



Юго-Западный государственный университет (Россия)
Севастопольский государственный университет
Московский политехнический университет (Россия)
РГКП «Северо-Казахстанский государственный университет им. М. Козыбаева»
(Казахстан)
Костанайский государственный университет имени Ахмета Байтурсынова (Казахстан)
Каршинский государственный университет (Узбекистан)
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)
Самаркандский филиал Ташкентского университета информационных технологий
имени Махаммада Аль Хорезмий (Узбекистан)
Бухарский филиал Ташкентского института инженеров ирригации и механизации
сельского хозяйства (Узбекистан)

5-я Международная научная конференция перспективных разработок молодых ученых «Наука молодых - будущее России»

**Сборник научных статей
10-11 декабря 2020 года**

Ответственный редактор *Разумов М.С.*

ТОМ 4

в 4-х томах

**Фундаментальные и прикладные исследования
в области физики, химии, математики, механики
Прогрессивные технологии и процессы
Сельское хозяйство, Механизация. Агрономия
Легкая и текстильная промышленность**

Курск 2020

УДК 338: 316:34
ББК 65+60+67
П48 МЛ-49

Председатель оргкомитета - Куп Вадим Васильевич, д.т.н., профессор, Юго-Западный государственный университет, Россия.

Члены оргкомитета:

Ивахненко Александр Геннадьевич, д.т.н., профессор, Юго-Западный государственный университет, Россия.

Чевычелов Сергей Александрович, к.т.н., доцент, зав. кафедрой МтиО Юго-Западный государственный университет, Россия.

Горохов Александр Анатольевич, к.т.н., доцент, ЗАО «Университетская книга», Курск
Walery Okulicz-Kozaryn, doktor hab., MBA, profesor., Institute of Law, Administration and Economics, Pedagogical University im. KEN of Cracow

Stych Marek, PhD, Institute of Law, Administration and Economics, Pedagogical University im. KEN of Cracow

Федотова Гилян Васильевна, д.э.н., профессор, Волгоградский государственный технический университет.

Агеев Евгений Викторович, д.т.н., профессор, Юго-Западный государственный университет, Россия.

Латыпов Рашид Абдулхакович, д.т.н., профессор, Московский политехнический университет, Москва.

Наука молодых - будущее России: сборник научных статей 5-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых (10-11 декабря 2020 года), в 4-х томах, Том 1. Юго-Зап. гос. ун-т., Курск: Юго-Зап. гос. ун-т, 2020, - 462 с.

ISBN 978-5-9909462-7-0

Содержание материалов конференции составляют научные статьи отечественных и зарубежных молодых ученых. Излагается теория, методология и практика научных исследований. Для научных работников, специалистов, преподавателей, аспирантов, студентов.

Текст печатается в авторской редакции. Авторы и научные руководители несут ответственность за содержание статьи и достоверность приведенных в ней материалов и сведений, гарантируют отсутствие незаконных заимствований. В случае обнаружения плагиата статья будет ретрагирована, факт плагиата – обнародован.

ISBN 978-5-9909462-7-0

УДК 338: 316:34
ББК 65+60+67

© Юго-Западный государственный университет, 2020
© Авторы статей, 2020

СОКОЛОВА ИРИНА СЕРГЕЕВНА
СОЛДАТКИН ЛЕВ НИКОЛАЕВИЧ

Россия, Пермский национальный исследовательский политехнический университет
 Россия, г. Краснокамск ООО «Ионные технологии»
 ion@procion.ru

ИОННО-ПЛАЗМЕННОЕ АЗОТИРОВАНИЕ
ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СТАЛИ 3Х3МЗФ

В работе приведены исследование модифицированного слоя на инструментальной стали 3Х3МЗФ. Выбранная сталь используется в изготовлении инструмента для горячей деформации. Упрочнение проводили методом ионно-плазменного азотирования. Изучены основные характеристики азотированного слоя.

