

С. В. Федорчук, старш. викладач,
А. О. Корнієнко, канд. техн. наук, старш. наук. співроб.,
В. В. Жигинас

СТРУКТУРА КОМПОЗИЦІЙНИХ ЕЛЕКТРОЛІТИЧНИХ ПОКРИТТІВ З ЕВТЕКТИЧНИМ НАПОВНЮВАЧЕМ, РОЗРОБЛЕНИХ ДЛЯ РОБОТИ ПРИ ПІДВИЩЕНИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Національний авіаційний університет

Проведено дослідження структури, розподілу елементів та зміни мікротвердості ділянок: матриця – перехідна зона – включення для композиційних електролітичних покриттів на основі нікелю. В якості наповнювача композиційних покриттів використано розроблений для роботи при підвищених температурах зносостійкий евтектичний сплав

Постановка завдання. Одним з перспективних методів поверхневого зміцнення деталей вузлів тертя покриттів є нанесення композиційних електролітичних покриттів (КЕП) [1]. Проте, існуючі сьогодні КЕП не задовольняють постійно зростаючі вимоги до них при експлуатації відповідних вузлів тертя механізмів в умовах динамічних навантажень, активного впливу корозійних середовищ і особливо підвищених температур. Одним з ефективних шляхів отримання матеріалів з високою жароміцністю і зносостійкістю є створення композицій на металевій основі, зміцненій тугоплавкими боридами і карбідами із використанням евтектичної реакції між ними, оскільки висока жаростійкість і жароміцність визначається їх структурно-фазовим складом. В роботі [2] показано, що такі фази проникнення, як TiB_2 , CrB_2 і VC характеризуються хімічною сумісністю, міцним зв'язком і знаходяться в стійкій рівновазі при підвищених температурах (до $0,9T_{пл}$) з металевою основою, близькою за складом до сталі 12X18H9T. Такі сплави здатні працювати у навантажених вузлах тертя при одночасному впливі хімічно-активного середовища, високих температур при відсутності мащення.

Тому в роботі була поставлена задача – розробити композиційні електролітичні покриття зміцненні евтектичним наповнювачем для роботи при підвищених температурах і дослідити структурний стан таких покриттів.

Методика експерименту. Композиційні електролітичні покриття одержували зарощуванням електролітичним нікелем порошків евтектичного сплаву спеціально розробленого для роботи при підвищених температурах [3] на горизонтальному катоді при імпульсному

переміщуванні електроліту і густині струму від 5 до 10 А/дм², РН 3–4, при температурі електроліту 25–40°C. Покриття наносили на призматичні зразки розміром 70×10×5 мм із сталі 45. Розмір частинок наповнювача 50–80 мкм. Термічна обробка зразків з покриттям проводилась шляхом вакуумного відпалу за температур 950 °С і 1250 °С. Дослідження мікроструктури виконували за допомогою оптичного мікроскопа NEOPHOT 21 та мікроскопу електронного растрового з системою енергодисперсійного мікроаналізу РЕМ-106І. Мікротвердість визначали на приладі ПМТ-3. елементний склад аналізувався за допомогою енергодисперсійного спектрометра «Link 860/500» фірми «Link» (Англія).

Результати досліджень. Структуру КЕП нікель-евтектичний сплав наведено на рис. 1.

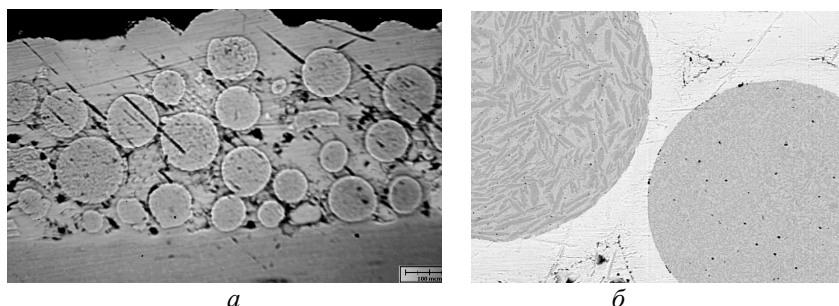


Рис. 1. Структура КЕП нікель-евтектичний сплав: *a* – × 100; *б* – × 600

Покриття представляє собою нікелєву матрицю з включеннями частинок евтектичних порошоків. Оскільки частинки евтектичного порошку є електропровідними отримані покриття характеризуються незначною пористістю до 5%.

