

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Ивановой Татьяны Геннадьевны «Разработка и исследование процессов одновременного насыщения поверхности стальных изделий бором, хромом и титаном», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

Актуальность темы диссертационной работы

Большинство эксплуатационных характеристик металлов и сплавов определяется структурно-фазовым состоянием поверхностных слоев, их можно значительно повысить с помощью упрочнения поверхности. Традиционным и одним из наиболее перспективных методов модификации структуры поверхностных слоев материалов является химико-термическая обработка, которая приводит к формированию глубоких модифицированных слоев, имеющих либо гомогенную, либо гетерогенную структуру и высокие эксплуатационные характеристики. Применение многокомпонентного диффузионного насыщения сталей позволяет направленно изменять структуру и свойства поверхностных слоев металлов, проводить последующую термическую обработку с целью повышения конструкционной прочности изделий. Все это обуславливает высокую экономическую эффективность практического использования диффузионного поверхностного упрочнения. Однако для установления оптимальных режимов обработки необходимо знание закономерностей и механизмов изменения структуры, фазового состава и особенностей формирования образующихся диффузионных слоев. Именно этому и посвящено основное содержание рецензируемой работы.

В работе изучено влияние одновременной диффузии бора, хрома и титана в стали на фазовый состав, физические и механические свойства диффузионных слоев, разработке новых технологий комплексного

поверхностного легирования сталей этими элементами. Учитывая выше сказанное, следует считать тему диссертационной работы **актуальной**.

Анализ содержания диссертации

Диссертация состоит из введения, пяти разделов, основных выводов и списка использованной литературы. Во введении и первом разделе дается общая характеристика работы, формулируются цель и задачи исследований, приводятся положения, выносимые на защиту, отмечена связь работы с краевыми и государственными научными темами и программами. На основе литературных данных проведен анализ существующих методов поверхностной упрочняющей обработки сталей. Проанализированы основные способы диффузионного борирования поверхности металлов, а также рассмотрены технологии одновременного насыщения бором и другими компонентами. Показано влияние различных компонентов на кинетику диффузионного процесса, структуру и свойства боридных слоев.

Во втором разделе приводятся химический состав и свойства исследованных сталей и методики их изучения. Исследование процесса борирования и кинетики формирования диффузионных слоев проводили на поверхности сталей Ст3сп, 5ХНВМФ, Х12М. Основными методами изучения структуры, состава и свойств боридных слоев служили широко применяемые в металловедении методы оптической, сканирующей электронной микроскопии, микроанализа, рентгенофлуоресцентного и рентгеноструктурного анализа. Изучали износостойкость упрочненных образцов в условиях абразивного и адгезионного износа в условиях воздушной и коррозионно-активной атмосферы. В этом же разделе описаны методы борирования изучаемых сталей диффузионным насыщением из порошковой засыпки и из обмазок.

В третьем разделе приведено обоснование выбора компонентов, входящих в состав диффузионно-активных сред для одновременного насыщения сталей бором, хромом и титаном. На основе термодинамического

анализа сделаны оценки параметров диффузионного процесса, которые выявили стадийность диффузии бора при формировании слоя боридов. Экспериментальные исследования адсорбции атомов бора в сталях разного класса показали, что адсорбция при борировании протекает по механизму хемосорбции. В результате проведённых исследований получены экспериментальные зависимости толщины боридного слоя на Ст3, сталях 5ХНВМФ и Х12МФ от температурно-временных параметров процесса. Установлена оптимальная толщина боридного слоя для каждой стали, которая была выбрана из критерия отсутствия скалывания после завершения процесса борирования.

Четвертый раздел посвящен построению математических моделей для стали 45, описывающих параметры диффузионного слоя – толщину и твердость, в зависимости от элементного состава насыщающей среды и параметров технологического процесса. Изучено влияние хрома и титана на микротвердость боридного слоя. Комплексный анализ экспериментальных данных и математических расчетов позволил найти оптимальный состав насыщающей среды для одновременного диффузионного насыщения стали 45 бором, хромом и титаном. Также были определены технологические параметры процесса борирования.

