

Порядок розрахунку полягає в тому, що для заданого значення $P(T)$ за таблицями для квантилів нормального розподілу знаходимо відповідні значення U_α та з рівняння (21) визначаємо ресурс T . При $P(T) = 0,5$, квантил $U_\alpha = 0$, із врахуванням (21) і (13) отримаємо середній строк служби корпусу:

$$T_{cp} = \frac{X_{\max} - a_0}{K_{cp}} \quad (22)$$

Таким чином, середній строк служби корпусу дифузійного апарата дорівнює

$$T_{cp} = \frac{2 - 0}{1} = 2 \text{ роки}$$

Підставивши у формулу (21) значення вихідних даних і розв'язавши квадратне рівняння відносно T , отримуємо формулу для розрахунку за даною квантилюю:

$$T = \frac{K_{cp} X_{\max} + \sqrt{K_{cp}^2 X_{\max}^2 + (U_\alpha^2 \sigma_K^2 + K_{cp}^2) \cdot (U_\alpha^2 \sigma_a^2 - X_{\max}^2)}}{K_{cp} - U_\alpha^2 \sigma_K^2} \quad (23)$$

Результати розрахунків зведемо в таблицю (1).

Таблиця 1 – Залежність ресурсу корпусу дифузійного апарата від імовірності безвідмовної роботи

Імовірність безвідмовної роботи $P(T)$	Квантиль	Ресурс T , років
0,9	1,282	1,701
0,99	2,326	1,476
0,999	3,090	1,319
0,9999	3,719	1,194

Із наведених розрахунків виходить, що вибір ресурсу повинен бути достатньо точним, тому що невеликі його зміни можуть значно вплинути на імовірність безвідмовної роботи.

Запропонована методика розрахунку дозволяє на основі апріорної вихідної інформації про стан машин чи апаратів і можливі умови їхньої експлуатації розрахувати ресурс при потрібній імовірності безвідмовної роботи визначити, які заходи будуть мати найбільший ефект для підвищення надійності і зробити кількісну оцінку значності кожного фактора.

Література

1. Вайнберг А.А., Котляр Л.И. Эксплуатационная надежность оборудования зерноперерабатывающих предприятий. – М.: Колос, 1971. – 207 с.
2. Подлекарев Н.Н. Повышение срока службы сельскохозяйственных машин, работающих в коррозионно-активных средах / Автореф. дис.... д-ра техн. наук. – Минск, 1984. – 35 с.
3. Проников А.С. Основы надежности и долговечности машин. – М.: Машгиз, 1960. – 250 с.

УДК 620.197.5: 664.01

ОДЕРЖАННЯ ЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ НА ОСНОВІ МОЛІБДЕНУ ТА ВОЛЬФРАМУ НА МЕТАЛЕВИХ ДЕТАЛЯХ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ У ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВАХ

**Кузнцова І.О., канд. техн. наук, доцент, Янченко К.А., асистент
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса**

Розроблено електроліт і запропоновано умови проведення електроосадження молібденових покриттів на сталеві поверхні. Відмінністю запропонованого електроліту від раніше застосовуваного є порівняно нижча концентрація молібдену та дещо підвищена температура електроосадження.

Developed electrolyte and proposed conditions of electro-precipitation of molybdenum coatings on steel surfaces. The difference of the proposed electrolyte from the previously applied a relatively lower concentration of molybdenum and slightly elevated temperature electro-precipitation.

Ключові слова: корозійностійкі покриття, електроосадження, молібденування.

Корозія є істотною перешкодою у розвитку та впровадженні нових технологій. Брак, а часом і відсутність корозійностійких матеріалів суттєво стримує поступ деяких галузей народного господарства.

Сучасній промисловості потрібен не просто метал, а саме сплав із заздалегідь заданими властивостями для конкретних виробів. Задовольнити запити різних галузей здатна сталь високої якості. Ефективним і поширеним способом захисту металів, у першу чергу сталей, від корозії є нанесення захисних гальванічних покриттів. Однак, необхідно враховувати, що на цей час у гальванічному виробництві існує серйозна проблема економії кольорових металів. Розв'язання цієї проблеми можна здійснити зменшенням товщини гальванічних покриттів із одночасним підвищенням їхньої якості, застосуванням низько концентрованих електролітів, широким запровадженням покриття сплавами, а також композиційних покриттів.

Молібден і вольфрам належать до таких матеріалів, що легко пасивуються. Тому навіть при контакті з кислотними неокиснювальними середовищами в них часто встановлюється потенціал, що відповідає початковій області пасивації. Швидкість розчинення молібдену в пасивованому стані є надзвичайно низькою і становить у 1М H_2SO_4 або 1М HCl при 22 °С $5,7 \cdot 10^{-5}$ г/(м² · год.) за щільності струму $5,7 \cdot 10^{-5}$ А/см². Йони хлору не спричиняють помітного впливу на швидкість розчинення. Подібно поводиться і вольфрам. Отже, молібден і вольфрам можна використовувати як корозійностійкі матеріали у кислотних і концентрованих хлоридних середовищах. На практиці одержання гальванічних молібденових і вольфрамових покриттів пов'язане з певними труднощами. Особливо важко одержувати ці покриття з водних розчинів, що пояснюється низькою перенапругою водню та високою перенапругою розряду йонів металу.

