

Переработка сырья и ресурсосбережение

УДК 648.18:66.091

Прокоф'єва Г.М., канд. хім. наук, **Сеннік А.С.**, аспірант,
Матвєєва К.М., **Книш Н.В.**

*Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського, Київ
просп. Перемоги, 37, корп. 4, 03056 Київ, Україна, e-mail: prokofyeva_g_n@ukr.net*

Розробка антикорозійних технічних мийних засобів

При експлуатації газотурбінних установок відбувається забруднення аерозольними відкладами внутрішніх елементів газоповітряних трактів. Це призводить до значної витрати їх потужності, сприяє збільшенню енергозатрат, зниженню експлуатаційної надійності установок через активацію корозійних та ерозійних процесів. Головними вимогами до складових мийної композиції є висока мийна здатність та низька корозійна активність. Вибір антикорозійних інгредієнтів для технічних мийних засобів передбачає забезпечення відсутності впливу на ефективність мийної композиції. Однією з важливих характеристик технічних мийних засобів є корозійні властивості. Цей показник є важливим в оцінці строку служби обладнання, тому представляло інтерес вивчення залежності швидкості корозії від поверхнево-активних речовин. Досліджено модифікацію діючих технічних мийних засобів та введених до їх складу інгредієнтів поліфункційної дії, що сприяють інтенсифікації комплексоутворюючих та антикорозійних властивостей. *Бібл. 5, рис. 3, табл. 1.*

Ключові слова: технічний мийний засіб, поверхнево-активні речовини, корозія, полімери, спектрофотометрія, швидкість корозії.

Рациональне використання паливно-енергетичних сировинних ресурсів, яке пов'язане з одночасним рішенням екологічних питань, відносять до глобальних проблем розвитку сучасних технологій в базових галузях народного господарства. У рішеннях цих задач провідна роль належить підвищенню коефіцієнтів використання техніки, залучення безвідходних та маловідходних виробництв.

При експлуатації компресорної техніки, особливо газотурбінних установок (ГТУ), відбувається забруднення аерозольними відкладами внутрішніх елементів газоповітряних трактів. Це призводить до значного зниження потужності установок, сприяє збільшенню енерговитрат, зниженню їх експлуатаційної надійності через активацію корозійних та еро-

зійних процесів, внаслідок чого руйнуються лопатки компресорів та газових турбін, виводячи ГТУ зі строю та різко знижуючи продуктивність газових магістралей [1].

Попередження утворенню відкладень на поверхні обладнання, а також впровадження екологічно чистих технологій очистки промислового обладнання від цих відкладень у значній мірі забезпечується очисткою повітряних потоків та використанням замкнутих систем промивки. При цьому особливу цікавість викликає можливість потрапляння у потік аерозольних забруднень, що призводить до накопичення компонентів забруднення у розчинах технічних миючих засобів (ТМЗ) та до можливого їх концентрування у зоні експлуатації обладнання. Тому актуальною є необхідність роз-

робки ефективних технічних миючих засобів для очистки елементів компресорної техніки, що дасть можливість вирішити питання зниження питомих енерговитрат та собівартості промислових газів, а також миючих композицій, які здатні зв'язувати змащувальні інгредієнти відкладень з наступним їх видаленням із замкнутої системи очистки [2, 3].

Головні вимоги до складових ТМЗ — це висока мийна здатність, низький солевміст та корозійна активність, а також їх екологічна безпека, відсутність пожежонебезпечних світлих нафтопродуктів.

Постановка задачі

Вибір антикорозійних інгредієнтів для ТМЗ передбачає забезпечення відсутності їх впливу на ефективність мийної композиції.

Інноваційним у виборі модифікуючих антикорозійних інгредієнтів ТМЗ є використання полімерних матеріалів з високою молярною масою, які у водному розчині затримують розвиток турбулентності та при великих швидкостях потоку зменшують опір розчину полімеру у порівнянні з чистою водою. Присутність полімерних інгредієнтів попереджує явище кавітації, а отже запобігає руйнуванню трубопроводів, елементів мийних машин [4].

