

СУБМИКРОСЛОИСТЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ

TiN-CrN НА СТАЛИ

А.А. Андреев, В.М. Шулаев

*Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт» НАНУ,
Украина*

Поступила в редакцию 18.04.2005

Синтезированы субмикрослойные композиционные покрытия с фазовым составом TiN-CrN. Исследованы структура, химический и фазовый состав композиционных покрытий в исходном и термообработанном состоянии. Обнаружена высокая термостабильность структуры и микромеханических свойств композиционных покрытий при нагреве до 850° С.

ВВЕДЕНИЕ

Вакуумно-дуговые покрытия из нитрида титана с микрозернистой структурой обладают высокой твердостью (20 – 25 ГПа), износостойкостью и относительно высокой термостабильностью. Эти свойства обеспечили им широкое применение, в частности, в качестве упрочняющих покрытий на режущих инструментах. Однако, покрытия TiN практически не находят применения в узлах трения из-за относительно высокого уровня износа контртела.

Покрытия на основе нитридов хрома также обладают высокой твердостью и износостойкостью, и значительно меньше изнашивают контртело, чем покрытие из нитрида титана [1]. По сравнению с нитридами титана они менее теплостойки и поэтому неэффективны в качестве упрочняющих покрытий на инструментах при обработке резанием черных металлов. Однако они значительно эффективнее, чем микрозернистые покрытия из TiN, при резании цветных металлов и сплавов, где локальные температуры нагрева инструмента в зоне резания значительно ниже. В то же время трехкомпонентные покрытия Ti-Cr-N показывают более высокие результаты при резании вязких жаропрочных сплавов, тогда как покрытия из TiN и, тем более из CrN практически неработоспособны из-за локального нагрева до высоких температур в зоне резания [2].

Решением проблемы может быть применение многослойных композиционных покрытий TiN-Cr-N. Такая конструкция покрытия позволяет сочетать высокую износостой-

кость и низкую изнашиваемость контртела. При этом за счет увеличения площади межфазных границ дополнительно возрастает твердость покрытий (до 27 – 29 Па) [1, 3]. Ограничением для применения этих покрытий для упрочнения поверхностей изделий из инструментальных сталей является относительно высокая температура подложки для их синтеза (400 ÷ 500° С). Это приводит к деградации механических свойств инструментальных сталей с низкими температурами отпуска. Одно из технологических решений для преодоления этого ограничения состоит в комплексной обработке режущего инструмента. Она заключается в нанесении на поверхность изделия микрослойных композиционных покрытий TiN-Cr-N с его последующей термообработкой (закалкой). Исследование эволюции структуры, химического и фазового состава, а также микромеханических свойств микрослойных композиционных покрытий при нагреве до температуры 850° С с последующей закалкой, представляет несомненный практический интерес и является предметом данной работы.

УСЛОВИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Покрытия были нанесены вакуумно-дуговым способом на серийной установке “Булат-6”. Подложки в виде пластинок 15×15×1 мм изготовлены из стали 7ХНМ с твердостью HRC54. Они были расположены на поворотном устройстве в виде барабана на расстоянии от катода 200 мм. Перед нанесением покрытия образцы были подвергнуты очистке бомбар-

дировкой ионами хрома при отрицательном потенциале 1 кВ. После очистки поверхности подложки осаждались чередующиеся слои в количестве 5 слоев Cr-N и 4 слоев TiN, общей толщиной около 1,5 мкм. Наружный слой Cr-N был вдвое толще остальных.

Условия осаждения приведены в табл. 1.

Таблица 1

Условия осаждения

Состав	Параметры осаждения		
	I_d, A	u_n	$p, Па$
TiN	100	200	0,66
Cr-N	100	100	0,13

где I_d – ток дуги; U_n – потенциал подложки; p – давление азота.

Температура образцов в процессе очистки и осаждения составляла – 500° С. Термообработка образцов с покрытиями заключалась в их нагреве до температуры 850° С в соляной ванне (выдержке 5 – мин), охлаждении в расплаве щелочи при температуре 290° С в течение 20 мин.

