

В диссертационный совет 24.2.332.01
на базе ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»»
Ученому секретарю совета Сотовой Е.С.
127055, г. Москва, Вадковский переулок, д. 1

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу Шмакова Ильи Михайловича: «Повышение функциональных свойств ответственных изделий машиностроения на основе применения усовершенствованной технологии подготовки их поверхности с последующим осаждением покрытий», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.5 – «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки»

Диссертационная работа выполнена в соответствии с паспортом специальности ВАК 2.5.5 – «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки» и относится к п. 2 области исследования «Теоретические основы, моделирование и методы экспериментального исследования процессов механической и физико-технической обработки, включая процессы комбинированной обработки с наложением различных физических, химических и комбинированных воздействий» и п. 3 «Исследование механических и физико-технических процессов в целях определения параметров оборудования, агрегатов, механизмов и других комплектующих, обеспечивающих выполнение заданных технологических операций и повышение производительности, качества, экологичности и экономичности обработки»

1. Актуальность темы исследования.

Современное машиностроение предъявляет все более жесткие требования к конструкционным материалам. Появляется ряд технологических задач, решение которых невозможно при использовании традиционных материалов, что предопределяет активную разработку новых композиционных материалов, к числу которых относятся материалы с модифицирующими покрытиями.

Покрyтия и технологии их осаждения находятся в процессе непрерывного совершенствования, а область их применения существенно расширилась в последние годы. При том, что ряд свойств покpытий (твердость, износостойкость, теплостойкость, стойкость к воздействию агрессивных сред и т.д.) удалось существенно улучшить в результате усилий ряда исследователей, такой важнейший показатель, как адгезия между покpытием и субстратом также нуждается в улучшении. В свою очередь высокая прочность адгезионных связей между покpытием и субстратом обеспечивается качественной подготовкой поверхности субстрата, включающей очистку от остаточных микрозагрязнений и нагрев до необходимой температуры. Применение эффективных способов подготовки поверхности субстрата при использовании оптимальных параметров процесса позволяет не только решить описанные выше задачи, но и обеспечить выравнивание поверхности субстрата, залечивание микродефектов, а также – обеспечить протекание интердиффузионных процессов, что также позитивно влияет на прочность адгезии. Рассматриваемый в настоящей работе способ подготовки поверхности при обоснованных автором оптимальных параметрах процесса (напряжение смещения субстрата) позволяет эффективно решать описанные задачи и обеспечить таким образом дополнительное повышение эксплуатационных свойств модифицирующих покpытий и, соответственно, изделий с покpытиями.

Считаю диссертационную работу Шмакова И.М. актуальной и значимой в данной области науки.

2. Оценка научной новизны исследований, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

На основании выполненных соискателем исследований:

- были предложены **новые научно обоснованные технические и технологические решения**, имеющие существенное значение для развития машиностроительной отрасли и обеспечивающие повышение функциональных свойств изделий из различных материалов (твердого сплава, титанового и алюминиевого сплавов, нержавеющей стали) посредством применения усовершенствованной технологии подготовки (очистки и термоактивации) их

поверхности в плазме тлеющего разряда с реализацией эффекта полого катода с последующим осаждением вакуумно-плазменных покрытий.

- были проведены аналитические и экспериментальные исследования различных процессов подготовки поверхности субстратов, в результате чего **был выявлен** и исследован ряд эффектов, имеющих место при обработке при использовании усовершенствованной технологии с использованием плазмы тлеющего разряда с эффектом полого катода.

В частности, в сравнении с традиционной обработкой в плазме вакуумно-дугового разряда **установлены** более высокая равномерность нагрева образцов по всему объему вакуумной камеры (амплитуды температур 125...140 °С и 50...60 °С соответственно), отсутствие растравливания поверхности субстратов, а также увеличение на 20...35 % прочности интерфейса (адгезионной прочности) между субстратом и осаждаемым в последующем вакуумно-плазменным покрытием.

