

*Матеріали V Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів.  
Актуальні задачі сучасних технологій – Тернопіль 17-18 листопада 2016.*

УДК 621.793.74

**Ю.І.Селіверстова, Селіверстов І.А., канд. техн. наук, доц.**  
Херсонський національний технічний університет, Україна

**ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ПЛАЗМОВИХ ПОКРИТТІВ З УЛЬТРА- ТА  
НАНОДИСПЕРСНИМИ СКЛАДОВИМИ**

**J.I.Seliverstova, I.A. Seliverstov, Ph.D., Assoc.Prof.**

**THE PROSPECT OF USING PLASMA SPRAY COATINGS WITH ULTRA AND  
NANOSIZED COMPONENTS**

З підвищенням довговічності, надійності деталей і механізмів, що працюють в жорстких умовах, різко зростають вимоги до фізико-механічних властивостей поверхневих шарів виробів. У багатьох випадках застосування відомих матеріалів і технології для їх отримання вичерпали можливість поліпшення механічних властивостей.

Для отримання нових властивостей (висока твердість і зносостійкість, високі антифрикційні характеристики) необхідні прийоми і методи, що дозволяють створити абсолютно новий композиційний матеріал.

Одним з методів може бути створення на поверхнях деталей газотермічних покриттів різного функціонального призначення. Останнім часом активно розвиваються дослідження в галузі створення плазмових покриттів, до складу яких входять нерівноважні, ультрадисперсні і нанорозмірні компоненти, які значно підвищують захисні і механічні властивості [1].

Підвищення характеристик міцності та трибологічних властивостей плазмово-порошкових покриттів можливо шляхом застосування модифікаторів, які вводяться в покриття разом з порошком. Функції модифікаторів звичайно виконують ультрадисперсні складові, які забезпечують створення в покритті певного структурного стану характерного твердим та зносостійким матеріалам. Прищеплювати модифікатори до порошків доцільно конгломерацією за допомогою механохімічного синтезу або плакування частинок порошку методами іонно-плазмової металізації.

Методам обробки порошків механохімічним синтезом присвячено багато робіт. Зокрема в роботі [2] представлені результати експериментів з отримання порошків для плазмового напилення з нанокристалічними фазами методом механічного легування.

В роботі застосовували порошок бронзи ПГ19М фракцією 60-80 мкм, і аеросил ( $\text{SiO}_2$ ) (наночастинки діаметром до 5-40 нм). З метою створення стійкого композиту для транспортування в зону плавлення і перенесення матеріалу на підкладку, порошок бронзи піддавався термомеханічній обробці. В результаті чого, аеросил за рахунок своїх силанольних та силосанових зв'язків при змішуванні з частками порошку утворював своєрідний «кокон», конгломерат складався з ядра (частки бронзи), оточений оболонкою з частинок аеросилу.

Застосування такого конгломерованого порошку дозволило підвищити зносостійкість покриття на 40% при незначному вмісті аеросилу (приблизно 2%).

Стосовно плакування порошків методами іонно-плазмової металізації кількість робіт обмежена. Деякі результати з нанесення наноструктурних покриттів з таких металів як мідь, титан, платина на скляний порошок методом магнетронного розпилення наведені в роботі [3]. Незважаючи на високу якість отриманих порошків метод магнетронного розпилення має відносно низьку швидкість осадження покриттів, що значно збільшує час плакування. В даному випадку більшу ефективність може мати метод вакуумно-дугового випаровування, який дозволяє отримувати якісні покриття з

різних матеріалів, сплавів та надтвердих сполук з високою адгезією покриття до підкладки, що є важливим при плазмовому напиленні [4].

Так у роботах [5-6] використовували порошок  $Al_2O_3$  фракцією 40–63 мкм плакований оболонками з металів Ti, Al, Cu. Оболонки на частинках  $Al_2O_3$  мали двошарову будову, перший шар з титану товщиною 70–160 нм, другий з міді або алюмінію товщиною 2–3 мкм (в тексті плаковані порошки позначаються, як  $Al_2O_3/Ti/Cu$  та  $Al_2O_3/Ti/Al$  відповідно). Титан, як хімічно активний елемент здатний змочувати оксид алюмінію і тим самим забезпечувати взаємозв'язок з іншим шаром оболонки. Алюміній та мідь, як зв'язуючі матеріали, сприяють зменшенню пористості, підвищенню когезійних та адгезійних властивостей напилених покриттів. Плакування здійснювали на вакуумно-дуговій установці, яка обладнана спеціально розробленим вібраційним пристроєм для перемішування порошку [7].

При утворенні плазмового покриття в наслідок деформації та кристалізації плазмово-напиленні сплети частинок неплакованого оксиду алюмінію мають розвинену сітку мікротріщин, що призводить до різкого погіршення механічних властивостей покриттів і в першу чергу адгезійно-когезійних. Застосування плакованого порошку дозволяє усунути мікротріщини. Результати металографічного аналізу показали, що плазмові покриття при напиленні порошку оксиду алюмінію, плакованого титаном і міддю мають значно меншу пористість (4–6%) у порівнянні з покриттям з чистого оксиду алюмінію (10% і більше).

Таким чином, у роботах показано, що застосування плакованих порошків забезпечує підвищення зносостійкості плазмових покриттів у 6-8 разів, із незначним підвищенням мікротвердості до 11,8 ГПа. У разі застосування покриттів з чистого (не плакованого) порошку оксиду алюмінію контртіло зношується у 2–3 рази більше, що пов'язано з абразивним впливом продуктів зношення керамічного покриття.

## **Література**

1. Получение порошков для газотермических покрытий методами механического легирования и механохимического синтеза/ Ю.С. Борисов, А.Л. Борисова, Л.И. Адеева, А.Ю. Туник, А.Н. Бурлаченко, В.Л. Рупчев // Сварочное производство. –2010. –№ 12. – С.18-22;
2. Повышение износостойкости плазменных покрытий на основе композиционного порошка с наночастицами  $SiO_2$ / И.В. Смирнов, И.А. Селиверстов, О.А. Войтович, А.В. Чорный, В.И. Копылов // Вестник национального технического университета «ХПИ». — 2011. — № 2. — С. 70 —74.
3. Schmid G.H.S. A method for uniformly coating powdery substrates by magnetron sputtering / G.H.S. Schmid, C. Eisenmenger-Sittner // Surface & Coatings Technology 236 (2013) 353–360;
4. Khoroshikh V.M. Influence of substrate geometry on ion-plasma coating deposition process/ V.M. Khoroshikh, S.A. Leonov, V.A. Belous // International Symposium on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum - ISDEIV.– 2008, Vol. 2.– P. 589 – 592.
5. Копылов В.І. Процеси іонно-плазмового плакування порошків для газотермічних покриттів / В.І. Копылов, І.В. Смирнов, І.А. Селіверстов // Наукові вісті НТУУ „КПІ”. – 2009. – №3. – С.11-20;
6. Смирнов И.В. Формирование плазменных покрытий при использовании плакированных и ультрадисперсных керамических порошков // Вісник НТУУ «Машинобудування. – 2011.–№61.–С.117–1.
7. Пат. № 89851 України, МПК (2014) B22F1/00 Пристрій для плакування порошків у вакуумі / Смирнов І.В., Селіверстов І.А., Чорний А.В., Ковальчук В.Ю.; заявл. 31.12.2013; опубл. 25.04.2014, Бюл.№8.