

О ПОВЫШЕНИИ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ СТАЛИ С НИЗКОЙ ТЕМПЕРАТУРОЙ ОТПУСКА

*А.А. Андреев, В.В. Кунченко, В.М. Шулаев, К.М. Китаевский, А.Н. Челомбитько**

*Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт»,
г. Харьков, Украина;*

** ОАО «Мотор-Сич», г. Запорожье, Украина*

Показана возможность повышения износостойкости образцов из стали с низкой температурой отпуска (7ХНМ) путём нанесения вакуумно-дуговым способом многослойных TiN – Cr_xN покрытий с последующей термообработкой (закалка, отпуск).

Вакуумно-дуговые покрытия из нитрида титана (TiN), которые получили наибольшее распространение для повышения стойкости режущих инструментов и оснастки, обладают высокой твёрдостью (20...25 ГПа), износостойкостью, термостабильностью, однако практически не находят применения в качестве износостойких в узлах трения деталей машин, механизмов. Главной причиной тому является высокий уровень износа контртела.

Покрытия на основе нитридов хрома (Cr_xN) также обладают высокой твёрдостью (16...22 ГПа), но по сравнению с TiN менее термостойки. Поэтому они неэффективны в качестве упрочняющих на инструментах при обработке, например, чёрных металлов, но успешно применяются при резании цветных металлов, где температуры в зоне резания значительно ниже. Такие покрытия уступают по износостойкости покрытиям из нитрида титана, но обладают явным преимуществом при испытаниях на трение, мало изнашивая контртело.

Создание многослойных покрытий TiN-Cr_xN позволяет сочетать высокую износостойкость покрытия и низкую изнашиваемость контртела. При этом за счёт увеличения межфазных границ существенно (до 27...29 ГПа) возрастает микротвёрдость покрытий, что благоприятно сказывается на их износостойкости [1,2].

Однако осаждение таких покрытий вакуумно-дуговым способом, обеспечивающим необходимую высокую адгезию покрытия к основе, происходит при температурах около 400...500 °С, что приводит к деградации свойств конструкционных материалов (стали, сплавы) с низкими температурами отпуска.

Одним из вариантов решения проблемы повышения износостойкости узлов трения, изготовленных из таких материалов, может быть дулексная обработка, заключающаяся в нанесении на сопрягаемые поверхности деталей многослойных покрытий с последующей термообработкой [3].

Настоящая работа является демонстрацией возможности решения такой задачи.

Покрытия нанесены вакуумно-дуговым способом с использованием установки «Булат-6» на образцы из стали 7ХНМ (HRC 50...54). Оптимальные

условия нанесения покрытий TiN и Cr_xN были установлены в предварительных экспериментах. Они обеспечивали получение покрытий TiN стехиометрического состава с микротвёрдостью 22...24 ГПа, и на основе хрома Cr₂N + CrN (следы). Кроме того, в покрытиях содержится капельная фаза (Ti, Cr).

Многослойные покрытия TiN-Cr_xN, состоящие из пяти слоёв Cr_xN и четырёх слоёв TiN общей толщиной 3 мкм, получены последовательным осаждением на предварительно очищенную бомбардировкой ионами хрома поверхность образцов 7ХНМ.

Температура образцов в процессе очистки и осаждения составляла ~ 500 °С.

Термообработка образцов с многослойными покрытиями заключалась в их нагреве до 850 °С, выдержке 5...7 мин и охлаждении в расплаве щелочи при температуре 290 °С в течение 20 мин.

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

В результате исследований установлено следующее.

Электронно-микроскопические наблюдения поперечных сечений образцов с покрытиями свидетельствуют о формировании в результате осаждения чётко выраженной двухфазной структуры покрытия (рис. 1).

В процессе нанесения многослойного покрытия происходит отпуск стали 7ХНМ, приводящий к снижению её твёрдости до HRC 10...30.

После термообработки (закалка + отпуск) основа образцов 7ХНМ имеет твёрдость HRC 50...54. Микротвёрдость покрытий при этом не изменяется.