Вирішення поставленої задачі здійснювалося модифікуванням розроблених нами раніше технічних мийних засобів, введенням до їх складу інгредієнтів поліфункційної дії. Як модифікатори розглядалися ефіри гідроксоетилцелюлози (CELLOSIZE) з різною молярною масою (С-1–С-10) та азотовмісна сполука метилпіролідон (N-МП), які були одним з інгредієнтів у низькотемпературних базових ТМЗ.

Експериментальна частина

Важливою характеристикою ТМЗ є корозійні властивості. Цей показник належить до важливих в оцінці строку служби обладнання, тому представляло інтерес вивчення залежності швидкості корозії для досліджуваних ПАР.

Швидкість корозії (I_c) сталевих зразків (Ст.3) при її контакті з промивним розчином визначали за величиною поляризаційного опору та розраховували за формулою [5]:

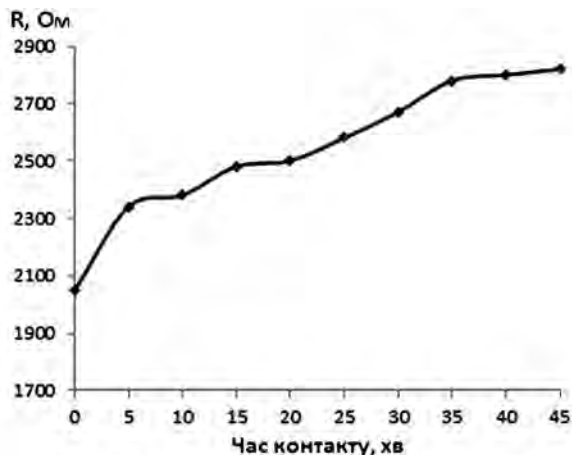
$$I_c = k / R_n,$$

де I_c — швидкість корозії, мм/рік; R_n — поляризаційний опір, Ом; k — константа, що враховує електричні параметри корозійного процесу, фізико-хімічні показники металу датчика, а також площу електрода:

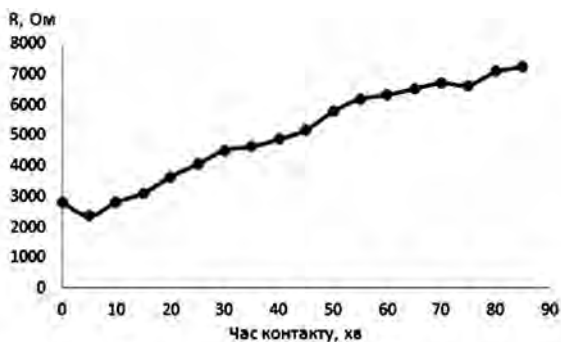
$$k = (A \cdot 10 \cdot 4 \cdot K_f \cdot 2) / (n F j S),$$

де A — атомна маса заліза, $A_{Fe} = 55$ а.о.м.; 10 — перевідний розмірний коефіцієнт, см/мм; 4 — кількість годин на рік для повної промивки; K_f — електричний коефіцієнт пропорційності між R_n та I_c , мВ; n — валентність переходу, $n_{Fe} = 2$; F — число Фарадея, $F = 26,8$ А·г; j — густина металу, г/см³, $j_{Fe} = 7,87$ г/см³; S — площа електрода, см², $S = 13,06$ см².

У зв'язку з тим, що показники електропровідності досліджуваних ПАР знаходилися за межами чутливості приладу, вимірювання поляризаційного опору проводилися на фоні сульфату натрію, вибір якого обумовлений наявністю його як антиоксиданта у базовому ТМЗ.



а



б

Рис.1. Залежність поляризаційного опору від часу контакту електродів з водними розчинами С-1 (а) та системами С-1 + N-МП (б).

Швидкості корозії у водних розчинах інгредієнтів

Інгредієнт	R_p , Ом	K, Ом·мм/рік	I_c , мм/рік
C-1	2800	0,014395	$5,14 \cdot 10^{-6}$
C-1 + N-МП	7260	0,014395	$1,98 \cdot 10^{-6}$

При експериментальному визначенні поляризаційного опору отримали залежність, що свідчить про раціональний характер зміни його від часу (рис.1,а). Найбільше значення поляризаційного опору досягалося вже через 40 хв.

