



Рис.6. Фотографія структури твердої фази води до омагнічювання, збільшення в 720 раз

Известен и широко применяется в настоящее время кристаллооптический способ контроля магнитной обработки воды, предложенный бельгийской фирмой "Эпюро", этот метод единственный, который рекомендован всеми изготовителями омагничивающих аппаратов для контроля эффективности омагничивания.

Метод относительно прост и может быть рекомендован для производственного контроля эффективности магнитной обработки воды, по результатам которого в технологию омагничивания могут быть внесены коррективы. Установлено, что уменьшение среднего размера кристаллов в 2-3 раза и относительное увеличение их числа подтверждает эффектив-



Рис.7. Фотографія структури твердої фази води после омагнічювання, збільшення в 720 раз

ность магнитной обработки воды (рис. 6, рис. 7).

Для омагничивания водопроводной воды использовалось устройство "Экомаг-10", магнитная индукция на внутренней стенке устройства – 0,2 Тл.

Заключение. Исследование самих механизмов активации воды имеет большое значение для создания новых технологий в пищевой промышленности. Особенности, степень активации воды, период релаксации поможет определить кристаллографический метод. Метод относительно дешевый, возможно его применение на производстве для контроля работы установок активации воды в различных технологических процессах.

Поступила 08.2011

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Курик, М.В. О фрактальности питьевой воды («Живая вода»). Физика, сознание и жизнь. Космология и астрофизика [Текст] / М.В. Курик – 2002. - №3. - С. 45-48.
2. Курик, М.В. Мицеллярность и фрактальные кластеры биологических структур [Текст] / М.В. Курик // Изв. АН СССР, сер. физ. - 1991. - 55(9). - 1798 с.
3. Аносов, В.Н. Новый подход к проблеме воздействия слабых магнитных полей на живые объекты: доклады РАН [Текст] / В.Н. Аносов, Э.М. Трухан -2003. - Т. 392. - № 5. – С. 689–593.
4. Гуляев, Ю.В. Модификация структурно-энергетического состояния воды в электрическом поле [Текст] / Ю.В. Гуляев, С.М. Еремин, И.А. Марков // Радиотехника. - 1997. - №11 – С. 29-30.
5. Большаков, А.С. Технологические свойства активированной воды [Текст] / А.С. Большаков // Пищевая технология. - 1992.-№2. - С. 3-5.
6. Roy, R. (2004) A contemporary materials science view of the structure of water. Symposium on Living Systems [Tekst] / R. Roy // Materials Research, Boston, MA, Nov. 28, 2004.

УДК [664.8/9:621.798-034]:667.648.27

АНДРІЯНОВ О.Д., канд. хім. наук, доцент, КУЗНСЦОВА І.О., канд. техн. наук, доцент,
ЯНЧЕНКО К.А., асистент

Одеська національна академія харчових технологій

УМОВИ ФОРМУВАННЯ КАРБОНАТНОЇ ПЛІВКИ ДЛЯ ЗАХИСТУ СТАЛІ ВІД КОРОЗІЇ

Досліджена кінетики корозії сталі залежно від різноманітних умов формування оксидно-карбонатної плівки: лужності води, концентрації хлорид-іонів, перемішування, надходження кисню та діоксиду вуглецю. Про екранувальні властивості оксидно-карбонатної плівки судили за швидкістю загальної корозії зразків сталі 3. Подано також дослідження кінетики руйнування оксидно-карбонатної плівки. Екранувальні властивості оксидно-карбонатної плівки на поверхні непасивованих сталей у морській воді поліпшуються з посиленням аерації та підвищенням лужності морської води.

Ключові слова: сталь, корозія, оксидно-карбонатна плівка, кінетика.

The study of kinetics of corrosion became depending on the various conditions of forming of oxide-carbonate husk has been presented: alkalinity of water, concentration of chloride-ions, interfusion, receipt of oxygen and carbon dioxide. About screening properties of oxide-carbonate husk judged by general corrosion speed of steel 3 samples. Researches of kinetics of destruction of oxide-carbonate husk also are resulted. Screening properties of oxide-carbonate husk on the surface of non-passivated steels in sea water get better with strengthening of aeration and increase of sea water alkalinity.

