

УДК 621.9.025:621.762

НАНЕСЕННЯ ЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ З ТИТАНОВОГО СПЛАВУ

¹Мірненко В.І., ¹Рутковський А.В., ²Доній О.М., ²Болейко М.Б., ¹Інститут проблем міцності НАН України, м. Київ, Україна, ²Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна,

На поверхню деталей зі сплаву ВТ-20 вакуум-плазмовим методом нанесено захисні покриття видів TiN, (TiC)N, (TiAl)N. Виявлено параметри процесу нанесення, що забезпечують отримання покриттів з найбільшою мікротвердістю

Вступ. Постановка завдання

Розвиток сучасної техніки потребує створення матеріалів з високим комплексом фізико-механічних властивостей. Виготовлення деталей лише з одного матеріалу, який витримував би механічні, термічні, електрохімічні навантаження, практично виключається й доводиться використовувати комбіновані системи матеріалів, що складаються з основи й покриття. До найперспективніших матеріалів поруч з тугоплавкими металами та їх сполуками відносяться тугоплавкі металоподібні та неметалеві сполуки [1].

У більшості випадків експлуатаційні параметри та довготривалість роботи інструментів та деталей машин визначається станом їхніх робочих поверхонь. Тобто обов'язковою вимогою є тривале збереження функціональних властивостей поверхні [2]. Це актуалізує задачу збільшення довговічності роботи інструменту та деталей машин за рахунок нанесення на їх робочі поверхні захисних покриттів.

Покриття з карбідів та нітридів перехідних металів широко використовують для підвищення стійкості й довговічності інструменту. При прогнозуванні поведінки цих покриттів вирішальне значення мають їх механічні властивості. Зазвичай міцність поверхневих шарів оцінюється на основі їх мікротвердості [3].

Одним з найперспективніших методів нанесення захисних покриттів є вакуум-плазмовий метод [4]. До переваг цього методу відносяться:

- 1) можливість плазмохімічного синтезу нових речовин на основі газів-реагентів та елементів IV – VI групи періодичної системи елементів;
- 2) можливість очищувати та активувати поверхню перед нанесенням покриття;
- 3) здійснення іонного бомбардування поверхні.

За мету дослідження було поставлено вивчення можливості підвищення працездатності інструменту та деталей машин за рахунок керування фізико-механічними характеристиками та структурою захисних покриттів.

Методика досліджень

Для проведення досліджень було обрано зразки з титанового сплаву ВТ-20. Цей сплав належить до системи Ti-Al-Zr-Mo-W і відноситься до категорії

титанових псевдо- α -сплавів. Відсоток β -фази у цих сплавах такий, що вони мають всі переваги однофазних α – сплавів, а також мають нові переваги. Вони мають високу термічну стабільність і, крім того, гетерогенізація їхньої структури призведе до значного підвищення міцності та жаростійкості без помітного пониження пластичності. Але часто міцність та жаростійкість сплаву ВТ-20 недостатня, що стосується деталей, які експлуатуються за умов значних навантажень та високих температур. Тому існує необхідність підвищення працездатності деталей, виготовлених з цього сплаву, за рахунок нанесення на поверхню деталей захисних покриттів [5].

Захисні покриття на поверхню зразків наносились вакуум-плазмовим методом на установці ННВ – 6,6 – И1 “Булат”. У процесі нанесення покриттів варіювались параметри технологічного процесу нанесення (табл.)

Таблиця. Параметри вакуум-плазмового нанесення покриттів

№	Параметр	Рівні варіювання	
1	вид покриття	TiN, (TiC)N, (TiAl)N	
2	час іонного очищення, с	360	1080
3	тиск реакційного газу, Па	0,267	0,48
4	товщина покриття, мкм	2	10

Обговорення результатів досліджень

Варіюванням часом іонного очищення було отримано проміжні шари різної товщини. Залежність товщини проміжного шару від часу іонного очищення наведено на рис.1.

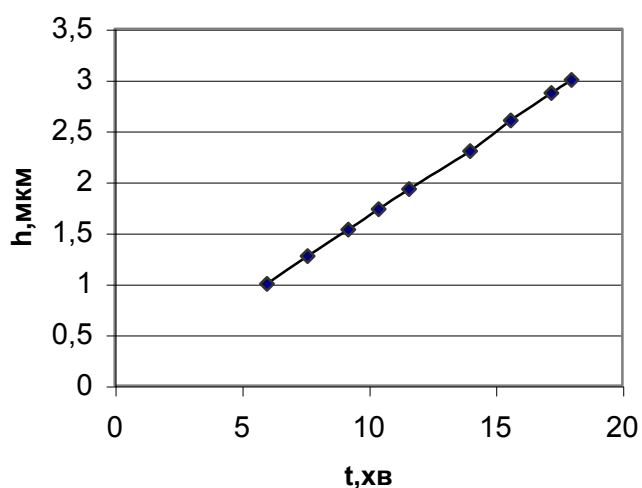


Рисунок 1 – Залежність товщини проміжного шару від часу іонної очистки

Зі збільшенням часу іонного очищення товщина проміжного шару зростає. Найменшу товщину проміжного шару, що становила 1 мкм, було отримано при часі іонного очищення 6 хв, найбільшу, що становила 3 мкм, при часі іонного очищення 18 хв.

