

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Чекаловой Елены Анатольевны «НАУЧНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА И ДЕТАЛЕЙ ДИСКРЕТНЫХ ДИФФУЗИОННЫХ ОКСИДНЫХ СЛОЕВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ДОЛГОВЕЧНОСТИ», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.5 - Порошковая металлургия и композиционные материалы

Актуальность

Создание новых методов и технологий по увеличению ресурса изделий и долговечности инструмента, используемого для получения и обработки новых материалов, является приоритетной задачей научно-технического развития РФ. Надежность и долговечность узлов и деталей машин, эксплуатируемых в различных условиях, как и срок службы инструментов и оборудования, в значительной степени определяется качеством их поверхностной обработки. Развитие технологий в целом определяет появление более ответственных изделий и увеличение требований к их качеству. Так, создание перспективных газотурбинных двигателей сопровождается ужесточением условий их эксплуатации, повышением уровня термомеханических циклических нагрузок, необходимостью применения более совершенных инструментальных материалов, повышения качества обработки поверхностей. В связи с этим весьма актуальным направлением решения проблемы повышения надежности и долговечности инструментов и изделий является создание новых высокоэффективных износостойких покрытий. Предлагаемая Е.А. Чекаловой разработка нового типа диффузионных покрытий с дискретной ячеистой структурой нестехиометрического состава, обладающих повышенной износостойкостью, определяет актуальность работы.

Общая характеристика

Диссертационная работа представлена согласно имеющимся традициям в области материаловедения, металлургии и технологии машиностроения. Проведен критический анализ методов нанесения покрытий на режущий инструмент, который позволил определить возможность использования метода нанесения диффузионного дискретного оксидного слоя с поликристаллической структурой для повышения долговечности режущего инструмента, снижая риск хрупкого разрушения режущего клина инструмента при действии циклических механических и термических нагрузок. Проанализированы физико-химические особенности формирования дискретного диффузионного оксидного слоя на металлическую подложку, позволившие разработать концепцию его формирования на режущие инструменты с последующей разработкой теоретической модели долговечности образца с диффузионным дискретным оксидным слоем, включая методики и критерии оценки долговечности.

Изложены методы проведения исследований и изучения свойств материалов, разработанные диссертантом. В частности технология формирования диффузионного дискретного оксидного слоя с использованием положительного униполярного коронного разряда, методы исследования структуры и состава, режущих и физико-механических свойств диффузионных слоев. Стоит отметить тщательный подход автора к пробоподготовке, в частности, разработке специальной конструкции неперетачиваемых

быстрорежущих пластинок, обеспечивающих идентичность свойств образцов и, соответственно, высокую воспроизводимость и достоверность полученных результатов.

Результаты теоретических и экспериментальных работ представлены в достаточном количестве и качестве понимания изложенного в работе в виде графиков, таблиц и иллюстраций. Анализ экспериментальных данных и расчетов проведен на высоком уровне, а полученные выводы обоснованы и не позволяют усомниться в достоверности.

Автореферат полностью отражает содержание работы.

Научная новизна

Чекаловой Е.А. достаточно четко выделены основные научные результаты, определяющие научную новизну диссертации, среди которых, как наиболее важные, можно выделить следующие:

1. Разработана физико-химическая модель формирования диффузионного дискретного оксидного слоя в зоне контакта металла с потоком образующейся холодной воздушной плазмы, рассчитаны пороговый коэффициент активации коронного разряда начала протекания процесса ионизации и электрические параметры стационарного процесса формирования оксидного слоя.

2. Разработана физическая модель, описывающая влияние дискретного и сплошного диффузионного оксидного слоя на долговечность и физико-механические свойства поверхностного слоя металлических материалов. Показано, что при фиксированной относительной деформации образца наличие диффузионного дискретного оксидного слоя приводит к снижению растягивающих напряжений в прилегающем к этому слою металлу, изменению термофлуктуационного механизма разрушения нагруженных межатомных связей, приводящих к увеличению долговечности металла.

3. Построена математическая модель для решения задачи по оптимизации параметров процесса нанесения локального диффузионного дискретного оксидного слоя, которая основана на использовании мультипликативной экспоненциально-степенной функции, выражающей зависимость величины изнашивания задней поверхности режущей кромки пластины от тока коронного разряда, давления сжатого воздуха, угла наклона сопла к образцу и расстояния от сопла до образца.

4. Установлено влияние химического состава газовой среды и параметров коронного разряда на структуру оксидного слоя на поверхности подложки из обрабатываемого материала.

