

УДК 621.35

***Ганна КАРАКУРКЧІ, Микола САХНЕНКО, Марина ВЕДЬ,
Андрій ГОРОХІВСЬКИЙ***

ОСОБЛИВОСТІ ПЛАЗМОВО-ЕЛЕКТРОЛІТИЧНОЇ ОБРОБКИ СИЛУМІНІВ У ЛУЖНИХ ЕЛЕКТРОЛІТАХ

*Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут",
кафедра фізичної хімії, вул. Кирпичова, 2, 61002 Харків, Україна,
e-mail: anyutikukr@gmail.com*

Силуміни, як конструкційні матеріали, одночасно з такими позитивними показниками, як низькі щільність і коефіцієнт тертя, високі міцність, теплопровідність, зносо- та корозійна стійкість, через вміст значної кількості легувальних компонентів та інтерметалічних сполук, евтектик і первинних виділень кремнію є гетерогенними сплавами. Для підвищення експлуатаційних властивостей силумінів доцільно проводити їх поверхневу модифікацію шляхом нанесення функціональних покриттів різного призначення.

Один із найефективніших шляхів полягає у формуванні керамікоподібних покриттів методом плазово-електролітичного оксидування (ПЕО). У високоенергетичних режимах ПЕО за рахунок реалізації електрохімічних та термохімічних реакцій відбувається формування високорозвиненої матриці оксиду алюмінію, до складу якої можуть бути інкорпоровані катіони або переплави компонентів електроліту. Перевагами даного способу поверхневої модифікації є простота технологічного обладнання, нетоксичність робочих розчинів, відсутність складної попередньої підготовки поверхні, можливість ефективної обробки складно-профільованих та великогабаритних виробів.

В той же час оксидування силумінів має певні особливості порівняно з оксидуванням інших сплавів алюмінію. ПЕО силумінів доцільно проводити в комплексних електролітах, оскільки наявність легувальних елементів вимагає гомогенізації поверхні в процесі обробки для формування суцільного оксидного покриття та забезпечення його високої адгезії із основним металом. Електроліти цього типу вирізняються високою стабільністю та зручністю коригування в процесі експлуатації і водночас дозволяють формувати керамікоподібні покриття, доповані різними компонентами. До складу поверхневих оксидних шарів можуть бути введені сполуки перехідних, благородних, рідкісних і розсіяних елементів, деякі неметали, природа яких впливає на фізико-механічні властивості сформованих оксидних шарів [1], тому введення до складу оксидних покриттів каталітично активних компонентів дозволить використовувати одержані матеріали в ролі каталізаторів у системах очищення рідких і газоподібних середовищ.

Для досліджень використовували зразки силуміну АК12М2МгН. Плазово-електролітичні покриття формували на лабораторному стенді, що включав джерело струму, електролітичну комірку із охолодженням та перемішуванням електроліту, електроди та прилади контролю робочих параметрів процесу. Склад електролітів та режими ПЕО формування покриттів наведено у табл. 1, час оксидування складав 30 хв. Підготовка поверхні зразків включала етапи механічної обробки, знежи-

рення та промивання водою. Морфологію поверхні сформованих оксидних покриттів досліджували з використанням сканівного електронного мікроскопа ZEISS EVO 40XVP. Топографію поверхні вивчали на атомно-силовому мікроскопі HT-206. Хімічний склад поверхневих оксидних шарів визначали з використанням енерго-дисперсійного спектрометра Oxford INCA Energy 350 з інтегрованим програмним середовищем SmartSEM.

Встановлено, що під час ПЕО-обробки силумінів хронограми напруги процесу оксидування мають класичний вигляд із розділенням на доіскрову, іскрову, мікродугову та дугову області. В той же час, основні технологічні параметри ПЕО залежать від складу використаного електроліту. Оксидуванням у лужних електролітах №1 та №2 сплаву АК12М2МгН одержано рівномірні покритви оксидами складу $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CoO}_x$ та $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{MnO}_y$. Послідовним оксидуванням в електролітах №1 та №2 можна одержати змішаний покритв $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CoO}_x$, MnO_y . При інкорпорації металів-допантів до матриці Al_2O_3 морфологія поверхні змішаних оксидних покриттів суттєво змінюється (рис. 1).

Таблиця 1. Склад електролітів та режими ПЕО-обробки
Table 1. Composition of electrolytes and PEO-treatment modes

№ електроліту	Допуючий компонент	Склад електроліту	Концентрація компонентів, моль/дм ³	Температура електроліту, °С	Густина струму, А/дм ²	Напруга, В
№1	Co	CoSO_4	0.1	20...25	3...5	160..180
		$\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7$	0.4			
№2	Mn	KMnO_4	0.005		15..25	220..240
		KOH	0.05			

