

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

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕВТЕКТИЧНИХ СПЛАВІВ СИСТЕМИ Fe-Mn-C-B-Si, ЛЕГОВАНИХ Cr ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ПОЖЕЖНОЇ ТЕХНІКИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Проведено 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, BiSi на поверхню евтектичних сплавів. Нанесення таких евтектичних покриттів на деталі пожежної, аварійно-рятувальної техніки та обладнання, які працюють в умовах тертя при високих питомих навантаженнях та температурах, дозволяє підвищити їх зносостійкість та інші механічні характеристики. Завдяки невисокій вартості евтектичних матеріалів на основі заліза нанесення покриттів є економічно доцільним.

Ключові слова: пожежна техніка, евтектичне покриття, тертя, мікроструктура, деформація, сегрегація.

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

ИССЛЕДОВАНИЯ ЭВТЕКТИЧЕСКОЙ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ Fe-Mn-C-B-Si ЛЕГИРОВАННЫХ Cr ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ И ОБОРУДОВАНИЯ

Проведено исследование 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 пожарной техники, аварийно-спасательной техники и оборудования, работающих в условиях трения при высоких удельных нагрузках и температурах, позволяет повысить их износостойкость и другие механические характеристики. Благодаря невысокой стоимости эвтектических материалов на основе железа, нанесение таких покрытий является экономически обоснованными.

Ключевые слова: пожарная техника, эвтектическое покрытие, трение, микроструктура, деформация, сегрегация.

М.І. Pashechko, О.І. Bashynskiy, Т.Г. Berezhanyskiy

RESEARCH OF EUTECTIC ALLOYS Fe-Mn-C-B-Si DOPED Cr FOR INCREASEMENT OF FIREFIGHTNING EQUIPMENT DURABILITY

The study of segregation of atoms has been conducted at the friction of eutectic alloys of the system of Fe-Mn-C-B-Si alloyed Cr. The segregation of atoms C, B and Si on the surface of eutectic alloys has been defined. 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 has been proved feasible.

Key words: fire engineering, eutectic coating, friction, microstructure, deformation, segregation.

Постановка проблеми. Окремі механізми пожежної, аварійно-рятувальної техніки і обладнання під час гасіння пожеж та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру, працюють в умовах дії великих питомих навантажень, високих температур, атакож сухого тертя. Матеріали, що використовують для виготовлення важко навантажених пар тертя, часто виявляються мало придатними для використання за таких складних умов. Тому створення нових матеріалів, які б мали високу надійність, зносостійкість 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, 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 створити новий конструкційний матеріал із заданими властивостями.

На основі [6] проведені дослідження з використанням спектроскопії Аугера, які дозволили виявити сегрегацію на поверхню тертя атомів, яка відбувається при зношуванні розроблених евтектичних покриттів на основі системи Fe – Mn – C – B – Si, легованих Cr. Виявлено значне підвищення C, B та Si на поверхні тертя (табл. 1, рис. 3). Зокрема порівняно з порошковим сплавом концентрація C, B та Si збільшується відповідно від 0,9 до 1,2; від 2,7 до 8,3; від 2,6 до 15,9 мас. %.

Таблиця 1

Вміст елементів у порошковому сплаві і на поверхні тертя (мас. %)

Система	Fe	Mn	C	B	Si	Ni	Cr	O	S	P
	Порошковий сплав									
Fe – Mn – C – B – Si – Cr (PMI-43)	79,55	4,4	0,9	2,7	2,6	-	9,8	-	0,03	0,02
Поверхня тертя										
Fe – Mn – C – B – Si – Cr (PMI-43)	60,1	3,9	1,2	8,3	15,9	-	9,5	1,1	-	-

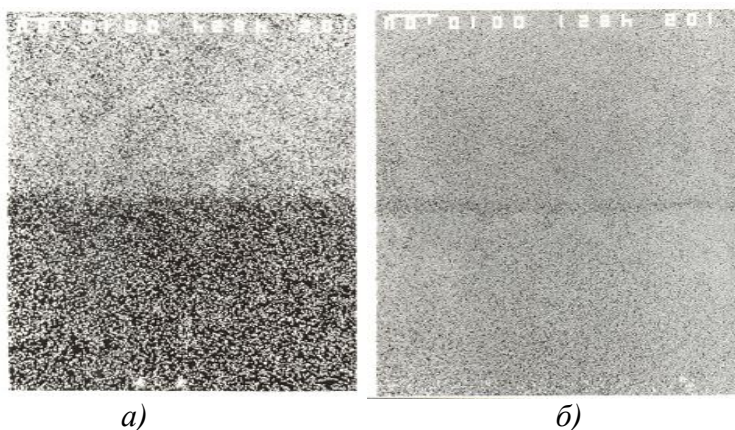


Рис. 1. Розподіл атомів C (а) та Fe (б) по глибині евтектичного сплаву системи Fe – Mn – C – B – Si, легованого Cr (PMI-43) на сталі 45, одержаного методом плазмового наплавлення ? 1000

