

## **«Розробка науково-технологічних основ формування концентрованими джерелами енергії евтектичних покриттів триботехнічного призначення із нанокристалічною структурою градієнтного типу»**

### ***Основні наукові результати***

Розроблено модель композиційного матеріалу та схему навантаження; – досліджено напружено-деформований стан композиції, що виникає при поздовжньому зсуві та стиску; – встановлено за допомогою термодинамічного аналізу взаємодії покриття з киснем основні закономірності окислення евтектичних покриттів на основі сталі 12Х18Н9Т з тугоплавкими фазами боридів титану (TiB<sub>2</sub>), хрому (CrB<sub>2</sub>), карбіду ванадію (VC); – досліджено структурно-фазовий стан евтектичних покриттів на основі заліза з тугоплавкими карбідами і борідами які формуються при використанні концентрованих джерел енергії (струми високої частоти, плазма, лазер); – визначені мікро- і макровластивості покриттів на основі заліза з тугоплавкими карбідами і борідами в залежності від умов їх формування; – встановлено зв'язок структури та фазового складу евтектичних покриттів на основі заліза з їх триботехнічними властивостями; – досліджено структури та фізико-механічні властивості плазмових покриттів, оплавлених променем лазера; – досліджено структури і властивості покриттів після термоциклічної обробки;

– досліджено структури і властивості плазмових покриттів після дискретної обробки лазером; – виконані дослідження зносостійкості плазмових покриттів після оплавлення, термоцикування та дискретної обробки лазером та встановлено закономірності залежності триботехнічних властивостей даних покриттів в залежності від їх структури та технологічних режимів нанесення;

– на основі узагальнення результатів дослідження та проведених порівняльних випробувань запропоновано області практичного використання евтектичних покриттів на залізній основі покриттів та приведено технологічні рекомендації до створення покриттів з оптимальними триботехнічними властивостями.

Достовірність отриманих результатів забезпечується великим обсягом досліджених матеріалів, аналітичними та чисельними розрахунками (напружено-деформованого стану, термодинамічних розрахунків), великим обсягом експериментальних результатів, які отримані з використанням сучасних методів, матеріалів, методик та обладнання (хімічного аналізу, вимірювання мікротвердості, металографічного, мікрорентгеноспектрального, рентгеноструктурного аналізів). Достовірність ґрунтується на співпадінні розрахункових результатів по визначенню напружено-деформованому стану та зносостійкості. Зроблені висновки узгоджуються з сучасними уявленнями матеріалознавства, трибології та фізики міцності. Про їх актуальність та новизну свідчать отримані патенти та захищені дисертації.

### ***Практична цінність***

Результати досліджень можуть бути впроваджені в виробництво для відновлення деталей машин машинобудівної, авіабудівної, енергетичної галузей, а саме: лопатки турбін, вали насосів, запорна арматура тощо. Розроблено та оптимізовано склад евтектичних покриттів на основі сталі 12Х18Н9Т з тугоплавкими фазами боридів титану (TiB<sub>2</sub>), хрому (CrB<sub>2</sub>), карбіду ванадію (VC) з підвищеними триботехнічними властивостями за рахунок керування конструкцією та структурою покриттів, що працюють в умовах тертя ковзання без мастила. Практичне застосування результатів досліджень підтверджено актом виробничих випробувань, що проведені на Термогальванічному заводі (м. Київ).

Отримано 3 патенти:

1. Патент 19551 Україна, МПК С23С 8/02. Спосіб комбінованої лазеро-хімічної обробки матеріалів. Н.В. Іщук, В.М. Писаренко, М.В. Кіндрачук, Л.Ф. Головка. Заявлено 04.07.2006; Опубл. 15.12.2006, Бюл. №12, 2006;

2. Патент 25412 Україна, МПК С23С 8/02. Спосіб отримання зносостійких азотованих шарів. М.В. Кіндрачук, Н.В. Іщук, В.М. Писаренко, Л.Ф. Головка, Мутхі Собхі Яхья. 3. Заявлено 22.03.2007; Опубл. 10.08.2007, Бюл. №12, 2007;

3. Патент 27849 Україна, МПК С23С 8/02. Зносостійкий сплав. В.Є.Панарін,

М.В.Кіндрачук, Джамаль Ібрагим Мансур, С.В.Федорчук, В.В. Погоріла. Заявлено 21.08.2007; Опубл. 12.11.2007, Бюл. №11, 2007.

Окрім того, подано 5 заявок на патенти.

Розроблені евтектичні сплави на основі заліза, порівняно із серійними на нікелевій основі, характеризуються комплексом практично цінних експлуатаційних характеристик, зокрема технологічністю, не дефіцитністю, жароміцністю, корозійною стійкістю, підвищеними триботехнічними властивостями в широкому діапазоні температур.

Розроблені евтектичні матеріали впроваджені на Житомирському ремонтно-механічному заводі та на Термогальванічному заводі (м. Київ).

