

Отзыв

официального оппонента на диссертационную работу

Иванова Сергея Геннадьевича

«РАЗВИТИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СТАЛЕЙ И СПЛАВОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ СОВМЕЩЕННОГО ДИФфуЗИОННОГО НАСЫЩЕНИЯ БОРОМ, ХРОМОМ И ТИТАНОМ»,

представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.16.01 - «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Актуальность темы диссертации

Диссертационная работа Иванова С.Г., посвященная проблеме повышения износостойкости деталей машин и механизмов за счет совмещенного диффузионного насыщения их поверхностей бором, хромом и титаном, является актуальной как с научной, так и с практической точки зрения. Актуальность темы диссертационного исследования подтверждается выполнением его части в рамках государственного задания Минобрнауки РФ, грантов Президента РФ, РФФИ и администрации г. Барнаула

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Предметом исследования диссертанта являлся достаточно широкий круг материалов (углеродистые и легированные стали, титановые сплавы, твердые сплавы) после одновременного трехкомпонентного диффузионного насыщения бором, хромом и титаном с целью повышения их износостойкости.

Основными результатами работы можно считать следующие:

- показано, что одновременное диффузионное насыщение сталей хромом, титаном и бором позволяет повысить скорость формирования диффузионного слоя в среднем на 10–15% по сравнению с двухкомпонентным насыщением бором и хромом;
- получено частное решение уравнения Онзагера для случая одновременного трехкомпонентного насыщения железа бором, хромом и титаном относительно функций толщины диффузионного покрытия с непрерывно изменяющимися коэффициентами диффузии;
- установлено, что образование атомов бора при разложении карбида бора возможно и термодинамически выгодно в присутствии кислорода. При температурах, более 920 °С активируются реакции образования атомов хрома и титана, происходящие также с участием кислорода;
- разработана математическая модель, позволяющая определять основные технологические параметры процесса насыщения с целью получения комплексных бор-хром-титановых диффузионных покрытий на сталях требуемой толщины и фазового состава;
- разработаны технологические решения и составы насыщающих сред, позволяющие получать покрытия с высокими эксплуатационными свойствами. Высокая поверхностная твердость на углеродистой стали (Ст3, 45) – до 2200–2500 HV₁, на легированных

сталиях (5ХНВМФ, 7ХГ2ВМФ) – до 2400–2900 HV₁, на высоколегированных сталях (Р6М5, Х12М) – до 2700–3200 HV₁, сочетается с высокой коррозионной стойкостью в растворах кислот.

– получены новые научные данные о структурно-фазовом состоянии диффузионных покрытий на титановых сплавах, полученных с использованием насыщающих сред, содержащих бор, хром и титан. Диффузионные покрытия толщиной до 75 мкм, твердость которых достигает 3500 HV_{0,1}, состоят из ди- и моноборида титана, карбида титана, переходная зона содержит интерметаллидные соединения титана и хрома;

– совмещенное одновременное бор-хром-титанирование твердых сплавов ВК8 и Т5К10 позволило получить на их поверхности покрытия толщиной до 80 – 90 мкм (что в 10–15 раз превышает толщину покрытий, получаемых другими способами диффузионного насыщения), твердостью до 4300 HV_{0,1} (Т5К10) и 2400 HV_{0,1} (ВК8) при исходной твердости этих материалов 1650–1740 HV_{0,1}.

Практическое использование результатов и их техническая новизна подтверждается актами производственных испытаний и 10 патентами на изобретение.

Степень обоснованности выводов, сформулированных в диссертации, обеспечена использованием современных методов исследования, к числу которых можно отнести электронную и атомно-силовую микроскопию, и комплексным подходом к решению поставленных задач. А также сопоставлением и непротиворечивостью теоретических и экспериментальных данных, полученных диссертантом, с данными других авторов.

Степень научной и практической новизны

В результате выполнения диссертационного исследования диссертантом получены новые научные данные о закономерностях структурообразования в диффузионных покрытиях на сталях и сплавах, полученных при одновременном трехкомпонентном диффузионном насыщении бором, хромом и титаном, предложено частное решение уравнения Онзагера для случая одновременного трехкомпонентного насыщения железа с учетом химического потенциала компонентов насыщающей среды.

