

Лучка М.В.,*
Дерев'янку О.В.,*
Кіндрачук М.В.,**
Корнієнко А.О.,**
Лобурак В.Я.**

*Інститут проблем матеріалознавства
 НАН України ім. І.М. Францевича,
 **Національний авіаційний університет,
 м. Київ, Україна
 E-mail: ipms@ukr.net

**РОЛЬ АДГЕЗІЇ КОМПОНЕНТІВ,
 ЛОКАЛІЗАЦІЇ НАПРУЖЕНЬ
 І ДЕФОРМАЦІЙ В КОНСОЛІДАЦІЇ
 ГРАДІЄНТНИХ ГАЛЬВАНОПОРШКОВИХ
 ПОКРИТТІВ ТА ЇХ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ
 ЗА КРИТИЧНИХ УМОВ
 ТРИБОНАВАНТАЖЕННЯ**

УДК 621.891

Досліджено роль адгезії компонентів, локалізації напружень і деформацій в працездатності за критичних умов трибонавантаження спечених градієнтних гальванопорошкових покриттів. Встановлено, що характеристики покриттів залежать від їх підготовки, концентрації електроліту, щільності струму та часу нанесення покриття. Оптимальна товщина шару покриття (120 - 150 мкм) досягається за густини струму 2,5 - 3 кА/м². Вивчені умови отримання композиційних матеріалів за участю алмазоподібних плакованих порошоків електророзрядним спіканням. Показано, що основним впливовим фактором є густина струму та швидкість нагрівання. Встановлено, що оптимальні властивості композиційного матеріалу досягаються при дії струму густиною $8,28 \times 10^6$ А/м² та загальному часу процесу спікання, що не перевищує 120 с. Досліджені властивості композиційних матеріалів показали, що інструменти з розроблених композиційних ріжучих елементів можуть бути використані для обробки граніту та мармуру. При цьому працездатність композиційних матеріалів, виготовлених із плакованих алмазних надтвердих макropорошків, вища, ніж у матеріалів, виготовлених із суміші порошоків кобальту і алмазів.

Ключові слова: адгезія компонентів, локалізація напружень, гальванопорошкові покриття, трибонавантаження.

Вступ

Минуле тисячоліття завершилося бумом у дослідженні сотнями вчених і практиків процесів нанесення і, нерідко невдалою спробою, заміни у виробництві відомих захисних і відновних покриттів композиційними електролітичними покриттями (КЭП). Апогею досягла і хіміко-термічна обробка (ХТО) сталі і сплавів, що дозволила вирішити ряд конкретних завдань. Зокрема це підвищення експлуатаційних властивостей трибоузлів, що працюють у відносно легких, стаціонарних умовах тертя ковзання і за вдалого конструктивного підбору пари тертя (типу "сталь - покриття - бронза, сталь".

За тяжких умов тертя, близьких до критичних, коли можлива втрата стійкості трибосистеми, вдалим є комбінування цих двох простих і здавалося надійних методів хіміко - термічної обробки композиційних електролітичних покриттів (ХТО КЭП), створення поверхневих гетерогенних шарів з наявних на той час металокерамічних кисневмісних і безкисневих тугоплавких сполук. Це стало предметом узагальнення, шляхом удосконалення технології і спеціалізованого устаткування, що забезпечили отримання гібридних макро-, мікро- і нанонаповнених дифузійних легованих і евтектичних плавлених комбінованих ХТО КЭП [1], працездатних за критичних умов тертя.

Постановка завдання

Однією з основних причин недостатньої ефективності роботи абразивного інструмента є неповне використання ресурсу роботи окремих дрібних алмазоподібних ріжучих елементів, наприклад алмазних зерен, порошоків тугоплавких сполук. Це відбувається за рахунок слабого зчеплення їх поверхні із матеріалом зв'язки, слабого утримання розкритих ріжучих елементів і їх подальшого випадіння. Цю ситуацію можна змінити за рахунок нанесення покриття на ріжучі елементи, зокрема на алмазні зерна.

Відомі сучасні процеси гальванопорошкового зміцнення з метою захисту та відновлення виробів в процесі електрохімічного виробництва і спікання порошкових матеріалів з композиційними електролітичними покриттями (КЭП), зокрема формуванням гальванопорошкових покриттів на катоді з електролітів, електролітичних осадів що містять порошки дихориду хрому, з наступним високотемпературним спіканням [2].

Головним недоліком такого методу композиційного плакування є неможливість здійснення процесу нанесення покриття на непровідні матеріали майбутніх ріжучих елементів. Неможливо виключити контактування елементів у зв'язці до і в процесі спікання.

