

УДК 621.785

**В.Г.Хижняк, докт. техн. наук, проф., О.Е. Дацюк, М.В.Аршук, Ю.Ю.Бицан, Н.С.Лазарєв**

Національний технічний університет України «КПІ», Київ

## **БУДОВА ТА ВЛАСТИВОСТІ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ ПОКРИТТІВ НА НІКЕЛІ**

**V.G. Khyzhnyak, Dr., Prof. O.E. Datsyuk, M.V. Arshuk, Y.Y. Bytsan, N.S. Lazarev**  
**STRUCTURE AND PROPERTIES OF COATINGS MULTICOMPONENT NICKEL**

Інтенсифікація технологічних процесів при збереженні або збільшенні терміну експлуатації обладнання, підвищення якості продукції відповідає вимогам прогресу в машинобудуванні. Ці питання в повній мірі можна віднести до методів хіміко-термічної обробки, використання яких дозволяє підвищити твердість, зносостійкість, жаростійкість, опір корозії виробів [1-3].

Як матеріал для нанесення покриттів в роботі було використано карбонільний нікель, який в якості домішки містить залізо в кількості 0,04% мас.

Результати досліджень фазового та хімічного складів, структури та деяких властивостей, отриманих в роботі покриттів наведено в таблиці. Аналіз показав, що алюмосиліціювання нікелю приводить до утворення багат шарових структур на основі сполук нікелю та алюмінію. Безпосередньо на поверхні формується шар оксиду  $Al_2O_3$ , далі розташовуються шари сполуки  $NiAl$ , шар з двох сполук  $NiAl$  та  $Ni_3Al$  і безпосередньо до основи примикає шар  $Ni_3Al$  незначної товщини.

Центральний шар з двох сполук  $NiAl$ ,  $Ni_3Al$  утворився, вірогідніше за все, в процесі охолодження після закінчення ХТО при температурі  $1000^\circ C$ . Відповідно до діаграми стану  $Ni-Al$  розчинність нікелю в сполуці  $NiAl$  зменшується від 80% мас. при  $1000^\circ C$  до 76,5% мас. при  $550^\circ C$ . Із сполуки  $NiAl$  при цьому виділяється інтерметалід  $Ni_3Al$ . Вважають [3], що при цій же температурі відбувається впорядкування структури  $NiAl$  з утворенням впорядкованої структури типу  $CsCl$ .

В роботі показано, що глибина проникнення кремнію в нікель більша за глибину проникнення алюмінію. Перехідна зона, обмежена зовні твердим розчином кремнію в нікелі, має підвищений вміст кисню (0,1-0,2% мас.) та товщину 10-20 мкм. Участь кисню в формуванні покриттів очевидна. Це підтверджується наявністю на поверхні дифузійних шарів оксиду  $Al_2O_3$  (способи 1,2) та сполуки  $Ni_2Ti_4O$  (спосіб 2). Можливо, кисень розчиняється в нікелю на перших етапах ХТО, а далі відсувається від поверхні в перехідну зону дифузійним шаром, що росте. Вміст кисню в центральних частинах перехідної зони досягає 0,2-0,4 % мас, що на порядок вище можливої розчинності кисню в нікелі при температурі  $1000^\circ C$ .

Особливістю отриманих в роботі результатів є значна мікротвердість окремих шарів титаноалюмосиліційованих покриттів. Це стосується в першу чергу зони з підвищеним вмістом кремнію, в якій мікротвердість становила 6,8 – 12,5 ГПа. Причиною високої мікротвердості отриманих в роботі покриттів є дисперсність будови в поєднанні з незначною товщиною та великою кількістю окремих шарів.

Таблиця – Фазовий склад та властивості багатокомпонентних покриттів на нікелі

№ способу	Вид обробки і режим ХТО:Т - °С; τ-години	Склад насичуючої суміші % по масі	Зона покриття	Фазовий склад*	Період кристалічної ґратки, нм	Товщина шару, мкм	Мікротвердість, ГПа
1	Алюмосиліціювання: 1000; 4	Al-45, Si-15, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -35, NH <sub>4</sub> Cl-5	Зона сполук	NiAl	a = 0,2869	41,0-45,0	4,3-3,0
				NiAl + Ni <sub>3</sub> Al	-	25,0-27,0	3,6-2,4
				Ni <sub>3</sub> Al	a = 0,4323	5,0-6,0	3,0-2,0
			Перехідна зона	Ni(Al,Si)	a = 0,3539	10,0-15,0	1,6-1,5
				Ni(Si)	a = 0,3530	5,0-7,0	1,5-0,9
				Ni(O)	a = 0,3526	20,0	0,9-0,8
			Основа	Ni	a = 0,3526	-	0,8
2	Титаноалюмосиліціювання: 1000; 4	Ti-40, Al-10, Si-15, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -30, NH <sub>4</sub> Cl-5	Зона сполук	Ni <sub>2</sub> Ti <sub>4</sub> O	a = 1,1838	2,0-5,0	4,8-4,0
				NiTi <sub>0,6</sub> Al <sub>0,4</sub>	a = 0,2866	12,0	4,0-6,5
				Ni <sub>3</sub> Ti <sub>0,6</sub> Al <sub>0,3</sub> Si <sub>0,1</sub>	a = 0,5145 c = 0,7434	4,0-10,0	5,2-6,0
				Сполуки ** за участю Ti, Al, Si, Ni	-	16,0-20,0	6,8-12,5
			Перехідна зона	Ni(Ti,Al,Si)	a = 0,3588	15,0-20,0	1,7-1,5
				Ni(Ti,Si)	a = 0,3541	8,0-10,0	1,5-1,4
				Ni(Si)	a = 0,3536	15,0	1,4-0,8
			Основа	Ni	a = 0,3526	-	0,8

\*На поверхні виявлено сполуку Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; a= 0,4762; c=0,5145.

\*\*Виявлено сполуку Ti<sub>5</sub>Si<sub>3</sub>; a=0,7439; c=0,5145

Можна вважати, що алюмосиліційовані, титаноалюмосиліційовані покриття на нікелі та його сплавах будуть сприяти, завдяки фазовому та хімічному складам, структурі, мікротвердості зростанню жаростійкості, ерозійної та абразивної зносостійкості.

#### **Література**

1. Похмурский В.И., Далисов В.Б., Голубец В.М. Повышение долговечности деталей машин с помощью диффузионных покрытий. – К.: Наукова думка, 1980. – 188 с.
2. Коломыйцев П.Т. Жаростойкие диффузионные покрытия. - М.: Металлургия, 1979. – 272 с.
3. Окисление металлов. Под ред. Ж. Бенарда. – М.: Металлургия, Т. II. 1969. – 448с.