На основе проведенного комплексного изучения состояния поверхностного слоя субстратов из твердого сплава **установлено**, что в процессе подготовки поверхности с использованием плазмы вакуумно-дугового разряда наблюдается микровыкрашивание поверхностного слоя образцов и вытравливание кобальтовой связки с последующим формированием в структуре осажденного вакуумно-плазменного покрытия насыщенного кобальтом субслоя, снижающего функциональные свойства покрытия. При подготовке поверхности с использованием усовершенствованной технологии, микровыкрашиваний поверхностного слоя субстратов и вытравливание кобальта не наблюдается.

Установлены взаимосвязи между параметрами процесса очистки и термоактивации плазмой тлеющего разряда и свойствами вакуумно-плазменных покрытий, осажденных на субстраты из различных материалов, что позволило **выявить** ключевое влияние на адгезионную прочность и износостойкость покрытий теплопроводности субстрата, определяющей выбор рационального напряжения смещения в процессе обработки.

Проведен комплекс лабораторных стойкостных испытаний в лабораторных и производственных условиях твердосплавных пластин с вакуумно-плазменными покрытиями (Zr,Hf,Al)N и (Ti,Al,Cr)N, осажденными в соответствии с усовершенствованной технологией подготовки поверхности в плазме тлеющего разряда. Данные испытания показали **увеличение износостойкости режущего инструмента** на 20–50 % при различных условиях механической обработки по сравнению с инструментом, прошедшим традиционную обработку в плазме вакуумно-дугового разряда.

Проведены в условиях трения скольжения сравнительные трибологические испытания образцов субстратов из различных материалов (титановый и алюминиевый сплавы, нержавеющая сталь) с вакуумно-плазменными покрытиями Ti-TiN, осажденными в соответствии с усовершенствованной технологией подготовки поверхности в плазме тлеющего разряда. Данные испытания показали **увеличение износостойкости** на 30–50 % относительно образцов, прошедших традиционную обработку в плазме вакуумно-дугового разряда.

Посредством проведенных испытаний на коррозионную стойкость образцов из титанового сплава с вакуумно-плазменными покрытиями ZrN, осажденными в соответствии с усовершенствованной технологией подготовки поверхности в плазме тлеющего разряда, **установлено снижение скорости коррозии** на 30–40 % относительно образцов, прошедших традиционную обработку в плазме вакуумно-дугового разряда, что связано с меньшей шероховатостью поверхности и более высокой адгезионной прочностью сформированных покрытий, сдерживающих начало коррозионных процессов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

Установлены закономерности влияния параметров процесса очистки и термоактивации поверхности субстратов плазмой тлеющего разряда с реализацией эффекта полого катода на характеристики осаждаемых в последующем покрытий и износостойкость образцов с покрытиями в условиях механических нагрузок и коррозионного воздействия;

Выявлено влияние свойств материала субстрата и параметров процесса очистки и термоактивации плазмой тлеющего разряда с реализацией эффекта полого катода на состояние поверхностного слоя и прочность интерфейса между субстратом и осаждаемыми покрытиями.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

Соискателем предложено и экспериментально обосновано применение усовершенствованной технологии подготовки (очистки и термоактивации) поверхности субстратов с использованием плазмы тлеющего разряда с реализацией эффекта полого катода с удержанием плазмы прикатодным потенциалом и последующим осаждением вакуумно-плазменных покрытий.

Разработаны рекомендации по практическому применению усовершенствованной технологии подготовки поверхности субстратов с использованием плазмы тлеющего разряда с эффектом полого катода и выбору рациональных режимов обработки для различных материалов (твердого сплава, титановых и алюминиевых сплавов, нержавеющей стали), обеспечивающих наилучшие функциональные свойства осаждаемых в последующем покрытий.

Предложена совокупность технологических рекомендаций, позволяющая повысить износостойкость изделий (режущих пластин). Результаты испытаний твердосплавных режущих пластин с покрытиями на производственном предприятии в КНР продемонстрировали более высокую износостойкость образцов, обработанных в соответствии с предложенной усовершенствованной технологией очистки и термоактивации поверхности, в сравнении с образцами, изготовленными с использованием традиционной производственной технологией и образцами, изготовленными производителем в КНР.

Результаты диссертационной работы **внедрены в учебный процесс** при подготовке магистров.

Опытно-промышленные испытания, проведенные в производственных условиях, подтвердили высокую работоспособность твердосплавных

инструментов с разработанными покрытиями. Результаты исследований внедрены в производственную деятельность в АО «Резьбовые Технологии».

