

Зносостійкість евтектичних покриттів під впливом соляного розчину

Анотація. Досліджено вплив розчину кухонної солі на зносостійкість покриттів, перспективних для захисту деталей м'ясо- і рибопереробного обладнання. Показано можливість управління процесом корозійно-механічного спрацювання деталей устаткування поляризацією зони тертя.

Ключові слова: зносостійкість, спрацювання, сіль, поляризація, евтектичні покриття, тертя.

Abstract. Offered The effect of saline on the wear resistance of coatings, promising to protect parts meat and fish processing equipment. The possibility of controlling the process of corrosion and mechanical wear of equipment polarization friction zone.

Key words: Wear resistance, salt, polarization, eutectic coatings, friction

В. СУХЕНКО, канд. техн. наук

Ю. СУХЕНКО, докт. техн. наук

Національний університет біоресурсів
і природокористування України

Ю. БОЙКО, канд. техн. наук

Національний університет харчових технологій

В. МАНУЇЛОВ, ст. викладач

Керченський державний морський
технологічний університет

Постановка завдання. Значна кількість пар тертя обладнання м'ясо- і рибопереробної промисловості працюють у контакті з розчинами кухонної солі різної концентрації, що призводить до інтенсивного корозійно-механічного спрацювання деталей. Перспективними для захисту таких поверхонь від корозійно-механічного зношування є евтектичні покриття на основі заліза, нанесені газотермічним напиленням і наплавленням [1]. Стан цих покриттів в умовах зношування в соляних електролітах не вивчено, що унеможливує цілеспрямоване застосування їх для підвищення довговічності технологічного обладнання.

Мета роботи – встановлення характеру взаємодії перспективних евтектичних покриттів на сталі 45 з агресивним 3%-ним розчином кухонної солі під час тертя в умовах одночасного впливу середовища і механічних навантажень.

Аналіз виконаних досліджень. Велика кількість процесів, що відбуваються в умовах переробних підприємств харчової галузі за присутності технологічних рідин, більшість з яких є корозійно- і поверхнево активними, зумовлюють потребу у використанні обладнання, стійкого проти руйнівної дії цих чинників. Для такого устаткування потрібні матеріали із складним комплексом фізико-механічних властивостей. Перспективними для зміцнення поверхонь обладнання, зокрема у м'ясо- і рибопереробній промисловості можуть бути евтектичні покриття на основі заліза [2,3], які не є канцерогенами.

Тому ми й спрямували свої дослідження на їх випробування (табл.) [2].

Мікроструктуру покриттів, що мають шарувату будову з деякою кількістю мікропустот, нанесених плазмовим струменем на конструкційну вуглецеву сталь 45, визначали методом растрової електронної мікроскопії (рис. 1).

Експерименти проводили на установці торцевого тертя шляхом зачищення поверхні металевого електроду в 3-відсотковому соляному розчині – електроліті, з використанням потенціостатичного методу, який застосовували як для дослідження електрохімічних процесів, що відбуваються при терті на поверхні, так і для управління їх зношуванням [4,5]. В якості контртіла, що зношувало покриття, використовували шліфувальний круг марки 24A25НСМ16К5Б. Випробування проводили за

Вплив питомого навантаження на величину зсуву стаціонарних потенціалів при терті і зачищуванні покриттів

№ покриття	Фазовий склад покриттів	$\phi_{ст}$, В	Питоме навантаження, МПа	$\phi_{ст} - \phi_{зач}$, В	$\phi_{тр} - \phi_{зач}$, В
1	α -Fe+Fe _{0,4} Mn _{3,6} C+Fe ₃ C+Fe ₂ B	-0,531	0,35	0,234	0,075
			0,70	0,268	0,099
			1,40	0,284	0,052
2	γ -(Fe,Ni)+Fe _{0,4} Mn _{3,6} C+Fe ₃ C	-0,313	0,35	0,404	0,119
			0,70	0,413	0,133
			1,40	0,417	0,150
3	γ -(Fe,Cr)+Fe _{0,4} Mn _{3,6} C+Fe ₃ C	-0,470	0,35	0,335	0,075
			0,70	0,356	0,103
			1,40	0,374	0,086
4	γ -(Fe,Ni,Mn)+ α -(Fe,Cr)+Fe _{0,4} Mn _{3,6} C+Fe ₃ C	-0,332	0,35	0,454	0,104
			0,70	0,491	0,116
			1,40	0,516	0,124

