

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

"Сибирский государственный
индустриальный университет"
(СибГИУ)

ул. Кирова, 42, г. Новокузнецк
Кемеровской обл., 654006
Тел.: (3843) 77-79-79. Факс (3843) 46-57-92
E-mail: rector@sibsiu.ru
http://www.sibsiu.ru

27.11.2019 № 01-3-7/4130

на № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ

Ректор СибГИУ,
д.т.н., профессор

Е.В. Протопопов

2019 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – ФГБОУ ВО «Сибирский государственный
индустриальный университет» на диссертационную работу
Зимоглядовой Татьяны Алексеевны

«Повышение износостойкости стали с использованием технологии вневакуумной
электронно-лучевой наплавки порошковой смеси самофлюсующегося никелевого
сплава в сочетании с ниобием и бором», представленной на соискание ученой
степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 –
материаловедение (в машиностроении)

На отзыв представлены:

- диссертационная работа объемом 189 страниц, состоящая из
введения, шести разделов, заключения, списка литературы из 165
источников;

- автореферат диссертации на 20 страницах, включая список из 33
основных публикаций по теме диссертационной работы, из которых: статьи в
журналах, входящих в перечень изданий, рекомендованных ВАК РФ – 8 и 25
– в сборниках трудов международных и всероссийских научно-технических
конференций.

Актуальность диссертационной работы

Ужесточение условий эксплуатации многих видов современного
оборудования является причиной повышения требований, предъявляемых к

материалам, используемых для его производства. Высокая концентрация напряжений в поверхностных слоях деталей при ударном и циклическом нагружении, а также в условиях контакта с абразивными частицами и химически агрессивной средой сопровождается развитием процессов трещинообразования, изнашиванием и коррозионным разрушением материалов. Диссертационная работа Зимоглядовой Т.А. посвящена решению актуальной проблемы современного материаловедения, связанной с повышением износостойкости и стойкости к окислению сталей методом создания функциональных защитных слоев наплавкой самофлюсующегося никелевого сплава в сочетании с порошками ниобия и бора. В представленной работе формирование поверхностно упрочненных слоев осуществляется с применением технологии вневакуумной электронно-лучевой наплавки. Поскольку электронный пучок выводится непосредственно в воздушную атмосферу, отсутствует необходимость в использовании вакуумных камер. Энергия электронов на выходе из ускорителя достигает 1,4 МэВ, что многократно превышает диапазон энергий, типичных для электронно-лучевых ускорителей, оборудованных вакуумными камерами. Отмеченное обстоятельство снимает ограничения по габаритным размерам обрабатываемых деталей, а также снижает продолжительность подготовительных операций. Реализуемая технология не оказывает существенного влияния на структуру и свойства основного металла обрабатываемых изделий.

В работах российских и зарубежных исследователей представлен большой объем экспериментальных данных по формированию упрочненных слоев на основе самофлюсующихся сплавов системы *Ni-Cr-Si-B* на стальных заготовках методами плазменного, детонационного и высокоскоростного напыления, а также методами лазерной и плазменной наплавки. Дополнительное повышение эксплуатационных характеристик поверхностных слоев, получаемых нанесением самофлюсующихся сплавов, возможно за счет введения в состав наплавочных материалов ряда

дополнительных упрочняющих компонентов (WC/W_2C , TiC , VC и др.). Тем не менее, исследованию структурных особенностей и эксплуатационных характеристик поверхностно упрочненных материалов с применением пучков релятивистских электронов посвящено лишь небольшое количество работ. Таким образом, тема диссертационной работы Зимоглядовой Т.А. является актуальной, как с прикладной, так и с фундаментальной точек зрения, а отраженные в ней результаты имеют важное научное и прикладное значение.

