

УТВЕРЖДАЮ: Ректор  
ФГБОУ ВО «Магнитогорского  
государственного технического  
университета имени Г.И.  
Носова», д.т.н., профессор  
В.М. Колокольцев  
« 07 » сентября 2016 г.



### **ОТЗЫВ ведущей организации**

на диссертационную работу Быковой Татьяны Михайловны  
«Влияние химического состава стали на структуру и свойства диффузионных  
боридных покрытий», представленную на соискание ученой степени  
кандидата технических наук по специальности 05.16.09 - Материаловедение  
(в машиностроении) в диссертационный совет Д 212.285.04 на базе  
Уральского федерального университета имени первого Президента России  
Б.Н.Ельцина

Диссертационная работа Быковой Т.М. направлена на решение актуальной проблемы в развитие материаловедения, заключающийся в расширении существующих представлений о путях повышения защитных свойств диффузионных боридных покрытий за счет рационального выбора марки стали для деталей штампового и режущего инструмента, а также пар трения.

#### **Актуальность темы исследования.**

Необходимость проведения исследований в данном направлении обоснована практически отсутствием работ, в которых сформулированы основные положения о влиянии того или иного элемента основы на строение и химический состав отдельных зон диффузионных боридных покрытий, а также на механизмы их разрушения при термомеханическом воздействии и выборе параметров неразрушающего контроля толщины покрытий.

Следует отметить, что в рецензируемой работе впервые предложено рассматривать диффузионные боридные покрытия, как градиентную гетерофазную композицию, состав и строение которой определяется химическим составом основы. Создания функционально-градиентных поверхностных слоев, обладающих высокими механическими, технологическими и специальными свойствами, привлекают особое внимание, что делает актуальными исследования, направленные на создание таких поверхностей, что даёт возможность значительно улучшить работоспособность деталей. Выполненные в работе исследования показали возможность существенного повышения стойкости диффузионных боридных

покрытий в условиях термоциклирования и износа за счет их легирования хромом и кремнием из стали-основы. Исследования по определению электромагнитных параметров контроля, наиболее чувствительных к изменению толщины боридного покрытия, до сих пор не проводились, поэтому разработка надежных методов неразрушающего контроля толщины борированного слоя является актуальной задачей.

Таким образом, цель диссертационной работы Быковой Т.М., заключающаяся в установлении влияния химического состава стали на строение, химический и фазовый составы, свойства диффузионных боридных покрытий, выбора параметров неразрушающего контроля толщины покрытий, вполне отвечает актуальности намеченной темы исследования. Работа структурирована в соответствии с заявленной целью и направлена на реализацию основных задач исследования.

#### **Структура и содержание диссертации.**

Диссертация изложена на 164 страницах, состоит из введения, пяти глав, заключения, списка цитируемой литературы, включающего 150 наименований, что позволяет судить об основательности и представительности полученных результатов.

**Во введении** и литературном обзоре диссертации достаточно четко обосновывается актуальность проведенных исследований, обозначены, теоретическая и практическая значимость темы исследования, отражающие перспективы дальнейшей работы и преимущества для промышленного применения полученных результатов; приведены цель и задачи исследования; указана научная новизна диссертационной работы.

**В первой главе** диссертации автором выполнен хороший литературный обзор и глубокий и всесторонний анализ публикаций по вопросам исследования, что позволило сформулировать задачи исследования.

**Вторая глава** посвящена описанию исследованных материалов, применяемого оборудования и использованных методов исследования. Особенно хотелось бы отметить, что для измерения магнитных свойств использовался оригинальный компьютеризированный магнитно-измерительный комплекс, оснащенный приставным магнитным устройством предназначенный для определения магнитных характеристик изделий из ферромагнитных материалов, позволяющие проводить измерения в реальных условиях эксплуатации объектов. Достоинством диссертанта Быковой Т.М. является использование различных экспериментальных методов исследования из областей материаловедения, физико-химического и спектрального анализа, металлографии, электронной растровой микроскопии, также применялись стандартизованные и оригинальные методики для проведения механических испытаний, определения твердости, испытаний износостойкости и термостойкости, что свидетельствует о высоких профессиональных качествах соискателя.