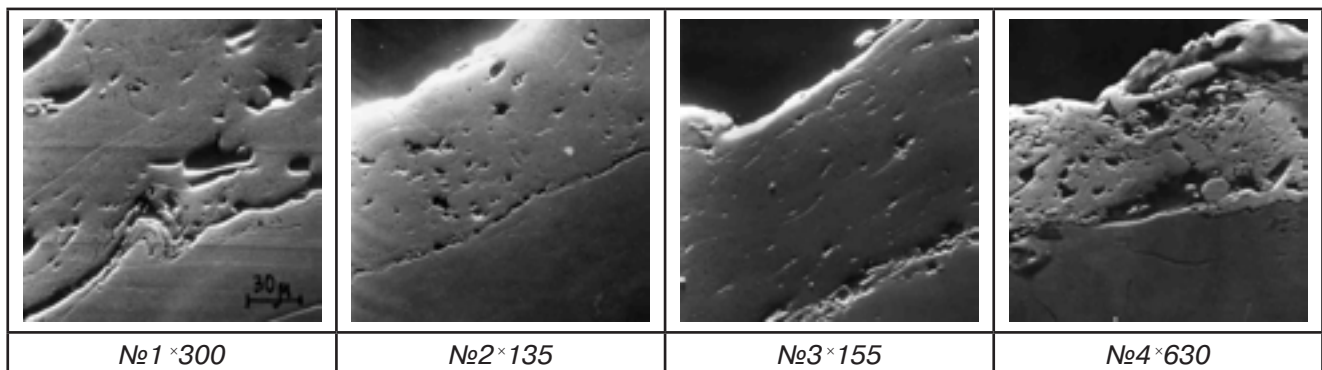


Рис 1. Мікроструктура евтектичних захисних покриттів

швидкості ковзання 0,8 м/с (по центру зразка діаметром 6 мм) і питомого навантаження 0,35; 0,70; 1,40 МПа.

Стаціонарні електродні потенціали покриттів визначали за допомогою потенціостата П8527М в статичних умовах ($\phi_{ст}$), при терті ($\phi_{тр}$) і при зачищуванні поверхні ($\phi_{зач}$) – за максимального негативного значення $\phi_{тр}$ в початковий період зношування. Поляризаційні криві знімали при різному питомому навантаженні. За електрод порівняння слугував стандартний хлорсрібний електрод ЕВЛ-1М1. Поляризаційні криві отримували потенціостатичним методом із швидкістю розгортання потенціалу 0,5 мВ/с. Розгортання потенціалу включали через 30 хв після початку досліду, коли відносно стабілізувався момент тертя і потенціалу $\phi_{тр}$.

З метою підвищення відтворюваності результатів, поляризацію зразка здійснювали при розгортанні потенціалу з катодної області в анодну. Ве-

личина заздалегідь заданого потенціалу становила 0,9-1,1 В.

Зносостійкість покриттів оцінювали гравіметричним методом з похибкою 0,0002 г за величиною зносу за 30 хв. випробувань. Стаціонарні потенціали $\phi_{ст}$ заздалегідь припрацьованих абразивним кругом при навантаженні 0,7 МПа евтектичних покриттів вимірювали через 5 хв. після занурення зразків в електроліт.

