

Особливості захисту деталей харчового обладнання від корозії

В. Сухенко, Ю. Сухенко, М. Муштрук
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Анотація. Досліджено ефективність застосування плазмових покриттів, для захисту деталей харчового обладнання в кислих технологічних середовищах.

Ключові слова: матеріал, середовище, покриття, довговічність, корозія.

Особенности защиты деталей пищевого оборудования от коррозии. В. СУХЕНКО, Ю. СУХЕНКО, М. МУШТРУК. Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины.

Аннотация. Исследована эффективность применения плазменных покрытий для защиты деталей пищевого оборудования в кислых технологических средах.

Ключевые слова: материал, среда, покрытия, долговечность, коррозия.

Food security features parts equipment from corrosion. V. SUKHENKO, Y. SUKHENKO, M. MUSHTRUK
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine.

Summary. The analysis showed that the existing relations corrosion resistance of the coating thickness is not clear. On the one hand thickness increase aggressive environment prevents access to the surface, and on the other because the actual porosity coatings increases the reaction surface.

Installed difference in the rates of corrosion and sprayed monolithic porous plasma jet shows that aggressive environment acts on all the surface of samples. A similar behavior was coverings other acidic food environments (diffusion beet juice, beet pulp acidic water, etc.). It was found that change composition aggressive environment causes the same relative changes in the rate of corrosion of materials and the most monolithic thermal-sprayed coatings.

To improve corrosion resistance and adhesion of the coating base, with simultaneous reduction of its thickness, can be used for sealing powders some fluoride.

The proposed method of determining the optimum number of layers of gas-thermal anti-corrosion coating makes it possible to fully realize the potential opportunities protective materials.

Key words: the material, media, coatings, durability, corrosion.

Переважає більшість деталей харчового обладнання контактує з корозійно-активними технологічними середовищами. Особливо інтенсивно руйнуються деталі, що працюють у кислих середовищах, наприклад у молочній кислоті. Тому їх потрібно виготовляти з дорогої нержавіючої сталі або захищати від корозії за допомогою антикорозійних покриттів.

Корозійним випробуванням підлягали покриття з порошку нержавіючої сталі 12X18H9T, нанесені плазмовим напиленням на листову сталь Ст. 3. Швидкість корозії матеріалів оцінювалась ваговим методом. Першими ж дослідженнями було встановлено, що ці покриття руйнуються в 38%-му водному розчині молочної кислоти зі швидкістю $7 \cdot 10^{-6}$ кг/(м²·с), що у два рази перевищує швидкість

корозії матеріалуоснови. В той же час швидкість корозії листової сталі 12X18H9T становить всього $3,5 \cdot 10^{-8}$ кг/(м²·с), що більше як у 200 разів перевищує її стійкість в покритті.

Встановлена різниця в швидкостях корозії монолітних і напилених плазмовим струменем пористих матеріалів свідчить про те, що агресивне середовище діє на всі доступні поверхні зразків. Подібною була поведінка покриттів в інших кислих харчових середовищах (дифузійному буряковому соку, кислій жомовій воді тощо). Було встановлено, що зміна складу агресивного середовища зумовлює однакові відносні зміни швидкості корозії монолітних матеріалів і самих газотермічних покриттів.

Проведений аналіз показав, що існуючі зв'язки корозійної стійкості з

товщиною покриттів не однозначні. З одного боку збільшення товщини шару попереджає доступ агресивного середовища до поверхні, а з іншої через пористість покриттів збільшується фактична реакційна поверхня.

Результати досліджень. Щоб кількісно оцінити оптимальну товщину нанесених плазмою захисних шарів, треба було попередньо розглянути умови зчеплення матеріалу покриття з підкладкою, фактори, що впливають на розтікання крапель металу по поверхні, утворюючи розмаїття факторів, які впливають на формування газотермічного покриття, прийшли до висновку, що основним з них є швидкість зіткнення плазмово-металевої суміші з деталлю. Доведено, що при швидкості 100 м/с крапля захисного металу розтікається по поверхні деталі настіль-

ки інтенсивно, що теплової енергії, яку вона акумулює, достатньо для приварювання до основи лише 10% площі сплющеної краплі. Із зниженням швидкості плазми до 25 м/с площа приварювання буде близькою до площі міделевого перетину краплі. При цьому крапля набуде напівсферичної форми, а частка привареної поверхні виросте приблизно в 3 рази порівняно з варіантом, що відповідає швидкості 100 м/с [1]. Це докорінно змінює існуючі уявлення про вплив швидкості плазово-металевого струменя на якість газотермічного покриття, особливо якщо воно призначене для захисту від корозії [2].

