

УДК 621.785

В.Г. Хижняк, М.В. Аршук,
Т.В. Лоскутова, Т.Л. Пересенчук

ТИТАНОАЛІТУВАННЯ АЗОТОВАНОГО ТВЕРДОГО СПЛАВУ ВК8 У ЗАКРИТОМУ ПРОСТОРИ

Вступ

Багатогранні непереточувані тврдосплавні пластини (БНТП) в процесі експлуатації зазнають впливу зносу, контактних навантажень та високих температур [1–4]. При цьому найбільшому руйнуванню піддається поверхня виробів, що зумовлює необхідність розробки методів покращення властивостей поверхневих областей. На сьогодні тверді, зносостійкі покриття за участю карбідів, нітридів, боридів перехідних металів широко використовуються з метою підвищення експлуатаційних властивостей інструментів та оснастки [1, 2, 4–7].

Доцільність використання захисних покриттів підтверджено практичними результатами останніх років. У працях [1, 2, 8] показано, що БНТП з покриттями служать у кілька разів довше, ніж без покриттів. Це свідчить про істотну економію витрат на інструменти. Крім того, нанесення покриттів на БНТП дає змогу підвищити продуктивність праці при металообробці за рахунок більш високих параметрів різання, при яких термін експлуатації різців порівняно з вихідними навіть збільшується.

Результати досліджень причин позитивного впливу тонких покриттів на працездатність тврдосплавних пластин були наведені в багатьох працях [1, 2, 6]. Одна з причин очевидна — це висока твердість, яка досягає для покриттів за участю карбиду титану TiC і нітриду титану TiN 30,0–40,0 ГПа. Таким чином, висока твердість та зносостійкість покриттів поєднуються із значною твердістю та міцністю основи. До того ж, карбіди, нітриди, бориди перехідних металів зберігають високу твердість при високих температурах, які існують у зонах контактної взаємодії при різанні.

Крім того, відомі багатошарові покриття за участю тугоплавких сполук, які, крім зазначених високих механічних характеристик, мають низьку дифузійну проникність багатьох елементів і виконують роль бар'єра. Таким чином, зменшується взаємодія між покритою

тврдосплавною пластиною і контактним матеріалом [1, 4], що попереджає дифузійний знос покритого виробу.

Широко відомі багатошарові покриття за участю карбиду титану TiC, нітриду титану TiN та оксиду алюмінію Al₂O₃, нанесені на тверді сплави хімічним осадженням з парової фази (CVD) [1, 4, 6]. Порядок розміщення шарів окремих сполук у покритті при експлуатації визначає перевагу певної властивості або комплексу властивостей. Для композиції TiN, Al₂O₃, TiC (покриття накладено від поверхні до основи) характерні низький коефіцієнт тертя разом із сталлю; для композиції Al₂O₃, TiN, TiC — висока хімічна та термічна стабільність, опір до формування при різанні лунки зносу.

Аналіз робіт з дифузійного титанування попередньо азотованих легованих сталей У8А, ШХ15, Х12М та твердих сплавів ВК8 і Т5К10 показав можливість формування на поверхні двошарових комплексних покриттів TiC, TiN з високими характеристиками [8, 9]. Захисні властивості бар'єрного комплексного покриття TiN, TiC проявилися при формуванні шару в процесі хіміко-термічної обробки (ХТО). Кількість заліза в шарі TiC (композиції TiC, TiN) на сталях, W і Co на твердих сплавах виявилася в кілька разів меншою, ніж у покриттях при титануванні.

Доцільність дифузійного комплексного насичення твердих сплавів титаном і алюмінієм доведено в статті [10]. Відповідно до наведених результатів [10] алюміній бере участь у формуванні покриття, проникає в твердий сплав на значну глибину і ініціює таким чином перерозподіл елементів основи. Карбід титану та інтерметалід за участю титану формують шари на зовнішній стороні дифузійної зони.

Перспективність процесу азоттитаноалітування ґрунтується на реалізації можливості формування на твердому сплаві ВК8 багатошарового покриття, яке поєднує позитивні властивості бар'єрних шарів із високою мікротвердістю, зносостійкістю, адгезією до основи. Дані щодо будови та властивостей азоттитаноалітованих покриттів на сталях наведені в статтях [11, 12], для твердих сплавів така інформація має обмежений характер.

Постановка задачі

Метою статті є встановлення можливості отримання на твердому сплаві ВК8 дифузійних

покриттів за участю азоту, титану і алюмінію, дослідження їх складу, будови та властивостей.

