

НОВІ МАТЕРІАЛИ І ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 621.9.02

В.І. Алімов, А.П. Штихно, І.А. Уманська
Донецький національний технічний університет

ЗМІЦНЕННЯ ПОВЕРХНІ ВИРОБІВ ІЗ ТВЕРДИХ СПЛАВІВ

© Алімов В.І., Штихно А.П., Уманська І.А., 2006

Показано, що покриття з нітридів і карбідів Тi твердіше за покриття з сукупністю карбідів і нітридів Тi, Zr, Hf, що характеризуються проте більшою зносостійкістю і меншим розміщенням за короткочасної дії низькотемпературної плазми електро-дугового розряду.

It is shown that coverages from nytrydov and the Ti carbides harder than coverages from the aggregate of carbides and nytrydov Ti, Zr, Hf, characterized however greater wearproof and less dishardening at brief influence of low temperature plasma of elektroarch digit.

Створення матеріалів для виробів, інструментів і деталей устаткування, володіючих підвищеною зносостійкістю, високою міцністю, а також в'язкістю, здатністю чинити опір короткочасній високоенергетичній дії є актуальною задачею і можливістю їхнього застосування можна розширити оптимізацією модифікації поверхні, а також параметрів складу, мікротвердості і адгезії покриттів. Традиційний метод підвищення ріжучих властивостей інструменту легуванням сьогодні стримується у зв'язку з дефіцитом ряду легуючих елементів і внаслідок цього практично важливою задачею стає пошук науково обгрунтованих режимів додаткової обробки інструменту.

Нітридні і карбідні покриття досить поширені в різних галузях промисловості, що пов'язане з їхніми граничними фізико-механічними властивостями і стійкістю у багатьох агресивних середовищах [1]; найпоширеніші як зносостійкі покриття для ріжучих інструментів є титаномісткі покриття; застосування іонно-плазмових тугоплавких покриттів TiC – TiN підвищує стійкість інструменту із сплаву ВК6 у 2,5 рази.

У табл. 1 наведено властивості з'єднань тугоплавких металів Ti, Zr, Hf, використовуваних як покриття [2 та ін.]; вивченням зносу задньої поверхні ріжучих пластин під час точіння заготовки із сталі Х12М з'ясовано, що нітридні покриття на ріжучих пластинах із сплаву ВК8 сприяють підвищенню їхньої зносостійкості.

Таблиця 1

Властивості з'єднань тугоплавких металів для покриттів

З'єднання	Період кубічної грати, нм	Густина, г/см ³	Температура плавлення, °С	Мікротвердість Н _с , ГПа	Тимчасовий опір, МПа		
					ростягнення	стиснення	вигин
TiC	0,4319	4,93-4,96	≈3250	31,7	65	1380	5
ZrC	0,4698	6,9	3330-3530	29,5	76	834	75,1
HfC	0,4641	12,2	3740-4040	28,3	-	-	-
TiN	0,4230	5,44	2950	20,5	-	1298	240
ZrN	0,4575	7,35	2980	15	-	1000	-
HfN	0,4520	13,39	3310	16	-	-	-

Треба зазначити вищу зносостійкість нітридоцирконієвого покриття порівняно з нітридотитановим під час точіння сталі Х12М. Крім того, пластини ВК8 з покриттям TiN мали катастрофічний знос за швидкості різання нікелевого сплаву ХН70ВМТЮ-Ш, що дорівнює

5,19 м/с, а пластини ВК8 з покриттям ZrN продовжували працювати і за швидкості 8,3 м/с; переваги нітриду цирконію пов'язані з його меншою крихкістю за достатньої твердості та вищої зносостійкості [2].

Дані про мікротвердість і швидкість абразивної ерозії з'єднань TiN, TiC, TiCN, ZrN, (Ti, Zr)N свідчать про те, що за твердістю вони поступаються тільки карбїду титану TiC. Значення сумісного використання карбїдів і нітрїдов полягає у тому, щоб з'єднати зносостійкі карбїдні покриття з більш пластичними нітрїдними (Самсонов Г.В., Уманський Я.С.).