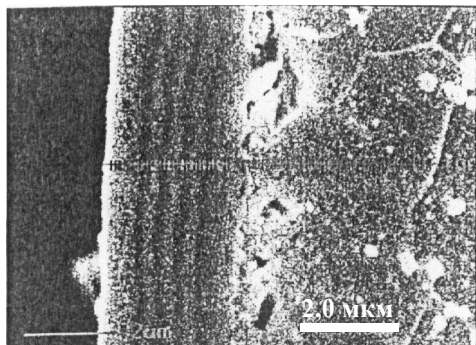
После термообработки трещин в объёме покрытий и на границе раздела с основой не наблюдается.

Признаков растворения (диссоциации) нитридов хрома и существенного насыщения азотом стали 7ХНМ не обнаружено.

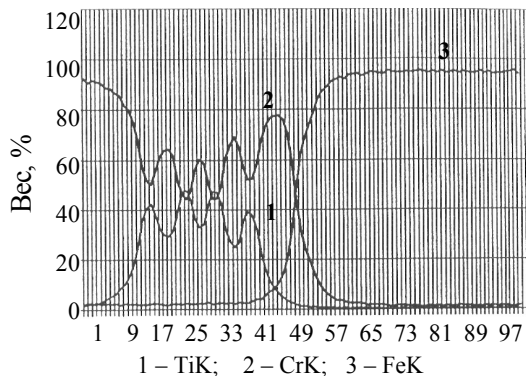
Вблизи границы между покрытием и подложкой наблюдается взаимное растворение хрома и железа (см. рис. 1, б).

Концентрация азота в покрытии увеличилась на

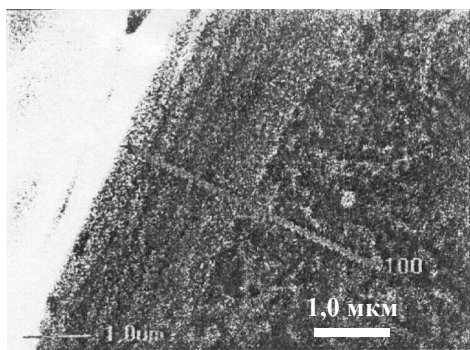
20...25%, по-видимому, в результате свободного азота, который мог находиться в порах покрытия (рис.2, а, б).