Методика і техніка експерименту

Азотування твердого сплаву ВК8 проводилось у середовищі аміаку при температурі 540 °С протягом 16 год. Дифузійна металізація титаном та алюмінієм відбувалась у закритому реакційному просторі за умов зниженого тиску в контейнері з плавким затвором. Як вихідні реагенти використовувались порошки титану та алюмінію, хлористий амоній.

Зразки твердого сплаву ВК8 після ХТО були досліджені сучасними методами фізичного матеріалознавства: рентгеноструктурним, мікрорентгеноспектральним, дюрOMETричним, металографічним.

Вплив захисних покриттів на експлуатаційні властивості БНТП визначався відомими методами [1, 2].

Експериментальні результати та їх обговорення

Пошаровим рентгеноструктурним аналізом азототитаноалітованого сплаву ВК8 встановлено наявність на зовнішній стороні дифузійної зони сполуки AlCoTi_2 , товщина якої для взятих умов титаноалітування становить 4,0–9,0 мкм (таблиця). Прямо під сполукою AlCoTi_2 розміщені шар карбіду титану TiC та шар нітриду титану TiN . Останній контактує безпосередньо з основою.

Аналіз отриманих результатів показав, що фазовий склад і послідовність розміщення шарів азототитаноалітованого сплаву ВК8 і сталі У8А мають багато спільного [2, 8–10]. Насамперед це стосується шарів TiC і TiN . Як було показано в статтях [8, 9], при дифузійній металізації титаном та алюмінієм азотованих сплавів першою формується нітридна зона, наступною – карбідна (при наявності в сплаві вуглецю). При досягненні певної товщини карбонітридної зони фор-

Таблиця. Фазовий склад і характеристики дифузійних покриттів на твердому сплаві ВК8

Вид обробки; температура, °С; час насичення, год	Фазовий склад поверхні	Період кристалічної ґратки, нм	Товщина покриття, мкм	Мікротвердість, ГПа
Титанування; 1050; 4	Co_2Ti	$a = 0,4832$	1,0	8,0
		$c = 1,5960$		
	TiC	$a = 0,4329$	6,5	30,5
	$\text{Co}_6\text{W}_6\text{C}$	$a = 1,0929$	1,5	8,5
Азотування; 540; 20	WC	$a = 0,2906$	–	–
		$c = 0,2836$		
	Co	$a = 0,2604$	–	–
		$c = 0,6756$		
Титанування; 1050; 2	TiC	$a = 0,4325$	3,5	34,0
Титанування з попереднім азотуванням; 540; 20	TiN	$a = 0,4226$	2,5	27,2
Титаноалітування; 1050; 4	AlCoTi_2^*	$a = 0,2950$	8,5–9,0	12,2
	TiC	$a = 0,4333$	3,0–3,5	29,5
	Зона з підвищенням вмістом кисню та алюмінію	–	14,0	12,5
Титаноалітування; 1050; 2	AlCoTi_2^*	$a = 0,2951$	4,0	11,5–12,0
	TiC	$a = 0,4324$	2,5	26,0
Титанування з попереднім азотуванням; 540; 20	TiN	$a = 0,4221$	3,5	23,0

* На поверхні встановлено наявність Al_2O_3 ($a = 0,4757$).

мується зовнішній шар на основі насичуючих елементів та елементів основи. Сполук карбиду алюмінію Al_4C_3 , нітриду алюмінію AlN в покриттях не виявлено, що можна вважати позитивним фактором. Карбід алюмінію Al_4C_3 , можливість існування якого в покриттях на алітованих вуглецевих сталях показана в працях [13, 14], при взаємодії з водою виділяє метан CH_4 .

Нами встановлено, що після ХТО за прийнятими методами на поверхні сплаву ВК8 утворюються покриття, для яких характерна наявність карбиду титану TiC з різними періодами кристалічної ґратки. При титануванні в покриттях встановлено наявність шару Co_6W_6C , який розміщений на межі розділу шару TiC з основою. Формування фази Co_6W_6C під час дифузійного титанування відбувається за рахунок ди-

соціації монокарбиду вольфраму WC та взаємодії його з кобальтом. Вуглець, який є продуктом реакції, утворює на поверхні карбід титану TiC .

