

В диссертационный совет Д 999.112.02
при ФГБУ науки «Институт
машиноведения им. А.А. Благонравова
Российской академии наук», ФГБОУ ВО
«Брянский государственный технический
университет»
Россия, 241035, г. Брянск, ул. Харьковская,
д. 10-Б.

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
*Давидяна Левона Варужановича «Интенсификация диффузионного
насыщения бором углеродистых и легированных сталей при микродуговом
нагреве»*, представленную на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности 05.16.09 – Материаловедение
(машиностроение)

На отзыв представлена диссертационная работа, состоящая из введения, пяти глав, заключения, основных выводов, списка литературы из 141 наименования. Диссертация изложена на 128 страницах, содержит 17 таблиц, 43 рисунка и 2 приложения.

Автореферат, изданный на правах рукописи, содержит 19 страниц. Материалы, изложенные в автореферате, достаточно полно отражают содержание диссертации Давидяна Л. В.

Представленная диссертация соответствует паспорту специальности 05.16.09 – Материаловедение (машиностроение).

Диссертационная работа Давидяна Л. В. выполнена на основании значительного объема теоретических и практических исследований, проведенных непосредственно автором или при его участии в творческом коллективе.

Борирование является одним из методов химико-термической обработки, широко применяется в промышленности для деталей, работающих в условиях повышенного изнашивания, а также при химической и электрохимической коррозии. Поэтому представляют интерес все методы борирования, позволяющие получить сочетание этих механических характеристик, удовлетворяющих условиям эксплуатации конкретных деталей. Свойства, как известно, определяются структурой, а классическая структура борированного слоя - это столбчатая структура боридов, которые, безусловно, повышают твердость слоя, но одновременно

резко снижают пластичность и сопротивление хрупкому разрушению. Решение можно найти в изменении структуры: создать в поверхностном слое боридные слои с гетерогенной структурой по принципу Шарпи – пластичный твердый раствор с включениями твердых боридных частиц. Идея хорошая, но трудно исполнимая в практической реализации: у многих исследователей возникали проблемы с возможностью регулирования параметров и режимов обработки, что приводило к невоспроизводимости процесса и получению нестабильных боридных слоев, и, соответственно, рабочих характеристик. Дороговизна насыщающей смеси при порошковом борировании, большие ресурсные затраты при электролизном, высокая продолжительность диффузионного процесса – до 6-ти часов – все эти факторы сдерживают широкое применение процесса.

В представленной работе вышеперечисленные проблемы существующих методов борирования в основном *были решены* за счет применения микродугового нагрева при диффузионном процессе (МДХТО).

Метод борирования, предложенный автором, позволяет сформировать диффузионный слой именно с гетерогенной структурой принципа Шарпи и решить задачу *сокращения времени процесса от нескольких часов до нескольких минут*, толщина получаемых при этом слоев возрастает в 2-3 раза и достигается удовлетворительное сочетание твердости, пластичности и характеристик надежности.

Поэтому тема диссертационной работы и исследования, проведенные автором, являются, безусловно, ***актуальными и востребованными***.

Автор применяет в качестве источника нагрева при химико-термической обработке микродуговые разряды на поверхности при пропускании электрического тока постоянной мощности, а угольный порошок выполняет сразу несколько функций - играет роль источника микродуговых разрядов, источника атомарного углерода, диффундирующего вглубь, и создает защитную атмосферу, предохраняющую поверхность от окисления. Эти исследования сделаны впервые и представляют ***научный интерес***.

Научная новизна работы Давидяна Л. В. состоит:

- *в новом системном подходе к процессу диффузионного борирования низкоуглеродистых и легированных углеродистых сталей, основанном на исследовании закономерностей формирования боридных слоев различной структуры и фазового состава при использовании микродуговых разрядов, а также условий образования микродуг, выполняющих роль источника нагрева;*

- в научном обосновании возможности процессов диффузионного борирования низкоуглеродистых сталей из обмазки бор-углерод и двухкомпонентных обмазок бор-карбидообразующий элемент, основанных на нагреве поверхности за счет возникновения микродуговых разрядов между частицами порошка и поверхности изделия;

- в научном обосновании влияния параметров обработки (температуры в объеме порошка, скорости микродугового нагрева, плотности тока, состава насыщающей среды) на формирование структур диффузионных зон; показана кинетика формирования структуры при двухкомпонентном насыщении из обмазки бор-металл: происходит формирование структуры, препятствующей возникновению сплошной карбоборидной сетки по границам зерен, что устраняет присущую классическому борированию хрупкость слоя;

- в научном обосновании возможности прохождения диффузионных процессов при микродуговой обработке сталей как из обмазок состава бор-металл, так и непосредственно сталей, легированных карбидообразующими элементами, и получения в них гетерогенных структур по принципу Шарпи, позволяющих получить удовлетворительный комплекс характеристик твердости, пластичности и надежности;

Достоверность научных результатов и выводов определена проведением экспериментов с использованием современных методов и методик (металлографического метода исследований, рентгеновского фазового анализа, электронной микроскопии, микрорентгеноспектрального анализа и др); использованием сертифицированного оборудования и применяемой в качестве теоретической базы классической теории теплопроводности, а также согласованностью теоретических результатов с экспериментальными данными, полученными автором и другими исследователями, работающими в данной области;

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций.