З метою вирішення проблеми було розроблено спосіб плакування елементами групи заліза із простих солей, шляхом розкладання їх на поверхні непровідних ріжучих елементів і наступне високо-температурне спікання, що є можливим з використанням відомого гідрометалургійного методу [3] в автоклаві та потребує підвищеного, біля десятків і сотень атмосфер тиску, та довготривалого проведення процесу. Так, для отримання шару покриття кобальтом товщиною 0,1 мм потрібно не менше 10 годин.

Більш прогресивним способом є створення провідних покриттів шляхом металізації поверхні алмазоподібних порошкових і дрібних ріжучих елементів завдяки використанню методу електронно-променевого нагрівання та розпилення металу у вакуумі. [4]. Даний процес ефективний для створення, наприклад, на алмазних зернах тонких електропровідних шарів карбідоутворюючих металів, зокрема хрому, титану. Але після застосування цього методу обмежено вибором карбідоутворюючої зв'язки а металізовані абразивні зерна не завжди можуть бути придатними для подальшого безпосереднього застосування з метою консолідації спіканням.

На даний час найбільш технологічним для виготовлення алмазно - абразивного інструменту є використання абразиввміщуючих гранул [5], які містять у собі алмазне зерно з металевим шаром, у вигляді адгезійно-активної та міцної металевої (Mo, W) оболонки поверх в'язкого підшару на основі Ti, Ст. Але це вимагає значних затрат технологічного часу і використання складного, високотемпературного вакуумного і пічного обладнання. Також мала електропровідність утвореного шару карбонітриду TiCN на поверхні металізованих зерен суттєво знижує ефективність процесу електрохімічного плакування з метою отримання гранул. Після низького за продуктивністю процесу спікання абразивного інструменту, отримують недостатньо якісний і низький за зносостійкістю та довговічністю виріб.

Мета роботи

Розробити спосіб композиційної металізації і консолідації непровідних елементів абразивного інструменту, який забезпечує потрібний рівень електропровідності поверхні ріжучих елементів, шляхом застосування гальванічного методу плакування та подальшої консолідації спіканням під дією електричного струму.

Методика експерименту

На початковій стадії ріжучі елементи піддаються металізації в попередньо приготовлених методом механоактивації аморфізованих сумішах. Ця операція сприяє утворенню металізованих ріжучих елементів з адгезійноактивним електропровідним прошарком із тугоплавких сполук титану і хрому з вивільненими неметалами, наявними на контактній поверхні абразивних компонентів [6].

Процес підготовки суміші проводили при температурах 40 - 80 °С протягом 20 - 30 хв. Металізацію здійснювали протягом 2 - 5 хв у попередньо приготовлених в планетарному млині АР-015М пластичних нанопорошкових сумішах сплаву титану і хрому, масова доля яких складає: хрому від 20 мас. % до 80 мас. %, решту - титан.

Наступна стадія це градієнтне гальванопорошкове плакування, яке проводять комп'ютеризованим електрохімічним методом відповідно до [7] та спікання [8].

Для проведення досліджень використовувалася установка для електророзрядного спікання (ЕРС) ЕРАН 2/1. Загальна блок - схема установки приведена на рис. 1. Для досліджень використовували експериментальний модуль, який відтворював елементарну комірку композиційного матеріалу (КМ) із наповнювачем у вигляді плакованих твердих включень, часто оточених під час консолідації рідким прошарком розплавленого металу.

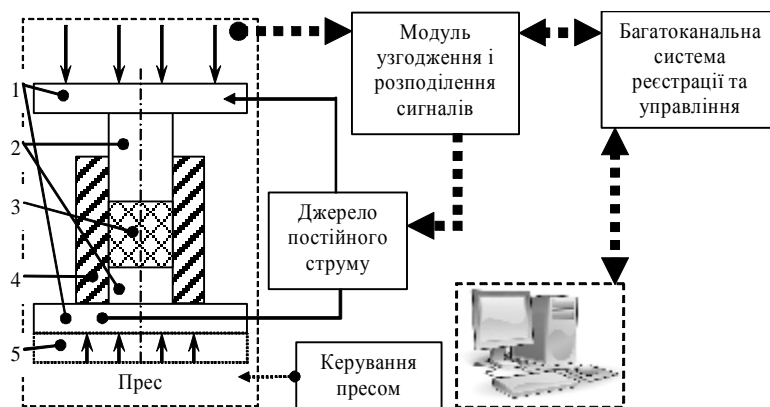


Рис. 1 – Блок-схема допрацьованого устаткування на базі ЕРАН 2/1 [9]:
 1 – струмопідводні плити; 2 – електроди-пуанسونи з високоміцного графіту;
 3 – оброблювана порошкова суміш; 4 – матриця прес-інструмента з високоміцного графіту;
 5 – блок механічного підпресування преса

У частині комп'ютерної програми де відбувається формування технологічного завдання, оператор - технолог вводить параметри режиму роботи, а пристрій керування на базі АЦП-ЦАП забезпечує виконання.

