УДК 621.9

ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ ЗНОШУВАННЯ ХРОМОВМІСНИХ ПОКРИТТІВ ЗА УМОВ ГРАНИЧНОГО МАЩЕННЯ

Пашечко М.І., Богун Л.И., Лєнік К.С., Яворська М.М. (*Люблінський політехнічний інститут, Національний університет "Львівська політехніка", м. Люблін, м. Львів, Польща, Україна)*

For the surface strengthening of slide-valves in lifting-transport mechanisms in production factories, diffusive saturation by chromium requiring utilization of waste products is used. For this purpose it is important to find alternative methods of carrying out coating of surfaces. One of the perspective methods of solving this problem is to carry out eutectic coatings of Fe–Mn–C–B–Si–Ni–Cr system on the surface of steel products. The optimum use of probed friction pairs in the range of specific loadings of 1–5 MPa has been established for limiting lubrication. For friction knots working at the specific loadings up to 2.5ч2.75 MPa, the optimum friction pair is cast-iron and eutectic coatings of Fe–Mn–C–B–Si–Ni–Cr system, obtained by electrical-welding method on steel 45. However, for specific loading condition higher than 2.75 MPa, the optimum friction pair consists of chromium-coatings and cast-iron.

Для поверхневого зміцнення золотників у підйомно-транспортних механізмах на виробництві широко використовують дифузійне насичення хромом [1-4]. Це призводить до потреби утилізації відходів виробництва. Крім того, використання хромування є процесом, який супроводжується виділенням токсичних речовин, що створює екологічну небезпеку виробництва [5,6]. Тому важливим завданням є знайти альтернативні методи зміцнення покриттів, які б забезпечили необхідну зносотривкість та інші експлуатаційні характеристики виробів. Одним з перспективних методів вирішення цієї проблеми є нанесення на поверхню стальних деталей евтектичних покриттів системи Fe–Mn–C–B–Si–Ni–Cr [7,8].

Метою досліджень було встановлення впливу питомого навантаження на кінетику зношування евтектичних та хромовмісних покриттів: хромоване покриття на сталі 40Х, евтектичне покриття системи Fe – Mn – B – C – Si – Ni – Cr на сталі 40Х та сталі 45. В якості контртіла використали чавун СЧ 30.

Хромовані покриття отримали за технологією електролітичного хромування сталі 40Х. Товщина шару після насичення становила 20 мкм. Евтектичні покриття системи Fe–Mn–C–B–Si–Ni–Cr наносили методом електродугового наплавлення з використанням порошкових електродів на сталі 45 та 40Х. Для наплавлення порошковим дротом використовували ручне електродугове зварювання. Після наплавлення товщина шару становила 3-5 мм. Хімічний склад наплавленого шару залежить від складу шихти і стрічки електрода [7,9].

Дослідження на зношування проводились на машині тертя СМТ-1 за схемою тертя “диск - колодка”. Для моделювання реальних умов експлуатації в якості тіла слугували диски з нанесеними досліджуваними покриттями, контртіло — колодка, виготовлена з чавуну марки СЧ30. Змащування проводилося шляхом занурення одного з тіл пари тертя в контейнер з мастилом АС-8. Дослідження проводились при різних питомих навантаженнях 1, 3 та 5 МПа, зі швидкістю 0,15 м/с, часі випробувань – 4 год. Номінальна площа контакту становила 243 мм^2. Зносостійкість зразків визначали ваговим методом з використанням аналітичної прецизійної ваги з точністю до 0,1 мг.

За зміною втрати маси визначали вагове зношування покриттів Dm за різних питомих навантажень. Точність вимірювань становила ± 5 %.

Втрата маси пари тертя хромоване покриття, нанесене на сталь 40Х – чавун СЧ30 після 4 годин випробувань за середнім значенням для питомих навантажень 1 та 5 МПа є практично однаковою і становить 0,098–0,093 г (рис. 1). Після тертя за умови питомого навантаження 3 МПа величина зношування є в 2,2 рази менша за величину зношування за інших питомих навантажень. Характер зношування є лінійним.

