

## ЗАСТОСУВАННЯ МЕТАЛЕВИХ І НЕМЕТАЛЕВИХ ПОКРИТТІВ

УДК 621.891

*В. Г. Хижняк, д-р техн. наук, проф.,  
Т. В. Лоскутова, канд. техн. наук, доц.,*

*А. И. Дегула, асп.,*

*Д. В. Лесечко, інж.,*

*В. Д. Лескова, магістрант*

### ЗАЩИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ ПРИ УЧАСТИИ ТИТАНА И ХРОМА НА СТАЛЯХ И ТВЕРДЫХ СПЛАВАХ

Национальный технический университет «КПИ»

[DegA81@bigmir.net](mailto:DegA81@bigmir.net)

*Изучено строение и некоторые особенности защитных покрытий при участии титана и хрома на стали У8А и твердом сплаве ВК8. Установлены фазовый и структурный составы полученных многокомпонентных покрытий. Определена микротвердость карбидных и карбооксидных слоев, а также коэффициент увеличения стойкости при резании.*

**Суть проблемы.** В последнее время как защитные покрытия широко используются тугоплавкие соединения, которые повышают работоспособность деталей машин, инструмента в условиях трения скольжения, кавитации при действии высоких температур и агрессивных сред [1]. К особо распространенным можно отнести многослойные покрытия на основе нитридов, боридов, карбидов. Критерием выбора определённого покрытия являются эксплуатационные требования, при этом должны быть учтены следующие характеристики материала основы и покрытия: твердость, прочность, коэффициент термического расширения и т.д.

Очевидно, что при различных вариациях чередования слоев в покрытиях возможна реализация тех или иных критериев [2], однако возможность получения нужной композиции ограничена технологическими особенностями методов обработки.

Ввиду ограниченного количества материалов с высокой твердостью и требуемыми свойствами в роли материала для защитных покрытий определённый интерес представляют карбиды, оксиды и оксикарбиды металлов IV-VI групп периодической системы [3].

**Методика и суть эксперимента.** Покрытия наносили на об-

разцы из твердого сплава ВК8 и стали У8А. В качестве исходных реагентов использовали порошки хрома и титана, четырехлористый углерод и древесный уголь. Для реализации процесса была использована оригинальная установка на базе лабораторной шахтной электропечи сопротивления с герметичной металлической камерой. Процесс получения комплексных карбооксидных хромитановых покрытий включал:

- хромирование на протяжении 2–3 часов;
- введение в реакционное пространство экспериментально подобранной порции воздуха;
- титанирование 1–2 часа.

**Результаты эксперимента.** Результаты послыоного рентгеноструктурного анализа карбооксидного покрытия на стали У8А и твердом сплаве ВК8 приведены в табл. 1.

В совмещении с методами послыоного микрорентгеноспектрального, металлографического и дюротрического анализа установлено присутствие в диффузионном оксихромитановом слое присутствии трех зон.

В стали У8А непосредственно на внешней стороне покрытия расположена зона интерметеллида  $\text{Fe}_2\text{Ti}$  и карбида титана  $\text{TiC}$ . Периоды кристаллической решетки карбида  $\text{TiC}$  в оксикаридных покрытиях на сталях У8А оказываются меньшими периода решетки при обычном титанировании. Это обусловлено в первую очередь меньшим содержанием углерода в карбидном покрытии. Также наблюдается присутствие оксида титана  $\text{TiO}$ . Следующая зона состоит из двух фаз: карбида хрома  $\text{Cr}_{23}\text{C}_6$  и сложного оксида  $\text{Me}_2\text{O}_3$ , который можно записать в виде  $(\text{Ti},\text{Cr})_2\text{O}_3$ . В третью зону входит карбид  $\text{Cr}_7\text{C}_3$ .