Програмна частина за своєю суттю є оригінальне рішення на базі математичних формулювань, які забезпечують керування електричним сигналом як за лінійним, так і за квадратичним законом, і об'єднані єдиним графічним інтерфейсом користувача [14]. Розробка призначена для роботи у всіх сімействах операційних системах Microsoft, що дозволяє використовувати як сучасне, так і досить застаріле комп'ютерне обладнання (починаючи із сімейства процесорів тактової частоти 300 МГц), що може бути використане у виробничих умовах цехів.

Під час роботи прес - форма завжди розташовувалася на нижній струмопідводній плиті преса установки і підпресовувалася під невеликим тиском за допомогою компонентів пристрою для підпресовки для забезпечення надійного електричного контакту за проходження електричного струму. Через вузол спікання пропускався електричний струм. У якості дослідних матеріалів - складових елементарної комірки було взято плакований кобальтом порошок, гранули з котрого оплаваються під час спікання. Були визначені технологічні режими проведення досліджень. Повний час експерименту складав до 120 с, густина електричного струму крізь графітову матрицю складала $8,28 \times 10^6$ А/м². Час експерименту визначився виходячи з практичних міркувань та умови, що усадка порошкової композиції практично закінчується. Температура спікання КМ контролювалася за допомогою хромель - алюмелевої термопари (на схемі не позначена) і сягала на поверхні зразка близько 800 °С. Тиск підпресовки при ЕРС в графітовій прес-формі підтримувався на рівні, котрий забезпечував надійний електричний контакт між складовими модуля КМ і компонентами порошкової композиції та становив 60 МПа.

Результати

На рис. 2 представлені рентгенівські дифрактограми порошоків суміші титану і хрому, до (1) і після 25 хвилин обробки (2) синтезованої в планетарному млині. Видно, що на лінії 2 при атомному співвідношенні маси хрому до титану 20 : 80 та 50 : 50. Лінії титану, що відповідають площинам відбиття (101) (002) і (100) для α -Ті для складів Ti20Cr80 і Ti50Cr50 зникають, що свідчить про повну аморфізацію титану, а рентгенівські рефлекси для Cr сильно розмиті і зміщені у бік менших кутів. Розмір зерен хрому, в суміші, що отримують механохімічним синтезом при помелі суміші порошоків титану і хрому протягом 25 хв, розрахований по формулі Шерера, відповідає 20 - 30 нм.

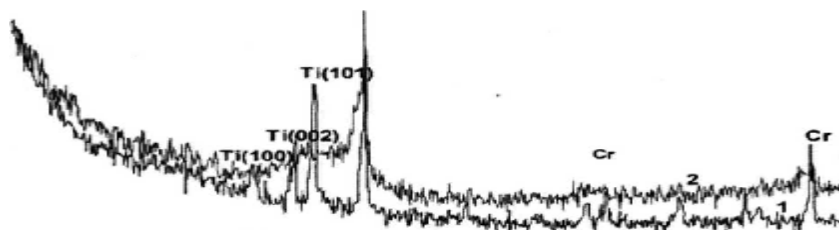


Рис. 2 – Дифрактограма порошоків хрому і титану у атомному співвідношенні маси хрому до титану 50 : 50 %:
1 – до обробки;
2 – після 25 хвилин обробки

Електропровідність отриманого прошарку є достатньою для проведення електрохімічного плакування, створення електропровідного шару гальванічного осадку на непровідних елементах абразивних інструментів і подальшої їх консолідації.

Плакування алмазних і надтвердих макропорошків гальванічним методом нікелювання і кобальтування із стандартних хлористих електролітів за густині струму 2,5 - 3 кА/м². Оптимальна товщина шару покриття (120 - 150 мкм) досягається за часу нанесення покриття 12 год. Вивчені умови отримання композиційних матеріалів за участю алмазоподібних плакованих порошоків електророзрядним спіканням. Показано, що основним впливовим фактором є густина струму та швидкість нагрівання. Встановлено, що оптимальні властивості композиційного матеріалу досягаються при дії струму густиною $8,28 \times 10^6$ А/м² та загальному часу процесу спікання, що не перевищує 120 с.

