

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Сергея Геннадиевича Иванова на тему:
«Развитие теоретических и технологических основ химико-термической
обработки сталей и сплавов с применением совмещенного
диффузионного насыщения бором, хромом и титаном»,
представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по
специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка
металлов и сплавов

Тема, рассмотренная автором, является актуальной для современного общества и науки. Основным вопросом, поставленным на рассмотрение в работе, является: снижение материалоемкости производства, повышение ресурсо- и энергоэффективности производства, оптимизация технологических процессов, внедрение новых материалов, разработка новых способов увеличения эксплуатационного уровня материалов. В этом плане развитие известных и разработка эффективных способов химико-термической обработки, является актуальной задачей, решением которой занимаются большое количество исследователей, как в РФ, так и в мире. Для успешного решения данной задачи необходимо совершенствовать существующие, а также разработать новые методы химико-термической обработки материалов, в том числе, за счет разработки и внедрения новых технологий одновременного многокомпонентного диффузионного насыщения несколькими элементами. Целью диссертации является повышение износостойкости деталей машин и механизмов из сталей и сплавов химико-термической обработкой с применением совмещенного диффузионного насыщения поверхностей бором, хромом и титаном. Для достижения цели в работе решены множество задач, основными из которых являются:

- ✓ установление закономерности формирования структурно-фазового состава диффузионных покрытий на сталях и сплавах, получаемых комплексным их насыщением бором, хромом и титаном;
- ✓ выявление взаимосвязи физико-механических свойств и структурно-фазового состояния комплексных бор-хром-титановых диффузионных

покрытий с технологическими параметрами процесса упрочнения и химическим составом насыщаемого материала и насыщающей среды;

✓ разработка составов насыщающих сред и технологии одновременного бор-хром-титанирования углеродистых и легированных сталей и сплавов;

✓ разработка ресурсо- и энергоэффективную технологию химико-термической обработки с применением насыщающей обмазки и совмещенной термической обработки.

Рассмотренная тематика представляет интерес для специалистов в области обеспечения высоких эксплуатационных свойств малоуглеродистых сталей, использования для этих целей диффузионных покрытий с высокими эксплуатационными свойствами. Для этого в работе:

- для одновременного бор-хром-титанирования углеродистых и легированных сталей с содержанием углерода до 0,4 масс. % разработан состав, содержащий бориды хрома и титана, карбид бора в качестве основных компонентов поставщиков активных атомов бора, хрома и титана;

- для углеродистых и легированных сталей с содержанием углерода свыше 0,4 масс. % разработан состав, основными поставщиками активных атомов бора, хрома и титана в котором являются карбид бора, феррохром и ферротитан.

Разработанные технологии обеспечивают повышение поверхностной твердости при одновременном комплексном насыщении бором, хромом и титаном: на углеродистой стали (стали типа Ст3, сталь 45) – до 2200–2500 HV1, на легированных сталях (стали типа 5ХНВМФ, 7ХГ2ВМФ) – до 2400–2900 HV1, на высоколегированных сталях (стали типа Р6М5, Х12М) – до 2700–3200 HV1. (указывается сфера деятельности). В работе четко выделен предмет и объект.

Автор работы представил обзор известных результатов исследований технологии поверхностного легирования сталей, в том числе, насыщения бором, хромом, титаном и совмещенными процессами. Автор убедительно показал, что тема поверхностного упрочнения стальных изделий методами

диффузионного насыщения является актуальной, однако, большинство работ в этой области носит полуэмпирический характер. Это позволило диссертанту, путем использования хорошего математического аппарата, внести вклад в развитие теоретических основ процессов одновременного многокомпонентного диффузионного насыщения бором, хромом и титаном.

Разрабатывая составы насыщающих сред и технологий комплексного диффузионного насыщения бором, хромом и титаном, автор установил, что при одновременном насыщении бором, хромом и титаном, скорость роста диффузионного покрытия на **20–40 %** больше по сравнению с процессом одновременного борирования.

Диссертант исследовав структуры диффузионных покрытий, формируемых на сталях и сплавах в результате одновременного диффузионного насыщения бором, хромом и титаном, установил оптимальные составы насыщающих сред и технологические параметры процесса одновременного трехкомпонентного диффузионного насыщения бором, хромом и титаном сталей различного класса – от углеродистых до легированных, включая быстрорежущие.

Если свойства и внедрение диффузионных покрытий представлены на основе результатов лабораторных 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, то промышленные испытания ножей для измельчения корпусов кислотных аккумуляторных батарей, упрочненных в разработанной насыщающей среде изготовленных из стали 45, показали, что износостойкость упрочненных деталей повысилась в результате упрочнения в **13–18 раз** (с 10–12 тонн измельченных корпусов до 160–180 тонн).

Особенность диссертации заключается в том, что в ней решена актуальная научно-техническая проблема – повышение износостойкости и коррозионной стойкости диффузионных боридных покрытий на сталях и

сплавах за счет формирования боридных диффузионных слоев, легированных хромом и титаном, формируемых в один термический цикл. Решение данной проблемы имеет важное значение для развития машиностроения, газо- и нефтедобывающей, обрабатывающей отраслей промышленности Российской Федерации. А также благоприятствует импортозамещению поставляемой из-за рубежа продукции тяжелого машиностроения. Это **основное достоинство работы**, к которому необходимо отнести научную новизну и практическую ценность диссертационного исследования, а также **63** полноценные статьи в журналах из перечня ВАК, **9** статей, опубликованных в журналах из перечня Scopus и Web of Science, **10** патентов на изобретения, **3** монографии. Опубликованные работы охватывают и отражают содержание диссертации.

Недостатки автореферата заключаются в том, что не во всех цифровых результатах работы показан доверительный интервал. Кроме того, автор ограничил в автореферате представление диссертационного материала результатами электронно-микроскопических исследований - спектральным, рентгеновским либо микрорентгеноспектральным, фазовым и элементным анализами.

В целом работа достоверность и обоснованность результатов обеспечивает объемом полученных в ходе работы экспериментальных данных; сопоставлением и непротиворечивостью оригинальных теоретических и экспериментальных результатов с данными, полученными другими исследователями, имеющимися в литературе; высокой воспроизводимостью разработанных технологических приемов в лабораторных и производственных условиях при проведении работ по комплексному бор-хром-титанированию деталей машин, оснастки и инструмента; корреляцией результатов лабораторных и промышленных испытаний упрочняющих комплексных покрытий, полученных одновременным бор-хром-титанированием, подтвержденных актами промышленных испытаний и внедрением в производство.

Работа соответствует требованиям ВАК и паспорту специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов, а ее автор - **Сергей Геннадиевич Иванов** заслуживает присвоения ученой степени доктора технических наук.

Юлбарсхон Набиевич Мансуров, д.т.н., профессор,
академик РАЕ, руководитель Филиала РХТУ
им. Д.И. Менделеева в Ташкенте (Республика Узбекистан),
тел.: +998909520832, адрес электронной почты –
yulbarsmans@gmail.com
Ташкент, массив ТТЗ-1, 47.



Специальность, по которой защищена докторская диссертация:

05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

Я, Мансуров Юлбарсхон Набиевич, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Ивановы Сергеем Геннадьевичем, и их дальнейшую обработку