PolotskSU

УДК 621.793.7.001.5

ВЛИЯНИЕ ИМПУЛЬСНОГО ИОННОГО АЗОТИРОВАНИЯ НА СВОЙСТВА ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ЭЛЕКТРОДУГОВЫМ НАПЫЛЕНИЕМ

А.В. РУТКОВСКИЙ, А.П. ЗИНЬКОВСКИЙ,
Д.О. ПШЕНИЧКИН, Л.А. ЛОПАТА
Институт проблем прочности им. Г.С. Писаренко НАН Украины, Киев, Украина
М.С. АГЕЕВ
Херсонская государственная морская академия, Херсон, Украина
А.В. ДУДАН
Полоцкий государственный университет, Новополоцк, Беларусь

В работе рассмотрены результаты экспериментальных исследований по изучению влияния импульсного ионного азотирования на свойства покрытий, полученных электродуговым напылением. Показано, что использование импульсного ионного азотирования для обработки деталей машин с напыленными покрытиями существенно повышает их физико-механические свойства, такие как микротвердость, износостойкость, пористость и адгезионная прочность.

Одним из эффективных технологических средств повышения несущей способности и коррозионной стойкости деталей машин является нанесение упрочняющих защитных покрытий. Из многообразия существующих способов, наиболее распространенным является газотермическое напыление. При этом самым дешевым и простым методом его реализации является электродуговое напыление покрытий (ЭДН-покрытие).

Как следует из анализа известных результатов исследований [1, 2], существенное улучшение свойств покрытий, полученных напылением, возможно путем последующей лазерной, ультразвуковой, электроискровой, электронно-лучевой или другой обработки машиностроительных конструкций. Такая технологическая операция способствует повышению физико-механических свойств рассматриваемых покрытий.

Целью данной работы является исследование влияния импульсного ионного азотирования, как экологически безопасной и экономически эффективной технологии диффузионного легирования и формирования высо-

PolotskSU

копрочных поверхностных слоев деталей машин, на физико-механические свойства покрытий, полученных электродуговым напылением.

Для исследований использовались круглые образцы диаметром 20 мм из стали 45, на которые наносились ЭДН-покрытия из сталей 40Х13 и 12Х18Н10Т, относящиеся к сталям мартенситного и аустенитного классов соответственно. В дальнейшем производилось их импульсное ионное азотирование (ИИА) на установке «ВИПА-1», разработанной в Институте проблем прочности им. Г.С. Писаренко НАН Украины [3].

По результатам испытаний определялись такие характеристики образцов с ЭДН-покрытиями в исходном состоянии и после обработки импульсным ионным азотированием: микротвердость, износостойкость, пористость и адгезионная прочность. Проведем их анализ.

Как видно из приведенных в табл. 1 данных, микротвердость образцов после обработки ИИА независимо от ее температуры составляет от 5,8 до 15,9 ГПа, в то время как в их исходном состоянии - 4,8…5,6 ГПа. Кроме того, при определенной температуре азотирования микротвердость достигает максимального значения.

Таблица 1. – Влияние температуры ИИА на микротвердость ЭДН – покрытий

Материал покрытия	Значения микротвердости (ГПа) при температуре азотирования T (^{0}C), равной:						
	600	620	650	670	700	720	770
Сталь 40Х13	8,6	11,3	12,9	14,0	15,9	12,7	11,3
Сталь 12Х18Н10Т	5,8	6,2	8,0	8,9	11,1	10,8	10,5

Влияние ИИА на микротвердость ЭДН-покрытий можно объяснить присутствием в модифицированных азотом поверхностных слоях покрытий из рассматриваемых сталей нитридов ε-$(Fe,Cr)_3N$ и γ′-Fe_4N. При T= 720 и 770^{0}C микротвердость поверхностного слоя начинает снижаться до 10500–12700 МПа (табл. 1) вследствие уменьшение содержания ε-нитридов и образование нитрида CrN в азотированных слоях. Таким образом, изменяя температуру азотирования можно управлять микротвердостью покрытия.

Одновременно, по мере увеличения температуры азотирования, возрастает его глубина $\delta_{сл}$, что наглядно видно из данных, приведенных на рис. 1. При этом следует также отметить, что чем выше температура азотирования, тем меньший промежуток времени $\Delta\tau$ необходим для начала процесса насыщения поверхности азотом. Кроме того, изменяя температуру азотирования, можно управлять глубиной диффузионного слоя и твердостью покрытия.

PolotskSU

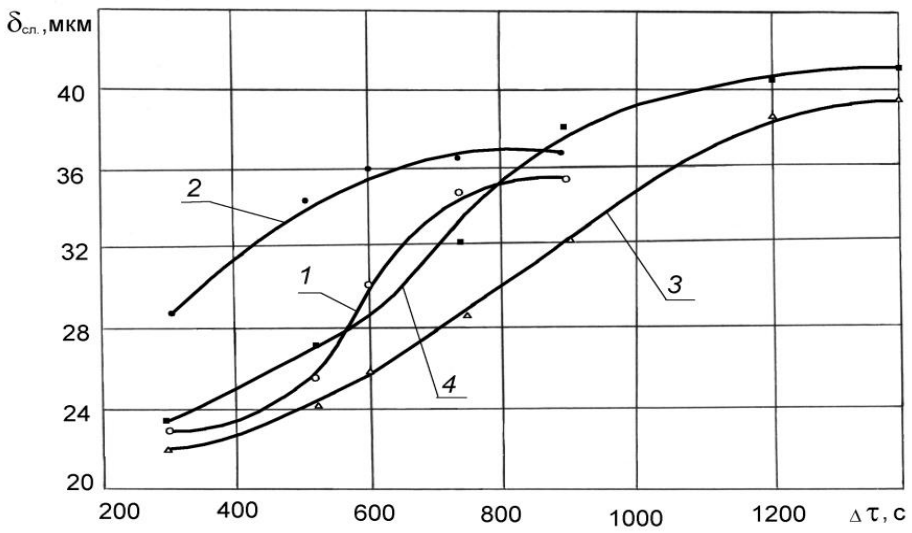

Рисунок 1. – Зависимость глубины азотирования от времени между нагревом до заданной его температуры и началом процесса насыщения поверхностного слоя азотом для образцов с покрытием из сталей 40Х13 (1,2) и 12Х18Н10Т (3,4): 1 – T = 680^{0}С; 2 – 710^{0}С; 3 – 650^{0}С; 4 – 680^{0}С