Дослідження на непровідних ріжучих елементах абразивних інструментів показало що алмазоподібний твердий матеріал, який обробляли протягом 2 хв у хромово - титановій суміші покриває абразив адгезійноактивною електропровідною плівкою, яка забезпечує:

- поліпшення керованості режиму нанесення металевої матриці;
- наповнення зв'язки, як мікро- так і нанорозмірним порошками;
- проведення гальванопорошкової металізації для значно більшої номенклатури абразивних зерен, зокрема тугоплавких сполук, алмазів, ріжучих поверхонь робочих елементів дрібних деталей абразивних інструментів;
- покращення умов кінцевої операції консолідації під дією електричного струму, зокрема отримання адгезійних властивостей і міцності утримання плакованих за методом КЕП [10] абразивних елементів;

- забезпечення рівномірності розподілу елементів в інструментальному сегменті після плакування;
- покращення міцності зчеплення поверхні абразивного зерна із оточуючою матрицею за рахунок утворених нових сполук на основі карбідів в адгезійному прошарку на непровідних абразивних зернах, за рахунок механохімічної активації в суміші порошку титану і хрому;
- забезпечення потрібної адгезії ріжучих елементів до металевої матриці КЕП, збільшену зносостійкість та продуктивність роботи готового інструменту.

Створення механоактивного прошарку і композиційного шару матриці із використанням процесу консолідації, здійснюється під безпосередньою дією електричного струму у графітових прес-формах. Використання процесу спікання за методом гарячого електроімпульсного пресування створює умови щодо дифузійного легування та евтектичного проплавлення під час фінішної операції хіміко-термічної обробки, утворенню адгезійноактивного прошарку тугоплавких сполук титану і хрому з вивільненими неметалами, наявними на контактній поверхні абразивних зерен із композиційним прошарком вглиб металічної матриці.

Таблиця 1

Поопераційна схема, режими процесу та характеристики спечених зразків

| № п/п операцій | Контрольовані параметри | Способи формування згідно з корисною моделлю | | | Найближчий аналог [2] | | |
|--|--|--|--------|--------|-----------------------|------|------|
| | | I | II | III | I | II | III |
| 1. Умови аморфізації порошку Сг-Ті методом обробки в планетарному млині | Швидкість обертання барабанів в планетарному млині | 400 | 1000 | 1840 | | | |
| | Відношення маси помольних шарів до маси порошку титану і хрому | 5 : 1 | 10 : 1 | 20 : 1 | | | |
| | Концентрація хрому, Сг, мас. %, Ті - решта: | 20 | 50 | 80 | | | |
| | Кількість порошку титану і хрому, г | 60 | 40 | 20 | | | |
| | Час обробки порошоків, хв | 1200 | 120 | 25 | | | |
| 2. Умови металізації непровідних елементів методом механоактивації | Швидкість обертання барабанів в планетарному млині | 400 | 1000 | 1840 | | | |
| | Відношення маси помольних шарів до маси непровідних елементів | 3 : 1 | 2 : 1 | 1 : 1 | | | |
| | Маса порошку Ті і Сг та непровідних елементів, г | 70 | 60 | 50 | | | |
| | Маса непровідних елементів, г | 10 | 20 | 30 | | | |
| | Час механохімічної активації, хв | 2 | 4 | 8 | | | |
| | Товщина адгезійного шару, мкм | 0,1 | 0,08 | 0,07 | 0,05 | 0,3 | 1,0 |
| 3. Умови гальвано-порошкового зміцнення та характеристика поверхневого шару | Склад електроліту: | | | | | | |
| | Хлорид кобальту (нікелю) кг/м ³ | 300 | 350 | 400 | | | |
| | Кислота борна: кг/м ³ * | 30 | 35 | 40 | | | |
| | Наповнювач: кг/м ³ | 2 | 20 | 200 | | | |
| | Температура, °С | 25 | 40 | 60 | | | |
| | Кислотність, рН | 3,0 | 3,5 | 4,0 | | | |
| | Режим електролізу: | | | | | | |
| | Тривалість імпульсу, мс | 10 | 200 | 600 | | | |
| | Пауза, мс | 10 | 200 | 600 | | | |
| | Ефективна густина струму, А/дм ² | 1 | 5 | 25 | | | |
| | Тривалість електролізу, хв. | 0,6 | 60 | 360,0 | | | |
| Товщина покриття на основі кобальту, мм | 0,60 | 0,75 | 1,0 | 1,2 | 1,8 | 2,20 | |
| Маса до шихтовки порошку кобальту для отримання в інструменті 200 % концентрації абразивних елементів, г | 1,4 | 1,25 | 1,0 | 2,8 | 2,2 | 1,8 | |
| 4. Тривалість імпульсу електророзрядного спікання, мс | 12 | 15 | 25 | 30 | 90 | 120 | |
| 5. Загальна тривалість формування інструменту, год | 1,5 | 2 | 0,8 | 3,0 | 8,0 | 12,0 | |
| 6. Властивості КМ з ріжучими елементами | Ударна міцність, Дж | 8,1 | 10,9 | 9,4 | 6,2 | 6,6 | 6,8 |
| | Руйнівне напруження при згинанні, МПа | 99,1 | 99,6 | 105,7 | 95,9 | 96,3 | 98,2 |
| | Відносна зносостійкість* | 91,6 | 85,9 | 93,1 | 71,6 | 75,9 | 83,1 |
| | Усереднена абразивна стійкість, г/см ² хв | 1,10 | 1,15 | 1,2 | 1,0 | 1,04 | 1,05 |