Практическая значимость

Результаты диссертационного исследования доведены до внедрения в промышленность и подтверждены актами внедрения на АО «МПО им. И. Румянцева», АО «НПЦ газотурбостроения «Салют», АО «ММЗ», ПАО «АК Рубин», ООО «РИП», ООО «ИТМ», ООО ТД «КАЙЛАС». Они заключаются в разработке технологии обработки режущего инструмента на воздухе током коронного разряда при температуре 20–25 °С для создания на поверхности диффузионных дискретных оксидных слоев, способствующих увеличению долговечности инструмента из быстрорежущих материалов в 1,5–3 раза, из твердосплавных материалов в 1,8–2,5 раза и циклическую долговечность на 30–50% по сравнению со сплошным стехиометрическим покрытием; разработке оборудования для реализации данной технологии с высокой производительностью, малым потреблением

энергии и ресурсов и возможностью использования для различных типов производств; разработке практических рекомендаций по выбору режимов нанесения дискретного оксидного слоя, обеспечивающих высокую износостойкость. Новизна технического решения защищена патентом РФ №2586191 (способ повышения долговечности лопаток компрессора авиационных ГТД путем восстановления геометрических размеров и износостойкого покрытия antivибрационных полок).

Достоверность полученных результатов

Основные выводы работы и защищаемые положения обоснованы применением независимых методов анализа исследуемых материалов, корректным применением физических и математических моделей изучаемых процессов. Результаты, полученные на современном калибруемом оборудовании, согласуются с данными других авторов. Полученные материалы представляют собой значительный массив экспериментальных измерений с надлежащей статистической обработкой и оценками погрешностей. Кроме того, достоверность результатов и обоснованность выводов подтверждаются их признанием научной общественностью на международном и всероссийском уровне, публикациями в рецензируемых журналах и положительными результатами практической реализации разработок.

Замечания

1. В исследованиях применялись пластины из сплавов P6M5 и P6M5K5 производства ОАО «МПО им. И. Румянцева», IC50M, IC3028, IC9015, IC9025 производства компании «ISKAR», концевые фрезы BK10XOM производства АО «НПЦ газотурбостроения «Салют», а также образцы из титанового сплава BT3-1. В диссертационной работе отсутствует обоснование использования этих сплавов для изготовления режущих инструментов, как и обоснование применения стали 40X и титанового сплава BT6 в качестве обрабатываемых материалов.

2. Автором получены оптимальные параметры процесса формирования диффузионного дискретного оксидного слоя на твердосплавных пластинах IC50M (п. 4.3 диссертации), в то время как последующее изучение структуры, состава и свойств покрытий проводилось на других сплавах. В работе не представлены доводы о соответствии и применимости оптимальных параметров для различных материалов.

3. Представленное в п.5.1 распределение концентрации элементов в диффузионном дискретном оксидном слое показано без привязки к режимам обработки и указанием марки материала (например, быстрорежущих сталей было две, а на рисунке 5.1 не указана, какая именно). Было бы нагляднее наложить спектры для сопоставления или представить сводную таблицу.

4. Формирование дискретных оксидов титана и вольфрама, безусловно, будет способствовать локальному упрочнению поверхности, но не совсем понятно, за счет чего достигается повышение режущих и физико-механических свойств при образовании оксидов железа. Например, FeO легко разрушается и можно говорить уже о локальном разупрочнении поверхности.

5. Глава 5 называется «Исследование закономерностей состава и строения диффузионного дискретного оксидного слоя», а в выводах по главе представлен один пункт о получении физико-механических характеристик быстрорежущего и твердосплавного инструмента после нанесения локального диффузионного дискретного

оксидного слоя. Вероятно, упущены выводы, касающиеся изменения структуры и состава слоев.

б. В автореферате и диссертации имеются опечатки, некоторые изображения было бы лучше привести в более читаемый вид (например, рисунки 7.5-7.8).

Сделанные замечания не снижают общей высокой оценки диссертации.

Заключение:

В целом представленная диссертация выполнена на высоком научно-техническом уровне и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены научно обоснованные технические и технологические решения по формированию на поверхности режущего инструмента и деталей дискретных диффузионных оксидных слоев для повышения их долговечности.

Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли апробацию на 23 научно-технических конференциях, опубликованы в 61 печатной работе, в том числе 23 статьях в ведущих рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК, и 5 статьях в изданиях, индексируемых в Scopus и Web of Science. Результаты диссертационной работы могут быть использованы в области получения новых материалов.

Автореферат и опубликованные работы полностью отражают содержание диссертации.

По научному уровню, полученным результатам, содержанию и оформлению представленная диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям п.п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденном Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор Чекалова Елена Анатольевна, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.5 - Порошковая металлургия и композиционные материалы

Кусманов Сергей Александрович
Директор института физико-
математических и естественных наук
ФГБОУ ВО Костромской государственной
университет

Доктор технических наук, доцент

Кусманов Сергей Александрович

Подпись руки _____
заверяю
Начальник канцелярии
Н.В. Кузнецова _____



Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Костромской государственной университет (КГУ)

156005, ЦФО, Костромская область, г. Кострома, ул. Дзержинского, д. 17

e-mail: info@kstu.edu.ru

телефон: +7 (4942) 49-80-00