В пятом разделе диссертации приведены результаты промышленных испытаний ножей для измельчения корпусов кислотных аккумуляторных батарей и фильер для гранулирования катализаторной массы, упрочненных с использованием разработанной автором насыщающей среды. Результаты испытаний показали преимущество изделий с боридными поверхностными слоями перед применяемыми в обычной практике.

Приведенные в пятом разделе данные весьма полезны для иллюстрации того, как способ совместного насыщения поверхностного слоя металлов бором, хромом и титаном можно успешно применять для упрочнения широкого класса деталей промышленного оборудования.

Новизна исследований и полученных результатов

Научная новизна работы определяется совокупностью результатов, отражающих физико-химические закономерности диффузии бора в процессах одновременного насыщения ряда сталей бором, хромом и титаном. Научные результаты, полученные Т.Г. Ивановой, легли в основу эффективных способов поверхностного упрочнения углеродистых сталей.

Методами математического моделирования установлены энергетические параметры возможных реакций атомов в насыщающей среде и последующим взаимодействием бора с железом с образованием диффузионного поверхностного слоя. Получены зависимости, связывающие механические свойства боридных слоев с технологическими параметрами химико-термической обработки и определены оптимальные режимы ХТО. Выявлены особенности на кривых распределения концентрации бора по толщине диффузионного покрытия в зависимости от температуры, которые указывают на появление новых фаз при увеличении температуры ХТО.

В результате работы, выполненной диссертантом, предложен состав насыщающей среды и способ многокомпонентного насыщения поверхностного слоя сталей, позволяющий сократить время борирования, прогнозировать физико-механические свойства диффузионных слоев и обеспечить требуемые эксплуатационные свойства деталей промышленного оборудования, на что указывают патент на изобретение и акты производственных испытаний.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и заключений

Научные положения работы опираются на фундаментальные представления принятые в металловедении, а выводы и рекомендации основаны на результатах экспериментальных и теоретических исследований, проведенных автором лично, с применением современного оборудования. Автором осуществлена систематизация информации, представленной в

отечественных и зарубежных источниках по разрабатываемой тематике, что позволило обоснованно определить место осуществляемых исследований в развитии проблемы, выделить научную новизну и практическое значение полученных результатов.

Достоверность полученных в диссертационной работе результатов обеспечивается корректностью постановки задачи, применением современных методов исследования, среди которых оптическая, сканирующая электронная микроскопия, микроанализ, рентгенофлуоресцентный и рентгеноструктурный анализ. Достоверность результатов подтверждается также большим объемом экспериментальных данных, апробированных на международных и всероссийских конференциях.

Достоверность положений, выносимых диссертантом на защиту, подтверждается воспроизводимостью и согласованностью полученных экспериментальных данных, а также обоснованностью решаемых задач. Результаты диссертационной работы представлены в 26 статьях, среди которых 8 статей опубликованы в рецензируемых научных журналах из перечня ВАК, 2 статьи в зарубежных изданиях, индексируемых в наукометрических системах Scopus и Web of Science, а также в 1 патенте.

Учитывая вышеизложенное, следует отметить, что основные выводы и положения, выносимые на защиту, являются новыми, а полученные результаты имеют высокую научную и практическую ценность.

Значимость для науки и практики выводов и рекомендаций

Научная значимость заключается в получении фундаментальных знаний о диффузии бора, хрома и титана, дающих представление об особенностях формирования сложных диффузионных покрытий на сталях, и возможности управления свойствами и характеристиками получаемых покрытий посредством термодинамических расчетов энергетических параметров реакций, имеющих место в насыщающей среде.