Дані, отримані за рахунок механоактивації ріжучих елементів абразивного інструменту, плакування і спікання та випробовування властивостей ріжучих елементів плакованого алмазомісткого чи спеченого тврдосплавного абразивного інструменту, наведені в табл. 1. Спосіб забезпечує необхідну зносостійкість за покращення міцності зчеплення поверхні ріжучих елементів із металевою матрицею, виключає їх контакт з сусідніми елементами зумовлюючи рівномірність розподілення в матриці, що сприяє покращенню працездатності абразивного інструменту.

Проведено дослідження процесу електророзрядного спікання композиційного матеріалу інструментального призначення при використанні в якості зв'язки алмазного інструменту [9].

У якості дослідних матеріалів - складових із метою отримання композиційного матеріалу інструментального призначення було взято – гранули (алмаз, покритий кобальтом) в якості твердого включення, зовнішній шар покриття кобальту (71 % Co) + порошок ПК-1 (16,5 %) [10], що заповнює простір між гранулами, в якості струмопровідної матриці, котра здатна плавиться. Ці дві складові композиції (поверхня плакованого алмазного порошку і порошок кобальту) мають достатню схильність до змочування (тобто адгезії) між собою, що є важливим для здійснення даних досліджень. Зовнішній вигляд прес - форми під час процесу спікання та після показано на рис. 3.

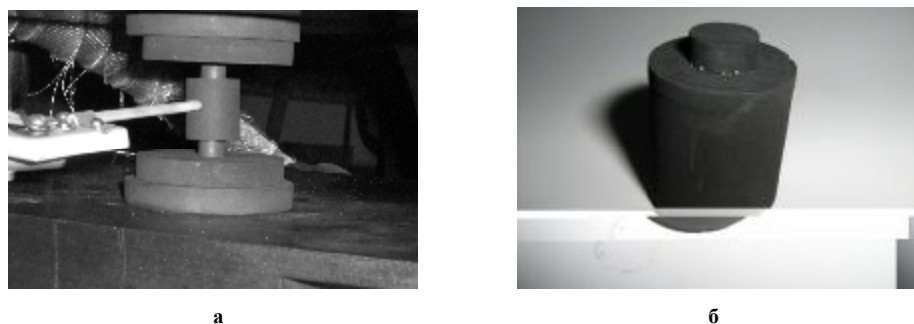


Рис. 3 – Зовнішній вигляд прес - інструменту:
а – до спікання;
б – після процесу спікання

Була виготовлена дослідна партія зразків при наступних параметрах: сила постійного струму 650 А, тиск підпресовки 60 МПа, температура спікання 800 °С, тривалість ізотермічної витримки при температурі спікання 120 с. Основний процес ущільнення композиційного порошкового матеріалу починається при температурі приблизно 400 °С і закінчується через 1,5 хв після початку процесу електророзрядного спікання (рис. 4).

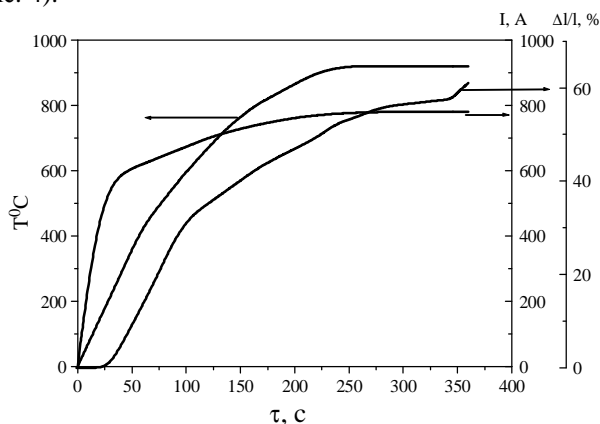


Рис. 4 – Залежність величини сили постійного струму, температури та ущільнення матеріалу зв'язки від часу спікання