**В третьей главе** рассматривается исследование механизма и кинетики формирования диффузионных боридных слоев при одинаковых режимах насыщения на разных марках сталей: Ст3, 7ХМФС, 4Х5МФС, 12Х18Н10Т,

55Х6ВЗСМФ, У8 и ШХ15. Достаточное внимание диссертантом уделено обоснованию выбора исследуемых материалов. В диссертации были определены фазовый и химический составы и микромеханические свойства, отдельных зон диффузионных боридных покрытий на всех исследуемых сталях. Знание особенностей формирования диффузионных боридных покрытий позволило диссертанту предложить новый подход, который определяется характером распределения химических элементов по толщине покрытий на сталях разного химического состава, которая в свою очередь определяет градиентное распределение свойств по толщине покрытий. Таким образом, формирующиеся на сталях при диффузионном борировании покрытия, характеризуются градиентным распределением свойств, которые могут быть определены на микроуровне: микротвердость, контактный модуль упругости, условный показатель пластичности. Показана возможность использования электромагнитных характеристик, а именно коэрцитивной силы, удельного электросопротивления и максимальной магнитной проницаемости, в качестве параметров неразрушающего контроля толщины боридных покрытий, что актуально при неразрушающем контроле степени износа борированного слоя в процессе эксплуатации деталей для решения вопроса о продлении ресурса.

**В четвертой главе** приводятся результаты испытаний на термоциклирование. Определены механизмы разрушения диффузионных боридных покрытий на углеродистой и штамповых сталях в условиях термоциклирования без приложения внешней нагрузки в воздушной атмосфере и с постоянно действующей растягивающей нагрузкой в атмосферах азота, водорода и на воздухе. Проведенные лабораторные испытания показали, что легирование диффузионного боридного покрытия хромом за счет стали-основы приводит к увеличению пластичности боридов железа и стойкостью стали к высокотемпературному окислению.

**В пятой главе** приведены исследования влияния химического состава стали-основы на трибологические свойства диффузионных боридных покрытий, в том числе на механизмы их деградации. Деградация боридных покрытий при интенсивном трибологическом воздействии в условиях проведенных испытаний происходит не за счет микросколов, а путем пластического формоизменения и фрагментации зерен боридов железа, выглаживание поверхности сопряжения. При выборе сталей для изготовления деталей, эксплуатируемых в условиях интенсивного трибологического нагружения, следует отдавать предпочтение сталям содержащим не более 0,6 мас. % углерода, хрома - не менее 5 мас. %, кремния - не менее 1 мас. %, что обеспечивает повышенную стойкость покрытия при интенсивном трибологическом нагружении.

В главах, посвященных экспериментальной части работы, достаточно подробно и четко описаны полученные результаты и сделаны выводы, представляющие научный и практический интерес. Применение комплексного подхода измерений позволили диссертанту получить достоверные и обоснованные результаты.

**Значимость для науки и производства** результатов данной работы заключается в том, исследования вносят вклад в развитие материаловедения, заключающийся в расширении существующих представлений о путях повышения защитных свойств диффузионных боридных покрытий за счет рационального выбора марки стали. Выполненные в работе исследования показали возможность существенного повышения стойкости диффузионных боридных покрытий в условиях термоциклирования и износа за счет их легирования хромом и кремнием из стали - основы.

Практическое значение результатов диссертационной работы определяется тем, что полученные новые сведения о физико-механических свойствах боридов железа в составе диффузионных покрытий позволили расширить область их применения. Показано, что результаты исследования данной работы обосновывают возможность использования данного способа химико-термической обработки для эксплуатации при климатических температурах, например для режущего инструмента или штампов холодного деформирования.

#### **Соответствие паспорту специальности**

Диссертация имеет все признаки научно-квалифицированной работы, в ней представлены результаты комплексного исследования структуры, механических свойств и магнитных характеристик диффузионного боридного покрытия на сталях разного химического состава. Определены механизмы разрушения диффузионных боридных покрытий на сталях в условиях термоциклирования и установлена взаимосвязь между составом боридного покрытия и его термостойкостью, износостойкостью, диффузионной стабильностью. Полученные результаты представляют интерес для разработки методики неразрушающего контроля толщины боридного покрытия и увеличения срока службы деталей работающих при интенсивных трибологических нагружениях.

Диссертационная работа является законченным и самостоятельным исследованием, содержит совокупность новых научных результатов, имеет внутреннее единство. Личный вклад автора в решении поставленных задач не вызывает сомнений.