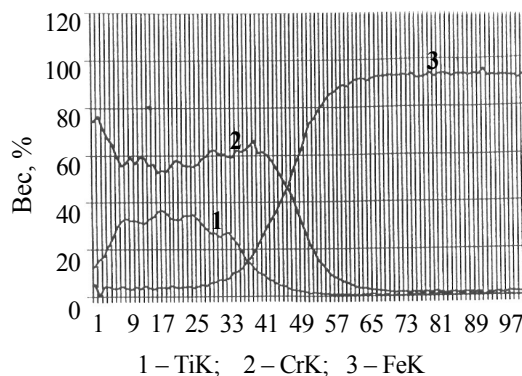
7XHM-3, кВ: 20, Ув.: 10000х



а

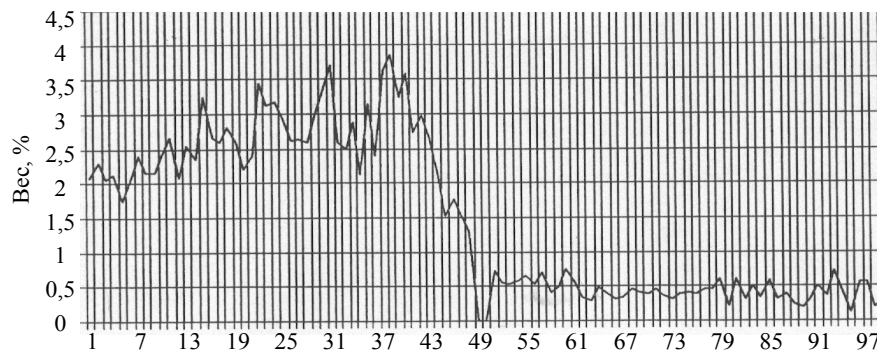


7XHM-TiN+CrN, кВ: 20, Ув.: 15000х

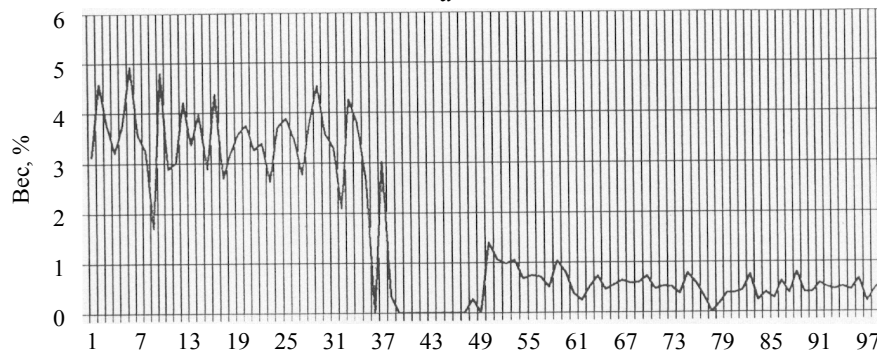


б

Рис. 1. Покрытия TiN-CrxN на стали 7XHM. Микрофотографии и распределение концентраций Ti, Cr, Fe в поперечном сечении образца до термообработки (а) и после термообработки (б): 1 – Ti; 2 – Cr; 3 – Fe



а



б

Рис. 2. Распределение концентрации азота в поперечном сечении образца $TiN-Cr_xN$ на стали 7ХНМ до термообработки (а) и после термообработки (б)

Падение концентрации азота (см. рис. 2, б) до нуля 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 необходимо учитывать при анализе элементного состава покрытия.

Перераспределение концентрации Cr и Ti в результате термообработки не устраняет слоистой структуры покрытий, что также следует из металлографических микрофотографий (см. рис. 1, б).

Полученные результаты исследований показывают, что процессы вакуумно-дугового нанесения износостойких покрытий на основе нитридов хрома и титана на сталь 7ХНМ и последующей термообработки технологически совместимы и могут быть использованы для повышения эксплуатационных характеристик (износостойкости) деталей машин, изготовленных из этой стали.

ЛИТЕРАТУРА

1. V.F.Gorban', A.A.Andreev, V.V.Sychoy, G.N.Kartmasov, Yr.N.Nesovibat'ko and V.S.Taran. Tribological Characteristics of Multi-Layer Ion-Plasma Coatings, Based on Chromium and Titanium Nitrides // *Proc. 1st Int. Congress on Rad. Phys., High Current Electronics and Modif. Materials*, v. 3. Tomsk, 2000, p.494 – 496.
2. Р.А.Андреевский, И.А.Анисимова, В.Г.Анисимов. Формирование структуры микротвёрдости многослойных дуговых конденсаторов на основе нитридов // *ФИЗХОМ*. 1992, № 2, с. 99 – 102.
3. А.А.Андреев, В.В.Кунченко, Л.П.Саблев, В.М.Шулаев. Дуплексная обработка поверхностей стальных изделий // *Технология машиностроения*. 2002, №3 (15), с. 36-38.

ПРО ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ВИРОБІВ ІЗ СТАЛІ З НИЗЬКОЮ ТЕМПЕРАТУРОЮ ТОМЛІННЯ

*А.А. Андреев, В.В. Кунченко, В.М. Шулаев, К.М. Китасевський, А.Н. Челомбитко**

*Національний науковий центр «Харківський фізико-технічний інститут»,
м. Харків, Україна;*

** ВАТ «Мотор-Січ», м. Запоріжжя, Україна*

Показана можливість збільшення зносостійкості зразків зі сталі з низькою температурою томління (7ХНМ) шляхом нанесення вакуумно-дуговим засобом багатосарових $TiN-Cr_xN$ покриттів з наступною термообробкою (гартування, томління).

CONCERNING INCREASE OF WEAR-RESISTANCE OF PRODUCTS MADE OF STEEL WITH LOW TEMPERING

*A.A. Andreev, V.V. Kunchenko, V.M. Shulayev, K.M. Kitayevsky, A.N. Chelombitko**

*National science center Krarkov Institute of Physics and Technology, Kharkov, Ukraine;
* JSC «Motor-Sich», Zaporizhzhya, Ukraine*

Possibility of raising of steel samples wear-resistance with the low temperature of tempering (7ХНМ) by applying of multilayered $TiN - Cr_xN$ coatings with the following thermal treatment is described.