

ОТЗЫВ

официального оппонента

доктора технических наук, профессора Гузанова Бориса Николаевича на диссертацию 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).

Резкое усложнение условий эксплуатации современной техники требует широкого внедрения в производство новых ресурсосберегающих технологий и материалов, в основу создания которых были заложены требования защиты деталей машин от высокотемпературного окисления, коррозии и износа. Для решения этих проблем в последнее десятилетие накоплен разнообразный экспериментальный опыт, однако, как показывают многочисленные исследования, наиболее эффективно поверхностное упрочнение сталей и сплавов. Одним из известных методов упрочнения поверхности является нанесение термодиффузионных защитных покрытий, применение которых в зависимости от состава во многих случаях значительно повышает надежность и долговечность выпускаемых машин, оборудования и инструмента.

В тоже время необходимо учитывать, что существует определенный разрыв между техническими возможностями используемых систем защиты и требованиям к деталям по работоспособности. В первую очередь это относится к штампам горячего деформирования, пресс-формам литья под давлением и другим изделиям высокотемпературного назначения, работающим при наличии ударных либо истирающих воздействий на контактную поверхность. Достичь расчетного ресурса работы для такого вида инструментальной оснастки удастся путем целенаправленного формирования на поверхности контакта соответствующего многокомпонентного защитного слоя контролируемого состава с заданными свойствами для конкретных условий эксплуатации. Специально подготовленные составы насыщающих порошковых смесей позволяют получать качественные защитные покрытия, в которых за счет сбалансированного химического и фазового состава, а также модифицирования, резко возрастают определенные служебные

свойства. Необходимо только отчетливо представлять условия эксплуатации таких покрытий, так как особенности диффузионного насыщения, заметное изменение свойств покрытий в зависимости от типа легирования и концентрационного соотношения элементов в защищаемом сплаве обуславливают границу их применения.

В связи с этим 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), можно считать весьма актуальной и отвечающей современным представлениям теории и практики материаловедения упрочняющих технологий. Остановлюсь более подробно на основных оценочных показателях, рекомендованных ВАК России при анализе диссертационного исследования.

1. Актуальность выбранной темы

Нанесение диффузионных боридных покрытий является одним из перспективных способов повышения долговечности штампов горячего деформирования. Эти покрытия хорошо себя зарекомендовали в ходе эксплуатационных испытаний. Известно, что химический состав стали-основы определяет фазовый и химический состав диффузионных покрытий, интерес представляют исследования, посвященные изучению этого влияния на строение каждой зоны покрытия. Управляя структурой покрытий, и зная механизм их деградации, можно выделить основные пути повышения долговечности самого покрытия и детали в целом. Диссертационное исследование Быковой Т.М., направленное на решение этой научно – технической задачи путем комплексного исследования структуры и свойств, диффузионных боридных покрытий на разных марках сталей, является, несомненно, актуальным и весьма важным с точки зрения отечественного машиностроения. Следует отметить, что актуальность диссертационной работы обоснована диссертантом с учетом как теоретической значимости, так и практических исследований в области материаловедения, что полностью раскрывает ее суть и не вызывает сомнений.

2. Краткое содержание диссертационного исследования

Проведенный автором анализ научно-технической литературы позволил выявить по заявленной тематике исследования определенные противоречия и на этой основе сформулировать цель диссертационной работы, которая заключается в установлении влияния химического состава стали на строение, химический и фазовый составы, свойства диффузионных боридных покрытий, выборе параметров неразрушающего контроля толщины покрытий. Для достижения поставленной цели исследования автор достаточно корректно определил следующие задачи:

1. Определить фазовый и химический составы и микромеханические свойства отдельных зон диффузионных боридных покрытий на сталях разного химического состава.

2. Изучить влияние толщины диффузионных боридных покрытий на изменение электромагнитных свойств образцов из стали 4Х5МФС.

