

УДК 621.182.12:664

*Ю. Г. Поржезінський,
канд. техн. наук, проф.
Національний університет
харчових технологій*

*М. М. Осадчий, гол. техн. кер.
НВО «Нафтохімекологія»*

КОРОЗИЙНІ ПРОЦЕСИ В ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖАХ ТА ВОДОГРІЙНИХ КОТЛАХ І МЕТОДИ БОРОТЬБИ З КИСНЕВОЮ КОРОЗИЄЮ

В статті наведені основні типи корозії. Розглядається залежність швидкості кисневої корозії заліза у воді від концентрації кисню, температури води, кількості розчинених у воді солей, швидкості руху води та величини рН. Наведені найбільш поширені методи для боротьби з кисневою корозією на водогрійних котельнях та теплових мережах. Приведена схема новітньої технології хімічної деаерації води на базі Redox-K-фільтру. Представлені результати виробничих досліджень установки хімічної деаерації води Redox-K на водогрійних котельнях та теплових мережах України. Концентрація кисню до установки вимірювалась за допомогою іодометричного методу визначення вмісту розчиненого кисню у воді (метод Вінклера). Концентрація кисню після установки визначалась способом, який оснований на зв'язуванні розчиненого у воді кисню лейкоосною індигокарміну та візуальному порівнянні забарвлення робочого розчину з калібрувальною кольоровою шкалою. Установка рекомендується для знекиснення підживлювальної води водогрійних котлів та теплових мереж.

Ключові слова: корозія, кисень, деаерація, сульфід натрію, деоксидант, катализатор, фільтр.

На поверхнях нагріву водогрійних котлів та теплових мережах мають місце п'ять основних типів корозії: рівномірна корозія, піттингова корозія, обесцинкування, міжкристалічна корозія (МКК), розтріскування. В більшості випадків механізм корозії електрохімічний [1].

На поверхнях нагріву початкова швидкість кисневої корозії може досягати 10 г/(м²добу). На швидкість кисневої корозії заліза у воді мають вплив наступні фактори: концентрація кисню, температура води, розчинені у воді солі, швидкість руху води, та величина рН.

При збільшенні концентрації кисню збільшується швидкість корозії заліза, але остання знижується за рахунок виникнення оксидної плівки, що діє як бар'єр дифузії кисню до металу. Швидкість корозії становить біля 1,0—2,5 г/(м²/добу) і збільшується за рахунок швидкості потоку. При підвищенні температури води на кожні 30 °С для сталої концентрації кисню швидкість корозії приблизно подвоюється. У відкритій системі, де розчинений кисень може виділятися, швидкість корозії збільшується з підвищенням температури до 80 °С, а потім знижується до дуже низького значення при закипанні води [4].

В закритій системі кисень не може виділятися, тому швидкість корозії постійно зростає доки весь кисень не прореагує з металом, рис. 1.

Залежність швидкості корозії від концентрації кисню має лінійний характер, рис. 2 а. В дистильованій воді критичне значення концентрації кисню, вище якої корозія зменшується, дорівнює приблизно 12 мг/л, рис. 2 б. При підвищенні у воді концентрації солей або температури критичне значення концентрації кисню зростає та знижується зі збільшенням швидкості руху води та величини рН.

В межах рН=4—10 швидкість корозії визначається тільки швидкістю дифузії кисню до поверхні заліза при безпосередньому контакті металу з водним середовищем. Основний дифузійний бар'єр — плівка оксиду заліза $Fe(OH)_2$.

Коли значення рН<7 плівка оксиду заліза стає рихлою та втрачає захисні властивості. За цих умов дифузія кисню до поверхні металу не гальмується і швидкість кисневої корозії заліза не сповільнюється в часі. При збільшенні значення рН захисна оксидна плівка стає більш стійкою та перешкоджає доступу розчиненого кисню, що сприяє зменшенню корозії. При рН=9,5—10 рівномірна корозія заліза практично припиняється. А в місцях руйнування оксидної плівки спостерігається виразкова корозія, але при значеннях рН>12 корозія припиняється.

Для боротьби з кисневою корозією на водогрійних котельнях та в теплових мережах широко використовується вакуумна деаерація.

Недоліками вакуумної деаерації є: висота розташування деаераційної колонки, постійний підігрів води до температури samozакипання, втрата теплоти з випаром та робочою водою, необхідність високої герметичності корпусу, складність автоматизації процесу, висока вартість обладнання, монтажних та ремонтних робіт, значна витрата електроенергії [3].

