

*М.І.Пашечко, д-р техн. наук, професор (Люблінський політехнічний інститут),
Башинський О.І., к.т.н., доцент, Т.Г.Бережанський (Львівський державний університет
безпеки життєдіяльності)*

ПОКРАЩЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕВТЕКТИЧНИХ ПОКРИТТІВ СИСТЕМИ Fe-Mn-C-B-Si ЛЕГОВАНИХ Cr ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ПОЖЕЖНОЇ ТЕХНІКИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Проведені дослідження сегрегації атомів при терті евтектичних сплавів системи Fe-Mn-C-B-Si легованих Cr. Покрыття наносили методом плазмового наплавлення з використанням порошкових сплавів. Виявлено сегрегацію атомів C, B і Si на поверхню евтектичних сплавів. Нанесення таких евтектичних покриттів на ріжучі частини інструментів та на деталі агрегатів пожежної та аварійно-рятувальної техніки, які працюють в умовах тертя при високих питомих навантаженнях та температурах дає змогу підвищити їх механічні характеристики. Завдяки невисокій вартості евтектичних матеріалів на основі заліза, нанесення покриттів є економічно доцільним.

Ключові слова: пожежний інструмент, евтектичне покриття, тертя, мікроструктура, деформація.

Постановка проблеми. Окремі механізми пожежної та аварійно-рятувальної техніки під час гасіння пожеж та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру, працюють в умовах дії великих питомих навантажень, сухого тертя і високих температур. Матеріали, які використовують для виготовлення важконавантажених пар тертя, часто виявляються малопритатними для експлуатації за таких складних умов. Тому створення нових матеріалів, які б мали високу надійність, зносостійкість міцність та довговічність, є актуальним завданням.

Метою роботи є підвищення механічних характеристик існуючих покриттів або створення нових покриттів із наперед заданими властивостями, що використовуються для нанесення на окремі механізми пожежної та аварійно-рятувальної техніки та обладнання.

Аналіз останніх досліджень. Аналізуючи порошкові матеріали та зносостійкі покриття, які широко використовуються у промисловості, встановлено, що розроблені проф. М.І. Пашечком евтектичні покриття системи Fe – Mn – C – B – Si – Ni – Cr, які можна наносити на поверхню металів методом плазмового наплавлення та іншими перспективними методами, порівняно із серійними покриттями, одержаними із порошкових сплавів ПГ-СРЗ, ПГ-10Н-01 (порошок-аналог 10009 "Боротак", фірми Кастолін, Швейцарія), та ПГ-12Н-01, характеризуються у 2-10 і більше разів вищою зносостійкістю [1].

Виклад основного матеріалу. Одним з перспективних шляхів для підвищення зносостійкості деталей машин і механізмів є створення захисних евтектичних покриттів (ЕП). Покриття можна наносити методами плазмового наплавлення та напилення, електродугового наплавлення з використанням порошкових дротів та іншими сучасними та перспективними методами поверхневої обробки матеріалів [1-3]. Це дає змогу по суті створити новий конструкційний матеріал із заданими властивостями або комплексом фізико-механічних властивостей.

Процес тертя та зношування матеріалів супроводжується складними фізико-хімічно-механічними процесами на поверхні тертя. Існування механічної, молекулярної, молекулярно-механічної та енергетичної теорій тертя і багатьох фізичних, хімічних та теоретичних описів процесів тертя [4-8] зумовлено складною природою та різноманітністю фізико-хімічно-механічних явищ, які його супроводжують. Навіть незначна зміна режимів тертя може призвести до зміни домінуючих процесів. Тому доцільним є виявлення та пізнання відповідно до превалюючої складової природи тертя, зношування та мащення з метою побудови узагальнюючих моделей перебігу процесу, а також моделей поверхні тертя.

Одним із методів, за допомогою якого можна отримати відповідне пізнання і дослідження фізико-хімічного стану поверхні тертя, є використання Оже-електронної спектроскопії.

На можливе явище „графітизації” при терті вказував І.В.Крагельський [9]. Однак через відсутність можливості аналізу дуже тонких шарів вуглецю існуючими на цей час традиційними методами рентгенівського аналізу, це явище не було вивчене.

