

Д.Ю. КРАВЦОВА, канд. фіз.-мат. наук, асистент, В.П. НЕЧАСВ, канд. тех. наук, доцент, Криворізький національний університет

## ОГЛЯД СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ГАЛЬВАНІЧНИХ НАНОКОМПОЗИЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ НА ОСНОВІ ХРОМУ

Сьогодні успішно продовжують розвиватися технології створення наноконпозиційних гальванічних покриттів. Їх функції полягають у зміцненні й відновленні деталей машин. Наноконпозити різного хімічного складу мають специфічні особливості осадження, а покриття – різні фізико-хімічні властивості. У даному огляді розглянуто найновіші дослідження наноконпозиційних покриттів на основі Cr та  $Al_2O_3$ .

Автори роботи [1] описують властивості композитного покриття  $Cr_2O_3/Al_2O_3$ , що було утворене на нержавіючій сталі 321L шляхом електроосадження  $Al_2O_3$  як герметизуючого шару покриття  $Cr_2O_3$ . Результати [1] показали, що  $Al_2O_3$  повністю проникає у  $Cr_2O_3$  і значно знижує пористість наноконпозиційного покриття, заповнивши щілини і тріщини між зернами  $Cr_2O_3$ . Їх експериментальний зразок продемонстрував мікротвердість 219,4 HV, міцність зчеплення 46,5 МПа і відмінні властивості зупинення проникнення корозії і дейтерію. Автори [1] описують, що в якості анода використовувалася пластина з чистої Pt, а в якості катода використовувалася підкладка 321L, діаметром 29 мм і товщиною 0,5 мм. Ці два електроди були розміщені паралельно один одному і занурені в електролітичний розчин, що містить 220 г/л  $CrO_3$  і 2,2 г/л  $H_2SO_4$ . Відстань між електродами – 40 мм. Густина струму становила 0,3 А/см<sup>2</sup> протягом 80 хв при 72°C. Потім зразок піддавали тепловій обробці при 700°C протягом 4 годин на повітрі для перетворення Cr в  $Cr_2O_3$ . Далі зразок, покритий  $Cr_2O_3$ , діяв як катод, а відстань між електродами становила 15 мм. Електролітичне осадження проводили у розчині 0,1 моль/л  $Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$  при струмі 10 А/см<sup>2</sup> протягом 10 хв. Зразок висушували при 150°C протягом 20 хв. Ця процедура була повторена двічі. Нарешті, зразки нагрівали при різних температурах на повітрі протягом 1 год. У результаті найнижча пористість поверхні (1,98%) належала зразку, що оброблювався при температурі 750°C.

У роботі [2] описано властивості покриття Cr-C/ $Al_2O_3$  утвореного електроосадженням частинок  $Al_2O_3$  на матрицю Cr-C при струмі 10, 15, 20 і 25 А/дм<sup>2</sup> протягом 30 хв. Результат дослідження [2] показує, що на процентний вміст часток у наноконпозиті, який визначає показники твердості, корозійної стійкості та зносостійкості покриття, впливає концентрація  $Al_2O_3$  у ванні і густина струму. Максимальна концентрація частинок  $Al_2O_3$  у композиті (~21%), яка досягається при концентрації  $Al_2O_3$  у ванні 15 г/л і густині струму 20 А/дм<sup>2</sup>, значно підвищує твердість покриттів (~1075 HV), корозійну та зносостійкість, а також зменшує коефіцієнт тертя.

Цікавим рішенням було створення наноконпозитного покриття з функціонально-градуваною структурою Ni-Cr/ $Al_2O_3$  у роботі [3]. Його наносили шляхом послідовного зміни робочого циклу імпульсу від 45% до 80% у 7 кроків. Вміст Cr збільшували на 3%. Найбільший вміст наночастинок  $Al_2O_3$  був отриманий у верхньому шарі. Цей тип осадження зумовлює поступову зміну властивостей і знижує швидкість зносу на 39% порівняно з моношаровими покриттями.

Отже, різноманіття гальванічних наноконпозиційних покриттів на основі хрому забезпечує можливість налаштування згідно вимог виробництва основні фізико-механічні властивості захисних покриттів деталей машин. Такі покриття ефективні для зміцнення й відновлення деталей, що працюють в умовах інтенсивного зношування, а також, для підвищення жаростійкості, захисту від корозії в атмосферних умовах і агресивних середовищах, для подовження терміну служби вимірювального і ріжучого інструменту, штампів, прес-форм та ін.

### Список літератури

1. A dense  $Cr_2O_3/Al_2O_3$  composite ceramic coating prepared by electrodeposition and sealing with  $Al_2O_3$  / [J. Di, W. Liu, L. Xue and etc.]. // Coatings. – 2019. – №9(1). – P. 14.
2. Improve the mechanical properties and wear resistance of Cr-C thin films by adding  $Al_2O_3$  particles / [H. Sheu, M. Lin, S. Jian and etc.]. // Surface and Coatings Technology. – 2018. – №350. – P. 1036–1044.
3. Abedi T. Synthesis of a novel functionally graded coatings of Ni-Cr/ $Al_2O_3$  nanocomposite coating by pulse electrodeposition / T. Abedi, S. Asl. // Materials Research Express. – 2019. – №6. – P. 056403.