Останнім часом набула поширення хімічна деаерація — дозування деоксидантів, моно- та модифікованих розчинів сульфату натрію.

Недоліки сульфату натрію пов'язані з недостатньою швидкістю реакції його з киснем. Швидкість реакції залежить від тем-

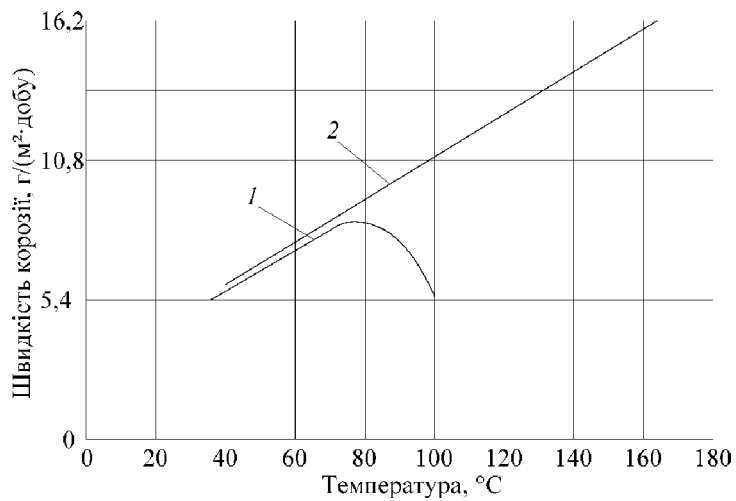


Рис. 1. Вплив температури на корозію заліза у воді, яка містить розчинений кисень:

1 — відкрита система; 2 — закрыта система

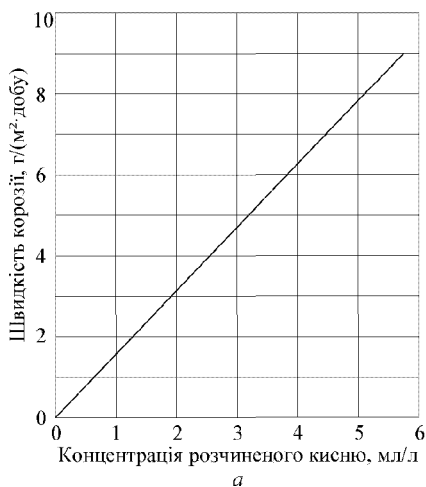


Рис. 2. Вплив концентрації кисню на корозію низьковуглецевої сталі у воді, тривалість дослідів 48 г., температура води 25 °C:

а — вода містить 165 мг $CaCl_2$ /л; б — дистильована вода

ператури води і надлишку реагенту. Для усунення цих недоліків використовуються модифіковані розчини сульфиту натрію та деоксиданти, на основі каталізованих солями кобальту метабісульфіту та гіпосульфиту натрію. Надходження у воду каталізаторів (кобальту та міді) можуть викликати електрохімічну корозію та збільшують вартість розчину в порівнянні з монорозчинами [3, 4].

Більш раціональним з технічної та економічної точки зору для усунення кисневої корозії є дозування монорозчину сульфиту натрію Na_2SO_3 концентрацією 10—15 % у воду з її подальшою фільтрацією крізь електроніонообмінний фільтр. Фільтр завантажений зернистим каталітичним фільтруючим матеріалом — редокситом, що виступає як каталізатор реакції кисню з сульфідом натрію. НВО «Нафтохімекологія» запропонована установка хімічної деаерації води Redox-K на базі електроніонообмінного фільтру-каталізатору, яка монтується після натрій-катионітних фільтрів і є завершальною стадією в підготовці підживлювальної води для водогрійних котлів і теплових мереж [2].