3. Определить механизмы разрушения диффузионных боридных покрытий на углеродистой и штамповых сталях в условиях термоциклирования.

4. Установить взаимосвязь между составом боридного покрытия и его термостойкостью, износостойкостью, диффузионной стабильностью.

В соответствии с целью и поставленными задачами автор последовательно выполнил все запланированные исследования. При этом диссертация имеет четкую логику построения от общего к частному, от теории к практической апробации и внедрения полученных результатов.

Структурно работа состоит из 5 глав, заключения, списка литературы и 4 приложений. Диссертация изложена на 164 страницах машинописного текста и проиллюстрирована 13 таблицами и 57 рисунками. Библиография содержит 150 наименований работ отечественных и зарубежных авторов. В приложении приведен акт внедрения результатов диссертационного исследования.

Во введении обоснована актуальность выбранной темы, сформулированы цель и задачи исследования.

В первой главе рассмотрен отечественный и зарубежный опыт по исследуемой теме. Проведен анализ существующих методов нанесения боридного покрытия, выделены их преимущества и недостатки. Показано, что строение

боридных покрытий существенно зависит от состава насыщающей смеси, от способа борирования, от температуры и длительности процесса. Все эти факторы влияют на конечный результат и определяют физико-механические свойства поверхностного слоя после борирования. Представлены результаты выполненных ранее исследований по изучению кинетики образования борированного слоя и механизмов его формирования.

Во второй главе представлены материалы и методы исследования их свойств. Исследование состава, структуры и свойств, диффузионных боридных покрытий выполнены на сталях различного химического состава следующих марок: Ст3, 4Х5МФС, 7ХМФС, 12Х18Н10Т, 55Х6В3СМФ, У8, ШХ15, в которых варьировалось содержание С, Cr, Si и ряда других химических элементов. Большое внимание в работе уделено традиционным металлографическим методам исследования, таким как оптическая металлография, микрорентгеноспектральный и рентгеноструктурный анализ, а также методам исследования стойкости боридных покрытий к растрескиванию и износостойких свойств покрытий. Описаны методики, примененные в диссертационной работе для определения микротвердости и магнитных характеристик образцов.

В третьей главе приводятся результаты экспериментальных исследований структуры и свойств боридных покрытий. На основе комплексного изучения с использованием рентгеноструктурных и микрорентгеноспектральных исследований показано, что покрытия на исследованных сталях отличаются по строению, химическому и фазовому составу, что объясняется различной диффузионной подвижностью бора в углеродистых и легированных сталях, а также образованием не только боридов железа, но и боридов легирующих элементов. Представлена схема строения диффузионных боридных покрытий на углеродистых и легированных сталях. Исследованы микромеханические свойства каждой зоны боридного покрытия. Определены значения электромагнитных свойств образцов без покрытия и с покрытиями разной толщины. С учетом этого автором обоснован химический и фазовый составы диффузионных боридных покрытий, обеспечивающие максимальную стабилизацию свойств поверхности деталей в конкретных условиях эксплуатации и предложен комплексный подход к его оценке.

В четвертой главе приведены результаты испытаний термостойкости боридных покрытий. Особый интерес здесь представляет исследования изменения структуры, химического состава и характер разрушения диффузионных боридных покрытий в условиях резкого изменения температур в окислительных и восстановительных атмосферах. Проведенные лабораторные испытания показали, что при термоциклировании в окислительной атмосфере происходит проникновение кислорода через боридное покрытие в сталь-основу, что приводит к отслаиванию борированного слоя и окислению основы. Представлена схема разрушения боридного покрытия в воздушной атмосфере. При термоциклировании в восстановительной атмосфере происходит растрескивание покрытия. Определен различный характер этого растрескивания на малоуглеродистых и легированных штамповых сталях. Таким образом, на основе выполненных исследований показано, что разрушение борированного слоя при термоциклировании во многом определяется окислительными процессами, происходящими на поверхности. С этой точки зрения долговечность покрытия на сталях, содержащих не менее 5 мас. % хрома, существенно выше за счет образования защитного окисла Cr_2O_3 .