Особливості перерозподілу атомів вуглецю при фрикційному зміцненні, яке є практично різновидністю тертя, виявив Ю.І.Бабей [10].

Структурно-хімічні дослідження вторинних структур, утворених при зношуванні евтектичних покриттів, проведені за допомогою методу Оже-електронної спектроскопії JAMP-10S (JEOL). Зразки вирізали із дисків діаметром 50 мм (зовнішній) у вигляді сегментів, на які наносили з протилежної сторони від поверхні тертя концентратори. Сегменти зламували у вакуумі. Аналіз проводився по поверхні зламу з глибини до поверхні тертя.

Проведена ультразвукова (в диспергаторі) і іонна (у вакуумному пості) очистка. Прискорююча напруга при аналізі становила 10 кВ, струм, який поглинається зразком – 1 мкА, модулююча напруга – 5 В, залишковий вакуум – $5 \cdot 10^{-7}$ Па. Кількісний аналіз проводили з використанням факторів елементної чутливості для чистих металів. Перед записом спектрів проводилось іонне бомбардування аналізованої області пучком іонів аргону (прискорювальна напруга – 3 кВ, струм іонів $\sim 10^{-5}$ А). Для запису спектрів

вибирали найбільш типові за хімічним складом області, типовість яких визначалась статистичним набором спектрів, а також з допомогою детектора пружно відбивальних електронів, які формують, зокрема, зображення у режимі COMPO (composition) залежно від складу аналізованої поверхні. Розподіл елементів визначали за допомогою Superprobe-733.

Дослідження зносостійкості евтектичних покриттів на сталі 45 проведено за схемою тертя диск-диск ($\varnothing 50\text{мм}$) з коефіцієнтом взаємного перекриття 0,2. Навантаження становило 4, 8 та 15 МПа, швидкість тертя ковзання – 1 м/с, час дослідження – 6 год. Мастильне середовище – АМГ10. Реалізовано граничне мащення. У якості контртіла використовувалась загартована сталь 45 після низького відпуску, 52...54 HRC. Зносостійкість зразків визначали ваговим методом та з допомогою профілографа Suftronic 3⁺.

Евтектичні зносостійкі покриття із розроблених порошкових сплавів отримували методом плазмового наплавлення на модернізованій установці [9]. Відпрацьовано технології плазмового напилення покриттів у захисній атмосфері аргону, імпульсно-плазмового напилення, електродугового наплавлення з використанням порошкових дротів, наморожування, електроіскрового легування та інші [1-3].

Результати досліджень. В результаті проведених досліджень зносостійкості розроблених матеріалів показано, що пара тертя евтектичне покриття – сталь 45 характеризується найвищою зносостійкістю (рис.1). Слід відмітити, що порівняно із покриттями, одержаними із порошкових сплавів ПГ-СРЗ та ПГ-10Н-01 (порошок – аналог 10009 „Боротак”, фірми Кастолін, Швейцарія), евтектичні сплави характеризуються у 2-10 разів вищою зносостійкістю (рис.1) [1-2].

Структура покриття, одержаного із порошкового сплаву системи Fe-Mn-C-B-Si легуваного Cr, складається із складнолегуюваного перліту (матрична фаза), марганцевистого карбиду заліза $\text{Fe}_{0,4}\text{Mn}_{3,6}\text{C}$ (армуюча фаза) і включень бориду заліза Fe_2B (дисперсійна фаза). Зміна співвідношення Fe, Mn і C у складі порошкового сплаву суттєво впливає на кількісне співвідношення матричної і армуючої фаз і цим самим сприяє формуванню покриттів із до-, за- і евтектичним складами фаз. Збільшення у складі сплаву Fe або Mn порівняно із їхнім евтектичним базовим складом призводить до збагачення рідкої фази відповідними атомами. Це сприяє формуванню у структурі покриття більшої кількості складнолегуюваного перліту або марганцевистого карбиду заліза $\text{Fe}_{0,4}\text{Mn}_{3,6}\text{C}$ [1-2].