Попередньо проведені дослідження показали невисоку зносостійкість даних покриттів, оскільки дані покриття у вихідному стані мають низьку адгезію до підкладки і низьку когезію в покритті через наявні пори (рис. 1, *a*) та відсутність взаємодії між матрицею та наповнювачем (рис. 1, *б*), що обумовлює викришування частинок наповнювача при випробуваннях.

У зв'язку з цим, доцільним є проведення термічної обробки КЕП шляхом відпалювання зразків з покриттям.

Було обрано два температурні режими: 1 – в режимі без опалення за температур 950 °С, що складає 0,8 $T_{\text{пл}}$ евтектичних порошоків

(витримка 30 хв і охолодження з піччю); 2 – в режимі з оплавленням за температур 1250 °С (витримка 30 хв і охолодження з піччю).

Після термічної обробки (ТО) за температур 950 °С на межі частинка – матриця зникає чітка межа поділу фаз (рис. 2), відбувається перекристалізація евтектики, за рахунок чого кристали евтектики різних порошинок мають однаковий розмір (рис. 2, б).

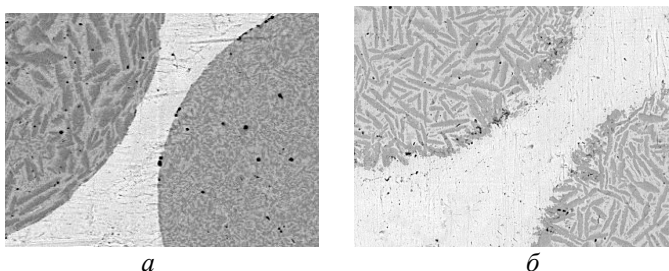


Рис. 2. Структура КЕП нікель-евтектичний сплав, $\times 1000$: а – без ТО; б – після ТО в режимі без оплавлення за температур 950° С

Результати дослідження хімічного елементного складу покриття (табл. 1), які проводили рентгеноспектральним методом, показали, що при температурній обробці відбувається зміна хімічного складу компонентів покриття за рахунок взаємної дифузії між включенням та матрицею та структурно-фазових перетворень. Так, між включенням та матрицею утворюється перехідна зона з більшим вмістом Ti, Cr та Fe у порівнянні з хімічним складом ділянки покриття на межі матриця – включення без ТО, при цьому, суттєвих змін у хімічному складі включення не спостерігається.

Таблиця 1

Хімічний склад КЕП

Елемент, %	Матриця			Перехідна зона			Включення		
	без ТО	ТО 950°С	ТО 1250°С	без ТО	ТО 950°С	ТО 1250°С	без ТО	ТО 950°С	ТО 1250°С
Ti	0,08	0,09	0,14	0,10	0,17	0,19	0,24	0,23	0,21
Cr	0,03	2,9	12,1	0,67	8,3	22,11	26,91	28,63	23,09
Fe	0,44	8,37	35,05	1,72	33,68	47,02	63,03	61,71	51,01
Ni	99,45	88,64	52,71	97,51	57,85	30,68	9,82	9,43	25,69

При термічній обробці за температур 1250 °С покриття повністю оплавляється (рис. 3), але в структурі покриття можна виділити ділянки

за різним хімічним складом (табл. 1), які умовно можна вважати матрицею, включенням та перехідною зоною.



