

В диссертационной совет 24.2.316.01,  
созданный на базе КНАГУ

## **О Т З Ы В**

официального оппонента на диссертационную работу

### **НГУЕН ВАН ВИНЬ**

на тему: «Поверхностное упрочнение низкоуглеродистой стали методом  
поверхностного оплавления борсодержащей смеси порошков»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по  
специальности 2.6.17. Материаловедение (технические науки).

#### **1. Актуальность работы**

Износ деталей машин в узлах и агрегатах различного оборудования является одной из проблем современного машиностроения. Детали подвергаются различному типу износа, а снижение его степени во многом определяется материалом, из которого они изготовлены. Следует отметить, что износу подвергается поверхность деталей, а значит для повышения ресурса работы таких изделий целесообразно обеспечить повышенные показатели износостойкости рабочих поверхностей деталей, а не всего изделия в целом.

Увеличение ресурса работы деталей машин, изготавливаемых из стали, обеспечивается применением методов поверхностного упрочнения, а также методами нанесения износостойких покрытий. Все эти подходы направлены на формирование на рабочих поверхностях деталей слоев со специфическими свойствами, обеспечивающими повышение их износостойкости. Одним из перспективных способов поверхностного упрочнения является получение боридных покрытий, сущность которого заключается в насыщении бором поверхностных слоев деталей. Использование добавок бора позволяет получать слои с высокими значениями твердости, износостойкости и низким коэффициентом трения.

Известна технология получения боридных покрытий с помощью метода диффузионного насыщения в твёрдых, жидких и газообразных средах. Однако этот метод имеет ряд недостатков, таких как особенные требования к подготовке поверхности, длительное воздействие высоких температур и небольшая глубина упрочненного слоя. Кроме того, получаемые таким способом покрытия имеют высокую хрупкость, что повышает склонность наносимого слоя к растрескиванию под воздействием нагрузок.

В последнее время в мире были предложены другие методы получения боридных покрытий на стальных изделиях, которые используют воздействие высококонцентрированных источников энергии. Применение таких технологий позволяет получать износостойкие покрытия без изменения свойств основного металла, увеличить производительность обработки, снизить термические деформации и остаточные напряжения в изделии, а также сформировать боридные покрытия с высокой износостойкостью и пластичностью. Одним из высококонцентрированных источников энергии, применяемым для получения боридных покрытий, является плазменная дуга. Развитие плазменного оплавления благодаря своей простоте, возможности использования стандартного сварочного оборудования и относительно низкой стоимости по сравнению с лазерными или электронной - лучевыми источниками является перспективным направлением для поверхностного упрочнения изделий.

## **2. Цель, новизна, обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций**

*Целью диссертационной работы НГУЕН ВАН ВИНЬ* является повышение твердости и износостойкости стальных изделий за счет формирования упрочненных боридных слоев на их поверхности с использованием метода плазменного оплавления борсодержащей смеси.

Для достижения поставленной цели были решены *следующие задачи*:

1. Предложен состав борсодержащей смеси, включающий в себя аморфный бор или карбид бора, а также металлическое железо и связующее вещество.

2. Проведена оценка влияния основных параметров плазменного поверхностного оплавления борсодержащей смеси на формирование износостойких слоев, их геометрических размеров микроструктуру и твердость

3. Изучены структура и твердость борированных поверхностных слоев.

4. Исследована зависимость адгезионной прочности и износостойкости борированных слоев от их микроструктуры.

5. Разработана технология упрочнения рабочих органов сельскохозяйственной техники для продления их срока службы на основе результатов проведенных исследований.

*Научная новизна диссертационной работы* заключается в следующем:

1. Установлено, что при плазменном оплавлении борсодержащей пасты, предварительно расположенной на стальной заготовке толщиной то 0,5 до 2,0 мм, максимальная твердость упрочнённого слоя составляет 1400 HV, что достигается при погонной энергии плазменной дуги 525 кДж за счёт увеличения доли участия компонентов пасты в составе оплавленного слоя. Снижение погонной энергии не позволяет сформировать упрочненный слой.

2. При использовании в составе борсодержащей пасты карбида бора в структуре упрочнённого слоя вокруг первичных боридов железа  $Fe_2B$  выделяется бороцементит  $Fe_3(B,C)$ , что обусловлено дополнительным легированием упрочнённого слоя углеродом.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, содержащихся в диссертационной работе, подтверждается использованием апробированных методик исследований с применением современного оборудования.

По материалам диссертации опубликовано 15 печатных работ, в том числе 6 статей в реферируемых журналах (из перечня ВАК при Минобрнауки РФ), входящих в международные реферативные базы данных (Scopus/WOS) – 3.