Keywords: steel, corrosion, oxide-carbonate husk, kinetics.

Розкид значень швидкості корозії незахищеної

конструкційної сталі у морях пояснюють відмінністю гідрохімічних параметрів акваторій. Переважаючими параметрами вважають концентрацію розчиненого кисню, потужність обростання, температуру та, нарешті, стан карбонатно-кальцієвої складової моря, яка зумовлює утворення вапнистого наросту (кальциту) при підлученні шару води у катодних зонах кородуючого металу. Швидкість утворення вапнистого осаду на металі залежить як від величини рН у дифузійному шарі, так і від пересиченості морської води кальцій карбонатом, що, у свою чергу, пов'язано з температурою води та концентрацією йонів кальцію та гідрокARBONату (карбонатною "лужністю", яка визначається ацидометрично).

Вплив лужності на екрануючі властивості плівки з продуктів корозії та кальцій карбонату досліджено в основному в синтетичних моделях морської води у короткотривалих дослідях (кілька годин), що не дозволило співставити лабораторні досліді з природ-

Гідрохімічні параметри випробувальних середовищ та струмові характеристики електродних реакцій при поляризації сталі типу Г20

№ середовища	Випробувальне середовище	Лужність, моль/м ³	рН	Вміст кисню, г/м ³	Щільність струму диференційного обмеження катодної реакції	
					1 день	10 днів
1	Морська вода	3,4	8,2	3,6	370	180
2	№1 + 9 кг/м ³ Cl ⁻	3,4	8,2	3,4	230	200
3	№1 + 0,15 кг/м ³ HCO ₃ ⁻	5,5	8,8	3,5	330	20
4	Розчин 16 % NaCl	0	6,5	3,0	350	350

ними морськими випробуваннями. В умовах природних стелів формування оксидно-карбонатної плівки викликане життєдіяльністю „оброшуючих” організмів рослинного та тваринного походження, що виділяють у воду кисень і діоксин вуглецю, що істотно змінює концентрацію й інших речовин і іонів.

У даній роботі вивчали кінетику корозії сталі у залежності від різноманітних умов формування ОКП (оксидно-карбонатної плівки): лужності води, концентрації хлорид-іонів, перемішування, надходження кисню та вуглекислого газу. Лабораторні дослідження проводили у середовищах на основі води з Одеської затоки, яка, подібно до води з інших районів Чорного моря, має аномально високу лужність. Завдяки цьому осадження кальцій карбонату в даних умовах відбувається значно легше, ніж у інших морях, а, отже, можна кількісно оцінити вплив ОКП на корозію. Вміст газів у середовищах збільшували удвічі, кисень подавали акваріумним компресором, CO₂ барботували з балона. Концентрацію іонів хлориду та гідрокарбонату також подвоювали у порівнянні з природними значеннями. Гідрохімічні параметри середовищ наведено у табл. 1.

Кінетику електродних реакцій досліджували протягом місяця на зразках сталі Г20 та будували поляризаційні криві у потенціометричному режимі (швидкість розгортки 1,0 мВ/хв). Про екрануючі властивості ОКП судили за швидкістю загальної корозії зразків сталі ст.3 (45×50 мм), яку визначали за ГОСТ 9.909-86.

3 моль/м³ опір електродним реакціям на непасивованих сталях буде послаблюватися. Гідроксиди заліза без домішки кальцій карбонату (середовище № 4) за весь період дослідження не проявляли екрануючого ефекту та не гальмували жодну електродну реакцію.

Середні величини швидкості корозії надано у табл. 2 (після трьох вимірів на зразках із однаковою площею катодних зон (50-70 %)). У застійних середовищах (№ 3-6) без аерації через низьку концентрацію кисню швидкість корозії була незначною, не залежала від додавання солі та лужності, ділянки з ОКП не спостерігались. За умов аерації з'явилися візуальні ознаки ОКП та ефект екранування. У середовищі № 3 при збільшенні концентрації кисню удвічі, замість сподіваного прискорення корозії удвічі, одержали прискорення на 60 %. Зменшення швидкості корозії зі збільшенням лужності та концентрації кисню особливо помітне за насичення середовища кальцій гідрокарбонатом. Таким чином, лише за аерації відбувається формування ОКП, здатної уповільнити корозію сталі у 2,5-3 рази у морській воді у порівнянні з її керованим аналогом – розчином NaCl. За барботажу CO₂ у режимі турбулентного перемішування зони максимального залужнювання руйнувались і ОКП не утворювалась. Зі збільшенням вмісту хлориду екрануючі властивості ОКП погіршились і підтвердились результати поляризаційного аналізу.