Результати досліджень. Характер зміни потенціалів у початковий період занурення («розблагорожування» внаслідок розчинення оксидної плівки, що утворилася на повітрі) і їх величина свідчать, що ці покриття в 3%-му розчині хлористого натрію знаходяться в активному стані (див. табл.). Потенціали $\phi_{ст}$ покриттів 2 і 4 набагато позитивніші за потенціал $\phi_{ст}$ покриття 1.

Зачищування поверхонь покриттів абразивним кругом призводить до різкого зміщення їх потенціа-

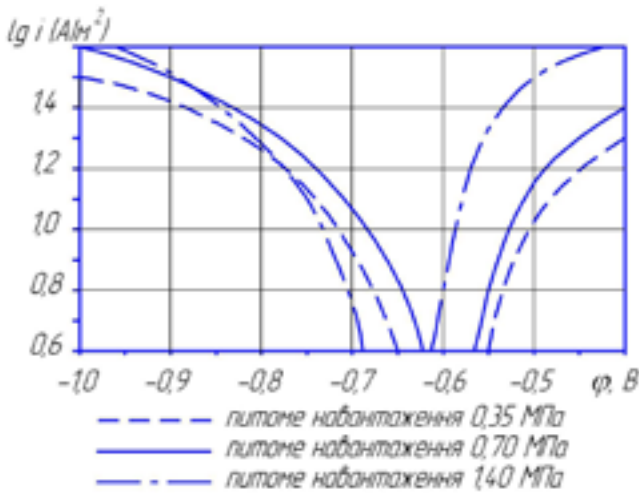


Рис. 2. Поляризаційні криві для покриття 2, зняті при терті з різним питомим навантаженням

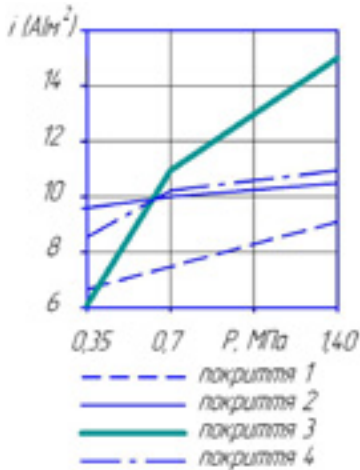


Рис. 3. Вплив питомого навантаження на густину струму саморозчинення при терті покриттів (номери відповідають табл.).

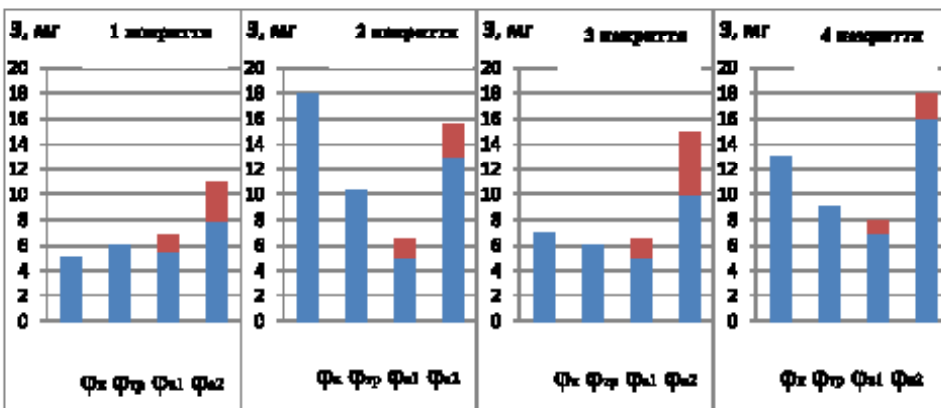


Рис. 4. Залежність зносу покриттів 1, 2, 3 і 4 від електродного потенціалу при терті з питомим навантаженням 0,7 МПа. Виділені червоним кольором ділянки – втрати маси внаслідок електрохімічного розчинення.

