

УДК 621.793.1.

КОРРОЗИОННЫЕ СВОЙСТВА МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ОКРЫТИЙ Ti-Zr-N, СФОРМИРОВАННЫХ ВАКУУМНО- ПЛАЗМЕННЫМИ МЕТОДАМИ

А.А. ПРЕДКО, О.И. ПОСЫЛКИНА, Н.А. КАНАНОВИЧ
Физико-технический институт НАН Беларуси, Минск

В работе показаны результаты коррозионных и рентгеноспектральных исследований многокомпонентных покрытий, полученных вакуумно-плазменным методом.

Продление срока службы металлических изделий и повышение их устойчивости к процессам коррозионного разрушения является важной задачей во многих областях промышленности [1].

В настоящее время одним из наиболее применяемых методов является защита металлических изделий от коррозии путем осаждения покрытий в вакууме конденсацией плазменных потоков. В частности, электродуговое осаждение с ионной бомбардировкой обеспечивает высокую адгезию и плотность покрытия за счет высоких степеней ионизации потока и энергии конденсирующих ионов, а также контролируемое изменение технологических условий осаждения, определяющих характеристики наносимого покрытия [2].

Целью настоящей работы являлось исследование структуры и защитных свойств многокомпонентных покрытий на основе системы титана и циркония, сформированных методом вакуумно-дугового осаждения в среде азота.

Напыление осуществлялось на установке для нанесений покрытий 01ИН-6-008, оснащенной системой магнитной сепарации плазменного потока. Для осаждения многокомпонентных покрытий на нержавеющую сталь марки 12Х18Н10Т использовались катоды из титана марки ВТ1-0 (ГОСТ 19807-91) и циркония марки Э110 (ТУ 95.166-83). Методом рентгеноспектрального микроанализа посредством микроанализатора JXA-8500F определялось содержание химических элементов в составе покрытий. Фазовый состав покрытий определялся методом рентгеноструктурного анализа на дифрактометре ДРОН-3 в интервале углов 30–120° в фильтрованном Cu-K_α -излучении. Коррозионную стойкость полученных покрытий оцени-

вали электрохимическим методом поляризационных кривых на гальваностате-потенциостате Autolab.

Варьируя режимы осаждения, токи дуги титанового и циркониевого катодов, сформированы покрытия Ti-Zr-N с различным соотношением элементов (таблица 1).

Таблица 1. – Технологические режимы осаждения и элементный состав покрытий

Образцы с покрытием	Токи дуги, А		Напряжение смещения, В	Давление азота, Па	Элементный состав, ат.%			a, нм	D, нм
	Ti	Zr			N	Ti	Zr		
TiZrN	100	60	-80	$3 \cdot 10^{-2}$	46,80	49,30	3,91	12,8	0,4274
TiZrN	80	80			51,53	21,24	27,23	10,5	0,4351
TiZrN	45	100			53,37	5,92	40,70	7,5	0,4423

Для покрытий системы (Ti,Zr)N вне зависимости от концентрации Zr основной составляющей является твердый раствор (Ti,Zr)N на основе кубической решетки структурного типа NaCl.

Параметр решетки покрытий TiZrN увеличивается с 0,4274 до 0,4423 нм при повышении концентрации Zr, поскольку атомный радиус циркония (0,160 нм) превышает атомный радиус титана (0,146 нм) и происходит образование твердого раствора $Ti_{1-x}Zr_xN$ на базе решетки TiN (параметр решетки 0,4242).

Покрытия Ti-Zr-N характеризуются плотной, бездефектной структурой. Отсутствие дефектов на поверхности и в объеме покрытий способствует уменьшению пористости, что является немаловажным фактором для улучшения износо- и коррозионных свойств покрытий.

Для определения коррозионной стойкости проводились электрохимические исследования в 3%-ном водном растворе NaCl. Измерение стационарных электродных потенциалов системы «покрытие-основа» показало, что слои Ti-Zr-N, сформированные методом вакуумно-дугового осаждения, обладают защитным действием по отношению к стали 12X18H10T. Установлено, что повышение атомной концентрации циркония в вакуумно-дуговых покрытиях приводит к сдвигу в положительную сторону стационарного электродного потенциала и снижению плотности тока коррозии (таблица 2).