Важным результатом исследований для практики являются разработанные составы насыщающих сред, имеющих высокую активность в определенном интервале температур (от 850 до 1050 °C), который установлен в работе по результатам экспериментальных исследований. В работе показано, что данные насыщающие смеси успешно применены для упрочнения опытной партия ножей из стали Ст3 и 40Х для измельчения полипропиленовых корпусов аккумуляторных батарей и фильер гранулятора для формования катализаторной массы.

Научные и практические результаты работы могут быть использованы в научно-исследовательских институтах, высших учебных заведениях, на промышленных предприятиях.

Соответствие работы требованиям, предъявляемым к диссертациям

Диссертационная работа Ивановой Т.Г. построена логично и грамотно, ее оформление соответствует действующим стандартам и требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Диссертационная работа написана грамотно, в хорошем стиле и построена логически правильно.

Содержание диссертации соответствует пунктам 1, 4 и 6 паспорта научной специальности 05.16.01 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов:

Соответствие содержания автореферата содержанию диссертации

Содержание автореферата полностью соответствует содержанию диссертации.

Замечания

1. Большая часть диссертации посвящена диффузии бора при химико-термической обработке сталей. Диссертант рассматривает в качестве основной реакцию диффузию, которая осуществляется путем перемещения фронта химической реакции. Однако в 70-е годы прошлого века экспериментальные и теоретические исследования диффузии бора в сталях показали, что эта диффузия неравномерна. Вначале основная масса

растворенного бора концентрируется в дефектных участках структуры: по границам зерен, субзерен, блоков и т.д. Именно там создаются условия, благоприятные для образования зародышей борида Fe_2B . Дальнейшая диффузия бора осуществляется по межфазной границе борида и металла, обуславливая рост игл борида.

2. На странице 39 диссертации приведено выражение для числа частиц газа, адсорбированных на единицу поверхности, единицу массы и единицу объема, которые автор приравнял между собой. Этого не может быть, хотя бы из анализа размерностей.

3. На большинстве графиков очень мелкие надписи на рисунках, на некоторых отсутствуют обозначения переменных величин и единиц измерения. На графиках не указан статистический разброс, который бы подтверждал правомочность построения кривых изменения свойств.

4. На 78 странице в 4 абзаце первое предложение построено стилистически неверно. Трудно понять, что хотел выразить автор. То же можно сказать и о первых двух предложениях в 5 абзаце на той же странице. На странице 80 перед таблицей 3.8 написана фраза, которая явно требует продолжения.

5. В тексте диссертации использован термин «медианный класс сталей», происхождение которого следовало бы пояснить.

6. Вызывает сомнение величина микротвердости боридов железа, достигающая величины 35 ГПа. Такая микротвердость характерна лишь для диборида титана.

Высказанные замечания носят частный характер. В целом работа выполнена на высоком научном и профессиональном уровне.

Заключение

По уровню решаемых задач, научной новизне, практической значимости и объему полученных результатов диссертационная работа Ивановой Т.Г. «Разработка и исследование процессов одновременного

насыщения поверхности стальных изделий бором, хромом и титаном» удовлетворяет всем требованиям пункта 9 Положения о присуждении ученых степеней и является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена научная проблема, имеющая важное хозяйственное значение.

Считаю, что автор диссертационной работы Иванова Т.Г. заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Официальный оппонент:

Заведующий лабораторией физики упрочнения поверхности
Федерального государственного бюджетного учреждения науки

Институт физики прочности и материаловедения

Сибирского отделения Российской академии наук (ИФПМ СО РАН),

доктор физико-математических наук,

профессор



Колубаев Александр Викторович

Дата: 16.11.2017 г.

Подпись Колубаева А.В. удостоверяю
ученый секретарь ИФПМ СО РАН,
к.ф.-м.н



Матолыгина Н.Ю.

Почтовый адрес: ИФПМ СО РАН, пр. Академический, 2/4, г. Томск, 634055
Тел. рабочий (3822)286970 e-mail: kav@ispms.tsc.ru