При введенні у досліджуваній розчин ТМЗ N-метилпіролідону концентрацією 10^{-3} % характер залежності $R_n = f(\tau)$ дещо змінився (рис.1,б). Значення опору підвищилися на порядок, отже швидкість корозії значно зменшилася.

Були проведені розрахунки швидкості корозії у чистому розчині C-1 та у системі C-1 + N-МП при їх вмісті, %: $[C-1] = 1 \cdot 10^{-3}$, $[N-МП] = 1 \cdot 10^{-3}$. За отриманими результатами (таблиця) можна стверджувати, що введення N-метилпіролідону до розчину C-1 призводить до незначного впливу на результати швидкості корозії.

Аналогічні дослідження були проведені у системах з більш довгими вуглеводневими скелетами гідроксоетилцелюлози. При порівнянні цих результатів з системою C-1 + N-МП можна стверджувати, що внесення N-метилпіролідону в систему з C-3 також майже не вплинуло на значення поляризаційного опору.

З результатів розрахунків для водного розчину C-4 очевидно, що введення у систему N-метилпіролідону зовсім не вплинуло на якість інгібуючої дії розчину.

Для водного розчину C-5 введення N-метилпіролідону уповільнило швидкість корозії

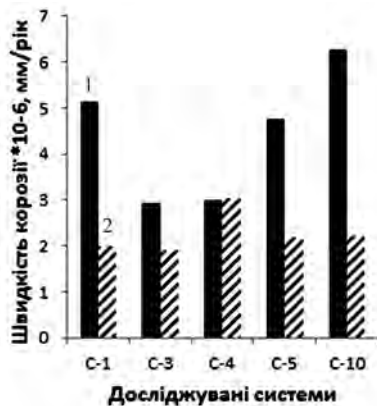


Рис.2. Гістограма залежності швидкості корозії від довжини вуглеводневого ланцюга гідроксоетилцелюлози у системах: 1 – C-1–C-10; 2 – C-1–C-10 + N-МП.

більш ніж у 2 рази, а для водного розчину C-10 внесення модифікатору N-МП знизило швидкість корозії в розчині майже у 3 рази.

Узагальнюючи експериментальні дані по всіх системах, отримали гістограму залежності швидкості корозії від довжини вуглеводневого ланцюга гідроксіетилцелюлози (рис.2). На гістограмах також показані швидкості корозії за умови присутності у системі N-метилпіролідону.

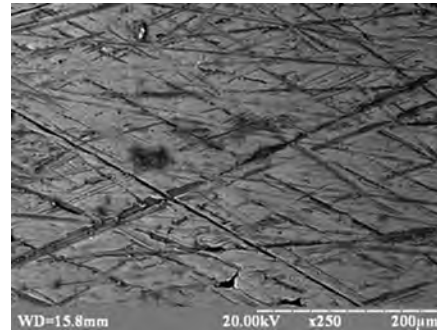


Рис.3. Знімок поверхні електрода після контактування з розчином C-4 з 250-кратним збільшенням.

Нелінійний характер залежності можна пояснити стеричним фактором молекул. При низькій молярній масі (C-1) гідроксоетилцелюлоза не може повністю покрити поверхню електрода, а при великих молекулярних масах (C-5, C-10) можливе утворення макромолекулярних клубків, що також погіршують утворення захисного шару. Крайній інгібуючий ефект проявили C-3 та C-4, можливо тому, що молекули цих сполук мають достатньо великий розмір, щоб покрити поверхню, але не настільки великий, щоб молекули деформувались.

Порівняння розрахунків швидкості корозії у чистих розчинах гідроксоетилцелюлози зі швидкостями у присутності N-метилпіролідону показало, що у системах з C-1, C-5 та C-10 на результат значно вплинув N-МП, а у системах з C-3 та C-4 він не зіграв ніякої ролі. Тому, можливо, матиме місце виключення N-метилпіролідону як компонента у системах з C-3 та C-4. Така можливість сприятиме зменшенню загального солемісту у ТМЗ, що зменшить витрати дистильованої води на промивку ГТУ, тобто зменшить витратні коефіцієнти щодо енергії.