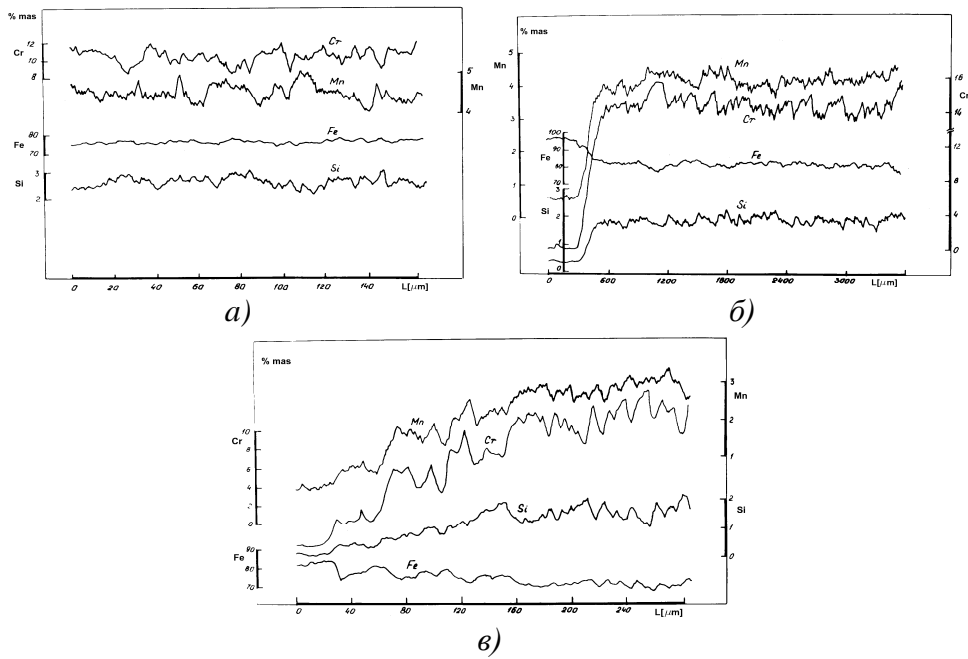


Рис. 2. Розподіл елементів по глибині евтектичного сплаву системи Fe–Mn–C–B–Si, легованого Cr (PMI-43) (а) іпокриття на сталі 45 одержаного методом плазмового наплавлення (б,в)

Форма піків спектра вуглецю дозволяє зробити висновок, що він знаходиться у вільному (аморфному) стані.

Головною відмінною ознакою процесу тертя є відсутність дифузії кисню із атмосфери повітря у глибину покриття. Максимальна локальна кількість кисню 1,1 мас. % свідчить про відсутність процесів фазоутворення значної кількості оксидів на поверхні тертя евтектичного покриття. Утворення оксидів можливе на фізичних плямах контакту. Тобто однозначно можна стверджувати про неможливість утворення суцільної плівки оксидів на поверхні тертя та окиснення сплаву.

Особливо важким є експериментальне дослідження особливостей структурних змін в тонких поверхневих шарах із мікрокристалічною, або навіть нанокристалічною і аморфною структурою. При хаотичному розміщенні атомів існує впорядкування близького порядку, в якому домінують відповідні просторові конфігурації, внаслідок появи відповідних хімічних зв'язків.

На фізичних плямах контакту поверхні тертя можливе утворення оксидних фаз системи $B_2O_3 - SiO_2$, оксидів заліза та нестехіометричних оксидів на їхній основі. Температура плавлення системи $B_2O_3 - SiO_2$ збільшується від 450 (температура плавлення B_2O_3) до 1650 °C (температура плавлення SiO_2) (рис. 4).

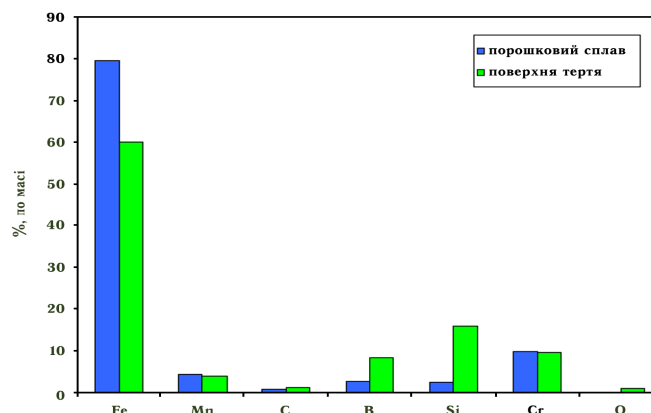


Рис.3. Розподіл елементів на поверхні тертя та у порошковому сплаві системи Fe –Mn –C– B – Si, легованого Cr