Одержаний природний композит дає змогу реалізувати оптимальне співвідношення зносостійкої твердої і демпфуючої більш пластичної матричної фаз.

Зменшення мікротвердості евтектичної основи до 6 ГПа зміщує область максимальної зносостійкості у сторону більш високого вмісту (до 60-95%) надлишкових твердої армуючої складової та включень. Одержані результати, а також аналіз поверхні тертя свідчать про те,

що енергія тертя акумулюється в основному у підповерхневому шарі, створює поля напружень, сприяє значному росту кількості дефектів кристалічної решітки, зокрема дислокацій.

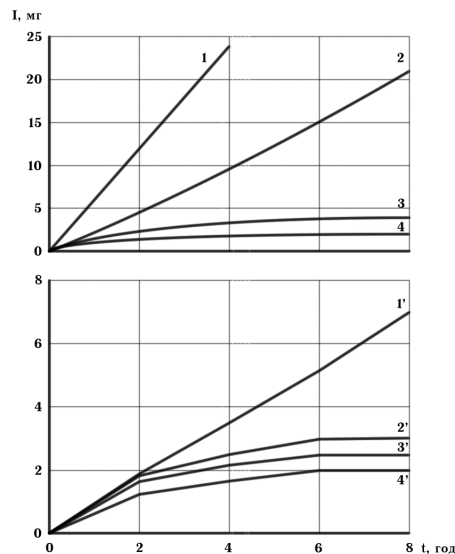


Рис. 1. Кінетика зношування евтектичних покриттів (1-4), одержаних методом плазмового наплавлення із порошкових сплавів ПГ-СРЗ (1), ПГ-10Н-01 (2), ПГ-12Н-01 (3), ФМІ-43 (4) і контртіла із загартованої сталі 45 (1'-4') при граничному змащуванні

Ці явища відбуваються у більш пластичній феритній складовій евтектики і призводять до мікронаклепу і втомних процесів. Пластинки $Fe_{0,4}Mn_{3,6}C$ та дрібнодисперсні частинки більш твердих фаз Fe_2V та Cr_7C_3 слугують перешкодами для переміщення дислокацій і перешкоджають їм накопичуватися і трансформуватися в об'ємні дефекти (пори, тріщини). Завдяки високому ступеню диференційованості евтектичних складових вказані процеси локалізуються у міжпластинчастих об'ємах евтектики шириною 1-5 мкм.

При цьому, чим пластичнішою і м'якшою в досліджуваному діапазоні навантажень є евтектика, тим більшу долю енергії тертя вона сприймає і має більшу схильність релаксувати напруження. Відповідно, менша доля енергії при терті буде витрачатись на втомні процеси в твердих фазових складових.

Таким чином можна стверджувати, що в процесі тертя внаслідок сегрегації атомів В та Si на поверхні композиту можливе утворення стехіометричних оксидів B_2O_3 , SiO_2 відповідно системи $B_2O_3 - SiO_2$, і нестехіометричних на їхній основі, які при відповідних режимах тертя розм'якшуються або переходять в рідкий стан. Це сприяє зменшенню коефіцієнта тертя до величини, яка відповідає коефіцієнту тертя у рідині [12].

Наявність вуглецю у формі графіту забезпечує відповідно м'яшення поверхні тертя та зменшення коефіцієнта тертя [10].

Висновки. Таким чином, одержані результати дали змогу виявити новий ефект у

трибології композиційних дисперсійно зміцнених евтектичних сплавів на основі системи Fe – Mn – C – В. При зношуванні відбуваються інтенсивні дифузійні процеси, які призводять до сегрегації і відповідно зростання на поверхні тертя вмісту С, В та Si, В та Si найбільш ймовірно утворюють на фізичних плямах контакту оксиди. Вуглець перебуває у вільному стані. Це призводить до зменшення коефіцієнта тертя, а відповідно до підвищення зносостійкості евтектичних сплавів. У порівнянні із покриттями, одержаними із порошкових сплавів, евтектичні сплави характеризуються у 2-10 разів вищою зносостійкістю.