Таблиця 2

Мікротвердість і швидкість абразивної ерозії

З'єднання	Мікротвердість H_v , ГПа	Швидкість ерозії, г/хв
TiN	27,4	0,28–0,35
TiC	40,3	1,20–1,25
TiCN	30,9	0,35–0,70
ZrN	32,7	0,19–0,25
(Ti, Zr)N	34,1	0,11–0,15

Іонно-плазмові покриття наносять фізико-хімічними методами PVD і CVD-типів [2]. Серед методів PVD найпоширенішим є метод конденсації покриттів з плазми у вакуумі з іонним бомбардуванням поверхонь інструменту (метод КІБ). Можливість широкого варіювання температур у зонах нанесення покриттів дає змогу використовувати вакуумно-плазмові методи як універсальні методи для нанесення покриттів на інструменти з твердих сплавів. Ці методи універсальні і з погляду можливості отримання широкої гами моношарових, багат шарових і композиційних покриттів на базі нітрїдних, карбїдних, карбонїтрїдних з'єднань тугоплавких металів Ti, Zr, Hf.

За даними Г.В. Самсонова, Я.С. Уманського відомо про взаємну розчинність карбїдів і нітрїдів Ti, Zr, Hf; у сірчаній кислоті розчиняються ZrC, TiN, ZrN на відміну від карбїду титану, що не розчиняється [3].

Метою роботи було вивчення структури і властивостей покриттів тугоплавких з'єднань Ti, Zr, Hf на пластинках із сплаву ВК6, зокрема їхньої здатності чинити опір короткочасній високоенергетичній плазмовій дії.

Покриття наносили на твердосплавні пластини ВК6 методом PVD на установці "Булат" шляхом пропускання пари бензолу з азотом над Ti (1) або над Ti + Zr + Hf (2) протягом 30 хв або послїдовно пропусканням пари бензолу, а потім азоту по 15 хв над Ti + Zr + Hf (3). У процесі нанесення утворювалися карбїди, нітрїди і карбонїтрїди Ti, Zr, Hf.

Мікротвердість вимірювали за допомогою мікроскопа ПМТ-3 по 10 вимірів на кожному зразку за навантаження 1,98 Н. Вимірювання твердості (HRA) проводили на твердомірі Роквелла (погрїшність одна одиниця HRA); результати вимірювань наведені у табл. 3 (середні з 5 вимірювань). Потім вимірювали товщину покриттів методом металографії (табл. 3).

Таблиця 3

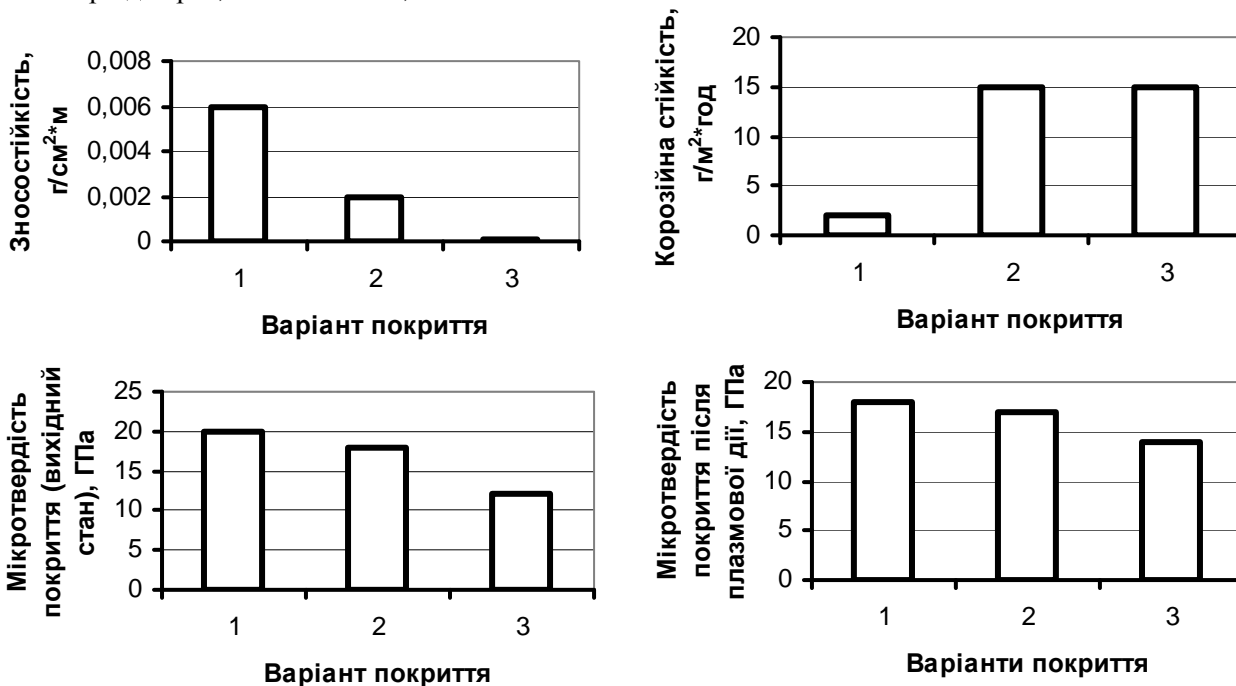
Значення твердості, мікротвердості і товщини покриття

