

# ЗАСТОСУВАННЯ МЕТАЛЕВИХ І НЕМЕТАЛЕВИХ ПОКРИТТІВ

УДК 621.891

*В.Г. Хижняк, д.т.н., проф.*

*Т.В. Лоскутова, к.т.н., доцент*

*А.И. Дегула, аспірант*

*Д.В. Лесечко, інженер*

*В.Д. Лескова, магістр*

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

Национальный технический университет Украины «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. Установлен фазовый и структурный состав 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 образцы из твердого сплава ВК8 и стали У8А. В качестве исходных реагентов использовали порошки хрома и титана, четыреххлористый 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 хромтитановых покрытий включал:

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

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

В совмещении с методами послойного микрорентгеноспектрального, металлографического и дюротрического анализа, установлено присутствие в диффузионном оксихромтитановом слое присутствие 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 оксикарбидных покрытиях на сталях У8А оказываются меньшими периода решетки при обычном титанировании. Это обусловлено в первую очередь меньшим содержанием углерода в карбидном покрытии. Так же 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 твёрдом 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  $\text{Cr}_7\text{C}_3$ .

Таблица 1

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

| Вид обработки<br>$t$ °С,<br>время насыщения                              | Марка<br>сплава | Фазовый<br>состав          | Период<br>кристаллич<br>еской<br>решетки,<br>нм | Толщина<br>слоя, мкм | Микро<br>твердость,<br>ГПа<br>(нагрузка<br>50 грамм) |
|--|-----------------|----------------------------|---|----------------------|--|
| Хромо<br>титанирование<br>при участии<br>кислорода<br>1050°С<br>3,5 часа | Сталь<br>У8А    | TiC                        | a=0,4315  | 5,0                  | 35,5   |
|  |                 | $\text{Me}_2\text{O}_3$    | a=0,4981<br>c=1,3647                            | 13,5                 | 17,5-21,5  |
|  |                 | $\text{Cr}_{23}\text{C}_6$ | a=1,0669  |                      |  |
|  |                 | $\text{Cr}_7\text{C}_3$    | a=0,6968<br>b=1,2173<br>c=0,4515                | 7,5                  | 16,0   |
|  | ВК8             | $\text{Fe}_2\text{Ti}$     | a=0,4791<br>c=0,7805                            | 1,0                  | -  |
|  |                 | TiC                        | a=0,4310  | 3,0                  | 29,5   |
|  |                 | $\text{Me}_2\text{O}_3$    | a=0,4998<br>c=1,3647                            | 12,0                 | 17,0-20,5  |
|  |                 | $\text{Cr}_{23}\text{C}_6$ | a=1,0639  |                      |  |
|  |                 | $\text{Cr}_7\text{C}_3$    | a=0,7007<br>b=1,2223<br>c=0,4528                | 5,5                  | 16,0   |

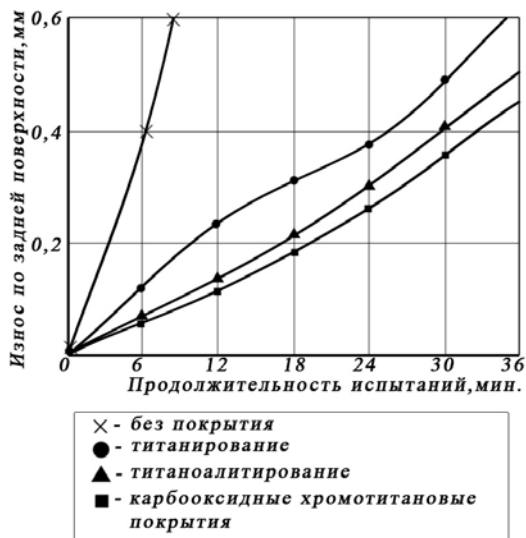
Металлографически покрытия определяются в виде светлой зоны с четкой границей разделения с основой. Большую часть покрытия занимает зона с гетерогенной структурой. Зерна оксидов  $\text{Me}_2\text{O}_3$  темного цвета в большинстве случаев имеют четко выраженную огранку, неправильную форму, вытянуты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

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 таблице 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).



Кинетика износа неперетачуемых пластин из твёрдого сплава ВК8 при тчении стали 40X13 ( $v=2,5$  м/с,  $s=0,434$  мм/об,  $t=1,0$  мм)

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.

Таблица 2

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

| Обрабатываемый материал | Режим резания            |                          |                        | Коэффициент увеличения стойкости |                    |   |
|-------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|----------------------------------|--------------------|---|
|                         | Скорость $V, \text{м/с}$ | Подача $S, \text{мм/об}$ | Глубина $T, \text{мм}$ | 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                                       |

Последний высчитывали 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 непереключаемых твердосплавных пластин при точении сталей независимо от типа нанесённого покрытия наблюдается в начальный промежуток времени, затем уменьшается и стабилизируется [ ]. Максимальный коэффициент стойкости показали многогранные пластины с гетерогенными оксикарбидными хромотитановыми покрытиями при точении стали 45 и У8А.

**Выводы.**

1. Показана возможность получения карбооксидных хромотитановых покрытий на стали У8А и твердом сплаве ВК8 .
2. Особенностью строения покрытий является наличие слоя с гетерогенной структурой, который состоит из карбидов хрома  $\text{Cr}_7\text{C}_3$ ,  $\text{Cr}_{23}\text{C}_6$  и оксидов металла  $\text{Me}_2\text{O}_3$ .

3. Проведенные испытания твердого сплава ВК8 показали, что стойкость инструмента с предложенными покрытиями превосходит стойкость необработанного в 2,0 – 5,5 раз.

### Список литературы

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

УДК 621.891

В.Г. Хижняк, Т.В. Лоскутова, А.І. Дегула, Д.В. Лесечко, В.Д. Лескова  
Захисні покриття за участю титану і хрому на сталях та твердих сплавах// Проблем тертя та зношування: Наук.-техн.зб.-К.:Вид-во НАУ «НАУ-друк», 2010.-Вип.52.-С.199-203.

*Вивчена будова і деякі особливості захисних покриттів за участю титану і хрому на сталі У8А і твердому сплаві ВК8. Встановлений фазовий і структурний склад отриманих багатокomпонентних покриттів. Визначена мікротвердість карбідних і карбооксидних шарів, а також коефіцієнт збільшення стійкості при різанні.*

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

Стаття надійшла до редакції 05.09.09