Увеличение микротвердости ЭДН-покрытий после обработки ИИА обеспечивает повышение их износостойкости, определяемой интенсивностью весового износа поверхностного слоя I_h. Так, например, для покрытий из стали 40Х13 после обработки ИИА интенсивность износа снижается до I_h = 5-6 мг/км, в то время для образцов в исходном состоянии она равнялась 19 мг/км.

На повышение износостойкости ЭДН-покрытий, как и увеличение их микротвердости (табл. 1), влияет температура азотирования, о чем наглядно свидетельствуют данные, приведенные на рис. 2.

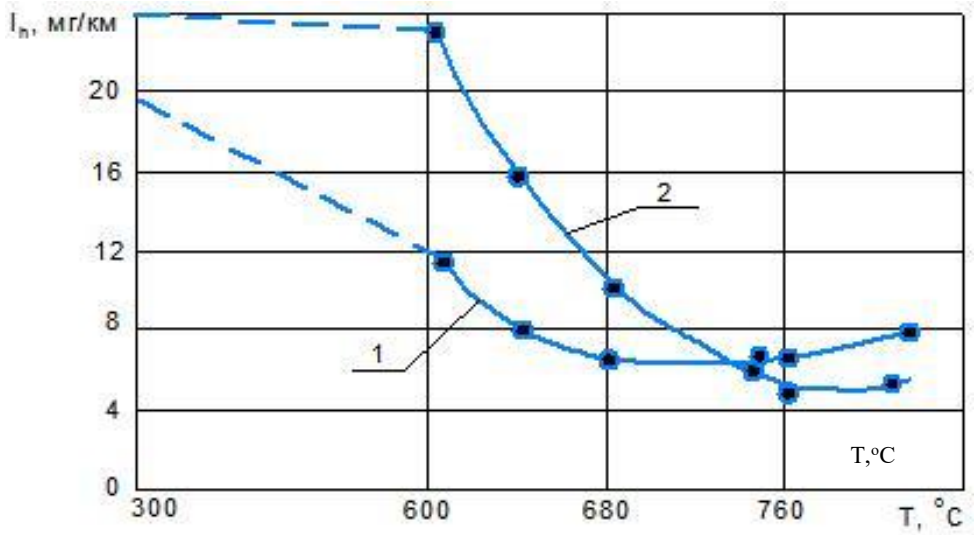

Рисунок 2. – Зависимость интенсивности износа ЭДН-покрытий из сталей 40Х13 (1) и 12Х18Н10Т (2) от температуры азотирования

PolotskSU

Одной из важнейших характеристик, определяющих качество ЭДН-покрытий, является их пористость. На основании анализа микроструктуры рассматриваемых покрытий после азотирования установлено, что при пористости, составляющей более 10% их площади, имеют место участки вспучивания, которые после отслаивания покрытия превращаются в каверны. Результаты проведенных исследований показывают, что при пористости покрытий менее 10 % их площади эффект вспучивания не возникает.

Очевидно, что при возрастании пористости покрытий снижается их адгезионная прочность. Для ее повышения создание ЭДН-покрытий с использованием стальных проволок осуществлялось продуктами сгорания пропана и воздуха. Такая технология позволяет получать покрытия пористостью менее 10 %, вследствие чего адгезионная прочность возрастает до 100 МПа. Использование в этом случае обработки ИИА обеспечивает еще более существенное повышение адгезионной прочности ЭДН-покрытий.

Выводы. Была произведена оценка возможности повышения качества ЭДН-покрытий из сталей мартенситного и аустенитного классов путем использования импульсного ионного азотирования. В результате экспериментальных исследований установлено, что она позволяет существенно улучшить физико-механические свойства ЭДН-покрытий, а именно: микротвердость, износостойкость и прочность сцепления при их пористостью не более 10 %. При этом эффективным средством управления этим процессом является температура азотирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пантелеенко Ф.И. и др. Методика разработки комбинированных упрочняющих технологических процессов. *Упрочняющие технологии и покрытия*. 2010. № 10. С. 36-42.

2. Агеев М.С., Дудан А.В., Ворона Т.В., Ляшенко Б.А. Применение гибридных технологий для реновации и повышения ресурса судовых машин и механизмов. *Вестник Брестского государственного технического университета. Машиностроение*. 2015. №4(94). С. 18-22.

3. Харченко В.В., Ляшенко Б.А., Куриат Р.И., Исаханов Г.В. Термоциклическое азотирование как синтез разработок НАН Украины. *Современные проблемы производства и ремонта в промышленности и на транспорте*: матер. 12-го Междунар. науч.-техн. семинара (Свалява, 20-24 февраля 2012). Киев : АТМ Украины, 2012. С.287-290.

PolotskSU

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.)

ИнноТехМаш

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

Об издании – 1, 2

PolotskSU

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 титульные 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

PolotskSU

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. Балабуевой*
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