Диссертация имеет практическую значимость. Полученные автором результаты работы используются на АО «Уральский завод транспортного машиностроения» (г. Екатеринбург) на деталях пары трения «вал - втулка» и режущего инструмента, где показали высокую стойкость покрытий при воздействии статических нагрузок до 15 т. Срок эксплуатации деталей после нанесения боридных покрытий увеличился не менее, чем в 3 раза. Разработана технологическая инструкция процесса диффузионного борирования трибологической пары и режущего инструмента для АО «Уральский завод транспортного машиностроения» (г. Екатеринбург).

Результаты работы используются при чтении курса лекций и проведении лабораторных работ по дисциплинам «Технология материалов и покрытий» для бакалавров по направлению подготовки 150 100. 62 и

«Химико-термическая обработка и покрытия» для магистров по направлению подготовки 150 100. 68 УрФУ им. Первого президента России Б.Н. Ельцина.

Оформление диссертации отвечает требованиям, установленным ВАК министерства образования и науки РФ. Таким образом, в целом диссертация отвечает требованиям «Положения о порядке присуждения степеней».

Основные результаты работы отражены в 25 публикациях, в том числе в 5 статьях в рецензируемых журналах из перечня ВАК России.

Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертационной работы.

Таким образом, материалы и результаты диссертационной работы соответствуют паспорту специальности 05.16.09 - Материаловедение (в машиностроении).

#### **Рекомендации по использованию результатов диссертации**

Результаты диссертационной работы могут быть использованы:

ООО «Механо-литейный завод» (г. Каменск-Уральск), ООО «Уральский дизель-моторный завод» (г. Екатеринбург) и других компаниях использующих химико-термическую обработку для восстановления и упрочнения деталей.

ООО «Биметал Плюс» (г. Краснодар) и других научно-производственных фирм по диффузионному поверхностному упрочнению для обеспечения повышения работоспособности (прочности, надежности и долговечности) деталей машин в парах трения и повышения стойкости, качества и производительности процесса обработки.

В учебном процессе при подготовке бакалавров и магистров по направлению «Металловедение и термическая обработка».

В целом диссертация написана ясным грамотным научным языком, хорошо структурирована. По диссертации можно сделать следующие **замечания:**

1. В диссертации фотографии микроструктур на рисунке 3.1 представлены с плохим разрешением, что затрудняет восприятие информации о фазовом составе диффузионных боридных покрытий.
2. Недостаточно широко раскрыто понятие градиентности покрытия состоящее из трех последовательно расположенных слоев и дополняющих друг друга.
3. Не совсем ясно определение запаса пластичности.
4. В работе нет объяснения выбора диапазона температур при испытаниях на термоциклирование и использовании различных атмосфер.

Отмеченные недостатки не снижают общей положительной оценки диссертационной работы Т.М. Быковой. Она производит хорошее впечатление. Автореферат диссертации достаточно полно отражает содержание всей работы.

### **Заключение**

Представленная диссертационная работа является законченным научным исследованием, результаты которого можно рассматривать, как существенный вклад в развитие материаловедения. Диссертационная работа «Влияние химического состава стали на структуру и свойства диффузионных боридных покрытий» по актуальности, содержанию и полученным результатам соответствует требованиям п.9 «Положение о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Быкова Татьяна Михайловна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 - Материаловедение (в машиностроении).

Диссертационная работа и автореферат Быковой Татьяны Михайловны обсуждены на кафедре «Технологии металлургии и литейных процессов» ФГБОУ ВО «МГТУ» (протокол № 3(2.1) от 27 сентября 2016 года)

Заведующий кафедрой  
«Технологии металлургии  
и литейных процессов», ФГБОУ ВО  
«МГТУ» доктор технических наук, профессор  
тел. +7(3519)29-84-19  
e-mail: [vdovin@magtu.ru](mailto:vdovin@magtu.ru)

Вдовин Константин Николаевич

Ученый секретарь кафедры  
«Технологии металлургии  
и литейных процессов»,  
ФГБОУ ВО «МГТУ»  
канд. техн. наук, доцент

Масальский Станислав Станиславович

Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования  
Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова  
455000, Россия, г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38



**ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ**

изводства  
Носова»

ндаренко