В азототитаноалітованому покритті шар на основі Co_6W_6C практично відсутній. Чим більше вуглецю витрачається на формування карбиду TiC , тим товщий шар Co_6W_6C . Зрозуміло, що кількість відведеного вуглецю з основи в азототитаноалітованих покриттях набагато менша, ніж у титанованих, що зумовлено наявністю на шляху вуглецю бар'єрного шару на основі нітриду титану TiN . Вважається, що утворення в покритті шару Co_6W_6C є небажаним. Внаслідок високої крихкості карбиду Co_6W_6C експлуатаційні властивості БНТП в умовах перерваного різання знижуються [1]. Зменшити вірогідність формування шару Co_6W_6C на сплаві ВК8 можна

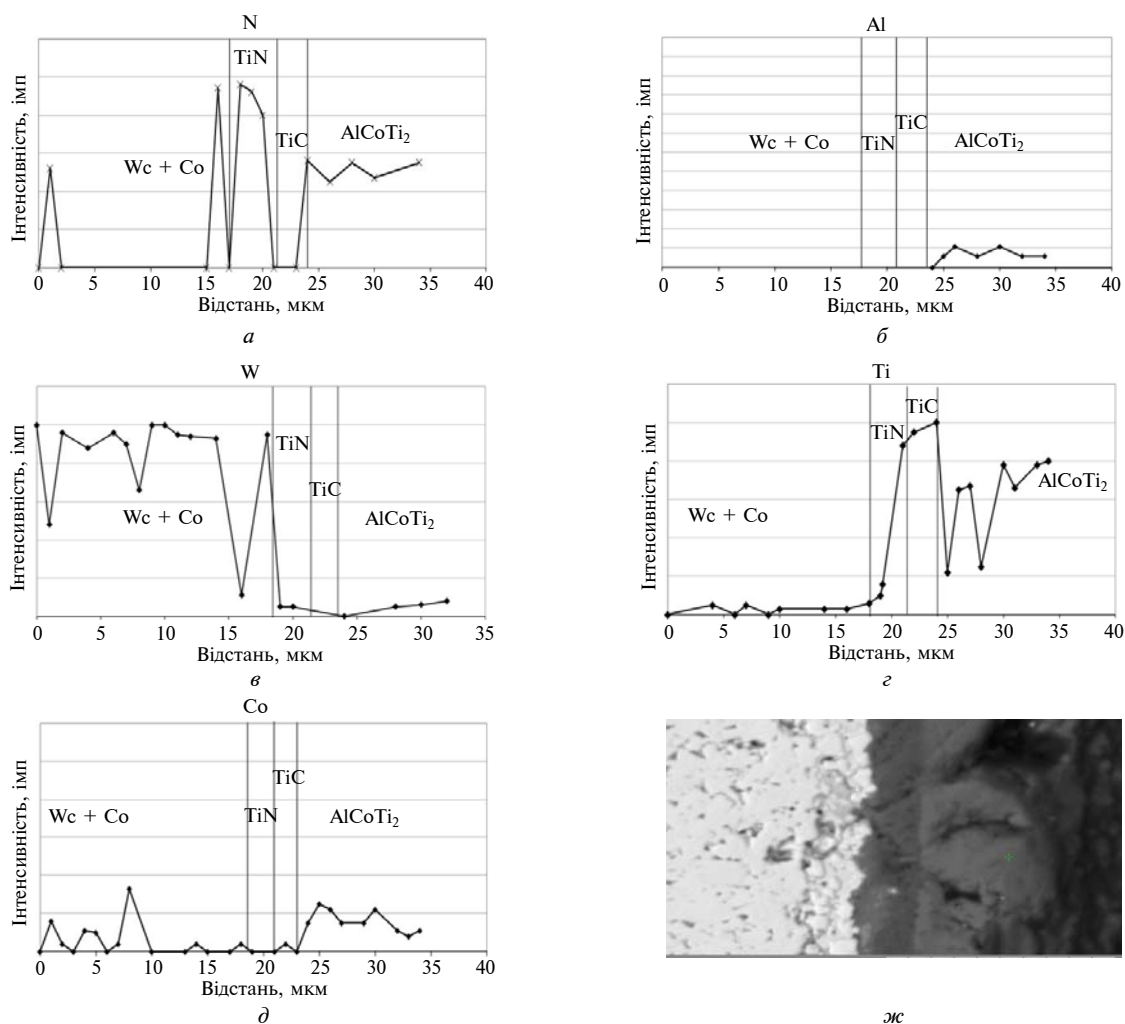


Рис. 1. Розподіл хімічних елементів N (а), Al (б), W (в), Ti (г), Co (д) по площині шліфа на твердому сплаві ВК8 (характеристичне рентгенівське випромінювання у вторинних електронах) після азототитаноалітування: азотування – $T = 540\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau = 36$ год, титаноалітування – $T = 1050\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau = 4$ год ($Ti = 45\%$; $Al = 5\%$; $Al_2O_3 = 48\%$; $NH_4Cl = 2\%$); ж – мікроструктура покриття N, Al, W, Ti, Co

запропонованим нами способом: азотуванням із наступним дифузійним титаноалітуванням.