В покрытии на твердом сплаве ВК8 с поверхности расположен  $\text{Fe}_2\text{Ti}$ , источником железа, которое сконцентрировано в основном на внешней стороне покрытия, будет материал реторты. Непосредственно под слоем интерметаллида расположен слой карбида титана  $\text{TiC}$ , за ним следует зона смеси карбида  $\text{Cr}_{23}\text{C}_6$  и оксида  $\text{Me}_2\text{O}_3$ . Непосредственно к основе примыкает карбид хрома  $\text{Cr}_7\text{C}_3$ .

Металлографически покрытия определяются в виде светлой зоны с четкой границей разделения с основой. Большую часть покрытия занимает зона с гетерогенной структурой. Зерна оксидов  $\text{Me}_2\text{O}_3$  темного цвета в большинстве случаев имеют четко выраженную огранку, неправильную форму, вытянуты вдоль диффузионных потоков нормально к поверхности.

Таблица 1

**Фазовый состав и характеристики покрытий на стали У8А и твердом сплаве ВК8**

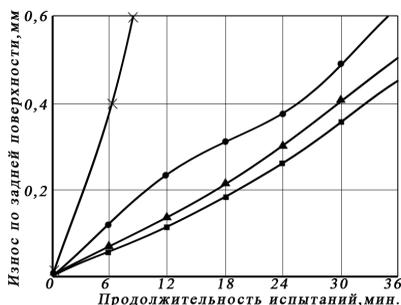
Вид обработки, $t, ^\circ\text{C}$ время насыщения	Марка сплава	Фазовый состав	Период кристаллической решетки, нм	Толщина слоя, мкм	Микротвердость, ГПа (нагрузка 50 г)
Хромо титанирование при участии кислорода, $1050\ ^\circ\text{C}$ , 3,5 ч	Сталь У8А	TiC	$a=0,4315$	5,0	35,5
		Me <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	$a=0,4981$ $c=1,3647$	13,5	17,5-21,5
		Cr <sub>23</sub> C <sub>6</sub>	$a=1,0669$		
		Cr <sub>7</sub> C <sub>3</sub>	$a=0,6968$ $b=1,2173$ $c=0,4515$	7,5	16,0
	ВК8	Fe <sub>2</sub> Ti	$a=0,4791$ $c=0,7805$	1,0	–
		TiC	$a=0,4310$	3,0	29,5
		Me <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	$a=0,4998$ $c=1,3647$	12,0	17,0-20,5
		Cr <sub>23</sub> C <sub>6</sub>	$a=1,0639$		
	Cr <sub>7</sub> C <sub>3</sub>	$a=0,7007$ $b=1,2223$ $c=0,4528$	5,5	16,0	

Как показали результаты микрорентгеноспектральных исследований оксиды возле границ с основой, которые образовались на этапе хромирования, легированы титаном в незначительном количестве. В это же время, оксиды на внешней стороне покрытия содержат больше титана и намного меньшее количество хрома.

Химический состав оксидов и их количество в гетерогенной смеси «оксикарбиды хрома» влияет на микротвердость отдельных зон покрытия. Так, микротвердость гетерогенной зоны для стали У8А колеблется в пределах 17,5–21,5 ГПа, а для твердого сплава ВК8 – 17,0–25 ГПа. Максимальную микротвердость в исследованных покрытиях имеют слои на основе карбида титана TiC – 29,5–35,5 ГПа. Толщина покрытий, полученных при благоприятных условиях насыщения, приведена в табл. 1. Анализ полученных данных показал, что скорость нанесения оксикарбидных покрытий больше скорости нанесения традиционных карбидных примерно в 1,5 – 2,5 раза. Можно считать, что причиной интенсификации насыщения при

предложенном методе является участие в формировании покрытий не только углерода, но и кислорода. Это подтверждается присутствием в покрытиях оксида  $Me_2O_3$ , количество которого в некоторых зонах покрытия достигает 40 – 50%.

В работе были проведены стойкие сравнительные испытания твердосплавных многогранных пластин с механическим креплением (табл. 2, рисунок). Испытания проводились в жестких условиях резания согласно известным рекомендациям. Режущие свойства пластин с покрытиями сравнили с режущими свойствами пластин без покрытий путем определения коэффициента стойкости.



