



УДК 621.785.536

АЗОТОТИТАНИРОВАНИЕ ТВЕРДОГО СПЛАВА VK8

**М. В. Карпец, В. Г. Хижняк, Н. А. Курило,
Д. В. Лесечко, Я. Н. Дятел**

Разработана новая технология нанесения защитных покрытий на поверхность твердосплавных пластин. Исследованы химический и фазовый составы, структура и служебные свойства износостойких покрытий при участии титана, азота и углерода на твердом сплаве VK8. Приведены результаты испытаний на стойкость азототитанированных пластин VK8 в разных условиях резания. Установлено, что карбидные и нитридные покрытия повышают износостойкость пластин VK8 в 1,1... 6,5 раз.

New technology of deposition of protective coatings on the surface of hard-alloy plates has been developed. Chemical composition, phase composition, structure and service properties of wear-resistant coatings on hard alloy VK8 using titanium, nitrogen and carbon are investigated. Results of tests on service life of nitrogen-titanized plates VK8 under different conditions of cutting are given. It was found that carbide and nitride coatings 1.1... 6.5 times increase the wear resistance of VK8 plates.

Ключевые слова: твердый сплав; покрытие; карбид; нитрид; титан; микротвердость; износостойкость

В настоящее время широко применяются различные технологии нанесения износостойких покрытий на поверхность твердосплавного инструмента. В результате нанесения покрытий срок службы инструментов увеличивается, что обусловлено эффектами, влияющими на силу резания, температуру и коэффициент трения в зоне резания. Покрытия являются эффективным и перспективным способом повышения эксплуатационных характеристик твердых сплавов, а проведение исследований в этой области актуально.

Существуют покрытия на основе карбидов, нитридов, боридов, оксидов металлов IV–VI групп периодической системы элементов. Наиболее распространены покрытия из карбидов, нитридов, карбонитридов титана и оксида алюминия, полученные осаждением из газовой фазы, физическим осаждением в вакууме, химико-термической обработкой [1–4].

Карбид титана TiC характеризуется высокими значениями твердости [5, 6]. Покрытия на его основе толщиной 5... 7 мкм значительно повышают износостойкость твердых сплавов при обработке углеродистых сталей и чугунов и менее эффективны при обработке нержавеющей и титановых сплавов [1, 2]. Нитрид титана менее тверд, но отличается низкой склонностью к схватыванию с нагретой стружкой, хорошим скольжением по металлу, более высокой, чем у карбида титана, жаростойкостью [1, 5, 6].

Получение требуемых состава и строения отдельных слоев достигается путем химического осаждения из газовой фазы посредством контролируемого изменения состава газа. Данные о свойствах многослойных покрытий на основе соединений TiC и TiN, возможности их получения способами химико-термической обработки ограничены [7, 8].

Диффузионное насыщение имеет существенные преимущества, по сравнению с другими способами нанесения покрытий. Прочность связи диффузионных покрытий с основой значительно выше, чем покрытий иных видов за счет взаимного диффузионного проникновения в основу наносимого элемента и элементов основы в покрытие.

Таким образом, градиентное изменение концентрации элементов по толщине покрытия гарантирует плавное варьирование функциональных свойств.

Целью работы является получение на поверхности твердого сплава VK8 комплексного покрытия с участием титана, азота и углерода, исследование его структуры, свойств, проведение эксплуатационных испытаний.

Азототитанирование осуществляли в два последовательных этапа: азотирование и последующее диффузионное титанирование. Азотирование проводили традиционным способом при температуре 550 °С и выдержке 20... 36 ч в аммиаке при степени его диссоциации 47... 50 % [9]. Титанирование выполняли в замкнутом реакционном пространстве с

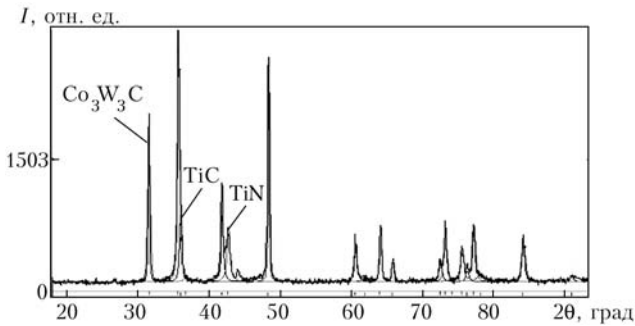


Рис. 1. Дифрактограмма твердого сплава ВК8 после азототитанирования; излучение $\text{Cu}_{K\alpha}$; $\lambda = 0,1541841$ нм; I — интенсивность излучения

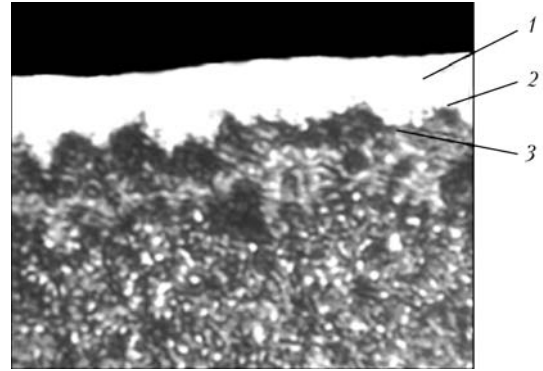


Рис. 2. Структура сплава ВК8 после азототитанирования ($T = 1050$ °С, $\tau = 2$ ч), $\times 500$: 1 — TiC; 2 — TiN; 3 — $\text{Co}_6\text{W}_6\text{C}$

пониженным давлением газовой фазы при температуре 1050 °С, 2... 4 ч [2, 10]. В качестве исходных реагентов использовали порошок титана, древесный уголь и четыреххлористый углерод.

