

УДК 620.193

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ
ИНГИБИТОРОВ КИСЛОТНОЙ КОРРОЗИИ
В СРЕДЕ СУЛЬФАМИНОВОЙ КИСЛОТЫ
В ОТНОШЕНИИ КОНСТРУКЦИОННОЙ СТАЛИ СтЗпс**

© К.Н. Селькина

Аннотация. Изучена скорость коррозии конструкционной стали СтЗпс в отсутствие и при наличии водорастворимых ингибиторов кислотной коррозии в растворе сульфаминовой кислоты (10 масс.%). Гравиметрические измерения показывают, что наиболее эффективен в этих условиях Dodicor-2725 (фирма “Clariant”, Швейцария), который может быть заменен отечественным ингибитором КФ-03 (фирма ООО «Конферум», Россия) в концентрации 0,7 г/кг.

Ключевые слова: сульфаминовая кислота; скорость коррозии; ингибиторы кислотной коррозии; защитный эффект

Химическая промышленность ежегодно потребляет огромное количество органических и неорганических кислот. Наиболее часто используемыми кислотами являются: серная, фосфорная, уксусная, соляная и азотная. Их использование имеет одну общую проблему: это высокая коррозионная нагрузка на металлическое оборудование, магистральные и технологические трубопроводы, материалы, применяемые в кислотных цехах, что приводит к уменьшению срока эксплуатации и увеличению затрат на ремонт, увеличению вероятности нанесения серьезного ущерба окружающей среде [1].

Сульфаминовая кислота имеет ряд неоспоримых преимуществ перед традиционно используемыми кислотами [2]:

- обладает одновременно высокой реакционной или растворяющей способностью при очистке технологического оборудования и значительно меньшей коррозионной активностью;
- производится в сухом виде, хорошо растворяется в воде и в некоторых органических растворителях (диэтиловый спирт, формамид, ацетон, метанол), что упрощает транспортировку и хранение;
- экологически безопасна (обладает низким классом опасности (III класс, IV класс для различных модификаций)), а отработанные растворы имеют рН среды, близкий к нейтральному;

– выпускная форма в большинстве случаев имеет совместимость с различными реагентами и наполнителями, что позволяет добиваться уникальных свойств композиционных составов.

Активное использование сульфаминовой кислоты и ее растворов требует введения ингибиторов коррозии из-за частого контакта с поверхностью металла, поэтому изучена защитная эффективность ряда ингибиторов коррозии различных производителей, отличающихся по функциональному составу^{1,2,3}.

1. Ингибитор КФ-03, производство фирмы ООО «Конферум», Россия – представляет собой жидкость от светло-желтого до коричневого цвета со слабым миндальным запахом, растворим в воде и органических растворителях. Ингибитор относится к 3 классу опасности. По заявленным данным, ингибитор эффективно защищает углеродистые стали от коррозии в серной, фосфорной, плавиковой и соляной кислотах.

2. Ингибитор ТИЛАЗ-3, производство фирмы ООО «Конферум», Россия – представляет собой раствор смеси органических соединений в воде, относится к 4 классу опасности. По заявленным данным, ингибитор эффективно защищает металл от коррозии в кислых средах.

3. Ингибитор Dodicog-2725, производство фирмы «Clariant», Швейцария – представляет собой бесцветную жидкость без резкого запаха, растворим в воде и метаноле. Данный ингибитор относится к 3 классу опасности. По заявленным данным, ингибитор эффективно защищает металлические поверхности из стали и алюминия от коррозии в соляной и фтористоводородной кислотах.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Коррозионные испытания стали проведены согласно ГОСТ 9.506-87. В качестве коррозионной среды был использован раствор сульфаминовой кислоты (САК) с концентрацией 10 масс.%. Для оценки ингибирующих свойств использовались ингибиторы с дозировками от 0,1 до 0,15 г/кг САК. Скорость коррозии конструкционной стали Ст3пс в среде сульфаминовой кислоты определялась гравиметрическим методом (по убыли масс образцов). Перед испытанием образцы зачищали наждачной бумагой разной зернистости, промывали дистиллированной водой,

¹ ТУ 2458-006-66126292-2012 «Ингибитор коррозии».

² ТУ 2381-001-66126292-2011 «Средства моющие синтетические (щелочные). Технические».

³ Специальная химия Clariant. URL: www.clariant.com (дата обращения: 19.02.2019).