#### **Перелік основних наукових публікацій, доповідей на конференціях, семінарах**

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

2. Формування зносостійких композиційних електролітичних покриттів зміцнених наночастинками SiC // Кіндрачук М.В., Корнієнко А.О., Лучка М.В., Замора Я.П. // Металознавство та обробка металів. – 2005. № 2. С. 3-8.

3. Градієнтні покриття триботехнічного призначення на основі нікелю з макро- та наночастинками // Кіндрачук М.В., Корнієнко А.О., Лучка М.В. Дереновська Н.О. // Технологічні системи. – 2005. № 2 С. 73-77.

4. Трибоинженерия композиционных электролитических покрытий градиентного типа // Кіндрачук М.В., Корнієнко А.А., Лучка М.В., Замора Я.П. // Материали международной конференции „Современные материаловедение: достижения и проблемы – MMS 2005” 26-30.09.2005.

5. Кондратюк С.С., Бялік О.М., Черненко В.С. Структурний аналіз металів і сплавів – К.: Політехніка, 2006. – 411с.

6. Напружено-деформований стан композиційного матеріалу, навантаженого силами тертя та температурою // М.В. Кіндрачук, А.О. Корнієнко, С.В. Федорчук, О.В. Тісов // Проблеми трибології. –2006. – № 1. – С. 153-157.

7. Формування метастабільності та триботехнічних властивостей евтектичних покриттів термоциклічною обробкою / Кіндрачук М.В., Мансур Д.І., Корнієнко А.О // Металознавство та обробка металів. –2006. – № 2. – С. 33-38.

8. Формування напружено-деформованого стану та нестационарних термічних полів у композиційному матеріалі при терті // С.В. Федорчук, А.О. Корнієнко, О.В. Тісов // Матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції „АВІА-2006”, том 3. – Київ. – 25-28.09.2006.

9. Кіндрачук М. В., Яхья М. С., Скалига М. М., Тісов О. В. Аналітичні залежності ефективної межі текучості композиційних покриттів, навантажених силами тертя // Проблеми тертя та зношування. – 2007. – Вип. №47. – С. 19-25.

10. Дворук В. І., Герасимова О. В. Вплив структурного стану на абразивне руйнування сталі.// Проблеми тертя та зношування. – 2007. – Вип. №47. – С. 82-94.

11. Лопата Л. А., Кіндрачук М. В, Лабунец В. Ф., Кульжский В. Н. Восстановление и упрочнение быстроизнашивающихся деталей электроконтактным припеканием порошковых материалов.// Проблеми тертя та зношування. – 2007. – Вип. №47. – С. 173-181.

12. Медведева Н. А., Медведев О. О. Влияние параметров электроконтактного упрочнения на физико-механические свойства напыленных износостойких покрытий. // Проблеми тертя та зношування. – 2007. – Вип. №47. – С. 182-187.

13. Панарин В. Е., Кіндрачук М. В., Мансур Д. И., Погорелая В. В. Исследование триботехнических характеристик электроискровых покрытий из эвтектического сплава на основе железа// Проблеми тертя та зношування. – 2007. – Вип. №47. – С. 207-216.

14. Кіндрачук М. В., Кульгавый Э. А. Трибологические процессы в гетерогенных системах.// Проблеми тертя та зношування. – 2007. – Вип. №48. – С. 39-53.

15. Лопата Л. А., Кульжский В. М., Герасимова О. В., Парайко Ю. И. Получение износостойких покрытий электроконтактным припеканием.// Проблеми тертя та зношування. – 2007. –

Вип. №48. – С. 154-163

16 Кіндрачук М.В., Яхья М.С., Герасимова О.В., Ішук А.В. Поверхнєве зміцнення сталей нанесення дискретних азотованих шарів // Технологічні системи. - 2007. - № 1.- С. 45-49.

17 M. Kindrachuk, A. Dukhota, V. Labunets, A. Kryzhanovskiy. Fretting corrosion and fatigue, strength of titanium alloys / AVIATION-2007 ABSTRACTS of the International Conferences. –Held on April 18, 2007. Vilnius Lithuania. –S 17-18.

18 Напружено-деформований стан дискретно оброблених лазером сталей під час контактної взаємодії // М.В. Кіндрачук, М.С. Яхья, С.В. Федорчук // Матеріали VIII Міжнародної науково-технічної конференції „Авіа-2007”, том 2. – Київ – 25-27.04.2007. – С. 32.27.-32.31.

19 Использование метастабильных состояний в формировании триботехнических свойств эвтектических сплавов на основе железа // М.В. Кіндрачук, Д.І. Мансур, Н.В. Ішук // Матеріали VIII Міжнародної науково-технічної конференції „Авіа-2007”, том 2. – Київ – 25-27.04.2007. – С. 32.23-32.27.

20 Вплив структурного фактора на абразивне руйнування металів // В.І.Дворук, О.В. Герасимова, І.М. Гаврик // Матеріали VIII Міжнародної науково-технічної конференції „Авіа-2007”, том 2. – Київ – 25-27.04.2007. – С. 32.39-32.41.