными язвами площадью 1 — 3 мм², средним числом 0,5 — 5 язв/см². Значительно меньшая эффективность ингибитора "Гилуфер-422" по сравнению с ингибитором "Опцион-313" объясняется отсутствием в его составе цинковых органофосфонатных комплексов, способных к образованию защитной плёнки на поверхности металла.

Это полностью подтвердилось при исследовании образцов с помощью сканирующего электронного микроскопа с применением микрозондового анализа. На поверхности образцов, подвергнутых испытаниям с ингибитором "Опцион-313", частицы цинка распределены в основном равномерно, при этом они тяготеют к вершинам и рёбрам пирамид травления. На поверхности же образцов, подвергну-

тых испытаниям с ингибитором "Гилуфер-422", частиц цинка не наблюдается. Однако в воде с высокой жёсткостью ингибитор "Гилуфер-422" показал некоторую (хотя и невысокую) степень защиты от коррозии. При этом на поверхности образцов обнаружено некоторое количество фосфора. Это позволяет заключить, что ингибирующее действие "Гилуфер-422" обусловлено образованием поверхностных комплексов фосфобутантрикарбоксилата с ионами железа.

Можно сделать вывод, что в условиях проведения испытаний эффективность защиты стали от коррозии в водных средах как с малой, так и с высокой жёсткостью при использовании ингибитора "Опцион-313" значительно выше, чем при применении ингибитора "Гилуфер-422". Как отечественный, так и импортный препарат обеспечивают высокую степень защиты от солеотложений.

При этом при выборе ингибитора для практического использования следует учесть, что импортный ингибитор "Гилуфер-422" существенно дороже, чем отечественный ингибитор

"Опцион-313". Экспертным заключением от 23.01.2008 г. № 188 ГУ НИИ медицины труда РАМН и санитарно-эпидемиологическим заключением от 29.05.2008 г. № 77.99.27.243.Д.005420.05.08 ингибитор "Опцион-313" допущен в качестве антинакипной и противокоррозионной добавки для воды закрытых и открытых систем теплоснабжения, систем горячего водоснабжения и другого теплоэнергетического оборудования.

Литература

1. **Чаусов Ф.Ф. и др.** Применение комплексонов при обработке воды для паровых котлов // Экология и промышленность России. 2003. Июнь.
2. **Чаусов Ф.Ф., Казанцева И.С.** Новый способ защиты теплотехнического оборудования от накипеобразования // Экология и промышленность России. 2007. Сентябрь.
3. **Потапов С.А.** Опыт консервации и защиты тепловых сетей от коррозии // Аква-Magazine. 2008. Октябрь.
4. **Чаусов Ф.Ф.** Эффективность фосфонатоцинкатных ингибиторов солеотложений и коррозии. Сравнительные лабораторные исследования // Экология и промышленность России. 2008. Сентябрь. ■