Властивість	Сплав ВК6	Варіанти покриттів		
		1	2	3
HRA	89	90	90	90
H_v , ГПа	10,64±0,738	20,356±1,365	17,336±1,794	12,140±0,267
$\Delta_{\text{покриття}}$, МКМ	-	47,1±1,6	48,9±0,6	49,1±0,8

Перед випробуванням на корозійну стійкість покриття зразки знежирювали і зважували на аналітичних вагах. На поверхні зразків робили спеціальні лунки діаметром 3 мм з пластиліну. Потім лунку заповнювали 10 %-м розчином H_2SO_4 і витримували 20 хв. Після проведення випробувань зразки також знежирювали і знову зважували.

За даними табл. 3 простежується тенденція зниження мікротвердості покриттів у зв'язку з їхнім складом і способом нанесення. Мікротвердість зразків знижується із переходом від варіанта 1 до 3, що свідчить про пластифікуювальний вплив карбідів і нітридів Zr і Hf (це узгоджується з даними [4 та ін.], що взаємно розчиняються, зокрема, і в з'єднаннях Ti; нітриди цих металів м'якші за карбіди; ZrN і HfN м'якші, ніж TiN. Водночас макротвердість сплаву з покриттями практично однакова (90 HRA), незначно вища за твердість початкового сплаву (89 HRA).

Товщина покриттів (табл. 3) приблизно однакова, хоча вона дещо збільшується від зразка 1 до зразка 3. Це, можливо, пов'язано із зміною періоду кубічних ґрат, оскільки TiC і TiN мають дещо менші періоди ґрат, ніж ZrN і ZrC, HfN і HfC.



Властивості покриттів

Зносостійкість покриття за варіантом 2 (0,0022 г/см²·м) виявилася втричі вищою, ніж покриття за варіантом 1; ще вищу зносостійкість мало покриття 3, що узгоджується з даними інших авторів (рисунок). Дані про відносний знос свідчать, що із деяким зниженням мікротвердості покриттів їхній відносний знос також знижується, що узгоджується з даними [2].

Найвища корозійна стійкість у покриття за варіантом 1 (2,03 г/м²·ч), тоді як у покриття за варіантами 2 і 3 вона становила близько 15 г/м²·ч (рисунок), що узгоджується з даними роботи [2], згідно з якими TiC в H₂SO₄ не розчиняється.

На пластинки з покриттями короткочасно впливали електродуговою низькотемпературною плазмою прямої полярності, одержаною за допомогою вуглеграфітового електроду діаметром 6 мм. Як було показано раніше [4,5], дією розряду електричної дуги певних параметрів підвищується твердість і зносостійкість поверхні твердих сплавів типу BK8, T5K10 і високовуглецевих сплавів, зокрема швидкорізальних сталей на кшталт P18, P6M5, P6M5K5, P6M5K5–МП та ін.

На покриттях (1, 3) відбулися викиди матеріалу покриття з утворенням кратерів діаметром 100–200 мкм на всю товщину покриття і додатково на глибину 10–30 мкм у твердому сплаві. Товщина периферії кратерів збільшилася, і утворився графітний наліт завтовшки 700 (1) і навіть до 1100 (3) мкм.

Олавлена поверхня мала велику кількість пор діаметром від 0,3÷0,4 до 1÷1,2 мкм. Мінімальну кількість пор мало покриття (2) – приблизно 1 пора/мкм², тоді як у покритті (3) їх було 5÷6 пор/мкм².