Розглянуту кінетику формування газотермічних покриттів можна використати для оцінювання розвитку корозійних процесів у разі взаємодії з агресивними харчовими середовищами і для визначення оптимальної кількості корозійностійкого металу, який застосовується для формування захисного покриття.

Дещо приблизно можна записати таке рівняння для швидкості корозії одиниці поверхні виробу в цьому агресивному середовищі, кг/(м²·с):

$$W_1 = 2(1 - S) \cdot K_n + (1 - S)K_0 \quad (1)$$

де **S** – частка поверхні виробу з привареними краплями матеріалу покриття; K_n – швидкість корозії одиниці поверхні матеріалу покриття; K_0 – швидкість корозії одиниці поверхні матеріалу основи деталі.

Нанесення другого шару порошкового покриття створює додаткову

поверхню, на якій буде розчинятися матеріал захисного покриття, але доступ до відкритої поверхні основи зменшиться. Ймовірність доступу до поверхні основи для двох шарів буде $(1 - S)^2$, а для n шарів – відповідно $(1 - S)^n$. Аналогічно поверхня покриття, що буде реагувати з агресивним харчовим середовищем, становитиме $2n(1 - S)^2$.

Отже, швидкість корозії виробу з покриттям, яке складається з n шарів, буде така:

$$W_1 = 2n(1 - S) \cdot K_n + (1 - S)K_0 \quad (2)$$

Якщо продиференціювати це рівняння за кількістю шарів n і прирівняти похідну до нуля, то дістанемо умову, яка визначає оптимальну кількість шарів для забезпечення максимальної корозійної стійкості покриття (загальновідомий пошук екстремуму):

$$W'_n = 2K_n + K_0 \cdot \ln(1 - S) \cdot (1 - S)^n \quad (3)$$

Розв'язавши це рівняння відносно n і прологарифмувавши його, дістанемо:

$$n = \frac{\ln\left(\frac{2 \cdot K_n \cdot h}{K_0} |1 - S|\right)}{\ln |1 - S|} \quad (4)$$

Підставивши у це рівняння значення $K_n / K_0 = 100$ і $S = 0,1$, визначимо, що при такому співвідношенні швидкостей корозії покриття і основи оптимальним буде плаз-

мове покриття, яке складається з 16 шарів. У 38%-й молочній кислоті оптимальній стійкості покриття, яке складається з 16 шарів ($K_n = 3,5 \cdot 10^{-6}$ кг/(м²·с), відповідає швидкість корозії виробу ($K_0 = 3,5 \cdot 10^{-8}$ кг/(м²·с), яка становить 47% швидкості корозії підкладки, за умови, що $S = 0,1$. А тому таке покриття буде мало-ефективним, незважаючи на те, що монолітний матеріал покриття має в 100 разів більшу стійкість, ніж основа. [3, 4]

Якщо швидкість корозії матеріалу покриття буде в 1000 разів менша від швидкості корозії основи, то оптимальним буде покриття, яке складається з 38 шарів. У цьому випадку його швидкість корозії становитиме всього 8,6 % швидкості корозії підкладки.

Висновки

Отже, чим вища стійкість захисного матеріалу, тим доцільніше наносити більшу кількість шарів покриття.

Щоб підвищити корозійну стійкість і міцність зчеплення покриття з основою, з одночасним зменшенням його товщини, можна використовувати ущільнювальні порошки деяких фторидів, які є перепороною для розтікання крапель покриття і одночасно відновлювачами оксидної плівки на поверхні деталі в процесі плазового напилення.

Запропонована методика визначення оптимальної кількості шарів газотермічного антикорозійного покриття дає змогу повністю реалізувати потенційні можливості захисних матеріалів.



Література

1. Сухенко Ю.Г, Некоз О.І., Стечишин М.С. Технологічні методи забезпечення довговічності обладнання харчової промисловості.– К.: Елерон, 1993.
2. Коррозия. Справ.– М: Металлургия, 1981.
3. Кудинов В.В., Иванов В.И. Нанесение плазмой тугоплавких покрытий.– М.:Машиностроение, 1981.
4. Хасуй А. Техника напиления /Пер. с яп.– М.: Машиностроение, 1975.