Наносились покриття трьох видів: TiN, (TiC)N, (TiAl)N. Перед нанесенням покриттів наносився проміжний шар, що являв собою шар TiN з низьким вмістом азоту.

Мікротвердість покриттів вимірювалась за допомогою приладу ПМТ-3 при навантаженні 200 г. Твердість сплаву ВТ-20 без покриття становила 4680 МПа. Було визначено, що найвища мікротвердість спостерігається для покриття (TiAl)N, найменша – для TiN (рис. 2).

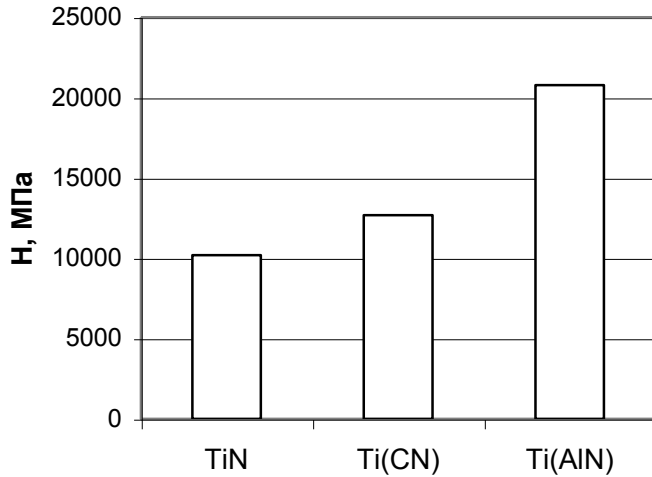
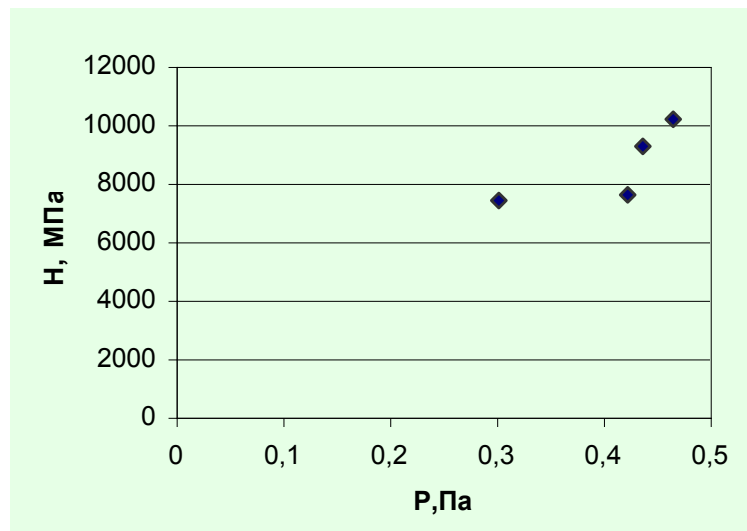


Рисунок 2 – Мікротвердість покриттів

При нанесенні покриттів варіювався тиск реакційного газу. Найнижче значення тиску реакційного газу становило 0,263 Па, найвище 0,48 Па (рис.3).

Рисунок 3 – Залежність мікротвердості покриття TiN від тиску реакційного газу



Від тиску реакційного газу, наприклад, азоту, перебуває в залежності відсоток азоту, який буде міститись в нанесеному покритті. Для нітридотитанових покриттів було визначено, що найбільшу мікротвердість має зразок з покриттям, яке було нанесене при тиску реакційного газу (азоту) 0,4658 Па. Ця мікротвердість становила 10180 МПа. Найменшу мікротвердість 7396 МПа має зразок з покриттям, нанесеним при тиску реакційного газу (азоту) 0,3025 Па. Звідси можна зробити припущення про можливість підвищення мікротвердості нітридотитанового покриття при підвищенні такого параметру вакуум-плазмового нанесення, як тиск реакційного газу.

Мікротвердість нітридотитанових покриттів, в залежності від режиму нанесення, становила від 7300 до 10180 МПа, покриттів (TiC)N - від 8752 до 12676 МПа. Покриття (TiAl)N визначали найвищу мікротвердість, яка

становила від 16480 до 20768 МПа в залежності від режиму нанесення. Серед зразків, на які було нанесене покриття (TiAl)N, найкращу мікротвердість мали зразки з покриттями, нанесеними за наступними режимами:

1) товщина покриття 4,66 мкм, час іонного очищення 14 хв, тиск реакційного газу 0,409 Па, мікротвердість 20768 МПа,

2) товщина покриття 5,2 мкм, час іонного очищення 7,6 хв, тиск реакційного газу 0,452 Па, мікротвердість 20152 МПа.