Початок процесу інтенсивної усадки говорить про те, що в матеріалі, що формується, з'явилася рідка фаза (розплавлений кобальт), яка заповнює простір між частинками порошку

Під час обробки до порошкової суміші за допомогою електропровідних графітових пуансонів прикладають тиск величиною 60 - 80 МПа. Крім ущільнення порошкової суміші тиск необхідний також і для забезпечення належного електричного контакту під час обробки між частками порошкової суміші, а також із графітовими електродами-пуансонами. Найбільш бажаний продуктивний режим полягає у такому: після попередньої підпресовки порошкової суміші при подальшому незмінному підвищеному тиску величиною 60 - 80 МПа впродовж обробки на електропровідні пуансони одночасно подаються електричні струми: перемінний підвищеної частоти і постійний.

Основна усадка відбувається приблизно від 15 - ї до 50 - ї секунди спікання. При досягненні заданої температури зразок витримують ізотермічно протягом 60 - 100 с, після чого роблять охолодження до кімнатної температури.

В результаті досліджень отримано лабораторні зразки (циліндри) діаметром 10 мм і висотою 4,8 - 5,5 мм. Зовнішній вигляд одного із зразків, отриманих на установці для ЕРС, зображений на рис. 5. Видно, що після спікання гранули рівномірно розподілені по об'єму зразка.

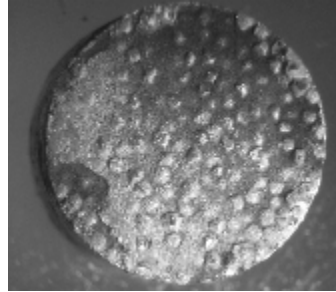


Рис. 5 – Зовнішній вигляд зразка після спікання під дією електричного струму

На це вказують верхні випуклі утворення (в полі мікроскопа), тобто частини гранул. Зразки виймали із прес - форми та готували до металографічних досліджень, проводилися очистка зразків від графіту (змазки, яка дозволяє вільно випресувати зразки із прес-інструмента після процесу спікання), вимірювання розмірів зразків та зважування. На основі результатів проведених досліджень розроблена технологічна схема одержання зразків консолідації ріжучих елементів інструменту, що вміщують плаковані порошки (рис. 6) для обробки різних нерудних матеріалів (наприклад, мармуру, граніту).



Рис. 6 – Схема отримання зразків із використанням ЕРС

Сутність дослідження в реалізації гіпотези про необхідність забезпечення кращих умов адгезійної взаємодії компонентів матричнонаповненої гальванопорошкової композиції за ХТО КЕП, які отримані в нестационарних умовах імпульсного електролізу і піддаються зміцнюючій термообробці в процесі дифузійного насичення матриці, відпалу або контактного плавлення компонентів КЕП у вакуумі, обробкою струмами НВЧ, концентрованими джерелами енергії Сонця, ОКГ.

Утворення при цьому адгезійної зони взаємодії структурних складових за ХТО КЕП можливе за рахунок перерозподілу напружень і прогнозованої їх локалізації на найбільш міцних компонентах (твердих і зносостійких включеннях тугоплавких сполук) або їх нейтралізації диссипативними елементами (як то, пластичною дисперсно зміцненою матрицею, дифузіонолегованою бором, хромом, алюмінієм Ni -, Со - матрицею), внаслідок чого має місце градієнтне зміцнення гальванопорошкових КЕП. Зрештою необхідна працездатність в умовах тертя близьких до критичним, в яких діючі градієнти концентрації напружень можуть компенсуватися відповідними структурними антиградистами, інакше будь-яка слабкіша ланка в структурі ХТО КЕП ініціюватиме втрату стійкості трибосистеми, сприятиме катастрофічному схоплюванню, виникненню мікротріщин, руйнуваннями у покритті поверхонь пар тертя.

Проведені в роботі модельні і розрахунково - експериментальні дослідження та опис напружено-деформованого стану композиційних матеріалів з використанням методів осереднення, пошарового аналізу і кінцевих елементів, стосовно представницької квадратної трансляційної комірки "матриця з включенням і з перехідною зоною взаємодії", дозволило усвідомлено конструювати і реально створювати технологічні процеси ХТО КЕП і реалізувати їх в практиці за допомогою компютеризованого устаткування, а також їх апробацію у виробництві.