обезжировали ацетоном, затем сушили в эксикаторе до стабилизации массы, после чего пластины взвешивали с точностью $\pm 0,5 \cdot 10^{-5}$ г и проводили испытания. Продолжительность коррозионных испытаний при температуре 20 °С составила 24 часа. Эффективность использованных ингибиторов оценивали по следующим критериям⁴.

1. Скорость коррозии K , г/см²·ч:

$$K = \frac{\Delta m}{\tau \times s},$$

где Δm – изменение массы образца, г; s – площадь образца, см²; τ – время, ч.

2. Защитный эффект, %:

$$Z = \frac{K_0 - K_1}{K_0} \cdot 100\%,$$

где K_0 – скорость растворения сплава в растворе без ингибитора, г/см²·ч; K_1 – скорость растворения сплава в растворе с ингибитором, г/см²·ч.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В зависимости от области применения к конкретной рецептуре, содержащей сульфаминовую кислоту, предъявляют специальные требования, главным из которых является достижение эффективной защиты от коррозии металлов, вызываемой сульфаминовой кислотой, при минимальных концентрациях ингибиторов.

В табл. 1 приведены данные по скорости коррозии стали СтЗпс и защитному эффекту трех исследуемых ингибиторов с дозировками от 0,1 до 0,15 г/кг САК при одинаковых условиях испытаний. У всех ингибиторов наблюдалось увеличение защитного эффекта с увеличением концентрации. Наибольшую эффективность ингибиторы проявили при дозировке выше 0,11 г/кг САК.

Согласно данным табл. 1, Dodicor-2725 требует применения с дозировкой выше 0,11 г/кг САК, поскольку проявляет высокий защитный эффект по сравнению с остальными ингибиторами. КФ-03 также эффективен при дозировках выше 0,11 г/кг САК, однако проявляет более низкий защитный эффект. Также визуально было отмечено, что после погружения пластины в исследуемый раствор с КФ-03 коррозия протекала

⁴ ГОСТ 9.908-85 ЕСКЗС. Металлы и сплавы. Методы определения показателей коррозии и коррозионной стойкости с изм. № 1 от 01.07.1990. М., 1999.

Таблица 1

Скорость коррозии и защитный эффект исследуемых ингибиторов

Дозировка ингибитора, г/кг САК	C (САК), %	Скорость коррозии K, г/м ² ·ч	Защитный эффект, %	T, °С	Время, ч
Dodicor-2725					
0	10	16,63	0,00	20	24
0,01		11,83	28,86		
0,03		7,01	57,85		
0,07		1,27	92,36		
0,11		0,12	99,28		
0,15		0,07	99,58		
КФ-03					
0	10	16,63	0,00	20	24
0,01		14,51	12,75		
0,03		8,2	50,69		
0,07		1,37	91,76		
0,11	10	0,18	98,92	20	24
0,15		0,12	99,28		
ТИЛАЗ-3					
0,01	10	16,25	2,29	20	24
0,03		15,14	8,96		
0,07		9,95	40,17		
0,11		7,96	52,13		
0,15		7,78	53,22		

более интенсивно, о чем свидетельствовало большее газовыделение, в сравнении с Dodicor-2725. В сравнении с остальными ингибиторами ТИЛАЗ-3 требует применения в дозировке выше 0,11 г/кг САК, при этом он оказывает низкий защитный эффект.

На рис. 1 приведена зависимость скорости коррозии конструкционной стали СтЗпс от дозировки исследуемых ингибиторов в среде 10 %-ной сульфаминовой кислоты.

Наиболее эффективной защитой от коррозии конструкционной стали СтЗпс обладают два ингибитора: Dodicor-2725 и КФ-03. Оба они имеют третий класс опасности, как и сульфаминовая кислота. Таким образом, их применение не влияет на токсичность среды. Однако введение Dodicor-2725 в концентрации менее 0,7 г/кг более эффективно для снижения ско-