Рентгеноструктурные исследования проводили на дифрактометре «ДРОН УМ-1» в монохроматизированном медном излучении. Дифрактограммы расшифровывали с помощью программного обеспечения PowderCell 2.4. Микрорентгеноспектральный анализ выполняли с помощью растрового электронного микроскопа-микроанализатора «РЕММА-101А», а металлографический — на микроскопе «Axiovert 40 MAT». Микротвердость и толщину покрытий измеряли на микротвердомере ПМТ-3.

Микрорентгеноспектральные исследования сплавов ВК8 после азотирования по принятым условиям показали, что на внешней стороне диффузионной зоны содержание азота незначительно (не превышает 0,05... 0,10 %) и монотонно уменьшается по

толщине. Глубина проникновения азота в сплав составляет 250... 300 мкм. При этом фазовый состав и структура поверхности азотированного сплава не отличаются от исходного.

Кобальт, растворяя незначительное количество азота, образует нитриды Co_3N и Co_2N [11]. Кроме того, при азотировании в аммиаке при температурах 1050... 1200 °С в структуре сплавов группы ТК формируются слои с участием нитрида титана TiN или карбонитрида $\text{Ti}(\text{C}, \text{N})$ [12, 13]. Толщина зоны нитридов зависит от содержания карбида титана в основе и степени его обезуглероживания при азотировании [12, 14]. Сплавы группы ВК менее склонны к обезуглероживанию, чем ТК, что в некоторой мере подтверждает неизменность фазового состава и структуры сплава ВК8 после азотирования при принятых температурно-временных условиях и степени диссоциации аммиака.

Послойным рентгеноструктурным анализом азототитанированного сплава ВК8 установлено, что диффузионная зона состоит из слоя TiN, примыкающего к основе, и слоя TiC, расположенного на внешней стороне. При титанировании более 4 ч под слоем нитрида возможно формирование обезуглероженной зоны незначительной толщины на основе карбида $\text{Co}_6\text{W}_6\text{C}$ (рис. 1).

Период кристаллической решетки TiC на азототитанированном сплаве ВК8 составляет 0,4325 нм и оказывается меньше периода того же карбида после титанирования. Период кристаллической решетки TiC в области гомогенности изменяется от 0,4295 для $\text{TiC}_{0,5}$ до 0,4332 нм для $\text{TiC}_{0,85}$. Можно предположить, что сформированный в результате азототитанирования карбид титана описывается формулой $\text{TiC}_{0,7}$.

Отличие периодов кристаллической решетки обусловлено условиями их формирования. При титанировании азотированного сплава ВК8 образовавшийся первый слой нитрида титана тормозит диффузию углерода к поверхности. В результате период кристаллической решетки карбида титана в слое азототитанированного покрытия оказывается меньшим, чем в титанированном. Как показано в настоящей работе, твердость TiC после азототитанирования уступает таковой после титанирования.

Влияние азототитанирования на стойкость безвольфрамовых неперетачиваемых твердосплавных пластин при обработке резанием				
Материал инструмента — сплав ВК8	Обрабатываемый материал	Режимы резания		Коэффициент увеличения стойкости
		Скорость, м/мин	Подача, мм/об	
Без обработки	У8А	200	0,430	1,0
	40Х13	150	0,434	1,0
	ВТ6	80	0,128	1,0
Титанирование ($T = 1050$ °С, $\tau = 4$ ч)	У8А	200	0,430	2,0
	40Х13	150	0,434	4,1
	ВТ6	80	0,128	0,6
Азототитанирование ($T = 1050$ °С, $\tau = 4$ ч)	У8А	200	0,430	2,9
	40Х13	150	0,434	6,5
	ВТ6	80	0,128	1,1
Покрытие TiN, конденсация ионной бомбардировкой «Булаг-3Т» ($T = 800$ °С, $\tau = 1,5$ ч)	У8А	200	0,430	2,0
	40Х13	150	0,434	3,1
	ВТ6	80	0,128	0,5

Примечание. Глубина резания во всех случаях составляла 1 мм.



Микроструктура азототитанированного сплава ВК8 приведена на рис. 2. Слой карбида титана расположен на внешней стороне покрытия. После травления реактивом Мураками он имеет белый цвет, является практически беспористым. Граница раздела TiC–TiN выражена слабо.