Висновки

Досліджені умови плакування алмазних порошків методом КЕП. Встановлено, що характеристики покриттів залежать від концентрації електроліту, щільності струму та часу нанесення покриття. Оптимальна товщина шару покриття (120-150 мкм) досягається при густині струму 2,5 - 3 кА/м². Вивчені умови отримання композиційних порошків за участю плакованих порошків алмазів електророзрядним спіканням. Показано, що основним впливовим фактором є густина струму та швидкість нагрівання. Встановлено, що найбільш оптимальні властивості композиційного матеріалу досягаються при дії струму густиною $8,28 \times 10^6$ А/м² та загальному часу процесу спікання, що не перевищує 120 с. При цьому працездатність композиційних матеріалів для обробки граніту та мармуру, виготовлених із плакованих алмазних порошків, вища, ніж у матеріалів, виготовлених із суміші кобальту і алмазів. В результаті створено нову технологію консолідації непровідних ріжучих елементів абразивного інструменту шляхом механоактивації в аморфізованих сумішах, попередньо приготовлених у планетарному млині, та градієнтному гальванопорошковому зміцненню плакуванням електрохімічним методом механоактивованих ріжучих елементів і додаткового спікання під дією електричного струму.

Література

1. Лучка М.В. Науково практичні засади формування зносостійких композиційних покриттів методом гальванопорошкового градієнтного зміцнення для критичних умов тертя / Автореф. дис. ... д-ра. тех. наук.: 05.12.01 – матеріалознавство / Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М.Францевича. 2013. – 44 с.
2. Пат. (Україна) № 13683. – МПК C25O15/00.- Спосіб для отримання композиційних покриттів на основі нікелю // Гуслієнко Ю.О., Яненский В.Н., Лучка М.В. – Опубл. 25.04.97. – Бюл. № 16.
3. Гелейшвілі Т.П. Композиційні порошки гідрометалургійного виробництва. Технологія, властивості, застосування: Автореферат дис. д-ра тех. наук: 05.16.05 - порошкова металургія / Білоруск. республ. НПО ПМ. – Мінськ. 1989. – 56 с.
4. Найдич Ю.В., Колесниченко Г.А., Костюк Б.Д. Металізація порошків розпиленням металу за допомогою електронно-променевого нагрівання - Порошкова металургія, 1973, № 9, С.91-93
5. Патент США № 5224969, кл. В24О 11/00. Алмазні багаточарові покриття і спосіб їх нанесення. – 1993, Патент РФ № 2056993. – В 24 D 3/06. Спосіб виготовлення гранул алмазних частиц, гранула алмазної частици и способ изготовления алмазных сегментов // Роджер Матаррезе. – Опубл. – 27.03.96. Бюл. № 9.
6. Патент України № 70138. – МПК C25P 17/00 C25P 15/00. Спосіб композиційної консолідації непровідних ріжучих елементів абразивного інструменту // М.В Лучка., О.В. Дерев'янка, М.П. Сав'як. – Опубл. – 25.05.2012. – Бюл. № 10.
7. Патент України №30731. – МПК C25D 15/00 / Електролізер для нанесення композиційних електролітичних покриттів // Лучка М.В., Дерев'янка О.В., Корнієнко А.О та ін. – Опубл. – 11.03.2008. – Бюл. № 5.
8. Консолидация алмазсодержащих порошковых композиций под действием электрического тока / Дерев'янка А.В., Радченко А.И., Истомина Т.И., Ершова О.Г., Шлычок Е.Н. // Тезисы докладов международной конференции HighMatTech. Киев, Украина.- 19-23 октября 2009. С. 294.
9. Влияние вида электрического тока на спекание алмазсодержащих порошковых смесей / Дерев'янка А.В., Райченко А.И., Истомина Т.И., Лучка М.В., Ершова О.Г., Шлычок Е.Н. // Расширенные тезисы докладов VI Международной конференции "Стратегия качества в промышленности и образовании". – г. Варна, Болгария. - 4-11 июня 2010. С. 337-339.
10. Derev'yanko O.V., Luchka M.V., Shabalin I.L., Evdokimov V.O., Shlychok E.M. "The Composition Material on Basis of Diamond Powder, which Plated by Cobalt". Abstracts of 3rd International Congress on Ceramics, 4th International Symposium on Advanced Ceramics, Section 14: Advanced Engineering Ceramics and Composites – Osaka, Japan. – Nov. 14-18, 2010 – P.1241-01259.

Поступила в редакцію 25.12.2013

Luchka M.V., Derevjanko O.V., Kindrachuk M.V., Kornienko A.O., Loburak V.Ja. The role adhesion of components, localization of stresses and deformations is in consolidation of gradient galvanic powder - like coverages and their capacity at critical terms of triboloadings.