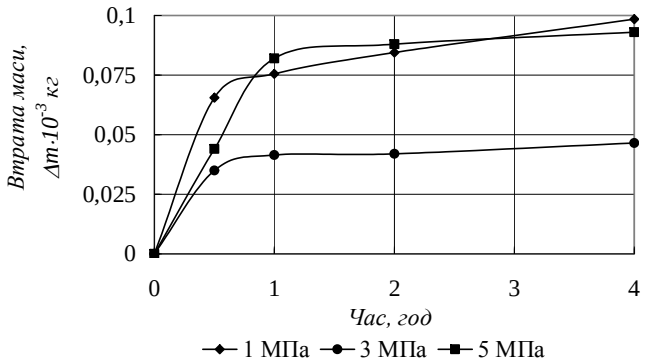

Рис. 1. Втрати маси пар тертя (хромовані покриття – чавун СЧ30) за умов граничного мащення

Вагове зношування пари тертя, евтектичні покриття системи Fe–Mn–C–B–Si–Ni–Cr нанесені електродуговим способом з використанням порошкових електродів на сталь 40 Х — чавун СЧ30, після 4 годин випробувань є найменшим за питомого навантаженнях 3 МПа і становить 0,073 г (рис. 2).

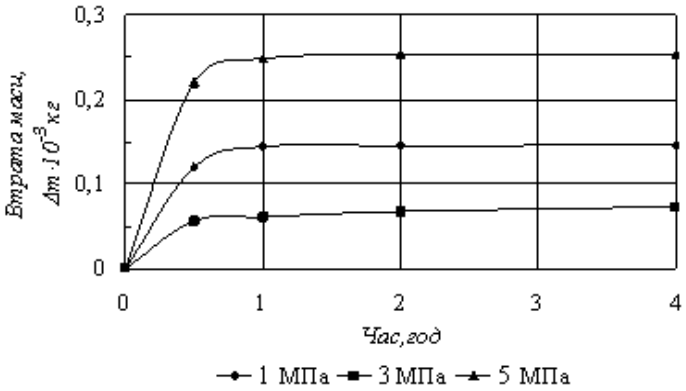

Рис. 2. Втрата маси пар тертя (евтектичні покриття системи Fe–Mn–C–B–Si–Ni–Cr нанесені електродуговим методом з використанням порошкових електродів на сталь 40 Х — чавун СЧ30) за умов граничного мащення

Найбільшою втратою маси характеризується пара тертя після випробувань за питомого навантаження 5 МПа і становить 0,25 г. За умови питомого навантаження 3 МПа величина зношування пар тертя становить 0,15 г. Характер зношування є лінійним, що притаманно композиційним матеріалам.

Вагове зношування пари тертя, евтектичні покриття системи Fe–Mn–C–B–Si–Ni–Cr нанесені електродуговим методом з використанням порошкових електродів на сталь

45 – чавун СЧ30, після 4 годин випробувань є найменшим за питомого навантаженнях 1МПа і становить 0,04 г (рис. 3). Найбільшою втратою маси характеризується пара тертя після випробувань за питомого навантаження 5 МПа і становить 0,41 г. За умови питомого навантаження 1 МПа величина зношування пар тертя є в 2 рази меншою за величину зношування за 3 МПа (0,07 г) та ~ в 10 разів меншою за питомих навантаження 5 МПа. Характер зношування є лінійним, що притаманно композиційним матеріалам (рис. 3).

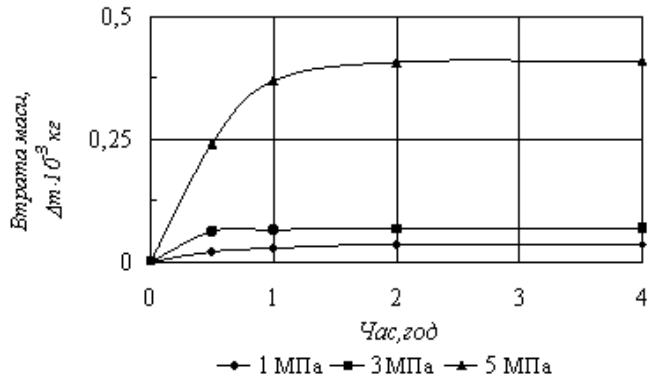

Рис. 3. Втрата маси пар тертя (евтектичні покриття системи Fe–Mn–C–B–Si–Ni–Cr нанесені на сталь 45 — чавун СЧ30) за умов граничного мащення

За величинами втрати маси визначали інтенсивність зношування пар тертя хромоване покриття — чавун СЧ30 з врахуванням номінальної площі контакту та шляху тертя.

$$I = \frac{\Delta W}{S_0 l} \ , \qquad (1)$$

де: ΔW – втрата маси, кг; S_0 – номінальна площа контакту, м^2; l – шлях тертя, м.