3. Оценка обоснованности и достоверности научных положений, выводов и заключений:

для экспериментальных работ результаты получены на аттестованных приборах и оборудовании, работы проводились в лабораторных условиях, максимально приближенных к производству с обработкой полученных данных на персональном компьютере,

теория основана на общепринятых положениях проектирования режущего инструмента, согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации,

идея базируется на том, что применение инновационных методов подготовки поверхности субстрата при рационально подобранных параметрах процесса позволяет повысить качество осаждаемого покрытия и, таким образом, повысить эксплуатационные характеристики (в частности – износостойкость и стойкость к коррозии) различных изделий,

использованы данные из трудов отечественных и зарубежных ученых в таких областях, применение износостойких покрытий, методы нанесения покрытий, характер изнашивания металлорежущего инструмента, повышение износостойкости пар трения, повышение стойкости к коррозии путем осаждения защитных покрытий.

установлено качественное совпадение полученных автором результатов с данными, представленными в авторитетных источниках по данной тематике, а именно: закономерности влияния параметров процесса осаждения покрытий на износостойкость и стойкость к коррозии обрабатываемых деталей.

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации и проведения экспериментальных исследований.

Личный вклад соискателя состоит в формулировании цели и задач исследования, в выборе и обосновании использованных методов и средств исследования, в проведении аналитического обзора научно-технической информации по теме исследования в российской и зарубежной литературе, в

проведении экспериментальных исследований, в обработке экспериментальных данных и анализе результатов, формулировке выводов и положений, выносимых на защиту, а также в апробации теоретических и практических исследований и существенном участии в подготовке публикаций по результатам проведенных исследований.

4. Замечания по диссертационной работе:

1. Сравнивались результаты обработки поверхности субстрата плазмой тлеющего разряда при трех различных напряжениях смещения субстрата, однако обработка методом ионной бомбардировки исследовалась только при одном сочетании режимов. Было бы полезно рассмотреть больше вариантов режимов ионной бомбардировки.

2. Оптимальные значения напряжения смещения были определены на основе обработки данных результатов трех экспериментов при различных значениях напряжения смещения. Построение аппроксимирующей функции по большему числу экспериментальных точек было бы более точным и репрезентативным.

3. Достаточно подробно исследованы результаты тестов «штифт-по-дису», при этом результаты скретч-тестов исследованы менее подробно (было бы интересно исследовать характер разрушения покрытий на поперечном шлифе с помощью СЭМ).

4. На стр. 68-69 предложена гипотетическая схема формирования слоистой структуры в области интерфейса субстрата и покрытия. Данная схема представляет интерес, однако должна быть лучше обоснована и экспериментально подтверждена.

5. В тексте работы имеются следующие опечатки:

- с. 12 и С. 38 – пропущено слово
- с. 16 – не дописано предложение
- с. 61 – слишком много нулей у вторых производных
- и другие опечатки.

Данные замечания не влияют на общую положительную оценку работы.

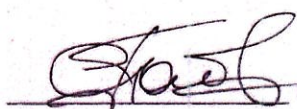
**Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным
«Положением о порядке присуждения ученых степеней»**

Диссертация Шмакова Ильи Михайловича является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно-обоснованные технологические решения и разработки в области технологии и оборудования механической и физико-технической обработки и заключающиеся и обеспечивающие повышение функциональных свойств изделий из различных материалов (твердого сплава, титанового и алюминиевого сплавов, нержавеющей стали) посредством применения усовершенствованной технологии подготовки (очистки и термоактивации) их поверхности в плазме тлеющего разряда с реализацией эффекта полого катода с последующим осаждением вакуумно-плазменных покрытий.

Диссертация соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ № 842 от 24 сентября 2013 г., предъявляемых к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор, Шмаков Илья Михайлович, заслуживает ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.5 – «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки».

Официальный оппонент

Доцент кафедры Машиностроение
ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре
государственный университет»
кандидат технических наук, доцент

 / Саблин П.А.



Саблин Павел Алексеевич

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет»,
Телефон: 8 (421) 753-23-04
681013, Хабаровский край, г. Комсомольск-на-Амуре, просп. Ленина, д. 27