Локальним мікрорентгеноспектральним хімічним аналізом встановлено розподіл насичуючих елементів – титану, алюмінію та елементів основи – вольфраму, кобальту по товщині дифузійної зони (рис. 1). Аналіз отриманих даних показав, що максимальна концентрація титану спостерігається в сполуках TiN і TiC , алюмінію – в сполуці $AlCoTi_2$, розміщеній на зовнішньому боці дифузійної зони. Товщина шару $AlCoTi_2$ становить для взятих умов ХТО 4,0 мкм. У шарах TiC , TiN та основи алюміній відсутній.

Можна вважати, що розподіл елементів по товщині дифузійної азототитаноалітованої зони на сплаві ВК8 зумовлений впливом бар'єрної композиції з шарів TiN , TiC .

Отримане на твердому сплаві ВК8 комплексне дифузійне покриття з шару інтерметаліду $AlCoTi_2$ з великим вмістом алюмінію та значною мікротвердістю, з бар'єрної композиції за участю шару карбіду титану TiC з мікротвердістю 29,0–29,5 ГПа та шару нітриду титану TiN з мікротвердістю 23,0–24,5 ГПа, повинно надавати вихідному сплаву порівняно з покриттями, отриманими іншими методами, більш високу жаростійкість, зносостійкість в умовах тертя ковзання без змащування, абразивну зносостійкість.

Правильність висновків щодо високих властивостей комплексних азототитаноалітованих покриттів на сплаві ВК8 було перевірено нами основним методом випробувань БНТП – визначенням стійкості вихідних пластин і пластин з покриттями при різанні сплавів у реальних умовах. Порівняльні випробування проводились у жорстких умовах різання згідно з рекомендаціями, наведеними в праці [15]. Результати випробування пластин із покриттями порівнювались із ріжучими властивостями пластин без покриттів. Величина зносу інструменту визначалась за шириною фаски на задній поверхні, яка є критерієм стану пластин, а показник стійкості – як відношення часу різання до утворення певної лунки пластин із покриттям до часу різання пластини без покриття. Пластини було вибрано з однієї

партії. Випробування проводились при поздовжньому точінні заготовок із сталі 12Х18Н9Т.

Результати порівняльних випробувань БНТП у вихідному стані та з різними покриттями наведено на рис. 2. Показано, що стійкість пластин з азототитаноалітованими покриттями виявилась вищою за стійкість вихідних у 10,9 раза.

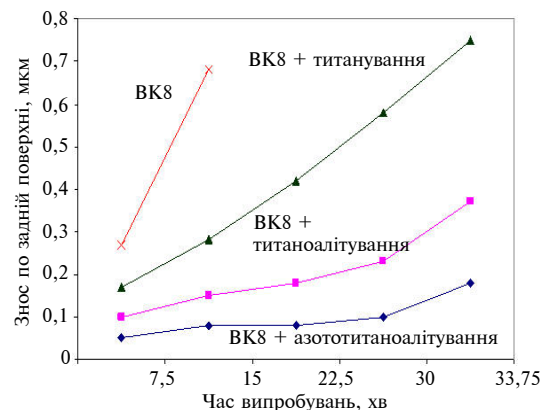


Рис. 2. Кінетика зносу багатограничних непереточуваних твердосплавних пластин із покриттями при точінні сталі 12Х18Н9Т; швидкість різанням (V) 2,5 м/с; глибина різання (t) 1,0 мм; подача (S) 0,434 мм/об

Таким чином, можна рекомендувати процес азототитаноалітування для впровадження з метою підвищення працездатності твердосплавних пластин із сплаву ВК8.

Висновки

Після азототитаноалітування на сплаві ВК8 формується багатшарове покриття за участю інтерметаліду $AlCoTi_2$, карбіду титану TiC , нітриду титану TiN . Композиція TiC , TiN виконує роль бар'єрного шару, який обмежує проникнення насичуючих елементів в основу.

Стійкість азототитаноалітованих БНТП із сплаву ВК8 збільшується при різанні сталі 12Х18Н9Т порівняно із серійними в 10,9 раза.

У подальшому планується розробити нові способи дифузійної металізації титану та алюмінію з метою отримання жаро- і корозійно-стійких покриттів.