В пятой главе исследован характер разрушения диффузионных боридных покрытий в процессе фрикционных испытаний по схемам «вал-пластина» и «вал-штулка» при нагрузках от 196 до 1274 Н и по результатам воздействия на образцы индентором из твердого сплава ВК 9. Показано, что легирование боридов железа хромом приводит к повышению пластичности этих фаз и снижению коэффициента трения. Определено влияние легирования покрытий элементами стали-основы и закалки на показатели рельефа поверхности до и после трибологических испытаний, а также на линейный износ. Разработана технологическая инструкция процесса диффузионного борирования трибологической пары.

Диссертация Быковой Т.М. представляет собой целенаправленное, развернутое описание содержания и результатов исследования влияния химического состава стали на структуру и свойства диффузионных боридных покрытий. Выявленные направления научного поиска и проведенный анализ диссертации позволяет говорить о достаточной значимости и научной ценности представленных к защите результатов теоретических и экспериментальных работ.

3. Научная новизна и теоретическая значимость работы.

Диссертационная работа Быковой Т.М. обладает новизной и представляет собой интересное, самостоятельное и довольно ценное по своей научной и практической значимости исследование. Диссертантом в результате комплексных исследований структуры и свойств диффузионных боридных покрытий, установлено влияние легирующих элементов исследованных сталей на химический состав всех зон диффузионных боридных покрытий, соотношение слоев боридов M_2B и M_3B и фазовый состав переходной зоны на границе с основой. Показано, что на сталях, легированных хромом, в покрытии формируются легированные бориды $(Fe,Cr)B$ и $(Fe,Cr)_2B$, которые приобретают способность пластически деформироваться при интенсивном трибологическом нагружении. Принципиально новым можно считать возможность использования электромагнитных характеристик, а именно коэрцитивной силы, удельного электросопротивления и максимальной магнитной проницаемости, в качестве параметров неразрушающего контроля толщины боридных покрытий.

4. Практическая значимость и рекомендации по использованию

Практическая ценность заключается в разработке технологического процесса диффузионного борирования трибологической пары для АО «Уральский завод транспортного машиностроения». Нанесение боридных покрытий на детали позволили повысить срок эксплуатации не менее чем в 3 раза, что подтверждено актом внедрения. Показана целесообразность использования боридных покрытий в разных условиях внешнего воздействия. Результаты исследований используются при чтении курса лекций и проведении лабораторных занятий для бакалавров и магистров.

5. Степень достоверности и конкретное участие автора в получении результатов

Для обоснования научных положений, рекомендаций и выводов исследования автор применил современную методологию научного поиска, совокупность методов исследования, адекватных природе исследуемого объекта согласованностью результатов лабораторного и промышленного экспериментов. В этом смысле достоверность полученных в работе результатов по изучению структуры и свойств боридных покрытий с целью оценки их эксплуатационной

надежности обусловлена как применением современных методов исследования и планирования экспериментов, так и проверкой в производственных условиях предложенных рекомендаций.

Личный вклад диссертанта в представленной работе очевиден и сомнения не вызывает, что подтверждено актом внедрения. При непосредственном участии автора выполнены исследования структуры, испытания твердости, термостойкости, а также износостойкости диффузионных боридных покрытий. Таким образом, Быкова Т.М. выносит на защиту целенаправленное и логически завершенное описание собственных теоретических исследований и обобщенные результаты комплексной экспериментальной работы, выполненной в рамках рассматриваемой проблемы. При этом важнейшем результатом, полученным лично автором, можно считать организацию опробования разработанных рекомендаций по повышению свойств диффузионных боридных покрытий на АО «Уралтрансмаш».