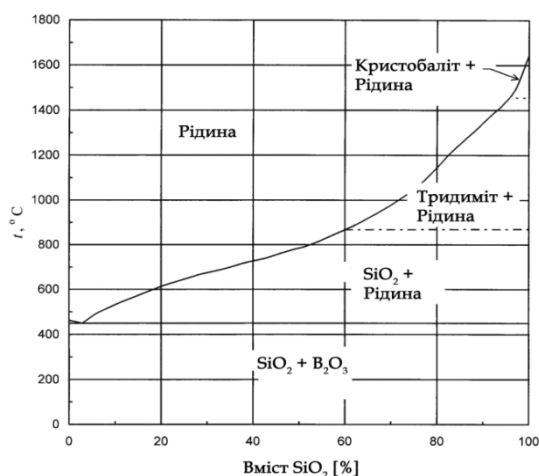


Рис. 4. Діаграма стану $B_2O_3 - SiO_2$

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[5].

Наявність вуглецю у формі графіту забезпечує відповідно змащення поверхні тертя та зменшення коефіцієнта тертя [4].

Беручи до уваги те, що температура плавлення B_2O_3 становить 450 °С, $B_2O_3-SiO_2 - 450-1650$ °С можна зробити висновок про те, що температура в зоні тертя перевищувала 450 °С. Розплавлена плівка B_2O_3 , або $B_2O_3-SiO_2$, що утворилася при терті, слугує мастилом. Вона запобігає підвищенню температури на поверхні тертя вище температури плавлення B_2O_3 або композиції системи $B_2O_3-SiO_2$. Плівку, що утворилася називають сервовитною (від латинського слова *Servovit* – забезпечити життя).

Висновки. Таким чином, одержані результати дозволили 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, які 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.

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

Доцільним є проведення подальших досліджень з метою встановлення механізму зношування поверхневих шарів із врахуванням сегрегації атомів С, В та Si в процесі тертя і самоорганізації поверхні.

Список літератури:

1. Пашечко М.І., Чернець М.В., Опеляк М., Комста Г. Поверхневе руйнування та зміцнення матеріалів. – Львів: Євросвіт, 2005. – 384 с.
2. 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.
3. Пашечко М.И., Голубец В.М., Чернец М.В. Формирование и фрикционная стойкость эвтектических покрытий. К.: Наук. думка, 1993.-344 с.

4. **БабейЮ.И.** Физические основы импульсного упрочнения стали и чугуна. – К.: Наук. думка, 1988.–240 с.

5. **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.

6. **Пашечко М.І.,** Башинський О.І., Бережанський Т.Г.: Покращення механічних характеристик евтектичних покриттів системи Fe-Mn-C-B-Si легованих Cr для підвищення зносостійкості пожежної техніки та обладнання // Пожежна безпека: збірник наукових праць №24, 2014, с. 116-119.

References:

1. **Pashechko, M. I.,** Chernets, M. V., Oplyak M., Komsta G. (2005) Poverkhneve ruynuvannya ta zmitsnennya materialiv [Surface destruction and strengthening materials], Ewrosvit, Lvov, Ukraine.

2. **Chernets M., Pashechko M., Nevchas A.** (2001) Metody prognozuvannya ta pidvushchennya znosostijkosti trybotekhnichnykh system kovzannya. T.2. Poverkhneve zmitsnennya konstrukcijnukh materialiv trybosystem kovzannya. V 3-kh tomakh. [Methods for predicting and improving the durability of sliding tribotechnical. Vol.2. Surface hardening of structural materials tribosystems slip. In three volumes], Kolo, Drohobych, Ukraine.

3. **Pashechko M.,** Golubets V., Chernets M. (1993) Formirovanie i friktsionnaja stojkost evtekticheskikh pokrytij [Formation and frictional resistance of eutectic coatings], Naukova dumka, Kyiv, Ukraine.

4. **Babej Yu.** (1988) Fizicheskiy osnovy impulsnogo uprochneniya stali i chuguna [Physical basis of impulse hardening of steel and cast iron], Naukovadumka, Kyiv, Ukraine.

5. **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.

6. **Pashechko M.,** Baschynskij O., Berezhanskyj T. (2014) “Improving mechanical properties of coatings eutectic Fe-Mn-C-B-Si alloyed Cr for fire improving the durability of equipment and machinery” *Zbirnyk naukovykh prac “Pozhezhna bezpeka”* vol. 1, no. 25, pp. 116-119.