Основные научные результаты и их значимость для науки и производства

Представленная диссертационная работа по структуре и содержанию полностью соответствует поставленной цели и решенным задачам проведенного исследования. Полученные в ходе выполнения диссертационной работы результаты обладают научной новизной. Методами структурного анализа автором работы выявлены особенности структурно-фазовых преобразований, происходящих в поверхностных слоях стальных заготовок в результате электронно-лучевой наплавки в воздушной атмосфере порошковых смесей, содержащих самофлюсующийся никелевый сплав, ниобий и бор. Установлено, что в процессе кристаллизации материала, полученного при наплавке смеси « $Ni-Cr-Si-B$ -сплав + $Nb + B$ », в структуре упрочненных слоев образуются высокопрочные композиционные включения длиной до 20 мкм со строением типа «ядро - оболочка». Внутренняя часть включений представляет собой кристалл карбида ниобия NbC в форме дендрита. Полиэдрической оболочкой, окаймляющей карбид, является диборид ниобия NbB_2 . В работе установлено, что в процессе кристаллизации матричной γ -фазы (Ni, Fe) происходит упорядочение по типу $CuAuI$. Фактором, способствующим проявлению данного эффекта, является соотношение никеля и железа в ванне расплава, близкое к эквиаtomному.

Автором определены технологические режимы вневакуумной электронно-лучевой наплавки и химический состав порошковых композиций, обеспечивающих двух- и трехкратное повышение уровня износостойкости материалов по сравнению с контрольным материалом, полученным по технологии плазменного напыления *Ni-Cr-Si-B*-сплава с последующим печным оплавлением. Установлено, что повышение толщины упрочненных слоев приводит к снижению уровня ударной вязкости поверхностно легированных материалов. В работе отмечено, что наплавленные слои характеризуются высокой прочностью сцепления с основным металлом, формирование отслоений не установлено.

Практическое значение результатов работы определяется техническими решениями, ориентированными на повышение уровня износостойкости заготовок из низкоуглеродистых сталей. В диссертационной работе исследованы особенности формирования защитных слоев с применением технологии вневакуумной электронно-лучевой наплавки. Полученные результаты могут быть использованы при разработке технологических процессов поверхностного упрочнения углеродистых и низколегированных сталей иного химического состава.

На основании результатов, полученных при выполнении диссертационной работы, предложены рекомендации по формированию защитных слоев на изделиях, подверженных воздействию абразивных частиц и повышенных температур в процессе эксплуатации. Результаты проведенных исследований апробированы в ООО «Центр технологий литья» при разработке решений по повышению ресурса работы литейной пресс-формы. Предложенные в работе технические решения позволили увеличить долговечность изделия более чем в 2 раза.

Результаты диссертационной работы применяются в учебном процессе в Новосибирском государственном техническом университете в процессе

подготовки бакалавров и магистров по направлениям «Материаловедение и технологии новых материалов» и «Наноинженерия».

Достоверность научных положений, результатов и выводов, приведенных в диссертационной работе, обеспечивается применением для проведения экспериментальных исследований современного аналитического и испытательного оборудования. Представленные в работе экспериментальные данные не противоречат результатам, полученным другими исследователями в области формирования функциональных слоев на стальных заготовках. Полученные результаты опубликованы в рецензируемых научных журналах, а также докладывались на российских и международных научно-технических конференциях.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Формирование поверхностно упрочненных слоев методом вневакуумной электронно-лучевой наплавки является эффективным решением проблемы повышения уровня триботехнических свойств деталей, изготовленных из низко- и среднеуглеродистых сталей. Применяемая в работе технология позволяет сократить время подготовительных операций, а также сформировать легированный слой большей толщины за один проход по сравнению с методами лазерной и плазменной наплавки. Отмеченные обстоятельства дают возможность рекомендовать поверхностно-упрочненные материалы, полученные по технологии наплавки порошковых смесей, содержащих самофлюсующийся никелевый сплав, ниобий и бор, электронными пучками, выведенными в воздушную атмосферу для формирования защитных слоев на деталях машин, применяемых в машиностроении.

Результаты исследований, проведенных Т.А. Зимоглядовой, позволяют сформулировать несколько рекомендаций по формированию

функциональных защитных слоев на стальных заготовках при реализации технологии вневакуумной электронно-лучевой наплавки порошковых смесей, содержащих самофлюсующийся никелевый сплав, ниобий и бор:

1. Для формирования упрочненных слоев, характеризующихся высоким сопротивлением окислению, в качестве базового наплавляемого материала рекомендуется использовать самофлюсующийся сплав на никелевой основе марки ПН77Х15С3Р2. Использование самофлюсующегося сплава в качестве базового материала, позволяет не применять промышленные флюсы, что обеспечивает возможность формирования поверхностных слоев с большей долей упрочняющих соединений.