The influences of the components adhesion and the stresses and strains localization on durability under critical loading conditions for sintered gradient galvanic powder coatings are determined. It was established that the coating characteristics depend on surface preparation, electrolyte concentration, current density and time of processing. The optimum coating layer thickness (120 - 150 μm) is obtained with current density 2,5 - 3 kA/m^2 . The conditions of electrical discharge sintered diamond clad powder composite materials are investigated. It is shown that the current density and heating rate are main factors. The composite materials optimum properties are achieved by the action of a current density $8,28 \times 10^6 \text{ A/m}^2$ and sintering process general time that does not exceed 120 sec. The obtained properties of composites allow the using of cutting elements with developed composite materials for processing granite and marble. By the way the durability of sintered diamond clad powder composite materials is higher than the performance of material made of a mixture of cobalt and diamond powders. It is created the new technology of non-conductive abrasive tools cutting elements consolidation by a mechanical activation in medium of previously prepared in a planetary mill amorphized mixtures and the technology of gradient galvanic powder strengthening by an electro chemical cladding of mechanical activated cutting elements and additional sintering under electric current action.

Key words: adhesion of components, localization of stresses , galvanic powder-like coverages, triboloadings.

References

1. Luchka M.V. Naukovo praktichni zasady formuvannja znosostyjkijh kompozycijnyh pokryttiv metodom gal'vanoporoshkovogo gradientnogo zmecnennja dlja kritichnih umov tertja. Avtoref. dis. ... d-ra. teh. nauk.: 05.12.01 – materialoznavstvo. Institut problem materialoznavstva im. I.M.Francevicha. 2013. – 44 p.
2. Pat. (Ukraina) No 13683. MPK S25O15/00. Sposib dlja otrimannja kompozycijnyh pokryttiv na osnovi nikelju. Guslienko Ju.O., Janenskij V.N., Luchka M.V. Opubl. 25.04.97. Bjul. No 16.
3. Gelejshvili T.P. Kompozycijni poroshki gidrometalurgijnogo virobniictva. Tehnologija, vlastivosti, zastosuvannja: Avtoreferat dis. d-ra teh. nauk: 05.16.05 - poroshkova metalurgija. Bilorusk. respubl. NPO PM. Mins'k. 1989. 56 p.
4. Najdich Ju.V., Kolesnichenko G.A., Kostjuk B.D. Metalizacija poroshkiv rozpilennjam metalu za dopomogoj elektronno-promenevogo nagrivanja. Poroshkova metalurgija, 1973, No 9, pp. 91-93.
5. Patent SShA No 5224969, kl. V24O 11/00. Almazni bagatosharovi pokryttja i sposib ih nanesen-nja. – 1993, Patent RF No 2056993. V 24 D 3/06. Sposob izgotovlenija granul almaznyh chastic, granula almaznoj chasticy i sposob izgotovlenija ammaznyh segmentov. Rodzher Matarreze. Opubl. 27.03.96. Bjul. No 9.
6. Patent Ukraini No 70138. – MPK S25R 17/00 S25R 15/00. Sposib kompozycijnoï konsolidacii neprovodnyh rizhuchih elementiv abrazivnogo instrumentu. M.V Luchka., O.V. Derevjanko, M.P. Sav'jak. Opubl. 25.05.2012. Bjul. No 10.
7. Patent Ukraini No30731. – MPK S25D 15/00. Elektrolizer dlja nanesennja kompozycijnyh elektrolitichnih pokryttiv. Luchka M.V., Derevjanko O.V., Kornienko A.O ta in. Opubl. 11.03.2008. Bjul. No 5.
8. Konsolidacija almazsoderzhashhijh poroshkovykh kompozycij pod dejstviem jelektricheskogo toka. Derevjanko A.V., Radchenko A.I., Istomina T.I., Ershova O.G., Shlychok E.N. Tezisy dokladov mezhdunarodnoj konferencii HighMatTech. Kiev, Ukraina. 19-23 oktjabrja 2009. P. 294.
9. Dere-vjanko A.V., Rajchenko A.I., Istomina T.I., Luchka M.V., Ershova O.G., Shlychok E.N. Vlijanie vida jelektricheskogo toka na spekanie almazsoderzhashhijh poroshkovykh smesej. Rasshirennye tezi-sy dokladov VI Mezhdunarodnoj konferencii "Strategija kachestva v promyshlennosti i obrazovanii". g. Varna, Bolgarija. 4-11 ijunja 2010. pp. 337-339.
10. Derevjanko O.V., Luchka M.V., Shabalin I.L., Evdokimov V.O., Shlychok E.M. "The Composition Material on Basis of Diamond Powder, which Plated by Cobalt". Abstracts of 3rd International Congress on Ceramics, 4th International Symposium on Advanced Ceramics, Section 14: Advanced Engineering Ceramics and Composites – Osaksa, Japan. Nov. 14-18, 2010 P.1241-01259.