Ключевые слова: горячая деформация, ионное азотирование, модифицированные слои, инструментальная сталь, 3Х3МЗФ, накатка

На выпуск конкурентно способной продукции напрямую влияет себестоимость ее изготовления. Так, например, для производства путевых шурупов 24х195 мм, которые используются в конструкции рельсовых креплений, влияет качество и долговечность накатных роликов. Резьба на путевых шурупах формируется горячей деформацией (накаткой), которая является узким местом в технологии изготовления. Основными недостатками горячей накатки является быстрый износ обрабатывающего инструмента и задиры, возникающие по выступам профиля от налипания металла на рабочую поверхность формообразующего инструмента [1-2].

Для изготовления накатных роликов применяют инструментальные стали, например, 3Х3МЗФ. Такие стали должны обладать высокой износостойкостью и поверхностной твердостью, прочностью и вязкостью, чтобы воспринимать ударные нагрузки.

В статье [3] проведен анализ отечественных и зарубежных научных работ по упрочнению деталей машиностроения. Одним из основных методов, по мнению авторов, является упрочнение путем изменения структуры поверхностного слоя. В промышленно развитых странах наметилась тенденция к применению ионно-плазменного азотирования (ИПА), которое позволяет создавать слои с заданными характеристиками, путем изменения структуры [4-5].

Упрочнение инструментальной стали методом ИПА позволит достичь улучшенных характеристик, следовательно, увеличить эксплуатационный ресурс деталей, что является актуальной задачей.

Цель работы – изучить модифицированный слой, полученный ионно-плазменным азотированием на стали 3Х3МЗФ.

Для проведения ресурсных испытаний выбраны детали «Ролик накатной» (160х27 мм, сталь 3Х3МЗФ). Исследование азотированного слоя проводилось на образце 20х20х10 мм из стали 3Х3МЗФ с термообработкой

(1030-1050 °С, масло, высокий отпуск 580-600 °С). Упрочнение деталей и образца ионной химико-термической обработкой провели в установке ION-25CWI (570°С, τ - 3 ч). Поверхностная твердость измерялась по ГОСТ 2999-75 при нагрузке HV30 и HV5, микротвердость – при нагрузке HV0.1. Хрупкость азотированного слоя определялась по шкале ВИАМ. Оптический анализ микроструктуры проводили при помощи оптического микроскопа БиОптик СМІ-200 на протравленных шлифах (4-х % азотная кислота, 5 сек).

Полученные характеристики поверхностного упрочненного слоя на стали представлены в таблице. Поверхностная твердость образца увеличилась примерно в 2,5 раза при всех нагрузках в сравнении с не азотированным образцом, что свидетельствует о качественном азотированном слое.

Таблица 1 – Характеристики азотированного слоя

Твердость поверхности до упрочнения HV30, кгс/мм ²		430 – 450
Поверхностная твердость, кгс/мм ²	HV30	975 – 1000
	HV5	1025 – 1070
Поверхность микротвердость HV0.1, кгс/мм ²		1065 – 1150
Глубина слоя, мкм	по микроструктуре h_m	0,15 – 0,16
	по микротвердости h_c	0,16
Толщина нитридной зоны $h_{н.з.}$, мкм		3 – 6
Хрупкость по шкале ВИАМ		I балл, не хрупкий

Исследование протравленного микрошлифа показало, что азотированный слой на стали 3Х3МЗФ имеет глубину 0,16 мм по микроструктуре и точно такую-же глубину по дорожке микротвердости (рис. 1). Структура диффузионной зоны представляет собой игольчатый мартенсит, нитриды железа и легирующих элементов, а на поверхности образца наблюдается сплошная нитридная зона, толщина которой составляет 3 - 6 мкм (рис. 2).

Анализируя получившиеся характеристики упрочненного слоя на образце, прогнозируется увеличение эксплуатационного ресурса изделий в 2 раза. После модифицирования поверхностного слоя методом ионно-плазменного азотирования в вакууме комплект деталей был отправлен на производственные испытания. Работы по данному исследованию продолжаются.