2. Введение порошков ниобия и бора в соотношении 4:1 обеспечивает синтез диборида ниобия NbB_2 , твердость которого достигает 25 ГПа. Наиболее высокий уровень износостойкости в условиях воздействия нежестко закрепленных абразивных частиц (в 3,4 раза выше по сравнению покрытием из $Ni-Cr-Si-B$ -сплава, нанесенным по технологии плазменного напыления с последующим оплавлением) материалов обеспечивает следующий состав порошковой смеси: « $Ni-Cr-Si-B$ -сплав (65 вес. %) + Nb (28 вес. %) + B (7 вес. %)

3. Результаты диссертационной работы могут быть рекомендованы для использования в учебном процессе в научно-образовательных учреждениях страны, научных организациях, ориентированных на разработку новых материалов и на предприятиях, ориентированных на производство металлургического оборудования, дорожной и сельскохозяйственной техники.

По диссертационной работе Т.А. Зимоглядовой имеются следующие замечания:

1. В предложенных порошковых композициях типа « $Ni-Cr-Si-B$ -сплав + Nb + B » доля смеси « $Nb-B$ » не превышает 40 %. Возможное дальнейшее увеличение концентрации смеси приведет к более существенному

повышению уровня твердости и износостойкости поверхностных слоев стальных материалов.

2. На рисунке 4.3. диссертационной работы представлен поперечный разрез наплавленного слоя и материала подложки. В зоне 4 формируется структура видманшеттова феррита, которая может существенно снизить показатели надежности композиции «покрытие-материал подложки». В работе не отражено влияние этого слоя на механические свойства композиции в целом.
3. В разделе 5.3.3 представлены результаты изнашивания материалов в условиях сухого трения. Однако в диссертации отсутствуют примеры реального применения композиций в таких условиях.
4. На рисунке 5.6 б представлена столбчатая структура кристаллов наплавленного слоя. Такая структура, как правило, характеризуется низкими значениями пластичности. Из текста диссертации не понятно, сформированное после наплавки покрытие подвергается дополнительной термической обработке или нет.

Заключение

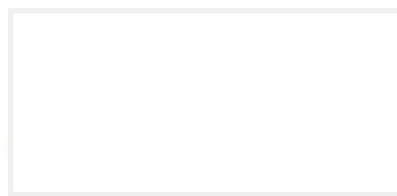
Представленная к защите диссертация Зимоглядовой Татьяны Алексеевны «Повышение износостойкости стали с использованием технологии вневакуумной электронно-лучевой наплавки порошковой смеси самофлюсующегося никелевого сплава в сочетании с ниобием и бором» имеет как научную, так и практическую ценность. Автореферат и публикации в научных изданиях подробно отражают содержание диссертационной работы. Выводы по диссертации являются достаточно полными, логичными и научно обоснованными.

Диссертационная работа Т.А. Зимоглядовой полностью соответствует требованиям, предъявляемым Положением о присуждении ученых степеней (п. 9). В работе представлены новые научно обоснованные технические решения задачи повышения уровня износостойкости низкоуглеродистых

сталей, основанные на применении высокопроизводительной технологии наплавки порошковых композиций типа «Ni-Cr-Si-B-сплав + Nb + B» электронным пучком, выведенным в воздушную атмосферу. Автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – материаловедение (в машиностроении).

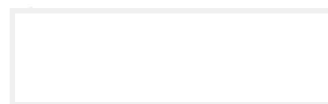
Диссертационная работа заслушана и обсуждена на научном семинаре кафедры материаловедения, литейного и сварочного производства Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный индустриальный университет» (протокол № 11 от «21» ноября 2019 г.)

Заведующий кафедрой
Материаловедения, литейного и
сварочного производства
доктор технических наук,
профессор



Козырев Николай Анатольевич

Ученый секретарь кафедры
Материаловедения, литейного и
сварочного производства
кандидат технических наук,
доцент



Усольцев Александр Александрович

Адрес организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный индустриальный университет», 654007, г. Новокузнецк, улица Кирова, дом 42,

Телефон: +7 (3843) 77-79-79

Email: <http://www.sibsiu.ru/>

Презентации в совете 04.12.2019

 Тюрин А.Р.

Создана ознакомила 04.12.2019

 Vishnyakova T.A.