Таблица 2 – Рассчитанные значения потенциала и скорости коррозии покрытий Ti-Al-N

Материал	$E_{ст}, В$	$E_{корр}, В$	$i_{корр}, \cdot 10^{-8}, А$
Сталь - покрытие TiZrN с 3,91 ат. % Zr	-,133	-0,169	1,11
Сталь - покрытие TiZrN с 27,3% ат. % Zr	-,041	-0,085	1,03
Сталь - покрытие TiZrN с --40,70% ат. % Zr	-,028	-0,079	0,93
Сталь 12Х18Н10Т	-,195	-0,21	25,3

Выводы. Напыление многокомпонентных покрытий Ti-Zr-N методом вакуумно-дугового осаждения позволило существенно увеличить коррозионную стойкость стали 12Х18Н10Т, о чем свидетельствуют низкие токи коррозии многокомпонентного покрытия Ti-Zr-N и сдвиг стационарных электродных потенциалов в более положительную сторону. Повышенная коррозионная стойкость обусловлена формированием плотной и однородной микроструктуры покрытий, отсутствием в них дефектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лайнер В. И., Защитные покрытия металлов / В. И. Лайнер. – Москва: Металлургия, 1974. – 559 с.
2. Табаков В. П., Формирование износостойких ионно-плазменных покрытий режущего инструмента / В. П. Табаков. – Москва: Машиностроение, 2008. – 16 с.

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ ПО НАУКЕ И ТЕХНОЛОГИЯМ
МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ОАО «НПО «ЦЕНТР
НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПАРК
ПОЛОЦКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Инновационные технологии в машиностроении

Электронный сборник материалов международной
научно-технической конференции,
посвященной 50-летию машиностроительных специальностей
и 15-летию научно-технологического парка
Полоцкого государственного университета
(Новополоцк, 21-22 апреля 2020 г.)



ИннТехМаш

Под редакцией
чл.-корр. НАН Беларуси, д-ра техн. наук, проф. В. К. Шелега;
д-ра техн. наук, проф. Н. Н. Попок

Новополоцк
Полоцкий государственный университет
2020

УДК 621(082)

Редакционная коллегия:

Н. Н. Попок (председатель), В. П. Иванов (зам. председателя),
Р. С. Хмельницкий (отв. Секретарь), А.В. Дудан, В. А. Данилов, Е.В. Бритик

Инновационные технологии в машиностроении [Электронный ресурс] : электронный сборник материалов международной научно-технической конференции, посвященной 50-летию машиностроительных специальностей и 15-летию научно-технологического парка Полоцкого государственного университета, Новополоцк, 21-22 апр. 2020 г. / Полоц. гос. ун-т ; под. ред. В. К. Шелега; Н. Н. Попок. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т, 2020. – 1 опт. диск (CD-ROM).

ISBN 978-985-531-691-7.

Отражены современное состояние и направления развития технологии и оборудования механической и физико-технической обработки; рассмотрены вопросы создания современных материалов, изготовления, восстановления и упрочнения деталей машин, автоматизации производства, эксплуатации и модернизации автомобилей и других машин.

Для научных и инженерно-технических работников исследовательских, проектных и производственных организаций, а также преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов технических специальностей учреждений образования.

Прилагаются [титulyные листы презентаций докладов](#) участников конференции.

Сборник включен в Государственный регистр информационного ресурса. Регистрационное свидетельство № 3141815008 от 28.03.2018.

211440, ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, Беларусь
тел. 8 (0214) 59-95-53, e-mail: n.popok@psu.by

№ госрегистрации 3141815008**ISBN 978-985-531-691-7**

© Полоцкий государственный университет, 2020

2 – дополнительный титульный экран – производственно-технические сведения

Для создания текстового электронного издания «Инновационный технологии в машиностроении» использованы текстовый процессор Microsoft Word и программа Adobe Acrobat XI Pro для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF.

Компьютерный дизайн *Е. А. Балабуровой*
Техническое редактирование и верстка *И. Н. Чапкевич*

Подписано к использованию 23.04.2020.
Объем издания: 10,9 Мб. Тираж 3 диска. Заказ 264.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования «Полоцкий государственный университет».

Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/305 от 22.04.2014.

ЛП № 02330/278 от 08.05.2014.

211440, ул. Блохина, 29,
г. Новополоцк,
Тел. 8 (0214) 59-95-41, 59-95-44
<http://www.psu.by>