

Присутствие в поверхностной зоне цинкового диффузионного слоя атомов более тугоплавких по сравнению с цинком металлов позволяет формировать на поверхности изделия более плотные защитные пленки на основе продуктов взаимодействия легирующих элементов и коррозионно-активной среды, снижая интенсивность коррозионного разрушения диффузионного слоя в целом.

Литература

1. *Ворошнин, Л. Г.* Теория и практика получения защитных покрытий с помощью ХТО / Л. Г. Ворошнин, Ф. И. Пантелеенко, В. М. Константинов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск: ФТИ, 2001. – 148 с.

2. Инновационная технология цинкования «Неоцинк» – новые возможности для защиты от коррозии длинномерных металлических изделий и конструкций / Е. В. Проскуркин [и др.] // Нац. металлургия. – 2009. – № 1. – С. 72–77.

3. *Баландин, Ю. А.* Диффузионное многокомпонентное цинкование стали 40Х в виброкипящем слое / Ю. А. Баландин, А. С. Колпаков, Е. В. Жарков // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2009. – № 1. – С. 46–49.

4. The effect of Al and Cr additions on pack cementation zinc coatings / D. Chaliampalias [et. al.] // Appl. Surface Sci. – 2010. – N 256. – P. 3618–3623.

ОЦЕНКА ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ОТ УПРОЧНЕНИЯ ОСНОВЫ В СИСТЕМЕ КОНСТРУКЦИОННАЯ СТАЛЬ – НИТРИД ТИТАНА

В. М. Константинов, А. В. Ковальчук

*Белорусский национальный технический университет,
Минск, Беларусь, тел.: (+375 29) 638-88-27,
факс: (+375 17) 293-91-16, e-mail: V_M_Konst@mail.ru*

Целью работы являлась оценка изменения эксплуатационных свойств в системе конструкционная сталь – нитрид титана от упрочнения стальной основы химико-термической обработкой. Задачами исследований были установление эффекта повышения

свойств основного материала от сочетания химико-термической обработки и нанесения износостойкого покрытия, оценка изменения эффективной твердости слоистой системы, оценка изменения износостойкости полученного объемного композиционного материала и непосредственно покрытия.

Для достижения поставленной цели и решения поставленных задач были спроектированы слоистые системы на базе армо-железа и стали 12X18H10T, определены оптимальные режимы и выполнена их предварительная упрочняющая химико-термическая обработка, затем было нанесено износостойкое покрытие. Для оценки изменения свойств были проведены дюротметрические и трибологические испытания.

В качестве упрочняющей обработки основы была выбрана нитроцементация.

После нитроцементации толщина слоя на армо-железе составила 80 мкм, твердость повысилась от 1250 до 1520 HV, на нержавеющей стали толщина слоя составила 120 мкм, твердость повысилась от 1520 до 1840 HV.

Данные по увеличению твердости материалов основы в зависимости от вида обработки в процентном соотношении представлены в табл. 1. Измерение твердости проводилось по методу Виккерса при нагрузке 1 Н.

Таблица 1. Изменение твердости образцов

Обработка	Повышение твердости, %	
	армо-железо	сталь 12X18H10T
После ХТО	21,6	21,1
С покрытием TiN	67,8	51,1
После ХТО с покрытием TiN	417,3	703

Для трибологических испытаний был использован метод исследования износостойкости при трении в паре диск–плоскость, разработанный под руководством чл.-корр. НАН Беларуси Ф. Ф. Комарова в НИИПФП им. А. Н. Севченко БГУ.

Результаты трибологических испытаний для армо-железа и стали 12X18H10T приведены соответственно в табл. 2 и 3.

**Таблица 2. Результаты трибологических испытаний образцов
армко-железа**

Образец	Без обра- ботки	После ХТО	С покрытием TiN	После ХТО с покрытием TiN
Линейный износ $C_{изм}$, мкм	1073,3	1010,7	698,2	520,5
Объемный износ $I \cdot 10^3$, мкм ³	1718,0	1435,0	474,2	194,9

**Таблица 3. Результаты трибологических испытаний образцов стали
12X18H10T**

Образец	Без обра- ботки	После ХТО	С покрытием TiN	После ХТО с покрытием TiN
Линейный износ $C_{изм}$, мкм	1032,2	958,8	660,2	437,0
Объемный износ $I \cdot 10^3$, мкм ³	1528,0	1228,1	296,1	117,4

Оценка износостойкости непосредственно покрытия на различных основах проводилась путем сопоставления износостойкости топокомпозиата конструкционная сталь – нитрид титана и износостойкости отдельно взятого соответствующего материала основы (конструкционная сталь), подвергнутых трибологическим испытаниям в одинаковых условиях.

Расчет скорости изнашивания покрытий осуществлялся со следующими допущениями: скорость изнашивания покрытия и основы постоянны в течение всего времени испытания, глубина упрочненного подслоя намного больше толщины покрытия и лунки износа.

Отношение скорости изнашивания покрытия TiN на неупрочненной основе из армко-железа к скорости его изнашивания на такой же упрочненной основе составило 1,23 раза.

Отношение скорости изнашивания покрытия TiN на неупрочненной основе из стали 12X18H10T к скорости его изнашивания на одноименной упрочненной основе составило 1,53 раза.

Таким образом, установлено неаддитивное влияние упрочнения металлической основы химико-термической обработкой и нанесением износостойкого покрытия на свойства объемного материала и непосредственно покрытия.

Эффект повышения износостойкости покрытия TiN от предварительной упрочняющей химико-термической обработки осно-

вы для топокомпозитов на основе стали 12Х18Н10Т выше, а повышение износостойкости топокомпозитов и непосредственно покрытий не пропорционально изменению твердости основы и больше для основы из стали 12Х18Н10Т.

Проведение предварительной нитроцементации основы систем конструкционная сталь – нитрид титана позволяет до 2,3 раза повысить износостойкость и до 7 раз микротвердость рабочей поверхности топокомпозита по сравнению с аналогичными слоистыми системами на неупрочненной основе.

Повышение износостойкости от комплексной обработки по величине объемного износа составило более 8,8 и 13,0 раза соответственно для армко-железа и стали 12Х18Н10Т, в то время как в отдельности химико-термическая обработка и нанесение покрытия дают соответственно повышение износостойкости в 1,2 и 3,6 раза для армко-железа и 1,3 и 5,2 раза соответственно.

Рассчитанная скорость изнашивания покрытия TiN на различных основах показала, что наличие упрочненного подслоя повышает износостойкость непосредственно покрытия на 23,5 и 52,8 % для основы из армко-железа и стали 12Х18Н10Т соответственно. Так увеличение твердости основы из армко-железа на 21,6 % приводит к повышению износостойкости (уменьшению скорости изнашивания) покрытия на ней на 23,5 %, а увеличение твердости основы из стали 12Х18Н10Т на 21,1 % приводит к повышению износостойкости покрытия на ней на 52,8 %.

Установлено, что материал основы и степень его легированности не оказывают прямого влияния на механические характеристики слоистой системы. Определяющим фактором повышения качества является увеличение жесткости подслоя. Так, независимо от химического состава одинаковая жесткость различных материалов основы при прочих равных условиях будет приводить к получению одинаковых свойств рабочей поверхности. Соответственно эквивалентное по механическим свойствам замещение дорогостоящих высоколегированных конструкционных и инструментальных сталей более дешевыми поверхностно упрочненными сталями приведет к получению близких свойств и одновременно к положительному экономическому эффекту.