6. Полнота изложения материалов в печати

Автореферат диссертации с необходимой полнотой раскрывает ее содержание, а публикации полностью соответствуют выбранной теме исследования и отражают направленность научных интересов автора и основное содержание работы. Положение и выводы диссертации прошли апробацию на международных и российских конференциях, по материалам работы опубликовано 13 работ, в том числе 4 в журналах, рекомендованных ВАК РФ.

7. Оценка содержания диссертации, замечания

В целом диссертационная работа Быковой Т.М. представляет собой интересное, самостоятельное и весьма ценное по своей научной и практической значимости исследование. Работа подчинена единой цели, выполнена последовательно и в большей части носит оригинальный характер. Диссертация изложена грамотно и аргументировано.

Вместе с тем нельзя не отметить, что в достаточно интересном исследовании есть ряд спорных моментов и недостатков. В качестве основных замечаний и возражений по работе можно выделить следующие:

1. В связи с тем, что микротвердость одноступенчатых боридных фаз (M_2B и M_3B_2) на сталях разного химического состава различаются в ряде случаев, более чем в 2 раза (см. автореферат стр. 12, табл. 1).

2. Что автор понимает под фрагментацией боридных игл (зерен Fe_2B) в дорожке износа при испытании на износ по схеме «вал-пластина». Кроме того, как в этом случае образование мартенсита в матрице влияет на сопротивление износу боридов.

3. Каким методом автор определял характер распределения бора по толщине покрытий и как он объясняет более низкую концентрацию этого элемента в приповерхностных слоях на глубину до 10 мкм, где в основном и располагается высокобористая фаза FeB (см. рис. 3.2 диссертации).

4. Достаточно тривиально звучит вывод о градиентном распределении свойств в исследованных боридных покрытиях, т.к. в диффузионных покрытиях подобное изменение свойств наблюдается всегда.

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки, в целом, весьма интересного исследования и носят в большой степени дискуссионный характер.

8. Научный уровень диссертации

Диссертант владеет достаточным уровнем научной культуры, обладает весьма широким научно-техническим кругозором, демонстрирует самостоятельность суждений и умозаключений. Отмеченные замечания и возражения носят дискуссионный характер и не снижают в целом положительную оценку представленной Быковой Т.М. диссертационной работы. Работа представляется мне целостной и завершенной, носит комплексный характер, а полученные научные и практические результаты имеют весьма существенное значение для материаловедения.

9. Соответствие специальности

Оценивая результаты проведенного Быковой Т.М. исследования, следует указать, что оно полностью соответствует специальности 05.16.09 – материаловедение (в машиностроении) в области теоретических и экспериментальных исследований фундаментальных связей состава и структуры материалов с комплексом физико-механических и эксплуатационных свойств с целью обеспечения надежности и долговечности материалов и изделий.

10. Соответствие диссертации требованиям «Положения ВАК РФ»

Рецензируемая диссертация Быковой Татьяны Михайловны «Влияние химического состава стали на структуру и свойства диффузионных боридных покрытий» является законченной научно-исследовательской работой, имеющей несомненное значение как для теории, так и практики материаловедения. Работа соответствует требованиям, предъявляемым ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации к кандидатским диссертациям п.п. 9, 10, 11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, а её автор Быкова Татьяна Михайловна – заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – Материаловедение (в машиностроении).

Официальный оппонент:

доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой металлургии, сварочного
производства и методики профессионального обучения
ФГАОУ ВО «Российский государственный
профессионально-педагогический
университет»

Борис Николаевич Гузанов

14 ноября 2016 г.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный профессионально-педагогический университет», 620012, г. Екатеринбург, ул. Машиностроителей, 11,
Тел. +7(343)327-19-64, E-mail: guzanov_bn@mail.ru

Подпись д.т.н., профессора Гузанова Б.Н. заверяю
Ученый секретарь Ученого совета
университета

Марина Михайловна Кириллова