Структура, химический и фазовый состав покрытий до и после термообработки исследованы при помощи растрового микроскопа JSM-T300 с приставкой Phoenix для рентгеноспектрального анализа (РСМА).

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

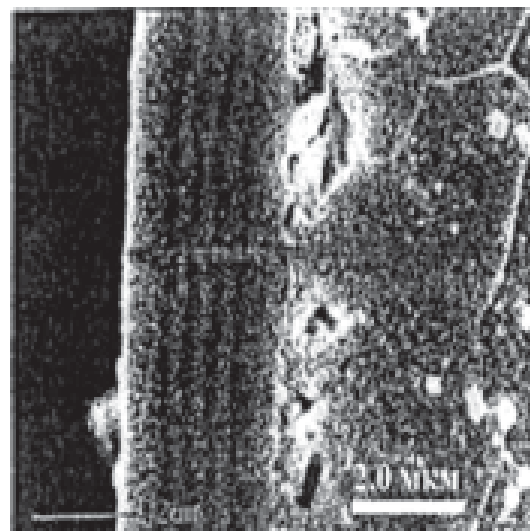
В результате исследований установлено следующее.

Электронно-микроскопические наблюдения поперечных сечений образцов с покрытиями свидетельствует о формировании четко выраженной двухфазной структуры покрытия (рис. 1).

Микротвердость покрытий составляет 20 ГПа.

В процессе осаждения покрытия происходит отпуск стали 7ХНМ, что приводит к снижению твердости подложки до HRC10-30. После термообработки (закалка + отпуск) твердость подложки составляет HRC50-54. Микротвердость покрытий при этом практически не изменилась и составляет ~20 ГПа..

а)



7ХНМ-3, кВ: 20, Ув.: 1000x

б)

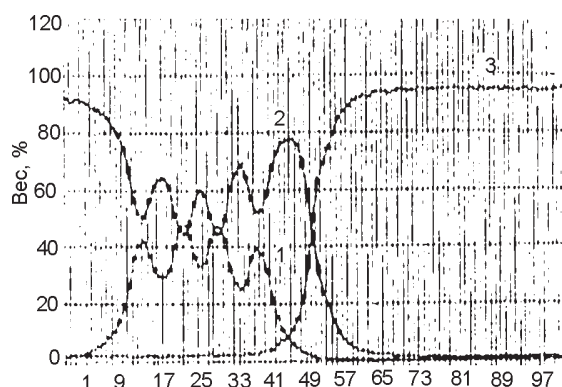


Рис. 1. Микрофотографии и распределение концентраций TiN, CrN и FeN в поперечном сечении образца из стали 7ХНМ до термообработки (а) и после нее (б). 1 – TiN, 2 – CrN, 3 – FeN.

После термообработки трещин в объеме покрытий и на границе раздела не наблюдается.

Признаков существенного насыщения азотом стали 7ХНМ не обнаружено.

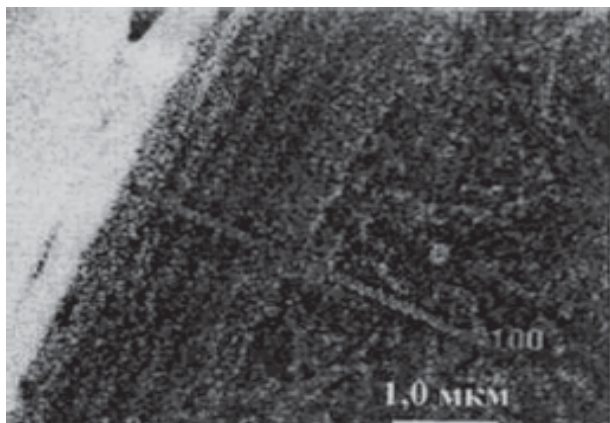
Вблизи границы между покрытием и подложкой наблюдается взаимная диффузия хрома и железа (рис. 1. б).