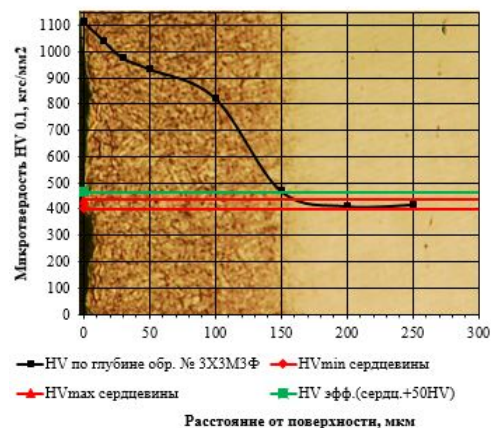


Рисунок 1 – Распределение микротвёрдости по глубине азотированного слоя на стали 3Х3МЗФ

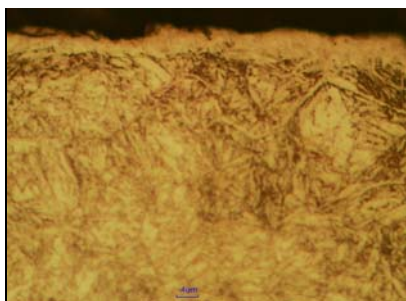


Рисунок 2 – Нитридная зона на образце из стали 3Х3МЗФ, x1000

Закключение. Ионно-плазменное азотирование может быть использовано для упрочнения изделий, используемых при горячей деформации. Процесс упрочнения решает сразу две проблемы – увеличивает поверхностную твердость и, соответственно, износостойкость изделий, а также уменьшает адгезию металлов в процессе производства деталей.

При $T=550\text{ }^{\circ}\text{C}$ и выдержке 3 ч. глубина диффузионного слоя на стали 3Х3МЗФ достигает 0,16 мм. Поверхностная твердость увеличивается до 2,5 раза (до 1150 HV0.1).

Список литературы

1. Колесников Д.А., Заикин А.Н., Сиваков В.В. К вопросу использования процесса накатки // Машиностроение: новые концепции и технологии: конф. Красноярск. 2019. С. 179-182.
2. Гурьев А.М., Иванов С.Г., Малькова Н.Ю., Разгуляев А.О. Сравнение морфологии и износостойкости многокомпонентных диффузионных покрытий на основе бора на конструкционной и инструментальной сталях // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. 2012. С. 299-303.

3. Песин М.В., Сунегина Е.А., Якимов В.А. Теоретическое исследование конкурентоспособных технологий упрочнения резб деталей машиностроения // Научно-технические технологии на современном этапе развития машиностроения: межд. конф. Москва. 2016. С. 165-168.

4. Саханько С.А., Босяков М.Н., Нерода М.В. Технологические особенности ионного азотирования изделий из инструментальных сталей для горячей и холодной обработки // Вестник БГТУ. Машиностроение. 2018. № 4 (112). С. 13-15.

5. Босяков М.Н., Саханько С.А., Нерода М.В. Исследование влияния параметров процесса ионного азотирования стали 4Х5МФС на характеристики азотированного слоя // Вестник БГТУ. 2017. № 4. С. 292-301.

Научное издание

**5-я Международная
научная конференция
перспективных разработок
молодых ученых
«Наука молодых - будущее России»**

Сборник научных статей
10-11 декабря 2020 года

Ответственный редактор *Разумов М.С.*

ТОМ 4

ISBN 978-5-9909462-7-9



9 785990 946279

Подписано в печать 17.12.2020 г.
Формат 60х84 1/16, Бумага офсетная
Уч.-изд. л. 23,4 Усл. печ. л. 21,2 Тираж 100 экз. Заказ № 377

Отпечатано в типографии
Закрытое акционерное общество "Университетская книга"
305018, г. Курск, ул. Монтажников, д.12
ИНН 4632047762 ОГРН 1044637037829 дата регистрации 23.11.2004 г.
Телефон +7-910-730-82-83