Для покриттів 1, 3, 4 $\phi_k = -1,0$ В; $\phi_{a1} = -0,4$ В; $\phi_{a2} = -0,1$ В.
Для покриття 2 $\phi_k = -0,9$ В; $\phi_{a1} = -0,4$ В; $\phi_{a2} = 0,0$ В.

лів $\phi_{ст}$ в область негативних значень, що спричинене різким прискоренням анодних процесів внаслідок руйнування поверхневих плівок і інтенсивної пластичної деформації.

Збільшення навантаження до 1,4 МПа призводить до значного розблагороджування потенціалів тертя. Мабуть, з ростом навантаження, більшою мірою проявляється механо-хімічний ефект, який посилює анодні процеси, про що свідчить істотне зміщення анодних поляризаційних кривих в область великої густини струму (рис.2). Катодні процеси, якщо судити за поляризаційними кривими, прискорюються меншою мірою.

Вплив навантаження на швидкість проходження корозійних процесів при терті оцінювали за струмами саморозчинення, знайденими екстраполяцією потенціодинамічних поляризаційних кривих [4], знятих при малій швидкості розгортання потенціалу. З підвищенням навантаження корозія всіх досліджених вивчених покриттів підсилюється (рис. 3).

Найбільшою зносостійкістю за відсутності зовнішньої поляризації (при $\phi_{тр}$) відрізняється покриття 3 (рис. 3). Порівняння зносу покриттів з їх струмами саморозчинення, визначеними екстраполяцією поляризаційних кривих, знятих при тому ж режимі тертя, показало, що у порядку збільшення струмів саморозчинення покриття розташовуються в ряд 1, 2, 4, 3, а за збільшенням зносу – в ряд 3, 1, 2, 4.

Поляризація фрикційного контакту, що полягає в зміщенні потенціалу тертя в катодну (до ϕ_k) і в анодну (до ϕ_{a1} , і ϕ_{a2}) області (рис. 4), істотно впливає на процес корозійно-механічного зношування евтектичних покриттів.

Катодна поляризація неоднозначно впливає на зносостійкість. Для покриттів 2, 3, 4 спостерігається збільшення зносу відповідно в 2,3; 1,2; 1,4 раза з підвищенням густини струму поляризації від 30 до 38 А/м². Зносостійкість покриття 1, на відміну від інших, за густини струму 35 А/м² збільшується на 20%.

Зміна зносостійкості за катодної поляризації пов'язана, імовірно, з депасивацією поверхонь покриттів в результаті електрохімічного відновлення утворених при терті оксидних та інших плівок. При цьому змінюється будова плівок, зменшуються їх товщина і змащувальна дія.

Поляризація анодним струмом при $\phi_{a1} = -0,4$ В знижує знос покриттів 2 і 4 в середньому на 20% за густини струму 30 і 38 А/м² і трохи (на 10%) збільшує знос покриттів 1 і 3 за густини струму, відповідно, 48 і 62 А/м². Анодна поляризація зони тертя підсилює про-

цес адсорбції на поверхні тертя іонізованих молекул кисню і аніонів хлору, полегшує іонізацію металу і утворення фазових плівок.

Для наближеної оцінки вкладу чисто електрохімічного розчинення в спрацювання покриттів при корозійно-механічному зношуванні в умовах контрольованого анодного потенціалу втрати маси внаслідок проходження струму визначали за законом Фарадея

$$\Delta m = (A \cdot Q) / z \cdot F,$$

де Δm – маса металу, що розчинився, г; A – атомна маса металу; Q – кількість пропущеної електрики, К; z – валентність іона металу; $F = 965\,000$ К – число Фарадея.

При цьому приймали наступні допущення. Оскільки основним компонентом покриттів є залізо, то враховували розчинення тільки атомів заліза ($A=56$). Судячи з поляризаційних кривих (див рис. 2), реакція плине в активній області, а в цьому випадку в розчин переходять двохвалентні іони заліза ($z=2$) [6]. Вихід реакції за струмом приймали рівним 100%.