Отримані результати були підтверджені фотозйомкою поверхонь електродів, що контактували з досліджуваними розчинами C-4 та C-4 з додатком N-метилпіролідону, за допомогою скануючого електронного мікроскопу SELMI РЭМ-106и (рис.3). Уся поверхня електродів залишалася чистою, а невелике затемнення пов'язано з механічним пошкодженням електрода у початковому стані.

Висновки

Вивчено модифікацію діючих ТМЗ та введених до їх складу інгредієнтів поліфункційної дії, що сприяють інтенсифікації комплексоутворюючих та антикорозійних властивостей.

За різними фізико-хімічними методами (спектрофотометрії, ІЧ-спектроскопії, електронного парамагнітного резонансу, ядерно-магнітного резонансу, методу електрохімічного поляризаційного опору) досліджено комплексоутворення у системах «ефіри гідроксоетилцелюлози (CELLOSIZЕ) з різною молярною масою (С-1–С-10) – інгредієнт забруднення компресорної техніки» та у системах «ефіри гідроксоетилцелюлози (CELLOSIZЕ) з різною молярною масою (С-1–С-10) – інгредієнт забруднення компресорної техніки – азотовмісна сполука метилпіролідон (N-МП)».

Показано утворення розчинених комплексних сполук, які сприяли протіканню процесів ресорбції у системах «Fe(III) – модифікатор ТМЗ».

Проведені антикорозійні дослідження за електрохімічним методом поляризаційного опору показали високу антикорозійну дію розглянутих модифікаторів. Швидкість корозії у чис-

тому розчині С-1 склала $5,14 \cdot 10^{-6}$ мм/рік, для системи С-1 + N-МП склала $1,98 \cdot 10^{-6}$ мм/рік.

Отримані результати були підтверджені фотозйомкою поверхонь електроду за допомогою скануючого електронного мікроскопу.

Побудовано гістаграму залежності швидкості корозії для ряду ефірів гідроксоетилцелюлози у системах С-1–С-10, С-1–С-10 + N-МП, з якої визначено оптимальний склад модифікаторів.

Список літератури

1. Межеріцкий А.Д. Агрегаты системы турбонаддува судовых двигателей. Л. : Судостроение, 1986. 248 с.
2. Пат. 2259393 РФ, МПК С 01 В 31/00. Моющее средство для очистки металлической поверхности. И.Т.Федотов. Опубл. 08.05.2005.
3. Пат. 2280070 РФ, МПК С 01 В 31/00. Моющее средство для очистки металлической поверхности. А.В.Любомиров. Опубл. 10.03.2006.
4. Ніжнік В.В., Ніжнік Т.Ю. Фізична хімія полімерів. Київ : Фітосоціоцентр, 2009. 424 с.
5. Прокоф'єва Г.М., Білоусова Н.Л., Сударушкіна Т.В. Технічні мийні засоби. Корозійно-захисні властивості окремих інгредієнтів. *Хімічна промисловість України*. 2007. № 4. С. 21–23.

Надійшла до редакції 25.01.18

**Прокоф'єва Г.Н., канд. хім. наук, Сенник А.С., аспірант,
Матвеева Е.Н., Кныш Н.В.**

*Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського, Київ
просп. Перемоги, 37, корп. 4, 03056 Київ, Україна, e-mail: prokofyeva_g_n@ukr.net*

Разработка антикоррозионных технических моющих средств

При эксплуатации газотурбинных установок происходит загрязнение аэрозольными отложениями внутренних элементов газоздушных трактов. Это приводит к значительному расходу их мощности, способствует увеличению энергозатрат, снижению эксплуатационной надежности установок из-за активации коррозионных и эрозионных процессов. Главными требованиями к составляющим моечной композиции служат высокая моющая способность и низкая коррозионная активность. Выбор антикоррозионных ингредиентов для технических моющих средств предусматривает обеспечение отсутствия влияния на эффективность моечной композиции. Одной из важных характеристик технических моющих средств является его коррозионные свойства. Этот показатель относится к важным в оценке срока службы оборудования, поэтому представляло интерес изучение зависимости скорости коррозии для поверхностно-активных веществ. Исследована модификация действующих технических моющих средств и введенных в их состав ингредиентов полифункционального действия, способствующие интенсификации комплексообразующих и антикоррозионных свойств. *Библ. 5, рис. 3, табл. 1.*

Ключевые слова: техническое моющее средство, поверхностно-активные вещества, коррозия, полимеры, спектрофотометрия, скорость коррозии.