Згідно з плівковою гіпотезою є можливим співосадження вольфраму та молібдену з металами рідини заліза внаслідок формування на катоді плівки проміжних сполук із низькою електронною провідністю та наведеною сильним електростатичним полем іонною провідністю.

Молібденові та вольфрамові сплави є перспективними, оскільки підвищують зносостійкість деталей машин і апаратів, які працюють в умовах високих температур і агресивних середовищ.

Комплексні електроліти, які застосовуються в електроосадженні, за технічними показниками відрізняються від електролітів простих солей тим, що з них осаджуються комплексні покриття з дрібнокристалічною будовою, і головне – ці електроліти мають високу розпорошувальну здатність. Спільне осадження двох різних металів можна здійснити, використовуючи появу граничного струму для більш електропозитивного металу. Якщо у розчині наявні йони більш та менш електропозитивних металів, то при ввічненні найбільшого струму на катоді почнуть розряджатися йони більш електропозитивного металу, щойно потенціал електрода досягне відповідного потенціалу виділення. Однак, при збільшенні катодної щільності струму може настати такий момент, коли концентрація йонів, що розряджаються біля поверхні електрода стане дуже малою. Це відповідає максимальній швидкості подачі більш електропозитивного металу до електрода. При подальшому, навіть дуже невеликому збільшенні щільності струму почнеться різке збільшення потенціалу електрода, яке свідчить про досягнення граничного струму. При зростанні потенціалу електрода може настати мить, коли стане можливим розряд йонів менш електропозитивного металу. Таким чином на катоді будуть розряджатися два види йонів одночасно.

У цьому дослідженні для обробки електродів перед електролізом використовують травильний розчин такого складу:

H_2SO_4 – 20 г/л;

HCl – 10 г/л;

синтанол ДС-10 – 5 г/л.

Безпосередньо перед початком досліду електроди вмішували у суміш травильного розчину з уротропіном у якості інгібітора у співвідношенні 1:1 на 15 хвилин. Потім зразки промивали дистильованою водою та знежирювали ацетоном. Електроліт для молібденування містив 150 мл (5 – 10 %) розчину молібдату амонію.

Для більш рівномірного осадження молібдену на зразок у досліді використовували два аноди.

Нами розроблено електроліт для нанесення корозійностійкого покриття на основі молібдену та вольфраму. Склад електроліту, умови осадження, випробування одержаних покриттів на корозійну стійкість наведено у табл. 1. Для порівняння у першому рядку табл. 1 наведено дані з випробування на корозійну стійкість покриттів, одержаних за застосовуваною методикою.

Для оцінки пористості покриттів методом зняття анодних поляризаційних кривих підбирали розчин, у якому покриття не розчиняється, а розчиняється основа, на яку нанесено покриття.

Такий розчин повинен також мати високу електропровідність. У якості такого розчину використовували 0,1 М розчин калій роданіду. На знятих анодних поляризаційних кривих вибирали такий потенціал, при якому сталь розчиняється, а покриття залишається у пасивному стані. За вибраного потенціалу ($U_a = 230$ мВ) знімали криві у координатах струм – час. Площу пор у покритті вираховували за формулою:

$$S_{пор} = \frac{I_{ст.+покр.}}{I_{ст.}} \times 100\%,$$

де $I_{ст.+покр.}$ – сталий анодний струм, що встановлюється на сталі з покриттям, в мА/см²;

де $I_{ст.}$ – сталий анодний струм, що встановлюється на сталі за даного потенціалу без покриття, в мА/см².

Таблиця 1 – Порівняння корозійної стійкості покриттів одержаних за застосовуваною методикою та розробленою

Склад електроліту	Частка вмісту компонента, %	Температура, °С	Щільність струму, А/см ²	Корозійна стійкість, група; бал
За застосовуваною методикою				
1. Молібденова к-та; Гідроксид амонію Вода	20 28 52	50	80 – 300	Низька; 5 – 7
За розробленою методикою				
2. Молібдат амонію; Гідроксид кальцію; Гідроксид натрію; Вода	5,0 0,1 5,0 89,9	50	4	Підвищена; 2
3. Молібдат амонію; Гідроксид кальцію; Гідроксид натрію; Вода	7,5 0,25 7,5 84,75	60	10	Доволі висока; 0
4. Молібдат амонію; Гідроксид кальцію; Гідроксид натрію; Вода	10,0 0,5 10,0 79,5	70	16	Доволі висока; 0

Сутність хімічного методу вивчення пористості покриттів полягає у наступному. Одержаний зразок обробляється спеціальним розчином, тобто на випробуваний зразок із нанесеним покриттям накладається фільтрувальний папір, змочений розчином складу: 10 г/дм³ K₃[Fe(CN)₆] + 20 г/дм³ NaCl. Число точок корозії, яке припадає на 1 см² поверхні, яке спостерігається неозброєним оком, є мірою пористості зразка. Результати дослідження пористості у залежності від складу електроліту та щільності струму осадження наведено у табл. 2.

