

ОТЗЫВ

официального оппонента кандидата технических наук, старшего научного сотрудника Поповой Натальи Анатольевны на диссертационную работу Гусева Александра Игоревича «Формирование структуры и механизмы повышения абразивной износостойкости электродуговых покрытий, наплавленных порошковыми проволоками», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния

Актуальность темы исследования

Электродуговая наплавка позволяет создавать толстые покрытия прочносвязанные с подложкой на больших площадях поверхности. Это обуславливает широкое применение метода для защиты поверхности тяжелонагруженных деталей оборудования в различных отраслях промышленности (строительной, металлургической, горнодобывающей и др.). В настоящее время разработана и используется в промышленности широкая номенклатура наплавочных материалов. При этом экономическая эффективность их применения может быть повышена путем оптимизации состава наплавочного материала при учете условий эксплуатации защищаемых деталей. Это обуславливает актуальность диссертационной работы А.И. Гусева, которая посвящена выявлению физической природы повышения долговечности электродуговых покрытий на деталях горно-шахтного оборудования, работающих в условиях абразивного изнашивания.

Диссертация состоит из введения, четырех разделов, заключения, двух приложений и списка литературы.

Анализ содержания диссертации

Во *введении* дана общая характеристика работы – отражена актуальность и степень разработанности темы работы, ее цель и задачи, научная новизна, теоретическая и практическая значимость, методология и методы исследования, положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробация

результатов, личный вклад автора, соответствие паспорту научной специальности, структура и объём работы. Общий объём работы 149 страниц, включая 38 рисунков и 23 таблицы, список литературы включает 136 наименований.

В *первом разделе* рассмотрены вопросы практического применения электродуговой наплавки порошковыми проволоками для восстановления и защиты поверхности деталей машин. Рассмотрены особенности абразивного износа и влияния на него химического состава и структуры наплавляемых покрытий, а также основные используемые наплавочные материалы. По результатам проведенного анализа сформулированы цель и задачи диссертационного исследования.

Второй раздел посвящен оборудованию для наплавки электродуговых покрытий, материалам, методам и методикам экспериментальных исследований.

В *третьем разделе* дано научное обоснование выбора химического, фазового и компонентного состава новой порошковой проволоки, выбора режимов ее наплавки. Приведены результаты исследования микроструктуры покрытий различного химического состава, влияние неметаллических включений и содержания водорода на твердость и абразивную износостойкость покрытий. При этом изучено влияние на структуру и свойства покрытий содержания в них графита, никеля, ванадия, хрома, вольфрама, кобальта, углеродфторсодержащих добавки. Для сравнения приведены результаты исследования структуры покрытий, наплавленных импортной порошковой проволокой.

Установлены интервалы изменения содержания С, Мп, Cr, Ni, Мо и V в составе порошковой проволоки, позволяющие повысить твердость электродуговых покрытий и уменьшить их абразивный износ. На состав новой порошковой проволоки получен патент РФ. В работе показано, что один из механизмов повышенной прочности покрытий обусловлен использованием в составе новой порошковой проволоки углеродфторсодержащей пыли газоочистки

производства алюминия, которая вследствие уменьшения концентрации водорода в покрытии уменьшает образование в них пор, а при эксплуатации покрытий – зарождение и рост микротрещин.

Четвертый раздел посвящен промышленному апробированию электродуговых покрытий, наплавленных для защиты поверхности шнека горнодобывающего комбайна в реальных условиях его эксплуатации. Проведена оценка экономической эффективности промышленного использования новой порошковой проволоки.

В заключении приведены основные выводы по диссертационной работе.

Приложение содержит акт промышленных испытаний разработанных покрытий. Результаты исследований внедрены также в учебный процесс ФГБОУ ВО СибГИУ.

Научные положения и выводы, сформулированные в диссертации, обоснованы полученными экспериментальными данными и отвечают на поставленные цель и задачи работы. Их анализ и обсуждение основаны на известных теоретических концепциях и не противоречат экспериментальным данным других авторов. Публикации в научной печати и автореферат диссертации отражают, положения, выносимые на защиту, и соответствуют содержанию диссертации.

Полученные результаты хорошо опубликованы в 2017–2021 годах в журналах из Перечня ВАК РФ (семь статей), а также в зарубежных изданиях, индексируемых в базах данных Scopus и Web of Science (девять статей). Результаты работы представлены также в материалах 15-ти конференций всероссийского и международного уровня.

Достоверность полученных результатов основана на использовании современных методов исследования, и большим объемом полученных экспериментальных данных, которые не противоречат друг другу и результатам других авторов.