Інтенсивність зношування для пар тертя хромовані покриття – чавун СЧ30, які випробовувались за питомих навантажень 1 та 5 МПа після чотирьох годин тертя практично не відрізняється (рис.4). Після випробувань за питомого навантаження 3 МПа інтенсивність зношування є в 2 рази меншою.

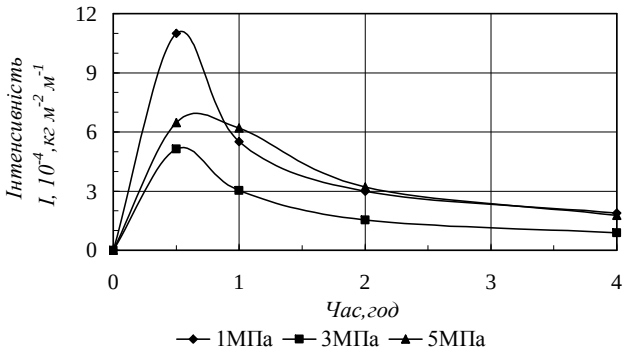

Рис. 4. Вплив питомого навантаження на інтенсивність зношування покриття пар тертя (хромоване покриття — чавун СЧ30) за умов граничного мащення

Інтенсивність зношування пар тертя евтектичні покриття системи Fe–Mn–C–B–Si–Ni–Cr нанесені на сталь 40Х — чавун СЧ30 представлена на рисунку 5. Найбільшою є

інтенсивність зношування для пар тертя після випробовувань за питомого навантаження 5 МПа і становить $4{,}82 \cdot 10^{-4}$ кг·м$^{-2}$·м$^{-1}$, а після випробувань за питомого навантаження 3 МПа є найменшою —$1{,}39 \cdot 10^{-4}$ кг·м$^{-2}$·м$^{-1}$.\

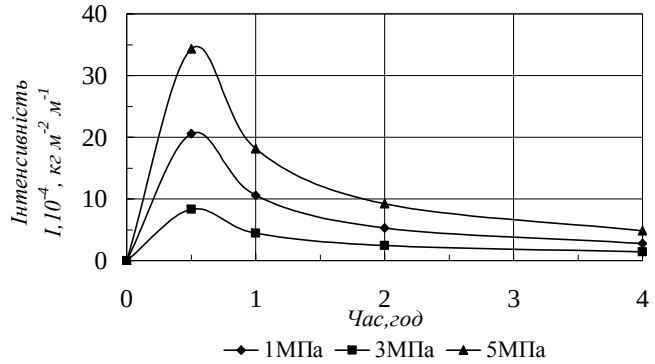

Рис. 5. Вплив питомого навантаження на інтенсивність зношування покриття пар тертя (евтектичні покриття системи Fe–Mn–C–B–Si–Ni–Cr нанесені на сталь 40 Х — чавун СЧ30)

Інтенсивність зношування пар тертя евтектичні покриття системи Fe–Mn–C–B–Si–Ni–Cr нанесених на сталь 45 — чавун СЧ30 є найменшою після випробовувались за питомого навантаження 1 та 3 МПа і становить відповідно $0{,}69 \cdot 10^{-4}$ та $1{,}34 \cdot 10^{-4}$ кг·м$^{-2}$·м$^{-1}$ (рис. 6). Після випробувань за питомого навантаження 5 МПа є більшою в 7 разів. ($7{,}8 \cdot 10^{-4}$ кг·м$^{-2}$·м$^{-1}$).