Основные положения и результаты диссертации в достаточной степени изложены в научно-технических изданиях и обсуждены на конференциях различного уровня. По материалам диссертационного исследования опубликовано более 200 работ, в том числе 3 коллективные монографии, 74 статьи в журналах из перечня ВАК, 9 статей, индексируемых в базах Web of Science и Scopus, 10 патентов РФ на изобретение.

Оценка содержания диссертации

Оппонируемая диссертация состоит из введения, шести глав с выводами, заключения, списка цитируемой литературы (227 наименований) и приложения. Общий объем работы составляет 356 страниц, в том числе 165 рисунков и 31 таблица.

Во введении сформулирована цель работы и поставлены задачи исследования, дан подробный анализ состояния рассматриваемых в диссертации проблем. Показаны научная новизна и практическая значимость полученных в работе результатов, перечень основных публикаций по теме диссертации, сведения о реализации результатов, дана общая характеристика работы, ее структура и объем.

В первой главе проанализированы литературные данные, касающиеся поверхностного легирования сталей, в том числе насыщения бором, хромом и титаном. Изложены существующие представления о закономерностях формирования структурно-фазового состояния диффузионных покрытий; рассмотрены перспективы применения технологических процессов диффузионного борирования и многокомпонентного насыщения бором совместно с другими элементами; установлены проблемные вопросы, которые до последнего времени не были решены, указаны возможные принципы и подходы для их решения; подтверждена актуальность поставленной цели и решаемых задач.

Во второй главе определен круг исследуемых материалов, описаны методики проводимых экспериментов и способы обработки полученных данных.

Третья глава посвящена анализу возможности протекания химических реакций в процессе насыщения стали бором, хромом и титаном, определению констант равновесия и энергетических параметров рассмотренных реакций в интервале температур 450 - 1150 °С.

Диссертантом впервые показано, что образование активных атомов бора при разложении карбида бора возможно и термодинамически выгодно в присутствии небольшого количества кислорода. Термодинамически обоснована оптимальная температура процесса одновременного трехкомпонентного диффузионного насыщения. Выявлено положительное влияние на процесс борирования присутствие в насыщающей смеси 10 % борного ангидрида или тетрабората натрия.

Научный и практический интерес представляет и предложенное автором решение уравнения Онзагера для определения диффузионной активности бора, хрома и титана в условиях их одновременной диффузии в железоуглеродистых сплавах.

Четвертая глава посвящена разработке составов насыщающих сред и технологий комплексного диффузионного насыщения бором, хромом и титаном. Показано, что состав насыщающей среды оказывает значительное влияние на структурно-фазовое состояние переходной зоны. В процессах совмещенного насыщения бором и хромом, бором и титаном, а также трёхкомпонентного - бором, хромом и титаном, наилучший эффект достигается при использовании в качестве поставщиков хрома смеси оксида хрома и высокоуглеродистого феррохрома типа ФХ 850, а в качестве поставщика активных атомов титана - ферротитана типа ФТи 65. Для активации процесса диффузионного насыщения наибольшую эффективность показал комплексный активатор на основе смеси фторида натрия, фторида аммония и йодида калия. Отмечен положительный эффект (увеличивается износостойкость и ресурс) от применения циклически меняющейся температуры при диффузионном насыщении.

В пятой главе исследована структура диффузионных покрытий, формируемых на сталях и сплавах в результате одновременного диффузионного насыщения бором, хромом и титаном, определены составы насыщающих сред и технологические параметры процесса. Изучение поверхностной микроструктуры диффузионного покрытия позволило выявить механизмы диффузии хрома и титана в процессе одновременной диффузии с бором. Показано, что хром диффундирует преимущественно по телу зерна, а титан - по границам зерен и фаз.