Нанесення таких покриттів на ріжучі частини інструментів та на деталі агрегатів пожежної та аварійно-рятувальної техніки, які працюють в умовах високих температур і тертя та при високих питомих навантаженнях, може підвищити їх механічні характеристики, надійність та довговічність, і завдяки невисокій вартості евтектичних покриттів на основі заліза, дасть значний економічний ефект.

Список літератури:

- 1. Пашечко М.І., Чернець М.В., Опеляк М., Комста Г.** Поверхнєве руйнування та зміцнення матеріалів. – Львів: Євросвіт, 2005. – 384 с.
- 2. Пашечко М.И., Голубец В.М., Чернец М.В.** Формирование и фрикционная стойкость эвтектических покрытий. К.: Наук. думка, 1993.-344 с.
- 3. Голубец В.М., Пашечко М.И.** Износостойкие покрытия из эвтектики на основе системы Fe-Mn-C-B. - К.: Наук. думка, 1989.-160 с.
- 4. Костецкий Б.И.** Фундаментальные закономерности трения и износа. К.: Знание, 1981.-30с.
- 5. Крагельский И.В., Добычин М.Н., Комбалов В.С.** Основы расчета на трение и износ. - М.: Машиностроение, 1977.-256 с.
- 6. Костецкий Б.И.** Трение, смазка и износ в машинах. - К.: Техника, 1970.-396 с.
- 7. Гаркунов Д.Н.** Триботехника. -М. : Машиностроение ,1985.-424 с.
- 8. Рыбакова Л.М., Куксенова Л.И.** Структура и износостойкость металлов. -М.: Машиностроение ,1982.-212 с.
- 9. Крагельский И.В.** Трение и износ. -М.: Машиностроение ,1968.-480 с.
- 10.Бабей Ю.И.** Физические основы импульсного упрочнения стали и чугуна.- К.: Наук. думка, 1988.-240 с.
- 11.Бакли Д.** Поверхностные явления при адгезии и фрикционном взаимодействии. -М.: Машиностроение, 1986.-360 с.

12.Pashechko M., Lenik K.: Segregation of atoms of the eutectic alloys Fe-Mn-C-B at friction wear. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering. Volume 18, ISSUE 1–2, 2006, s. 467–470.

УДК 620.168

М.И. Пашечко, О.И. Башынский, Т.Г. Бережанский

**УЛУЧШЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭВТЕКТИЧЕСКИХ
ПОКРЫТИЙ СИСТЕМЫ Fe-Mn-C-B-Si ЛЕГИРОВАННЫХ Cr ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ
ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ И ОБОРУДОВАНИЯ**

Проведены исследования сегрегации атомов при трении эвтектических сплавов системы Fe-Mn-C-B-Si легированных Cr. Покрытия наносили методом плазменного наплавления с использованием порошковых сплавов. Выявлена сегрегация атомов C, B и Si на поверхность эвтектических сплавов. Нанесение эвтектических покрытий на режущие части инструментов и на детали агрегатов пожарной техники, работающих в условиях трения при высоких удельных нагрузках и температурах, позволяет повысить их механические характеристики, надежность и долговечность. Благодаря невысокой стоимости эвтектических материалов на основе железа покрытия являются экономически обоснованными.

Ключевые слова: пожарный инструмент, эвтектическое покрытие, трение, микроструктура, деформация.

UDK 620.168

M.I. Pashechko, O.I. Bashynskyi, T.G. Berezhanskyi

**IMPROVING MECHANICAL PROPERTIES OF COATINGS EUTECTIC Fe-Mn-C-B-Si
ALLOYED Cr FOR FIRE IMPROVING THE DURABILITY OF EQUIPMENT AND
MACHINERY**

They have researching of segregation of atoms are conducted at the friction of eutecticum alloys of the system of Fe-Mn-C-B-Si alloyed Cr. They are received in plasma surfacing by welding on base of powder alloy. The result been definition surface segregation C, B and Si on the surface of eutecticum alloys. Application of eutectic coatings on cutting tools and parts for detail fire equipment units that operate in friction at high specific loads and temperatures can improve their mechanical properties, reliability and durability. With its low cost of eutectic materials based on iron coating is feasible.

Keywords: fire tool, eutectic coating, friction, microstructure, deformation.