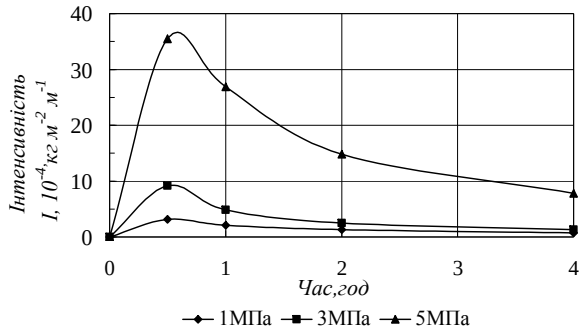

Рис. 6. Вплив питомого навантаження на інтенсивність зношування покриття пар тертя (евтектичні покриття системи Fe–Mn–C–B–Si–Ni–Cr нанесені на сталь 45 — чавун СЧ30)

Доволі складно описується ділянка зношування для досліджуваних пар тертя в період притирання (рис. 4–6). Величина інтенсивності зношування в період притирання для пар тертя евтектичне покриття, нанесене на сталі 40Х-чавун СЧ30 є в 3 рази більшою ніж для пар тертя хромоване покриття–чавун СЧ30.

Аналізуючи інтенсивність зношування в області притирання для пар тертя евтектичне покриття, нанесене на сталь 45-чавун СЧ30 слід відзначити, що під час тертя за питомого навантаження 1 та 3 МПа є подібною до такої, що є в парах тертя хромовані покриття-чавун СЧ30. Проте величина інтенсивності зношування у парах тертя евтектичне покриття на сталі 45-чавун СЧ30 за умови випробувань 1 МПа показало, що трибоспряження не вимагають додаткової операції притирання перед встановлюванням у вузли тертя. Очевидно така залежність інтенсивності зношування в

період притирання пов'язана з характером зміни шорсткості поверхні, на що вказують дані авторів [10], які досліджували пари тертя за участю чавунів.

З метою порівняння інтенсивності зношування трьох досліджуваних покриттів в парах з контртілом (чавун СЧ 30) розрахували інтенсивність зношування пар тертя від номінальної площі контакту та часу випробувань за таким рівнянням

$$I = \frac{\Delta W}{S_0 \tau}, \qquad (2)$$

де: ΔW – втрата маси, кг; S_0 – номінальна площа контакту, м^2; τ – час тертя, год.

Встановлено, що практично у всьому інтервалі випробувань пар тертя евтектичні покриття системи Fe–Mn–C–B–Si–Ni–Cr, нанесені на сталь 40Х методом електродугового наплавлення мають найбільшу інтенсивність зношування порівняно з вихідним хромованим покриттям. За умови досягнення питомого навантаження 2,5 – 2,75 МПа інтенсивність зношування пар тертя евтектичні покриття на сталі 45 та хромовані покриття по чавуну СЧ30 докорінно змінюється (рис. 7). Інтенсивність зношування пари тертя евтектичне покриття – чавун за питомого навантаження 1 МПа в 2,8 разів менша за інтенсивність зношування пари тертя хромоване покриття – чавун. За питомого навантаження 3 МПа інтенсивність зношування двох конкуруючих пар тертя практично однакові і складають 0,05 та 0,07 г. Проте за питомого навантаження 5 МПа інтенсивність зношування пари тертя евтектичне покриття-чавун в 4,2 рази більша за інтенсивність зношування пари тертя хромоване покриття-чавун.

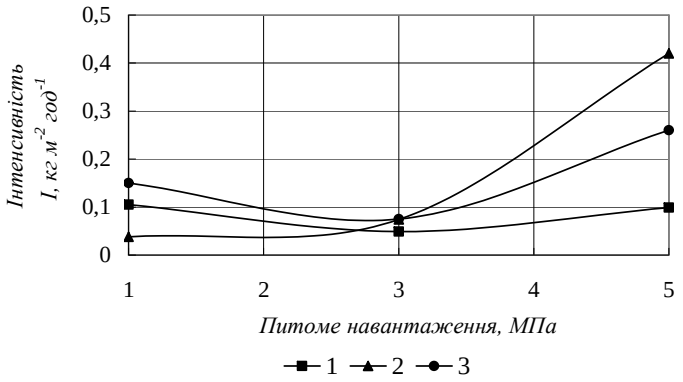

Рис. 7. Вплив питомого навантаження на інтенсивність зношування пар тертя хромовмісні покриття – чавун СЧ30:
1 – хромоване покриття; 2 – евтектичне покриття системи Fe–Mn–C–B–Si–Ni–Cr нанесене на сталь 45; 3 - евтектичне покриття системи Fe–Mn–C–B–Si–Ni–Cr нанесене на сталь 40Х

Слід зауважити що за всіх випробувань втрата маси покриттів практично не змінювалася, тому основна роль у встановленні оптимальних режимів використання пар тертя належить зносостійкості контртіл, які виготовлені з сірих чавунів СЧ30.