Рис. 3. Структура оплавленого КЕП після ТО 1250°C, × 200

Проведення термічної обробки дозволяє зміцнити матрицю. Так замірювання мікротвердості в різних зонах покриття перед та після термічної обробки показали (табл. 2), що при термічній обробці мікротвердість нікелевої матриці підвищується за рахунок легуванням матриці елементами джерелом яких є включення, а також рекристалізації нікелю. При цьому утворюється перехідна зона між матрицею та включенням з підвищеною мікротвердістю $H_{\mu}=4,5-5,5$ ГПа. Мікротвердість включень після термічної обробки зменшується, оскільки вже за температури 950 °С відбувається перекристалізація евтектичного сплаву (див. рис. 2 а, б), а за температури 1250 °С відбувається повне оплавлення покриття з утворенням евтектики, в проміжках якої знаходиться твердий розчин заліза та нікелю.

Таблиця 2

Мікротвердість КЕП, ГПа

Режим ТО	Без ТО	ТО 950°C	ТО 1250°C
Матриця	3,0–3,2	3,3–4,0	4,0–4,7
Включення	8,1–8,9	6,7–7,5	6,0–6,5

Висновки. Проведення термічної обробки композиційних покриттів системи нікель – евтектичний сплав в режимах без оплавлення та з оплавленням суттєво змінює структуру та елементний склад ділянок покриття: матриця – перехідна зона – включення. Використаний евтектичний наповнювач є спеціально розроблений порошок для роботи при підвищених температурах. Необхідність проведення термічної обробки обґрунтовується необхідністю під-

вищення механічних властивостей матриці, підвищенням адгезії та когезії. Крім того, оскільки дані покриття розроблені для роботи при підвищених температурах, то проведення термічної обробки за температур вищих ніж прогнозовані робочі температури вузлів тертя, де планується використання зазначених покриттів, сприяє уникненню неконтрольованих структурних перетворень всередині покриття при дії робочих температур.

Наступним етапом роботи стануть дослідження триботехнічних властивостей композиційних покриттів системи нікель – евтектичний сплав за кімнатних і, особливо, підвищених температур.

Список літератури

1. *Кіндрачук М.В.* Експериментально-аналітичні дослідження триботехнічних характеристик покриттів матрично-наповненого типу / М.В.Кіндрачук, М.В.Лучка, А.О. Корнієнко // Проблеми трибології. – 2005, № 2, – С. 74–80.

2. *Кіндрачук М.В.* Вплив структури евтектичних плазмових покриттів на їхні триботехнічні властивості в широкому діапазоні температур / М.В.Кіндрачук // Фізико-хімічна механіка матеріалів. –№4. –С.66–71.

3. Пат. 27849 Україна, МПК С23С 8/02. Зносостійкий сплав / В.С. Панарін, М.В. Кіндрачук, Джамаль Ібрагим Мансур, С.В. Федорчук, В.В. Погоріла. Заявл. 21.08.07; Опубл. 12.11.07, Бюл. №11, 2007.

Федорчук С.В., Корниенко А.А., Жигинас В.В. **Структура композиционных электролитических покрытий с эвтектическим наполнителем, разработанных для работы при повышенных температурах** / Проблеми тертя та зношування: наук.-техн. зб. – К.: НАУ, 2011. – Вип. 56. – С.206–210.

Проведены исследования структуры, распределения элементов и изменения микротвердости участков: матрица - переходная зона - включение для композиционных электролитических покрытий на основе никеля. В качестве наполнителя композиционных покрытий использован разработанный для работы при повышенных температурах износостойкий эвтектический сплав

Рис. 3, табл. 2, список лит.: 3 наим.

Fedorchuk S.V., Kornienko A.O., Zhiginas V.V. **Structure of composite electrolytic coatings with eutectic filler designed for operation at elevated temperatures**

The investigations of structure, elements distribution and microhardness of areas: matrix-transition zone-particle of composite electrolytic nickel-based coatings are carried out. As a filler of composite coatings the powder of wear proof eutectic alloy designed for operation at elevated temperatures is used.

Стаття надійшла до редакції 31.10.2011