Научная новизна работы. В диссертации получен ряд новых научных результатов, в частности:

1. Установлены закономерности и получены новые количественные данные по влиянию химического состава электродуговых покрытий системы Fe-C-Si-Mn-Cr-Ni-Mo на их твердость и абразивную износостойкость.
2. Выявлены структурно-фазовые состояния электродуговых покрытий, сформированных порошковыми проволоками различного химического состава. Впервые установлены закономерности и научно обоснован механизм влияния углеродфторсодержащей добавки к наплавочному материалу системы Fe-C-Si-Mn-Cr-Ni-Mo на повышение стойкости к абразивному износу.
3. Установлены механизмы упрочнения электродуговых покрытий, обусловленные формированием структуры, содержащей карбиды металлов, образованием твердых растворов и закалочными эффектами.
4. Разработан новый состав и способ получения износостойкого наплавочного материала для деталей горнодобывающей промышленности (патент РФ № 2641590).

Научная значимость работы А.И. Гусева и сформулированных в ней научных положений обусловлена тем, что ее результаты могут быть использованы для дальнейшего развития теории конструктивной прочности металлических материалов, а также в учебных курсах по физике конденсированного состояния и физическому материаловедению.

Практическая значимость работы заключается в успешных промышленных испытаниях электродуговых покрытий разработанного состава, что подтверждается актом об использовании результатов.

Содержание диссертационной работы соответствует паспорту специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния по п. 1 «Теоретическое и экспериментальное изучение физической природы свойств металлов и их сплавов, неорганических и органических соединений, диэлектриков и, в том числе, материалов световодов как в твердом, так и в аморфном состоянии в зависимости от их химического, изотопного состава, температуры и давления»

и п. 7 «Технические и технологические приложения физики конденсированного состояния».

Замечания

1. В работе отсутствуют сведения о материале самих шнеков угольного комбайна (без покрытий) и его свойствах, что позволило бы в сравнении более объективно оценить результаты диссертационной работы.

2. Результаты исследования абразивной износостойкости наплавленных покрытий носят интегральный характер, то есть характеризуют свойства за все время испытаний. В то же время, поскольку толщина покрытий составляла несколько миллиметров, их структура и свойства могли иметь градиентный характер. Данные о распределении структуры и свойств покрытий по глубине позволили бы обосновать их необходимую толщину.

3. В выводах по работе приведены результаты промышленных испытаний абразивной износостойкости, в то же время при оптимизации состава порошковой проволоки проводили испытание не на абразивный износ, а на истирание на машине трения 2070 СМТ-1, когда контртелом служила сталь Р18. Автор не обосновал корректность такого подхода, когда по результатам испытаний образцов на истирание о сталь дается прогноз их стойкости против абразивного изнашивания при добыче угля.

4. Результаты влияния различных химических элементов, входящих в состав порошковой проволоки, на твердость и износостойкость покрытий приведены на рисунках 3.20–3.26. Из них видно, что одному и тому же значению содержания химического элемента может соответствовать несколько значений скорости истирания, отличающиеся друг от друга до 30–50%. Диссертант не пояснил причину, по которой это происходит.

5. В работе отмечено существенное уменьшение водородной пористости покрытий при введении в состав порошковой проволоки углеродфторсодержащей добавки. Вместе с тем сравнительных количественных характеристик пористости различных покрытий в работе не представлено.

Заключение

Высказанные замечания отражают сложность темы выполненной диссертационной работы и не умаляют ее достоинств. Оценивая диссертацию в целом, следует отметить, что по объему выполненных экспериментальных исследований, обоснованности вынесенных на защиту положений, уровню достоверности и научной новизны полученных результатов, их значимости для науки и практики диссертация соответствует п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней». Она является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной задачи выявления физической природы повышения твердости и абразивной износостойкости электродуговых покрытий, наплавленных новой порошковой проволокой для эксплуатации в условиях работы шнеков угольного комбайна.

Автор диссертации А.И. Гусев заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Официальный оппонент
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
лаборатории «Наноматериалы и нанотехнологии» федерального
государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Томский государственный
архитектурно-строительный университет»
Специальность 01.04.07 – физика
конденсированного состояния

Попова



Подпись Н.А. Поповой удостоверяю.
Проректор по научной работе ТГАСУ
канд. техн. наук, доцент

Елугачев

Рабочий адрес: 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2
Телефон: +7-913-843-21-61; e-mail natalya-popova-44@mail.ru

На обработку персональных данных согласна.

Дата подписания отзыва 25 декабря 2021 г.