Мікротвердість (навантаження 1,98 Н) оплавленої зони для покриття (1) становила 17,2 ГПа за початкової мікротвердості 20,3 ГПа; відмінності у покриттів (2,3) були незначними, а

мікротвердість становила $17 \div 17,3$ ГПа (2) і $12 \div 13$ (3) ГПа відповідно. Покриття в оплавлених ділянках відшаровується від твердого сплаву і сколюється.

Отже, твердість покриттів з нітридов і карбідів Ti вища, ніж у покриттів, що складаються з карбідів і нітридів Ti, Zr, Hf, проте останні мають вищу зносостійкість; покриття TiC – TiN витримує короточасну дію 10 %-го розчину H_2SO_4 ; після короточасної плазмової дії покриття з карбідами і нітридами Ti (1) значно втрачає твердість, тоді як у покриттів з карбідами і нітридами Ti, Zr і Hf твердість залишається на тому самому рівні; всі покриття в оплавлених ділянках мають схильність до відшаровування.

1. Андриевский Р.А., Спивак И.И. Прочность тугоплавких соединений и материалов на их основе. – Челябинск: Металлургия, 1989. – 368 с. 2. Верещака А.С., Третьяков И.П. Режущие инструменты с износостойкими покрытиями. – М.: Машиностроение, 1986. – 192 с. 3. Самсонов Г.В., Эпик А.П. Тугоплавкие покрытия. – М.: Металлургия, 1973. – 398 с. 4. Алімов В.І., Кримов В.М. Вплив розряду дуги на структуру і властивості твердих сплавів // МОМ. – 2005. – №1. – С.55–57. 5. Алімов В.І., Кримов В.М., Штихно А.П. Підвищення властивостей швидкорізальних сталей шляхом поверхневої обробки // Фізика і техніка високих давлень. – 2003. – Т.13. – №1. – С.139–144.

УДК 669.14.018.25

З.А Дурягіна

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра інженерного матеріалознавства та прикладної фізики

ЗАКОНОМІРНОСТІ СТВОРЕННЯ БАР’ЄРНИХ ШАРІВ З РЕГУЛЬОВАНИМ СТРУКТУРНО-ФАЗОВИМ СТАНОМ

© Дурягіна З.А., 2006

Розроблено науково-технологічні принципи керованого захисту поверхні корозійнотривких сталей і ванадієвих сплавів від деградації структури і властивостей у розплавах Pb та $Li_{17}Pb_{83}$ формуванням бар’єрних шарів – покриттів методами інженерії поверхні. Встановлено кореляцію між структурою розплавів Pb і $Li_{17}Pb_{83}$, коефіцієнтами їхнього поверхневого натягу, факторами структурної когерентності та інтенсивністю деструктивних процесів на межі розділу системи “сталь–розплав”.

New approaches to protection of stainless steels and vanadium alloys against degradation in the melts of Pb, $Li_{17}Pb_{83}$ have been proposed. These methods are based on scientific and technological principles of the checked variation of the surface structural-phase composition and are accompanied by the barrier effect. A correlation between the structure of Pb and $Li_{17}Pb_{83}$ melts, their surface tension coefficients, structural coherence factors and destructive processes intensity at the interface” steel-melt” has been established.

Вступ. Конструкційні матеріали енергетичного обладнання (корозійнотривкі сталі аустенітного, ферито-мартенситного класів і маловивчені ванадієві сплави) працюють за підвищених температур в агресивних середовищах (водні розчини солей, перегріта пара, розплави легкоплавких металів Pb, Li, Bi, їх евтектики). Це викликає деградацію структури і властивостей поверхні. Тому актуально не тільки раціонально підібрати матеріал для конкретних умов експлуатації, а й запропонувати науково обгрунтовану систему захисту його поверхні. Останні десятиліття ознаменовані розробкою аналогічних підходів для формування методами інженерії поверхні, зокрема лазерними технологіями, поверхневих шарів з підвищеними корозійно-механічними властивостями.

З огляду на це, для формування на матеріалах енергетичного обладнання таких захисних бар’єрних шарів запропоновано використовувати сучасні сертифіковані методи інженерії поверхні – лазерне або плазмове оплавлення поверхні, лазерне легування поверхні порівняно із нанесенням