У зв'язку з тим, що на поверхні непасивованих сталей за морських випробувань поруч із проявом загальної корозії часто спостерігаються пітинги, визна-

Таблиця 2

Гідрохімічні параметри середовищ та швидкість корозії сталі ст. 3 після 1 місяця випробувань

№ серед. в табл. 1	Стан середовища	рН	Вміст кисню, г/м ³	Лужність, моль/м ³	Швидкість корозії, г/(м ² · год)
1	Морська вода у склянці	8,2	3,6	3,4	0,050
1	Аерація	8,4	6,3	3,4	0,080
1	Тихий барботаж CO ₂	6,4	1,6	6,4	0,051
1	Бурхливий барботаж CO ₂	6,4	1,6	6,4	0,151
1	Аерація + тихий барботаж CO ₂	8,1	5,0	6,6	0,060
4	Морська вода у склянці	6,5	3,0	0	0,100
4	Аерація	7,0	6,8	0	0,190

За однакових значень температури та вмісту розчиненого кисню, але різних значеннях лужності кінетика утворення гідроксидів металів подібна, а швидкість осадження кальцій карбонату – різна. З підвищенням вмісту хлориду в морській воді до океанічних значень нівелюється сприятливий вплив гідрокарбонатів на екранування металів. Таким чином, у акваторіях із вмістом хлориду 16-20 % незалежно від лужності, а також із лужністю нижче

чали можливість локального активування металу під ОКП. З цією метою у вищезазначених середовищах досліджували кінетику її (ОКП) руйнування. Оксидно-карбонатні плівки формували та руйнували на зразках сталі ст. 3, які контактували відповідно з протектором АП-5 і титаном. Одночасно вимірювали струми контактних пар, імпедансну ємність сталі ст. 3 – ОКП й частотну залежність ємності. Усі зразки у парах мали розмір 50 см².

Таблиця 3

Гідрохімічні параметри середовищ та швидкість корозії сталі ст. 3 після 1 місяця випробувань

Стан середовища	Ємність, мФ/м ²		Щільність струму за поляризації плівки, А/м ²		
	свіжеутвореної плівки	після анодної поляризації	за 10 хвилин	за 24 години	за 10 діб
1. Морська вода у склянці	10/1	170/10	0,47	0,13	0,2
2. 1 + 9 кг/м ³ СГ	–	–	1,08	0,45	0,27
3. 1 + 0,15 кг/м ³ НСО ₃ ⁻	–	–	0,55	0,29	0,04
4. 1 + тихий барботаж СО ₂	100/20	30/5	0,42	0,06	0,01
5. 1 + аерація + тихий барботаж СО ₂	450/70	100/20	0,36	0,04	0,01
6. 1 + 9 кг/м ³ СГ + 0,15 кг/м ³ НСО ₃ ⁻	–	–	1,65	0,69	0,3

Ємність системи сталі ст. 3 – ОКП співставна з ємністю одношарових покриттів із нітрату целюлози чи алкідної смоли, сильно залежить від частоти змінного струму та являє собою явно електрохімічну ємність речовини у порах ОКП, що свідчить про дефектність її структури. У середовищах із підвищеною лужністю екрануючі властивості оксидно-карбонатних плівок виражено сильніше, ніж у морській воді, й руйнування відбувається повільніше, про що свідчить послаблення частотної залежності та зниження щільності струму при руйнуванні ОКП. Точкові руйнування оксидно-карбонатних плівок починались одночасно з анодною поляризацією, із часом вони збільшувались за площею та іноді зливались одне з іншим. Пошкодження металу під плівкою відтворювали малюнок руйнувань на ОКП; під незруйнованими оксидно-карбонатними плівками метал залишався гладеньким. Відсутність залежності числа точкових дефектів від кількості пропущеної електрики підтверджує їхнє зародження у початковий мо-

мент. При закріпленні ОКП обробувачами у період розвитку на ній пітингів останні можуть залишатися зафіксованими на металі протягом багатьох місяців.