Частка електрохімічних втрат маси в загальній величині зносу при ϕ_{a1} для покриттів 1, 2 і 4 становить в середньому 10%, а для покриття 3 дорівнює 16%. Порівняно невелике збільшення зносу покриттів 1 і 3 при зміщенні потенціалу до ϕ_{a1} співрозмірне з втратами маси внаслідок електрохімічного розчинення (див. рис. 4).

Зменшення зносу покриттів 2 і 4 при ϕ_{a1} пов'язане з формуванням досить щільних поверхневих плівок, що краще чинять опір абразивній дії, ніж плівки, які утворюються при ϕ_{tr} . Зазначимо, що для підтримки заданого потенціалу ϕ_{a1} на покриттях 2 і 4 необхідна значно менша густина струму, ніж для покриттів 1 і 3.

Подальше зміщення потенціалу в анодну область до ϕ_{a2} (приблизно на 0,6 В порівняно з ϕ_{tr} покриттів) призводить до сильного підвищення зносу усіх покриттів – по порядку їх номерів на 65, 40, 165 і 100%. Частка електрохімічних втрат у загальній величині зносу для всіх покриттів збільшилася, особливо для покриттів 1, 3 і найменше для покриттів 2, 4 (у порядку зростання номерів покриттів вона склала 35, 16, 34 і 15 %).

Майже увесь приріст зносу покриття 1 і більше половини приросту зносу покриття 3 забезпечується електрохімічним розчиненням. Істотне збільшення зносу покриттів 2 і 4 при струмах поляризації, приблизно удвічі менших, ніж струми поляризації покриттів 1 і 3, ніяк не можна пояснити лише підвищенням частки чисто електрохімічного розчинення. Не виключено, що при значній анодній поляризації в умовах активації поверхні покриттів пружно-пластичними деформаціями проявляється хемомеханічний ефект [7].

Висновки

Управління процесом корозійно-механічного зношування евтектичних покриттів можливе шляхом регулювання потенціалу зони тертя поляризацією від зовнішнього джерела струму.

Ефект зниження зносу покриттів 2 і 4 в результаті анодної поляризації фрикційного контакту (потенціал ϕ_{a1}), що проявляється при порівняно малій густині струму, представляє практичний інтерес як варіант анодного захисту в умовах тертя деталей технологічного обладнання.

Зміщення потенціалу тертя покриття в область, у якій проявляється позитивний ефект, можна здійснити не лише поляризацією від зовнішнього джерела струму, але також зміною складу і структури покриття підбором матеріалу контртіла пари тертя, зміною режиму тертя і складу технологічного середовища.

Досліджені ефекти можуть бути застосовані для підвищення надійності і довговічності технологічного обладнання, наприклад, м'ясо- і рибопереробних підприємств.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Сухенко Ю.Г.** Технологічні методи забезпечення довговічності обладнання харчової промисловості. [Монографія]. КТИПП. – К.: ТОВ Елерон, 1993. – 107 с.
2. **Пашечко М.И.** Формирование и фрикционная стойкость евтектических покрытий. – К.: Наукова думка, 1993. – 343 с.
3. Структуроутворення і формування триботехнічних характеристик властивостей евтектичних покриттів. – К.: Вища школа, 1997. – 120 с.
4. **Прейс Г.А., Дзюб А.Г.** Электрохимические явления при трении металлов / Трение и износ. – 1980. – 1, № 2. – С. 217 – 235.
5. **Сухенко Ю.Г.** Дослідження електрохімічних процесів під час корозійно-механічного зношення іонно-плазмових покриттів. Проблеми тертя та зношування. – К.: НАУ, 2007. – Вип. 47. – С.67–74.
6. **Герасименко В. В.** Коррозия сталей в нейтральных водных средах. – М.: Металлургия, 1981. – 192 с.
7. **Гутман Э. М.** Механохимия металлов и защита их от коррозии. – М.: Металлургия, 1974. – 232 с.