ВИСНОВКИ.

1. Встановлено оптимальні параметри використання досліджуваних пар тертя в інтервалі питомих навантажень 1-5 МПа за умов граничного мащення. Для вузлів тертя, які працюють при питомих навантаженнях до 2,5ч2,75 МПа ефективніше

використовувати пари тертя евтектичні покриття системи Fe–Mn–C–B–Si–Ni–Cr, нанесені на сталь 45 методом електродугового наплавлення–чавун. Проте за умови роботи при питомих навантаженнях вищих за 2,75 МПа доцільніше використовувати пари тертя хромовані покриття-чавун. Перспективним напрямком розвитку наступних досліджень є покращення трибологічних властивостей поверхонь контртіл, або підбір інших сучасних покриттів, які б зменшували інтенсивність зношування в парах з чавунами СЧ30.

2. Аналіз зносостійкості тертя в період притирання показав, що для більшості пар тертя необхідно проводити притирання деталей вузлів тертя в околі 2 годин, окрім пар тертя евтектичні покриття системи Fe–Mn–C–B–Si–Ni–Cr, нанесені на сталь 45 методом електродугового наплавлення-чавун СЧ 30 за умови питомого навантаження 1 МПа.

Список літератури: 1. Справочник. Гальванические покрытия в машиностроении /Под ред. М. А. Шлугера.–М.: Машиностроение, 1985.–Т.1.–с.119–121. **2.** Иванова Н.Д., Иванов С.В., Болдырев Е.И. Соединения фтора в гальванотехнике. - Киев. Наукова думка, 1986.–с.91-97. **3.** Иванова Н.Д., Иванов С.В., Болдырев Е.И. Справочник гальванотехника. Фторсодержащие элетролиты и растворы.–Киев.: Наукова думка, 1993.–с.39-47, 148-151. **4.** Справочник. Неорганические соединения хрома.–Л.: Химия, 1981.–с.9–1. **5.** Правила приймання виробничих стічних вод у Київську міську каналізацію. К.: Київська міська рада народних депутатів, 1993.–18 с. **6.** Измайлова Д.Р., Войтович В.Б., Куролан Н.С. Ионообменный метод очистки промышленных стоков гальванических цехов // Водоснабжение и сантехника.–1980.–№4.–С. **7.** Чернець М., Пашечко М., Невчас А. Методи прогнозування та підвищення зносостійкості триботехнічних систем ковзання. Т.2 Поверхневе зміцнення конструкційних матеріалів трибосистем ковзання. В 3–х томах.–Дрогобич: Коло. 2001.–512 с. **8.** Пашечко М. І., Богун Л. І., Яворська М. М. Дослідження мікроструктури та поверхні тертя евтектичних композиційних матеріалів на основі заліза. // Металознавство та обробка металів.–Київ.–2006.–№.–С. 47–51. **9.** Петров С. В. Методы радикального повышения качества газотермических покрытий. // Оборудование и инструменты.–2004.–№ 12.–С. 30-33. **10.** Трибология. Физические основы, механика и технические приложения: Учебник для вузов / И.И. Беркович, Д.Г. Громаковский; Под ред. Д.Г. Громаковского; Самар. гос. техн. ун-т. Самара, 2000. 268 с.

Надійшла до редколегії 27.03.2009

ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ ЗНОШУВАННЯ ХРОМОВМІСНИХ ПОКРИТТІВ ЗА УМОВ ГРАНИЧНОГО МАЩЕННЯ

Пашечко М.І., Богун Л.И., Лєнік К.С., Яворська М.М.

Целью исследований было установление влияния удельной нагрузки на кинетику изнашивания эвтектических и хромсодержащих покрытий: хромирующее покрытие на стали 40Х, эвтектическое покрытие системы Fe – Mn – B – C – Si – Ni – Cr на стали 40Х и стали 45. В качестве контртела использовали чугун СЧ 30.

пара тертя, інтервал питомих навантажень, покриття, інтенсивність зношування