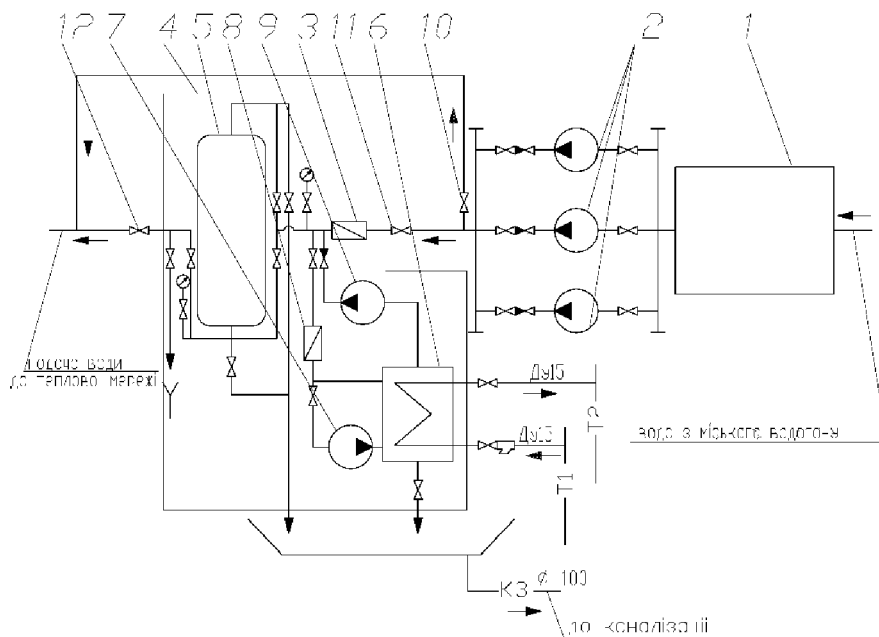


Рис. 3. Технологічна схема установки хімічної деаерації води Redox-20K для підживлення теплової мережі, що працює в котельні РК-5 м. Житомир:

1 — бак запасу пом'якшеної води об'ємом 10 м³; 2 — підживлювальні насоси Speroni CS50-200A; 3 — лічильник води з імпульсним виходом Sensus WP Dynamic Ду65 1 імп/100 л; 4 — установка хімічної деаерації води Redox-20K продуктивністю 20 м³/год; 5 — Redox-K фільтр діаметром 0,78 м; 6 — бак для приготування розчину сульфиту натрію об'ємом 500 л.; 7 — циркуляційний насос Pedrollo JSWm 1CX; 8 — лічильник холодної води; 9 — насос-дозатор Seko TPG800; 10, 11, 12 — вентилі.

На рис. 3 представлена принципова технологічна схема установки хімічної деаерації води Redox-20K, що працює в котельні РК-5 м. Житомир. Пом'якшена вода з баку 1 насосом 2 для підживлення теплової мережі проходить згори вниз через фільтр Redox-K 5 та подається в зворотній трубопровід теплової мережі. Робочий розчин сульфиту натрію дозується в трубопровід подачі пом'якшеної води насосом-дозатором 9. При проходженні води через шар каталізатору Redox-фільтру, сульфід натрію реагує з розчиненим у воді киснем так, що концентрація останнього знижується до 10 — 30 мкг/дм³. По мірі збільшення опору шару каталізатора, він промивається током пом'якшеної води знизу вгору. При впускенні Redox-фільтру 5 вода для підживлення теплової мережі подається через байпасний трубопровід.

ТЕПЛО- ТА ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ

Робочий розчин сульфїту натрію готується в баку 6. Для прискорення розчинення сульфїту натрію у воді, розчин перемішується циркуляційним насосом 7. Управління насосом-дозатором 9 здійснюється вмонтованим в нього контролером. Керуючим сигналом для початку дозування є імпульсний сигнал з лічильника холодної води з імпульсним виходом 3.

Установки продуктивністю 5, 10, 20, 80 м³/год впроваджені та успішно працюють в теплових мережах міст: Дніпропетровськ, Житомир, Луганськ, Кривий Ріг та інш.

Результати виробничих досліджень установки хімічної деаерації води Redox-K наведені в таблиці. Результатом роботи установок на теплових мережах стало: зниження вмісту кисню в підживлювальній та мережній воді до нормативного значення, зменшилась кількість поривів теплових мереж, витрата підживлювальної води знизилась до проектних значень.

Обслуговуючий персонал два рази за добу та при приготуванні розчину сульфїту натрію здійснював хімічний контроль за концентрацією сульфїту натрію в розчині. Для запобігання перевитрати сульфїту натрію необхідно визначати вміст кисню у воді перед установкою та відповідно змінюється продуктивність насос-дозатору.

Таблиця. Результати виробничих досліджень установок хімічної деаерації води Redox-K.