В работе приведены двадцать семь основных выводов после каждой главы, вытекающих из теоретического обоснования и экспериментальных исследований. Проведенные экспериментальные исследования показали хорошую сходимость результатов с расчетными данными.

Практические рекомендации по диффузионному борированию низкоуглеродистых и легированных углеродистых сталей при микродуговом нагреве нашли свое применение на промышленных предприятиях инструментальной отрасли, что подтверждено актами внедрения. Анализ

работы позволяет отметить новизну, достоверность и обоснованность приведенных в работе положений, выводов и рекомендаций.

Научная и практическая важность результатов.

Разработанные автором технологические рекомендации по диффузионному борированию из обмазок при микродуговом нагреве позволяют *формировать качественную структуру* поверхности низкоуглеродистых и легированных высокоуглеродистых сталей, представляющую сочетание пластичного твердого раствора и включений твердых частиц боридов. Такая структура, как известно, хорошо работает в условиях изнашивания, обладает достаточной прочностью, пластичностью и сопротивлением хрупкому разрушению.

Разработанная автором технология позволяет проводить процессы диффузионного борирования сталей с применением микродугового нагрева из обмазок бор-углерод, а также бор-ванадий, бор-молибден, бор-вольфрам, бор-хром, снижая энергоемкость обработки, уменьшая время процесса в 20 (!) раз и получая слои, в 2-2,5 раза больше, чем при существующих методах борирования.

Внедрение технологического процесса диффузионного борирования сталей с применением микродугового нагрева на производственном предприятии ООО НПФ «САНА-ТЕК» для пальцев, коромысел и толкателей двигателей внутреннего сгорания дало экономический эффект до 600 тыс. рублей, что подтверждает **практическую ценность** результатов работы Давидяна Л. В.

Замечания по диссертационной работе:

1. Из текста диссертации не совсем понятно явление «электронного ветра», а именно: «Увеличение коэффициента диффузии при анодном нагреве связывали с возникновением явления «электронного ветра», когда движущиеся электроны проводимости увлекают ионы диффундирующего элемента в направлении своего движения. При анодном нагреве он направлен в сторону обрабатываемого изделия, то есть атомы и ионы насыщающего элемента имеют то же направление, при катодном – в противоположную». Как легкие электроны увлекают более тяжелые атомы и ионы металлов с положительным зарядом к аноду? Возможно, это было установлено экспериментально, но в тексте это не описано.
2. В тексте подчеркнуто, что «... параметры, полученные при индентировании, связаны, однако, не совпадают по величине с

аналогичными параметрами, определяемыми путём проведения стандартных механических испытаний. ...Поскольку в других схемах напряжённого состояния существует ещё модули сдвига G и объёмной упругости K , значение модуля, определяемого методом инструментального индентирования E_{it} , не является модулем Юнга E . Модули упругости E , G и K связаны между собой через коэффициент Пуассона, однако точное его значение для данного материала может быть определено лишь экспериментально.»

Характеристики индентирования определялись в единицах, принятых только в методе Оливера-Фарра, которые не совпадают по величине с аналогичными параметрами после общепринятых механических испытаний, что усложняет оценку их положительного изменения при МДХТО. Возможно, существует какая-либо корреляция этих параметров с понятными значениями, в противном случае стоило указать на их относительность.

3. В чем преимущество метода склерометрии, используемого в работе для определения сопротивления разрушению, перед широко применяемыми с возможностью анализа и сравнения методами определения ударной вязкости КС или коэффициента Ирвина (трещиностойкости) K_{Ic} ? Следует пояснить утверждение «...установлено, что микродуговое борирование приводит к увеличению числа твердости при царапании, а, следовательно, к росту истинного сопротивления разрушению» (стр.64).
4. Представляется несколько лишним теплофизический расчет в третьей главе, т.к. возможность нагрева поверхности до температур диффузионного насыщения за счет тепла микродугового разряда подтверждена экспериментально и представлена графиками зависимостей (Рисунок 3.3 – Температура поверхности в зависимости от времени нагрева), а полученные микроструктуры и фазовый анализ подтверждают наличие диффузии в поверхностных слоях.
5. Как проводилась оценка теплопроводности порошка (антрацит зернистостью 0,4-0,5 мм)?
6. Что подразумевается под определением «интегральная микротвердость»?
7. Пункт 3 «Научных положений, выносимых на защиту», а именно: «Комплекс механических свойств и износостойкости.....», с нашей точки зрения, не является научным положением.
8. В тексте много синтаксических ошибок.

Отмеченные выше замечания не снижают научной и практической ценности диссертационной работы.

Диссертационная работа оформлена в соответствии с требованиями ВАК, представлена большим металлографическим материалом отличного качества, написана грамотным техническим языком. Основные результаты работы опубликованы в печати.

Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Диссертационная работа в целом представляет собой завершённое исследование, посвящённое решению актуальной проблемы, апробирована на научных конференциях, включая международные, соответствует всем требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 года, а ее автор Давидян Л. В. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – Материаловедение (машиностроение).

Официальный оппонент,
доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры
«Технология конструкционных материалов»
ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный
государственный технический университет (МАДИ)»

10.02.2020

Белашова Ирина Станиславовна.

Подпись Белашовой Ирины Станиславовны заверяю.

ВРИО ректора

Зиманов Л. Л.

125319, Москва, Ленинградский проспект, 64
тел. 8(499) 155-03-71, факс 8(499)155-03-55, эл.почта info@madi.ru