Для кожного з типів покриття математична обробка за допомогою методу найменших квадратів дозволяє отримати рівняння залежності мікротвердості покриття від параметрів його нанесення.

Для покриття з нітриду титану це рівняння має вигляд

$$H = 6352.541 + 766.3889x_1 + 4.119173x_2 + 71.89248x_3 + 6.872391x_4, \quad (1)$$

де H – мікротвердість покриття, x_1 – товщина покриття, x_2 – час іонного очищення, x_3 – тиск реакційного газу, x_4 – температура дослідження.

Для покриття з карбонітриду титану рівняння має вигляд

$$H = 7678.94 + 191.7087x_1 + 1668.188x_1x_2 + 1.696698x_1x_4, \quad (2)$$

де H – мікротвердість покриття, x_1 – товщина покриття, x_2 – час іонного очищення, x_4 – температура дослідження.

Для покриття з (TiAl)N рівняння має вигляд

$$H = 3208.152 + 6.658076x_4 + 1.772046x_1x_2 + 1.026761x_1x_4, \quad (3)$$

де H – мікротвердість покриття, x_1 – товщина покриття, x_2 – час іонного очищення, x_4 – температура дослідження.

Отримані рівняння дозволяють підібрати значення параметрів вакуум-плазмового нанесення, необхідні для отримання покриттів з наперед заданою мікротвердістю.

Висновки

В ході дослідження, яке являло собою нанесення вакуум-плазмовим методом на установці ННВ–6,6–ІІ “Булат” на зразки зі сплаву ВТ-20 захисних покриттів TiN, (TiC)N, (TiAl)N при варіюванні таких параметрів процесу нанесення, як час іонного очищення, тиск реакційного газу, товщина покриття, було зроблено наступні висновки.

Було виявлено, що найвищу мікротвердість має покриття (TiAl)N. Було визначено параметри, що забезпечують нанесення покриттів з найбільшою мікротвердістю.

За допомогою методу найменших квадратів були отримані рівняння, що зв’язують величину мікротвердості зі значеннями параметрів нанесення. Ці рівняння дають змогу прогнозувати мікротвердість покриттів за значеннями параметрів нанесення, а також дозволяють підібрати значення параметрів нанесення для отримання покриттів з наперед заданою мікротвердістю.

Оскільки показано, що дані покриття підвищують мікротвердість поверхні деталей зі сплаву ВТ-20, то можна зробити висновок про перспективність їх використання для покращення працездатності подібних деталей. Перспективою

дослідження є подальше вивчення фізико-механічних властивостей деталей з покриттями TiN, (TiC)N, (TiAl)N, а також визначення характеру залежності цих властивостей від параметрів нанесення покриттів.

Література

1. Витязь П.А., Дубровская Г.Н., Кирилук Л.М. Газофазное осаждение покрытий из нитрида титана. – Минск: Наука и техника, 1983. – 96 с.
2. Антонюк В.С., Дигам М.С. Новое в формировании упрочняющих покрытий фрикционных поверхностей // Сучасне машинобудування, 1999. – № 1. – С. 105–110.
3. Бякова А.В., Горбач В.Г., Власов А.А. Структурные аспекты повышения работоспособности покрытий из высокопрочных материалов // Проблемы прочности. – 1993. – № 9. – С. 48 – 54.
4. Ивановский Г.Ф., Петров В.И. Ионно-плазменная обработка материалов. – М.: Радио и связь, 1986. – 232 с.
5. Титановые сплавы. Металлография титановых сплавов. – М.: Металлургия, 1980. – 464 с.

Мирненко В. И., Рутковский А.В., Доний А.Н., Болейко М.Б. Нанесение защитных покрытий для повышения физико-механических свойств деталей из титанового сплава. Работа посвящена изучению структуры и свойств покрытий видов TiN, Ti(CN), (TiAl)N, нанесенных вакуум-плазменным методом на поверхность деталей из сплава BT-20. Определены параметры процесса нанесения, которые обеспечивают получение покрытий с наибольшей микротвердостью.	Mirnenko V.I., Rutkovskiy A.V., Doniy O.M., Boleiko M.B. Deposition protective coatings for increase of physical-mechanical properties of parts from a titanium alloy. The work is dedicated to research structure and properties protective coatings of kinds TiN, Ti(CN), (TiAl)N marked on a surface of parts from alloy BT-20 by the vacuum - plasma method. The parameters of process of deposition are determined, which one provide obtaining coatings with the greatest microhardness.
---	---

*Надійшло до редакції
20 травня 2005 року*