Как видно из рис. 1б после термообработки произошло выравнивание концентраций хрома и титана по толщине покрытия, т.е. по-видимому, образовалась фаза Ti-Cr-N, однако изменений в структуре, как это следует из микрофотографий, не последовало. Таким образом, перераспределение концентраций Ti и Cr в результате термообработки не устраняет слоистой структуры покрытий. Поскольку с точки зрения дополнительного торможения движения дислокаций на межфазных границах слоистая структура предпочтительнее однослойной, нанесение многослой-

ных покрытий, например, на режущие инструменты представляется рациональным, так как температура на режущих кромках обычно превышает 800°C [2] и эффективное покрытие Ti-Cr-N образуется в процессе резания.

Концентрация азота в покрытии увеличилась на 20 – 25 %, по-видимому, за счет свободного азота, который мог находиться в порах покрытия (рис. 2).

а)



7XNM-TiN+CrN, кВ: 20, Ув.: 15000x

б)

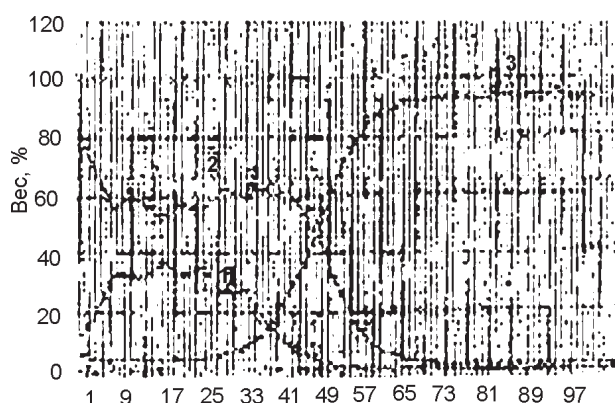


Рис. 2. Распределение концентрации азота в покрытии TiN/CrN на стали 7XNM до термообработки (а) и после нее (б). 1 – TiN, 2 – CrN, 3 – FeN.

СУБМИКРОШАРОВЕ КОМПОЗИЦІЙНЕ ПОКРИТТЯ TiN-Cr-N НА СТАЛІ

А.А. Андреев, В.М. Шулаєв

Синтезовано субмікрошарове композиційне покриття з фазовим складом TiN-Cr-N. Досліджено структуру, хімічний і фазовий склад композиційних покриттів в початковому і термообробленому стані. Знайдена висока термостабільність структури і мікромеханічних властивостей композиційних покриттів при нагріві до 850°C .

Локальное снижение концентрации азота до нуля (рис. 2б) указывает на наличие капельной фазы на границе между покрытием и подложкой. Таким образом, капельная фаза (капля хрома) вносит некоторые искажения при определении профиля концентрации азота. Это обстоятельство следует учитывать при анализе элементного состава покрытия.

Полученные результаты исследований показывают, что процессы вакуумно-дугового нанесения износостойких покрытий на основе нитридов титана и хрома на сталь 7XNM и последующей термообработки технологически совместимы и могут быть использованы для повышения эксплуатационных характеристик изделий машиностроения.

ЛИТЕРАТУРА

1. V.F. Gorban', A.A. Andreev, V.V. Suchov et al. Tribological characteristics of multilayer ion-plasma Coatings, based on chromium and titanium nitrides // Proc. 1st Congress on Rad. Phys., High Current Electronics and Modif. Materials. Tomsk. – 2000. – Vol. 3. – P. 494-496.
2. А.С. Верещака, И.П. Третьяков. Режущие инструменты с износостойкими покрытиями. – М.: Машиностроение, 1986. – 192 с.
3. Р.А. Андриевский, И.А. Анисимова, В.Г. Анисимов. Формирование структуры микротвердости многослойных дуговых конденсатов на основе нитридов // Физика и химия обработки материалов. – 1992. – № 2. – С. 99-102.

SUBMICRON-LAYERED COMPOSITE COATINGS TiN – CrN ON THE STEEL

A. Andrejev, V. Shulajev

Submicron-layered composite coatings with phase composition TiN – CrN were synthesized. The structure, chemical and phase composition of composite coatings at initial state after heat treatment was researched. High thermal stability of the structure and micro-mechanical properties of composite coatings by heating it till 850°C was revealed.