Шестая глава посвящена результатам лабораторных и промышленных испытаний сталей, упрочненных одновременным бор-хром-титанированием в условиях сухого трения о закрепленные частицы абразива и трения о закрепленные абразивные частицы, сопряженного с коррозионным воздействием растворов серной, азотной и соляной кислот. Разработанные технологии апробированы и внедрены на ряде предприятий РФ с совокупным экономическим эффектом около 3500 тыс. руб в год.

Завершают диссертацию основные выводы, позволяющие объективно оценить значимость выполненного исследования.

Вопросы и замечания по работе

К отдельным недостаткам работы следует отнести.

1. В работе следовало более четко обосновать экономическую эффективность использования разработанных комплексных технологий по сравнению с существующими альтернативными вариантами. Кроме того, не показана конкурентоспособность предложенных автором технологий на мировом рынке.

2. Не обосновано использование в качестве объекта исследований довольно широкого круга материалов: углеродистые и легированные стали, титан ВТ1-0 и сплав ОТ4, твердые сплавы. Так, например, в главе 2 написано, что выбор сталей обусловлен стремлением изучить зависимости параметров одновременной диффузии бора, хрома и титана от содержания углерода и легирующих элементов, однако такие зависимости в явном виде отсутствуют как в автореферате, так и в диссертации. Очевидно также, что использование ХТО титановых сплавов на приведенных в работе режимах приведет к деградации их структуры.

3. Целесообразно было бы рассмотреть вопрос возможности повторного использования (после перезаточки) режущего инструмента, упрочненного по предлагаемой автором технологии.

4. В работе не показано влияние на толщину диффузионного покрытия температуры процесса, хотя последняя является одним из значимых параметров, способных ощутимо влиять на структурно-фазовый состав покрытий.

5. В работе ограничены данные о химическом составе структурных составляющих диффузионной зоны.

6. Отсутствуют данные о термической стабильности покрытий.

7. Не раскрыта причина различной морфологии поверхности покрытия (например, игольчатое строение – легированные стали, чешуйчатое – углеродистые).

8. В работе приведены составы насыщающих сред только для процесса одновременного насыщения бором, хромом и титаном. Следовало бы привести составы насыщающих сред и для других процессов, упоминаемых в диссертации.

Сделанные замечания не снижают общего положительного впечатления о диссертационном исследовании С.Г. Иванова.

Общая оценка диссертационной работы

Диссертационная работа Иванова Сергея Геннадьевича «Развитие теоретических и технологических основ химико-термической обработки сталей и сплавов с применением сов-

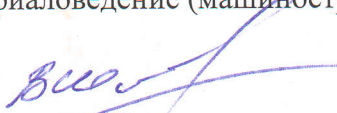
мещенного диффузионного насыщения бором, хромом и титаном» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, в которой на основании проведенных автором исследований изложены научно обоснованные технические и технологические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие и совершенствование машиностроительной и обрабатывающей отраслей промышленности. Работа выполнена с использованием современных методов исследований, сформулированная цель и задачи решены. Выводы достоверны и основаны на обработке большого объема собственных экспериментальных данных и сопоставлении их с данными, имеющимися в литературе.

Диссертационная работа написана на понятном научно-техническом языке, содержит достаточное количество рисунков, графиков и таблиц. Автореферат диссертации полностью соответствует основным положениям диссертации, раскрывает ее содержание и отражает структуру работы.

На основании вышеизложенного считаю, что представленная к защите работа по своей актуальности, научной новизне, научно-техническому уровню и практической значимости полностью отвечает требованиям п. 9 Постановления Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней», а ее автор, Иванов Сергей Геннадьевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Официальный оппонент:

д-р. техн. наук, профессор, профессор кафедры "Материаловедение и композиционные материалы" ФГБОУ ВО "Волгоградский государственный технический университет", специальность 05.16.09 – материаловедение (машиностроение)



Шморгун Виктор Георгиевич

400005, г. Волгоград, проспект им. В.И. Ленина, д. 28,
телефон + 7 (8442) 24-80-61, e-mail: mv@vstu.ru

Я, Шморгун Виктор Георгиевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Иванова Сергея Геннадьевича, и их дальнейшую обработку.