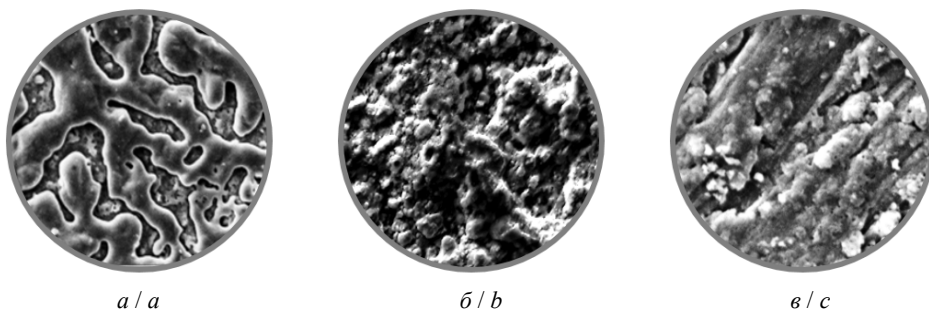


Рис. 1. Морфологія поверхні ПЕО-покриттів на АК12М2МгН: $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CoO}_x$ (а), $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{MnO}_y$ (б) та $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CoO}_x$, MnO_y (в)

Fig. 1. Morphology of PEO-coatings on АК12М2МгН: $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CoO}_x$ (a), $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{MnO}_y$ (b) and $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CoO}_x$, MnO_y (c)

Включення оксидів кобальту до складу покритву зумовлює формування сферичних острівкових структур синьо-фіолетового кольору. В процесі ПЕО-обробки такі мозаїчні структури рівномірно вкривають всю поверхню зразка (рис. 1, а). ПЕО силуміну у манганвмісному лужному електроліті забезпечує формування мікроглобулярного оксидного шару зі значною кількістю конгломератів, утворених

дрібними сфероїдами (рис. 1, б). Двохстадійне окисдування з формуванням змішаного шару оксидів кобальту та мангану дозволяє одержати дрібнодисперсний поруватий покрив. Керамікоподібні оксидні шари є рівномірними та мають розвинену поверхню. Вміст допантив (кобальту та мангану) становить до 23...36 ат. %, а вміст силіцію не перевищує 3.0 ат. %.

Синтезовані оксидні покриття за результатами тестування у модельних реакціях окиснення СО і бензолу характеризуються високою каталітичною активністю і не поступаються матеріалам із вмістом коштовних металів [2].

Апробацію можливості використання розробленої технології для плазмово-електролітичної обробки поршнів ДВЗ здійснювали шляхом ПЕО поршня двигуна КамАЗ-740 з формуванням оксидних покриттів на кришці. Використання керамікоподібних покриттів поршня ДВЗ приводить до зниження температури запалювання паливної суміші, зокрема за рахунок вищих теплоізоляційних властивостей оксидного шару порівняно з поршнем стандартної комплектації з необробленою поверхнею. Завдяки особливостям процесів каталітичного горіння палива у пристінкових зонах камери згоряння ДВЗ скорочується фаза некерованого горіння палива і час його згоряння. Встановлено, що найвищі показники паливної економічності притаманні системі $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{MnO}_x$, тоді як емісія токсичних газових викидів зменшується при використанні поршня із покривом $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CoO}_x$. Запропоновані системи можуть знайти застосування в технологіях внутрішньоциліндрового каталізу з метою зниження токсичності газових викидів ДВЗ та підвищення їх паливної економічності [3].

1. Sakhnenko N.D., Ved' M.V., Karakurkchi, A.V. Nanoscale Oxide PEO Coatings Forming from Diphosphate Electrolytes. In Nanophysics, Nanomaterials, Interface Studies, and Applications. – Springer International Publishing AG, 2017. – P. 159–184.
2. Ved' M.V., Sakhnenko N.D., Karakurkchi A.V. et al. Functional mixed cobalt and aluminum oxide coatings for environmental safety // Func. Mater. – 2017. – Vol. 24, No. 2. – P. 303–310.
3. Parsadanov I.V., Sakhnenko N.D., Ved' M.V. et al. Increasing the efficiency of intra-cylinder catalysis in diesel engines // Vopr. Khimii i Khim. Tekhnol. – 2017. – No. 6. – P. 75–81.

Ann Karakurkchi, Mykola Sakhnenko, Maryna Ved', Andrii Horokhivskiy

PECULIARITIES OF PLASMA-ELECTROLYTIC TREATMENT OF SILUMINS IN ALKALINE ELECTROLYTES

*National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»,
Department of Physical Chemistry,*

Kyrypchova Str., 2, 61002 Kharkiv, Ukraine, e-mail: anyutikukr@gmail.com

The features of silumin AK12M2MgN plasma-electrolytic treatment in alkaline electrolytes were studied. Using PEO allows homogenize the surface layer, reduce the content of alloying components and create conditions for the formation of uniform oxide coatings and incorporation of dopants. It is shown that PEO silumin in alkaline solutions of electrolytes with additives of salts cobalt and / or manganese allows to obtain ceramic-like coatings $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CoO}_x$ and $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{MnO}_x$. It is defined the technological parameters of PEO-treatment of silumin to form oxide coatings with a high content of dopants. The morphology and composition of oxide coatings depend of the electrolyte type. The proposed systems can find application in the technologies of intra-cylinder catalysis to reduce the toxicity of gas emissions of engines and increase their fuel efficiency.

Key words: plasma-electrolytic oxidizing, silumin, AK12M2MgN, oxide coating, surface morphology, catalytic activity