У морях із океанічною солоністю локальна корозія на непасивованих сталях менш імовірна, ніж у Чорному морі внаслідок більш швидкого руйнування оксидно-карбонатних плівок та розтравлювання пітингів на металі.

Отже, при моделюванні у випробувальних середовищах сезонних змін гідрохімічних параметрів морської води (вмісту хлоридів за зміни загальної солоності, вмісту вуглекислого газу та кисню за розвитку різноманітних оброблюваних організмів) виявлено, що екрануючі властивості оксидно-карбонатної плівки (ОКП) на поверхні непасивованих сталей у морській воді поліпшуються з посиленням аерації та підвищенням лужності морської води. ОКП, сформована у морі у вегетаційний період, зменшує швидкість корозії вуглецевої сталі у 2,5-3 рази.

Поступила 09.2011

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Шумахера, М.И. Морская коррозия: Справочник [Текст] / Под ред. М.И.Шумахера. – М.: Металлургия, 1983. – 512 с.
2. Кеше Г. Коррозия металлов. [Текст] / Г. Кеше – М.: Металлургия, 1984. – 400 с.
3. Сорокин, Ю.И. Чёрное море [Текст] / Ю.И. Сорокин – М.: Наука, 1982 – 216 с.
4. Берникова, Т.А. Гидрология и гидрохимия [Текст] / Т.А. Берникова, А.Г. Демидова – М.: Химическая промышленность, 1977. – 312 с.
5. Розенфельд, И.Л. Защита металлов от коррозии лакокрасочными покрытиями [Текст] / И.Л. Розенфельд, Ф.И. Рубинштейн – М.: Химия, 1987. – 223 с.

УДК: 664.16

ПОЛУМБРИК М.О., канд. техн. наук, пров. інженер

Національний університет харчових технологій, м. Київ

ЦИКЛОДЕКСТРИНИ В ХАРЧОВИХ ПРОДУКТАХ

Наведено практичні аспекти використання циклодекстринів в харчових продуктах. Молекулярна інкапсуляція за допомогою циклодекстринів покращує фізичну і хімічну стабільність харчових продуктів, попереджує розклад чутливих сполук і подовжує термін придатності готових виробів. Також обговорені технологічні особливості застосування циклодекстринів в харчових продуктах, в процесах обробки та пакувальних матеріалах.

Ключові слова: циклодекстрини, леткі сполуки, молекулярна інкапсуляція, комплекс включення.

The presented paper deals with the practical aspects of the cyclodextrins application in food industry. The molecular encapsulation of ingredients with cyclodextrins improves chemical and physical stability, inhibits destruction of several sensitive compounds and extended shelf life of food products. Technological aspects of cyclodextrins application in food, food processing and packaging materials has been discussed.

Keywords: cyclodextrins, volatile compounds, molecular encapsulation, inclusion complex.

Циклодекстрини (ЦД) – циклічні невідновлювальні олігомери α-D-глюкопіранози, які утворюються внаслідок трансформації крохмалю специфічними бактеріями, такими як *Bacillus macerans*. У 1891 році Віллієрс вперше встановив, що внаслідок фермента-

тивної обробки крохмалю утворюється кристалічна речовина, подібна до целюлози, яку він назвав “целюлозин” [1]. Пізніше австрійський мікробіолог Франц Шардінгер виділив мікроорганізми, що продукують кристалічні сполуки з крохмалю, які він назвав α- та β-декстрини. І лише Фройденберг та співр. наприкінці 30-тих років минулого століття встановили циклічну природу цих сполук [1]. Спочатку циклодекстрини вважались отруйними сполуками. Пізніше дослідження ЦД показали, що вони не тільки не токсичні, але мають важливе значення для захисту вітамінів, а також інших речовин, які визначають аромат і колір харчових продуктів [1-5].

Три основні типи циклодекстринів є кристалічними, гомогенними і негіроскопічними сполуками: α-ЦД, які утворені з шести фрагментів глюкопіранози, β-ЦД – з семи та γ-ЦД, які складаються з восьми залишків глюкопіранози. Кільце, яке складає циклодекстрин, в дійсності є циліндром, чи вірніше коніч-