Prokofyeva G.M., Candidate of Chemical Sciences,
Sennik A.S., PhD Student, **Matveeva K.M.**, **Knysch N.V.**
Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Kiev
 37, build. 4, Peremohy Ave., 03056 Kiev, Ukraine, e-mail: prokofyeva_g_n@ukr.net

Development of Anticorrosive Technical Detergents

In operation of gas turbine plants pollution of aerosol deposits of internal elements of gas-air tracks occurs. This leads to a significant consumption of their power, contributes to increasing energy costs, reducing the operational reliability of installations, through the activation of corrosion and erosion processes. The main requirements for the components of the washing composition are: high washing ability and low corrosion activity. The choice of anticorrosive ingredients for technical detergents provides for the absence of an effect on the effectiveness of the washing composition. One of the important characteristics of technical detergents is its corrosive properties. Exactly this indicator is relevant to the evaluation of the service life of the equipment, so it was the interest to study the dependence of the rate of corrosion on surfactants. The modification of the existing TD and the polyfunctional action ingredients introduced into their composition, which promote the intensification of complexing and anticorrosion properties has studied. *Bibl.5, Fig.3, Table 1.*

Key words: technical detergent, surfactants, corrosion, polymers, spectrophotometry, corrosion rate.

References

1. Mezheritskiy A.D. [Units of turbo-supercharging system of marine engines]. Leningrad : Sudostroenye, 1986. 248 p. (Rus.)
2. Pat. 2259393 RU. [Detergent for cleaning the metal surface]. I.T.Fedotov. Published 08.05.2005. (Rus.)
3. Pat. 2280070 RU. [Detergent for cleaning the metal surface]. A.V.Lyubomirov. Published 10.03.2006. (Rus.)
4. Nizhnik V.V., Nizhnik T.Yu. [Physical chemistry of polymers]. Kiev : Fitosotsiotsentr, 2009. 424 p. (Ukr.)
5. Prokofyeva G.M., Bilousova N.L., Sudarushkina T.V. [Technical detergents. Corrosive and protective properties of individual ingredients]. *Himichna promislovist Ukraini*. 2007. No. 4. P. 21–23. (Ukr.)

Received January 25, 2018

УДК 532.5:66.096.5

Семейко К.В.¹, канд. техн. наук,
Сидоренко Н.А.¹, аспирант, **Чумак Р.Е.²**

¹ **Институт газа НАН Украины, Киев**

ул. Дегтяревская, 39, 03113 Киев, Украина, e-mail: k_simeyko@ukr.net

² **Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського, Київ**

просп. Перемоги, 37, 03056 Київ, Україна, e-mail: roma.chumak25@gmail.com

Исследование влияния механиковибрационной звуковой частоты на гидродинамику псевдооживленного слоя

Рассмотрен процесс термической обработки малого количества твердого материала с максимальным контактом фаз «твердое вещество — газ» в псевдооживленном слое. Одним из возможных вариантов создания псевдооживленного слоя является пропускание звуковых волн через твердый зернистый материал. Проведено визуальное исследование гидродинамики создания псевдооживленного слоя звуковыми волнами. Рассмотрена проблема уноса твердого материала. Определена оценка влияния траектории движения частичек на теплофизические свойства псевдооживленной системы. Применение звуковых волн должно увеличить интенсивность теплообмена внутри и между твердой и газовой фазами. Разработана схема конструкции реактора для получения пироуглеродных покрытий при малом количестве обрабатываемого материала. *Библ. 9, рис. 4.*

Ключевые слова: электротермический псевдооживленный слой, пироуглерод, пиролиз углеводородных газов.