Значення параметру	Назва міста			
	Дніпропетровськ	Житомир	Луганськ	Кривий Ріг
Продуктивність по воді, м ³ /год				
мінімальна	0,6	2	7	1
максимальна	5	20	80	10
Об'єм каталітичного фільтруючого матеріалу, м ³	0,085	0,33	3,2	0,165
Норма довантаження на рік, не більше %		5		0,085
Термін роботи, опалювальний період	3	2	1	1
Вміст кисню у воді після установки, мкг/дм ³	5—20	10—30		
Нормативне значення вмісту кисню в мережній та підживлювальній воді водогрійних котлів та теплових мереж, мкг/дм ³		30—50		
Температура води перед установкою хімічної деаерації води Redox-K, °C	10—20	2—40	5—10	25—30

Для запобігання пристінного ефекту фільтрування води експлуатація установки не рекомендується при витратах води через установку менших за мінімальні паспортні значення.

До основних переваг даної технології належать: установка енергозберігаюча; екологічність — відсутні регенераційні стоки; простота та надійність експлуатації; автоматизація процесу; енергоощадність (електрична потужність становить 100—500 Вт·год); економічність — витрата реагенту в процесі знекиснення близька до стехіометричної; габарити обладнання, в порівнянні з вакуумним деаератором такої самої продуктивності, менші; невеликі витрати на монтаж та обслуговування обладнання.

Висновки. Результати досліджень установки хімічної деаерації води Redox-K свідчать, що вона є енергозберігаючою, по кількості витрат на експлуатацію і ефективності вигідно відрізняється від існуючих методів знекиснення води. Установка рекомендується для знекиснення підживлювальної води водогрійних котлів та теплових мереж.

ЛІТЕРАТУРА

1. Беликов С. Е. Водоподготовка. — М.: Библиотека Акватерм, 2007. — 240 с.
2. Пат. 33315 України на корисну модель. Застосування нерозчинного у воді складного радикала іоніту, як каталізатора процесу окислення сульфіту киснем.; заявник та патентовласник НВО «Нафтохімекологія», чинний від 10.06.2008 р.
3. Поржезінський Ю. Г., Рибалка С. І. Нові технологічні рішення в хімічній деаерації води// Наукові праці НУХТ — 2010. — №32. — С. 19—20.
4. Улиг Г.Г., Рєви Р.У. Коррозия и борьба с ней. — Л.: Химия, 1989. — 456 с.

Ю. Г. Поржезінський, М. М. Осадчий

Коррозионные процессы в тепловых сетях и водогрейных котлах и методы борьбы с кислородной коррозией

В статье приведены основные типы коррозии. Рассматривается зависимость скорости кислородной коррозии железа в воде от концентрации кислорода, температуры воды, количества растворенных в воде солей, скорости движения и величины рН. Приведены наиболее распространенные методы борьбы с кислородной коррозией на водогрейных котельных и тепловых сетях. Приведена схема новейшей технологии химической деаэрации воды на базе Кейох-К-фильтра. Представлены результаты производственных исследований установки химической деаэрации воды Кейох-К на водогрейных котельных и тепловых сетях Украины. Концентрация кислорода до установки измерялась с помощью йодометрического метода определения содержания растворенного кислорода в воде (метод Винклера). Концентрация кислорода после установки определялась способом, который основан на связывании растворенного в воде кислорода лейкооснованием индигокармина и визуальном сравнении окраски рабочего раствора с калибровочной цветовой шкале. Установка рекомендуется для удаления кислорода из подпиточной воды водогрейных котлов и тепловых сетей.

Ключевые слова: коррозия, кислород, деаэрация, сульфит натрия, деоксидант, катализатор, фильтр.

U. Porzhezinskiy, M. Osadchyy

Corrosive processes in thermal network and hot water boilers and methods against oxygen corrosion

The article presents the basic types of corrosion. It also deals with the dependence of the rate of oxygen corrosion of iron in the water of concentration of oxygen, water temperature, amount of dissolved salts, rate of movement of water and pH. The most common methods to deal with oxygen corrosion in hot-water boilers and thermal networks are presented. The scheme of new technology of chemical water deaeration on the basis Redox-K filter is also presented. The results of industrial research of Redox-K water chemical deaeration equipment at hot-water boilers and thermal networks in Ukraine are presented in the article. The concentration of oxygen before was measured by iodine-metrical method for measuring dissolved oxygen in water (Winkler method). The concentration of oxygen was determined after equipment method, which is based on the binding of dissolved oxygen by leuco base of indigo carmine and visual comparison of colour working solution with gauge colour scale. Equipment is recommended for removal of oxygen from additional water of hot water boilers and thermal networks.

Key words: corrosion, oxygen, deaeration, sodium sulphite, inhibitor of corrosion, catalyyst, filter.