### **3. Структура, содержание и объем диссертации**

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, выводов, списка литературы и приложений. Диссертация логично построена и хорошо иллюстриро-

вана, ее структура и содержание соответствуют цели и задачам исследования. Диссертация изложена на 158 страницах машинописного текста, содержит 90 рисунков и 7 таблиц. Список литературы из 115 наименования соответствует рассматриваемой проблеме.

#### **4. Практическая ценность работы**

Разработаны технологические режимы плазменного оплавления борсодержащих смесей, нанесенных на поверхность металла, для формирования поверхностных слоёв на поверхности низкоуглеродистой стали. Определены составы борсодержащих смесей, обеспечивающие прочное их закрепление на поверхности заготовки и легирование бором упроченного слоя. Результаты работы могут быть использованы в промышленности при обработке деталей и машин, работающих в условиях абразивного износа, в частности в сельскохозяйственной технике. Результаты, полученные в диссертационной работе, применяются в учебном процессе в Иркутском национальном исследовательском техническом университете при подготовке студентов по курсам «Материаловедение», «Теория сварки плавлением и давлением», «Источники энергии для сварки».

#### **5. Достоверность результатов работы**

Достоверность полученных результатов обеспечивается применением апробированных методик экспериментальных исследований, использованием современного оборудования, программных пакетов, а также большим объемом выполненных экспериментов.

#### **6. Замечания по работе**

1. Не обосновано применение аморфного бора в составе борсодержащих смесей по сравнению с металлическим порошком бора. Какие принципиальные изменения в формировании структуры и свойств упроченного слоя будут наблюдаться при замене порошка аморфного бора на металлический порошок бора?

2. В диссертационной работе большое внимание уделено электрическому сопротивлению борсодержащей пасты, однако не сформулированы требования, которым должна соответствовать паста по этому параметру.

3. Как в предложенном варианте контролировалось количество введенных легирующих элементов, в особенности бора? Какое количество бора и углерода является достаточным для получения износостойкого покрытия? Является целесообразным рассмотреть вопрос подачи борсодержащего порошка в качестве присадочного материала при плазменно-порошковой наплавке.

4. В диссертации не в полном объеме представлена информация о режимах оплавления, в частности отсутствует информация о расходе плазмообразующего газа, диаметра плазмообразующего сопла и т.д.

5. На странице 63 диссертации указано следующее: «Основным элементом энергетической системы установки является плазменная горелка, генерирующая постоянный поток плазменной дуги с температурой до нескольких тысяч градусов.», при этом не указано каким образом горелка может генерировать постоянный ток.

6. В главе 3 проведено компьютерное моделирование процесса поверхностного плазменного нагрева стали, однако цель проведения такого моделирования не поставлена, а также отсутствует информация о том, как применяли результаты моделирования.

7. Исследования по упрочнению поверхности проводили на стали 20, при этом потенциальные изделия, где планируется применение результатов работы, в большинстве своем изготовлены из других материалов (в том числе опробованное изделие лемех изготавливается из стали 55Г). В связи с этим возникает вопрос о применимости полученных результатов при использовании других основных материалов.

Указанные замечания не снижают общей положительной характеристики работы, её научной и практической ценности.

## 7. Заключение

Диссертационная работа **Нгуен Ван Винь** на тему: «Поверхностное упрочнение низкоуглеродистой стали методом поверхностного оплавления борсодер-

жащей смеси порошков» является завершенной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технологические решения по повышению износостойкости деталей и узлов различного назначения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие металлургии и машиностроения.

Публикации автора в полной мере отражают его основные научные и практические достижения, а число публикаций и объем достаточно полно характеризуют защищаемую работу. Печатные труды автора, приводимые в диссертации и автореферате, опубликованы в научных изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки РФ, а также входящих в наукометрические базы Scopus и WOS, результаты работы апробированы на конференциях и семинарах в период с 2022 по 2023 годы.

Автореферат диссертации достаточно полно и правильно отражает основные положения диссертации.

В целом, диссертационная работа **Нгуен Ван Винь** соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор, Нгуен Ван Винь заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение (технические науки).

Директор ФГАУ «НУЦСК при

МГТУ им. Н.Э. Баумана»,

д.т.н., доцент



Коберник Николай Владимирович

Коберник Николай Владимирович, директор, доктор технических наук, доцент, научная специальность 05.02.10 – «Сварка, родственные процессы и технологии», ФГАУ «НУЦСК при МГТУ им. Н.Э. Баумана, 105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1, тел. (499) 261-42-57, koberniknv@bmstu.ru