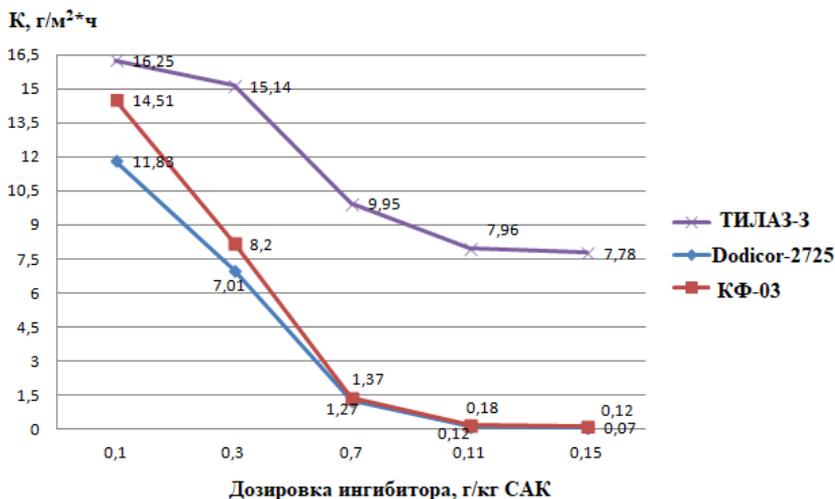


Рис. 1. Зависимость скорости коррозии стали Ст3пс от дозировки ингибиторов в среде 10 %-ной сульфаминовой кислоты

рости коррозии стали в 10 %-ном растворе сульфаминовой кислоты (рис. 1), что и, соответственно, обеспечивает более высокий защитный эффект. Стоит отметить, что страной производителем Dodicor-2725 является Швейцария, в то время как КФ-03 производится в России. Это немаловажно в связи с возможными санкциями со стороны Европейского союза и вызванной этим необходимостью импортозамещения.

ВЫВОДЫ

1. Сравнительный анализ, проведенный в ходе работы, показал, что наиболее эффективным ингибитором, обеспечивающим защиту от коррозии конструкционной стали Ст3пс в среде сульфаминовой кислоты, является Dodicor-2725. Наименее эффективным ингибитором кислотной коррозии в отношении конструкционной стали Ст3пс в среде сульфаминовой кислоты является ТИЛАЗ-3.

2. С точки зрения потребительских свойств наиболее приемлемым ингибитором кислотной коррозии является Dodicor-2725, поскольку он умеренно токсичен, не имеет резкого запаха и не требует специальных условий хранения и утилизации.

3. В ходе визуальной оценки изменений процесса коррозии при различных дозировках можно сделать вывод, что адсорбция Dodicor-

2725 на поверхности конструкционной стали Ст3пс протекала значительно быстрее в сравнении с остальными ингибиторами, данный факт фиксировали по интенсивности газовыделения.

4. В условиях санкций со стороны ЕС Dodicor-2725 может быть заменен отечественным ингибитором КФ-03 в концентрации более 0,7 г/кг сульфаминовой кислоты.

Список литературы

1. *Вигдорович В.И., Цыганкова Л.Е., Шель Н.В., Есина М.Н., Князева Л.Г., Таныгина Е.Д., Болдырев А.В., Чирков Ю.А., Бернацкий П.Н.* Защитная эффективность ингибиторов серии «ИНКОРГА3» при коррозии углеродистой стали применительно к условиям нефтедобычи // Коррозия: материалы, защита. М.: Изд-во «Наука и технологии ООО», 2016. № 4. С. 26-35.
2. *Пятакова Н.В.* Разработка реагента на основе сульфаминовой кислоты для повышения нефтеотдачи пласта // Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития: сб. науч. ст. молодых ученых, аспирантов и студентов. Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. Вып. 6. С. 160-164.

Поступила в редакцию 29.03.2019 г.

Отрецензирована 24.04.2019 г.

Принята в печать 14.05.2019 г.

Информация об авторе:

Селькина Ксения Николаевна – магистрант по направлению подготовки «Химия». Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, г. Тамбов, Российская Федерация. E-mail: selkina_ksenia@mail.ru

COMPARATIVE ANALYSIS OF ACIDIC CORROSION INHIBITORS IN SULFAMIC ACID ENVIRONMENT IN RELATION TO Ст3пс (St3ps) STRUCTURAL STEEL

Selkina K.N., Master's Degree Student in "Chemistry" Programme. Derzhavin Tambov State University, Tambov, Russian Federation. E-mail: selkina_ksenia@mail.ru

Abstract. We study the corrosion rate of structural steel Ст3пс (St3ps) in absence and presence of acid corrosion water-soluble inhibitors in a sulfamic acid solution (10 mass.%). Gravimetric measurements show that the most effective under these conditions is Dodicor-2725 ("Clariant", Switzerland), which can be replaced by domestic inhibitor КФ-03 (KF-03) ("Conferum" LLC, Russia) at a concentration of 0.7 g/kg.

Keywords: sulfamic acid; corrosion rate; acidic corrosion inhibitors; protective effect

Received 29 March 2019

Reviewed 24 April 2019

Accepted for press 14 May 2019