К положительным свойствам азототитанированных покрытий следует отнести распределение микротвердости, которая монотонно уменьшается от внешней стороны к основе. При этом максимальное значение микротвердости установлено для слоя на основе TiC (32... 34 ГПа).

Проведены стойкостные испытания многогранных неперетачиваемых твердосплавных пластин из сплавов ВК8, упрочненных нитридом титана на установке «Булат» путем титанирования и азототитанирования, при обработке различных промышленных марок сталей и цветных сплавов. Режущие свойства многогранных неперетачиваемых пластин с покрытиями сравнивали с режущими свойствами пластин без покрытий в жестких условиях резания [15]. При этом определяли коэффициент стойкости, вычисляемый как отношение периода стойкости пластин с покрытиями к периоду стойкости непокрытых пластин. Пластинки для испытаний выбрали из одной партии. Испытания проводили до износа по задней поверхности, составляющего 0,7 мм (таблица).

Наиболее высокие результаты показали покрытия с участием азота, углерода, титана при обработке стали 40Х13. Стойкость азототитанированных сплавов ВК8 оказалась выше серийных в 1,1... 6,5 раз.

Выводы

1. Показана возможность получения на поверхности твердого сплава ВК8 многослойных покрытий типа карбид титана–нитрид титана путем последовательной реализации процессов азотирования в аммиаке и диффузионного титанирования.

2. Защитные покрытия имеют белый цвет, практически беспористы, хорошо сцеплены с основой.

3. Период кристаллической решетки TiC, расположенного на внешней стороне диффузионной зоны, составляет 0,4325; TiN — на внутренней равняется 0,4226 нм.

4. Микротвердость слоя TiC составила 32,0... 34,0, TiN — 27,2 ГПа.

5. Стойкость многогранных неперетачиваемых твердосплавных пластин из сплава ВК8 после азототитанирования повысилась, по сравнению с исходным сплавом, в 1,1... 6,5 раз.

1. *Верещака А. С., Третьяков И. П.* Режущие инструменты с износостойкими покрытиями. — М.: Машиностроение, 1986. — 192 с.
2. *Диффузионные карбидные покрытия / В. Ф. Лоскутов, В. Г. Хижняк, Ю. А. Куницкий, М. В. Киндрачук.* — Киев: Техника, 1991. — 168 с.
3. *Development of PVD ceramic coatings for valve seats / A. Kawana, H. Ichimura, Y. Inata, S. Ono // Surt. Coat. Tech.* — 1996. — 86/87. — P. 212–217.
4. *Sheikh-Ahmad I. Y., Stewart I. S., Bailey I. A.* Performance of different PVD coated tungsten carbide tools in the continuous machining of particleboard // Proc. 12th Intern. Wood Machining Seminar (Kyoto, Japan, 1995). — Kyoto, 1995. — P. 282–291.
5. *Гольцмидт Х. Дж.* Сплавы внедрения. — М.: Мир, 1971. — 424 с.
6. *Тот Л.* Карбиды и нитриды переходных металлов. — М.: Мир, 1974. — 295 с.
7. *Хижняк В. Г., Курило Н. А.* Антифрикційні властивості карбідних та нітридних покриттів титану на сталі У8А // Проблеми тертя та зношування. — Київ: НАУ, 2007. — Вип. 47. — С. 142–150.
8. *Хижняк В. Г., Король В. І.* Механічні властивості карбідних покриттів за участю титану та хрому на сталі У8А // Фізика і хімія твердого тіла. — 2002. — 4, № 1. — С. 161–165.
9. *Лактин Ю. М., Коган Я. Д.* Азотирование стали. — М.: Машиностроение, 1976. — 256 с.
10. *Хижняк В. Г., Карпец М. В., Долгих В. Ю.* Нанесение защитных покрытий на безвольфрамовые твердые сплавы // Порошк. металлургия. — 2003. — № 9/10. — С. 118–123.
11. *Хансен М., Андерко К.* Структуры двойных сплавов. — М.: ГННИЛ по горной металлургии, 1962. — 608 с.
12. *Бондарь В. Т.* Азотирование спеченного твердого сплава // Порошк. металлургия. — 1975. — № 2. — С. 38–43.
13. *Ковальчук Г. Н., Шаповалов В. П., Горбунов Н. С.* Применение титано-азотированных покрытий для повышения стойкости твердосплавного инструмента // Защитные покрытия на металлах. — Киев: Наук. думка, 1976. — Вип. 10. — С. 107–108.
14. *Коняшин И. Ю., Костяков В. И., Нарамовский И. В.* Структура и свойства безвольфрамовых твердых сплавов после газового азотирования // Там же. — Киев: Наук. думка, 1988. — Вип. 22. — С. 69–73.
15. *Методика испытаний металлорежущего инструмента // Общие машиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках.* — М.: Машиностроение, 1974. — Ч. 1. — 406 с.

Ин-т проблем материаловедения
им. И. М. Францевича НАН Украины, Киев
Нац. техн. ун-т Украины
«Киевский политехнический ин-т», Киев
Поступила 16.09.2009