

## Конструкція і міцність

УДК 669.056.9

Голтвяниця В. С.  
канд. техн. наук, доцент, НУ «Запорізька політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна

Домніч І. С.  
інженер дослідник I кат., ННЦ «Харківський фізико-технічний  
інститут» НАН України,  
м. Харків, Україна

Задніпровський Ю. О.  
канд. техн. наук, ННЦ «Харківський фізико-технічний  
інститут» НАН України,  
м. Харків, Україна

### **ВАКУУМНО-ДУГОВІ (Ti-Cr)N ПОКРИТТЯ ДЛЯ ЗАХИСТУ ПОВЕРХНІ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ**

Синтез багатокомпонентних покриттів на основі сполук Me-N з високими експлуатаційними характеристиками є сучасним напрямком для підвищення надійності літальних апаратів. Сьогодні жорсткі умови експлуатації, наприклад, лопаток авіаційних газотурбінних двигунів потребують створення новітніх захисних матеріалів – багатокомпонентних наноструктурних покриттів [1]. Для поліпшення експлуатаційних характеристик конструкційних матеріалів, що використовуються для виробництва лопаток авіаційних ГТД та газотурбінних установок наземного використання, представляє інтерес осадження на їхні робочі поверхні захисних вакуумно-дугових багатокомпонентних покриттів з вмістом Cr. Ці покриття характеризуються підвищеними твердістю ( $\geq 35$  ГПа), зносостійкістю, високою корозійною стійкістю та термічною стабільністю [2]. Проте, осадження (Me-Cr)N покриттів відрізняється невеликими швидкостями (до 5 мкм/год), що відбувається в основному через високий коефіцієнт розпилення хрому. «Збіднення» покриттів тим чи іншим металевим компонентом може залежати від багатьох параметрів процесу осадження, починаючи з краплинної складової, тиску робочого газу азоту та енергетики іонів, що залежить від величини потенціалу зміщення на підкладку. Проведені дослідження були спрямовані на визначення параметрів синтезу наноструктурних покриттів на

## Конструкція і міцність

основі Ti-N з метою визначення оптимального, з погляду підвищення службових характеристик, вмісту добавки Cr.

Осадження CrN, (Ti-Cr)N покриттів проводилося на вакуумно-дуговій установці із застосуванням джерел плазми з магнітним утриманням катодної плями та фокусуванням плазмового потоку. Для синтезу покриттів використовувались однокомпонентні Ti катоди зі сплаву BT1-0, катоди із Cr (99,9 %), а також двокомпонентні катоди Ti-Cr, отримані вакуумно-дуговою плавкою з 23 % і 32 % ваговою домішкою хрому. Отримані залежності концентрації хрому  $C_{Cr} = f(P_{N_2})$  та мікротвердості  $H_p = f(P_{N_2})$  від тиску азоту, які характеризуються екстремальною поведінкою, дозволили одержати (Ti-Cr)N покриття з високими механічними характеристиками. Показано, що величина  $H_p$  покриттів знаходиться в прямій залежності від величини  $C_{Cr}$  концентрації в них хрому. За допомогою досліджень концентрації хрому в залежності від потенціалу зміщення  $C_{Cr} = f(U)$  отримані (Ti-Cr)N покриття з високим вмістом Cr (до 20 ваг. %). Досліджено фазовий склад та мікроструктуру покриттів та визначено її вплив на службові характеристики. В указаному діапазоні тисків азоту при використанні катоду Ti-32Cr отримані наноструктуровані покриття, в яких виявлені кристалічні  $(Cr,Ti)_2N$  сполуки, розмір ОКР яких складає ~ 6 нм. Під час порівняльних лабораторних випробувань на абразивне зношування покриття (Ti-12Cr)N продемонструвало стійкість у 5 разів вищу, ніж TiN і в 70 разів – ніж CrN.

У роботі показана перспективність використання катодів із титанохромових сплавів для нанесення наноструктурних покриттів з високими механічними властивостями. Розроблені (Ti-Cr)N покриття можуть бути використані для збільшення ресурсу конструкційних матеріалів літальних апаратів.

## **Список літератури**

1. Абразивна та кавітаційна стійкість TiN покриттів легованих Al, Si, Y [Електронний ресурс] / [авт. кол.: Білоус В.А., Василь'єв В.В., Голтвяниця С.К. та ін.] // Вісник двигунобудування. – 2012. – №1. – С. 201–205. – Режим доступу до журн.

<http://vd.zntu.edu.ua/article/view/97745/93090>

2. Lattice matching growth of high anti-corrosion TiCr/TiCrN coating for Ti bipolar plate / Yigang Yan, Tao Li, Hanyi Zhang , Yungui Chen, Tuan Zhang [Електронний ресурс] // Journal of Power Sources. – 2024. – Vol. 614, 235051. – Режим доступу до журн.

<https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2024.235051>