Кинетика износа неперетачуемых пластин из твёрдого сплава ВК8 при точении стали 40Х13 ( $v=2,5$  м/с,  $s=0,434$  мм/об,  $t=1,0$  мм), × – без покрытия, ● – титанирование, ▲ – титаноалитирование, ■ – карбоксидные хромтитановые покрытия

Таблица 2

**Влияние защитных покрытий на стойкость режущих пластин с ВК8 в сравнении с необработанными**

Обрабатываемый материал	Режим резания			Коэффициент увеличения стойкости		
	Скорость $V$ , м/с	Подача $S$ , мм/об	Глубина $T$ , мм	Титанирование	Титаноалитирование	Титанохромирование (с участием кислорода)
Сталь 45 (поковка)	5,3	0,02	1,5	4,0	4,2	4,5
Сталь У8А	1,73	0,434	1,0	2,7	4,5	5,0
Сталь 40Х13	2,5	0,434	1,0	2,0	2,5	2,8
Сплав ВТ8	1,3	0,128	1,0	0,6	1,8	2,1
Медь М1	3,3	0,045	1,0	1,0	2,5	2,5

Коэффициент стойкости рассчитывали как соотношение периода стойкости пластин с покрытием к стойкости пластин без покрытия. Испытания проводили до образования фаски износа по задней поверхности 0,8 мм.

Анализ полученных данных показал, что исследованные в работе покрытия повышают работоспособность твердых сплавов в 2,0–5,5 раза. Максимальная скорость износа неперетачуемых твердосплавных пластин при точении сталей независимо от типа нанесённого покрытия наблюдается в начальный промежуток времени, затем уменьшается и стабилизируется [3]. Максимальный коэффициент стойкости показали многогранные пластины с гетерогенными оксикарбидными хромтитановыми покрытиями при точении стали 45 и У8А.

#### **Выводы:**

1. Показана возможность получения карбоксидных хромтитановых покрытий на стали У8А и твердом сплаве ВК8.
2. Особенностью строения покрытий является наличие слоя с гетерогенной структурой, который состоит из карбидов хрома  $Cr_7C_3$ ,  $Cr_{23}C_6$  и оксидов металла  $Me_2O_3$ .
3. Проведенные испытания твердого сплава ВК8 показали, что стойкость инструмента с предложенными покрытиями превосходит стойкость необработанного в 2,0 – 5,5 раза.

#### **Список литературы**

1. *Верещака А.С.* Режущие инструменты с износостойкими покрытиями /А.С.Верещака, И.П.Третьяков –М.: Машиностроение, 1986. –192 с.
2. *Подборка каталога SECO 2005.* Seco Tools AB.2005. – 249 p.
3. *Лоскутов В.Ф.* Диффузионные карбидные покрытия / В.Ф.Лоскутов, В.Г.Хижняк, Ю.А.Куницкий, М.В.Киндрачук– К.: Техніка, 1991. – 168 с. УДК 621.891

*Хижняк В.Г., Лоскутова Т.В., Дегула А.І., Лесечко Д.В., Лескова В.Д. Захисні покриття за участю титану і хрому на сталях та твердих сплавах // Проблеми тертя та зношування: Наук.-техн. зб. – К.: Вид-во НАУ «НАУ-друк», 2009. – Вип. 52. – С.199–203.*

Вивчено будову і деякі особливості захисних покриттів за наявності титану і хрому на сталі У8А і твердому сплаві ВК8. Істановлено фазовий і структурний склад отриманих багатокомпонентних покриттів. Визначено мікротвердість карбідних і карбоксидних шарів, а також коефіцієнт збільшення стійкості під час різання.

Рис.: 1, табл.: 2, список лит.: 3 найм.

#### **Sheeting with titan and chrome on steels and carboloys**

A structure and some features of sheeting is reaserched with titan and chrome on steel of У8А and carbology of ВК8. Phase and structural composition of the got multicomponent coverages is defined. A microhardness of carbidic and carboxid layers, and also coefficient of increase of firmness at cutting are defined.

Стаття надійшла до редакції 05.09.09.