Таблиця 2 – Вплив складу електроліту та щільності струму осадження на пористість покриттів

Склад електроліту	Частка вмісту компонента, %	Пористість покриття пор/см ² за катодної щільності струму, А/см ²			
		2,5	8,0	14,0	16,0
1. Молібденова к-та; Гідроксид амонію Вода	20 28 52	47	49	45	40
2. Молібдат амонію; Гідроксид кальцію; Гідроксид натрію; Вода	5,0 0,1 5,0 89,9	7	7	6	6
3. Молібдат амонію; Гідроксид кальцію; Гідроксид натрію; Вода	7,5 0,25 7,5 84,75	8	8	8	7
4. Молібдат амонію; Гідроксид кальцію; Гідроксид натрію; Вода	10,0 0,5 10,0 79,5	7	7	6	7

Одержані результати дозволяють зробити висновок про те, що використання більш розведених електролітів (з нижчою концентрацією йонів молибдату) дозволяє одержувати більш корозійностійкі покриття та за однакової щільності струму ці покриття з товщиною 10 – 15 мкм ще й мають значно меншу пористість. Тому запропонований склад електроліту для електроосадження є вельми перспективним для захисту від корозії поверхонь що знаходяться в агресивних харчових середовищах та при підвищених температурах.

Література

1. Поветкин В.В., Ковенский И.М. Структура электрохимических покрытий. – М.: Металлургия, 1988. – 136 с.
2. Беленький М.А., Иванов А.Ф. Электроосаждение металлических покрытий. Справ. изд. – М.: Металлургия, 1985.
3. Zvyagintseva A.V., Kravtsova Y.G. Boron Coating with Ultradisperse Particles Inclusion. // Electrochemistry: From Nanostructures to Power Plants. 55-th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry. Thessalonica, 2001 – p. 594.

УДК 664.046

УСТОЙЧИВОСТЬ ПЛЁНОЧНОГО ТЕЧЕНИЯ ПО НАКЛОННОЙ ПОВЕРХНОСТИ В КОНТАКТЕ С ГАЗОВЫМ ПОТОКОМ

Кирилов В.Х., д-р техн. наук, профессор, Худенко Н.П., канд. техн. наук, доцент
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

Рассматривается разделенное двухфазное течение тонкого слоя жидкости и потока газа. Предполагается безвихревое движение обеих фаз. Для потенциалов скоростей по жидкости и газу решения уравнений Лапласа сопрягаются на поверхности контакта посредством интеграла Коши. Проводится исследование устойчивости двухфазного течения по отношению к длинноволновым возмущениям на поверхности раздела. В результате определены область устойчивости двухфазного потока и предельная скорость газа. Установлено, что такие поверхности слабо влияют на предельную скорость газа.

We consider a split two-phase flow of a thin layer of liquid and gas flow. It is assumed irrotational motion of both phases. For potentials rates for liquid and gas solutions of the Laplace mates at the contact surface by Cauchy's integral. A study of the stability of two-phase flow with respect to long disturbances at the interface. As a result, the stability region defined two-phase flow and a top speed of gas. It is established that such surfaces have little effect on the speed limit of the gas.

Ключевые слова: безвихревое течение жидкости и газа, потенциал скоростей, интеграл Коши-Лагранжа, предельная скорость газа, неустойчивость Кельвина-Гельмгольца.

При свободном течении пленки жидкости по гладкой наклонной поверхности в результате естественной неустойчивости, имеющей капиллярную и гравитационную природу, на поверхности жидкости можно выделить две группы волнообразований. Регулярные волны малой амплитуды и одиночные волны (солитоны), амплитуды которых в несколько раз превышают среднюю толщину вязкого остаточного слоя.

При наличии взаимодействующего газового потока возникает новый вид неустойчивости, который впервые установили Кельвин (1871) и затем Гельмгольц (1909), в связи с изучением вопроса образования волн ветром. Полученное теоретическое решение позволило показать, что поток, движущийся вдоль волновой поверхности раздела фаз, приводит к возникновению разряжения над гребнями волн и повышению давления во впадинах, т.е. поток газа над жидкостью стремится поддержать всякое, имеющееся на поверхности жидкости, волновое движение. При достаточно большой скорости движения воздуха амплитуда волн на поверхности раздела является возрастающей во времени, а сама поверхность – неустойчивой.

Как показано в работе [1], на основании результатов Майлса и Брук-Бенджамина, для длинных волн вклад в силы, стремящиеся изменить форму волны, от флуктуирующего касательного напряжения значительно меньший, чем от нормального напряжения. На этом основании, при исследовании устойчивости