В.Г. Хижняк, М.В. Аршук,
Т.В. Лоскутова, Т.Л. Пересенчук

ТИТАНОАЛИТИРОВАНИЕ АЗОТИРОВАННОГО
ТВЕРДОГО СПЛАВА VK8 В ЗАКРЫТОМ ПРО-
СТРАНСТВЕ

Исследованы фазовый и химический состав, структура, характеристики и эксплуатационные свойства азотированного твердого сплава VK8 после диффузионного титаноалитирования в смеси порошков титана и алюминия в закрытом пространстве. Показано, что стойкость пластин из сплава VK8 с покрытием при резании стали 12X18H9T увеличилась по сравнению со стойкостью исходного сплава в несколько раз.

V.G. Khyzhniak, M.V. Arshuk, T.V. Loskutova,
T.L. Peresenchuk

TITANIUM ALUMINIZING OF THE VK8 NITRATED
HARD ALLOY IN THE ENCLOSED SPACE

We investigate the phase and chemical composition, structure, characteristics and operational properties of the VK8 nitrated hard alloy after diffused titanium aluminizing in the mixture of titanium and aluminium powders in the enclosed space. We demonstrate that the strength of films produced and covered with the VK8 nitrated hard alloy increases by several times at 12X18H9T steel cutting as compared to the initial alloy strength.

1. *Верещака А.С., Третьяков И.П.* Режущие инструменты с износостойкими покрытиями. — М.: Машиностроение, 1986. — 192 с.
2. *Лоскутов В.Р., Хижняк В.Г., Погребова Т.С. та ін.* Карбідні покриття на сталях і твердих сплавах. — Тернопіль: Лілея, 1998. — 144 с.
3. *Лоладзе Т.Н.* Прочность и износостойкость режущего инструмента. — М.: Машиностроение, 1982. — 320 с.
4. *Bhat D.G., Woerner P.F.* Coatings for cutting tools // J. of metals. — 1986. — 38. — P. 68–69.
5. *Bartsch K., Leonhardt A., Wolf E.* Preparation, composition and some properties of codeposited TiB₂ – TiC_x-coatings // J. of Materials Science. — 1991. — 26. — P. 4318–4322.
6. *Boving H.I., Hintermann H.E.* IPAT Workshop: Wear Resistant Coat., Amsterdam, 26–27 May, 1988. — Amsterdam, 1988. — P. 85–106.
7. *Charles W.* Coatings Improve Tool Life, Increase Productivity // Manufacturing – Engineering. — 1996. — 12. — P. 26–31.
8. *Хижняк В.Г., Курило Н.А.* Будова та механічні властивості карбідних та нітридних покриттів титану, ванадію та хрому на сталі У8А // Металознавство та обробка металів. — 2007. — № 2. — С. 73–79.
9. *Хижняк В.Г., Курило Н.А.* Антифрикційні властивості карбідних та нітридних покриттів титану на сталі У8А. Проблеми тертя та зношування // Наук.-техн. зб. Нац. авіац. ун-ту. — 2007. — № 47. — С. 142–150.
10. *Хижняк В.Г., Дегула А.І., Лесечко Д.В.* Титаноалітування твердого сплаву VK8 в закритому реакційному просторі // Металознавство та термічна обробка. — 2009. — № 4. — С. 20–25.
11. *Аршук М.В., Курило Н.А., Хижняк В.Г. та ін.* Комплексні покриття за участю титану й алюмінію на сталі ШХ15 // Пробл. тертя та зношування. — 2009. — Вип. 51. — С. 123–131.
12. *Хижняк В.Г., Лесечко Д.В., Кравець Т.П.* Фазовий склад комплексних азототитаноалітованих покриттів на сталях та твердих сплавах // Матер. для роботи в екстремальних умовах-2. — К.: НТУУ “КПІ”, 2009. — С. 77–80.
13. *Минкевич А.Н.* Химико-термическая обработка металлов и сплавов. — М.: Машиностроение, 1965. — 492 с.
14. *Химико-термическая обработка металлов и сплавов:* Справ. / Г.В. Борисенко, Л.А. Васильев, Л.Г. Ворошнин и др. — М.: Металлургия, 1981. — 424 с.
15. *Локтев А.Д., Крючков В.Я., Эйкман Э.Ф.* Общемашиностроительные нормативы режимов резания, норм износа и расхода для резцов с механическим креплением пластин сменных многогранных из безвольфрамовых твердых сплавов. — М.: НИИМАШ, 1983. — 41 с.

Рекомендована Радою
інженерно-фізичного факультету
НТУУ “КПІ”

Надійшла до редакції
31 серпня 2010 року