

Отзыв

официального оппонента на диссертацию

Варданяна Эдуарда Леонидовича

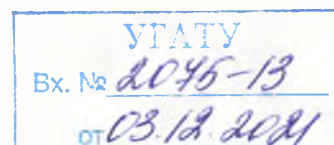
«Научные основы формирования ионно-плазменных износостойких покрытий для металлорежущего инструмента на основе композитных нитридных и интерметаллидных нано-слоев титана и алюминия», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.6 – Нанотехнологии и наноматериалы

Актуальность диссертационной работы

Работа посвящена комплексному экспериментально-теоретическому исследованию научных основ формирования ионно-плазменных покрытий для металлорежущего инструмента, включая технологию нанесения композитных покрытий, позволившему автору решить проблему повышения стойкости металлорежущего инструмента за счет совершенствования морфологии, физико-химического, фазового состава износостойких покрытий на основе нитридных и интерметаллидных нано-слоев титана и алюминия. Покрытия, полученные по разработанным технологиям, позволили увеличить ресурс металлорежущего инструмента до 3 раз по сравнению с импортным инструментом. В связи с этим проблема, поставленная и реализованная в работе, безусловно, актуальна.

Содержание диссертационной работы

Диссертационная работа выполнена на кафедре «Технология машиностроения» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный авиационный технический университет» (УГАТУ). Структурно работа состоит из введения, семи глав, общих выводов по работе, приложения и списка литературы. Общий объем работы составляет



296 страниц машинописного текста, содержащего 154 рисунка, 39 таблиц и библиографический список из 172 литературных источников.

Во введении к работе проведен общий анализ исследуемой проблемы, обоснована актуальность разработки наноструктурных износостойких покрытий, сформулирована цель, отмечена научная новизна, практическая значимость, достоверность и обоснованность научных положений, указаны предприятия, где внедрены результаты работы, перечислены конференции, на которых докладывались и обсуждались отдельные ее вопросы.

В первой главе проведен подробный и скрупулезный анализ публикаций, посвященных современным методам повышения стойкости инструмента и существующим износостойким покрытиям для повышения ресурса металлорежущих инструментов, и методам их получения. Рассмотренные общие тенденции формирования наноструктурных покрытий на основе нитридов и интерметаллидов титана и алюминия, позволили автору сформулировать основные принципы и определить комплексные подходы к разработке ионно-плазменных износостойких покрытий для металлорежущего инструмента, а также установить особенности структуры и физико-механические свойства покрытий для металлорежущих инструментов. Проведенный анализ отечественных и зарубежных публикаций по исследованию эксплуатационных свойств металлорежущего инструмента позволил установить основные факторы, влияющие на ресурс штамповой оснастки и осевых инструментов.

Вторая глава посвящена методикам проведения исследований и испытаний. Приведены методики получения разработанных покрытий и образцов для проведения исследований, режимы получения покрытий на модернизированной установке ННВ-6.6-И1. Описаны методики проведения структурных исследований и методики испытаний для определения

механических и трибологических свойств разработанных покрытий. Представленные в работе методики проведения исследований и испытаний позволили автору в полном объеме оценить уровень физико-механических и технологических характеристик, разрабатываемых ионно-плазменных износостойких покрытий для металлорежущего инструмента.

Третья глава является, на наш взгляд, основополагающей для всей работы в целом, так как содержит значительную часть теоретических построений автора. Реализованные в работе математические модели процесса синтеза покрытий в различных средах при послойном моделировании позволили автору спрогнозировать фазовый и компонентный состав ионно-плазменных покрытий, а также разработать компьютерную программу, позволяющую определить технологические параметры осаждения покрытий в зависимости от стехиометрического состава, структуры и требуемых свойств. Теоретические выкладки подтверждаются многочисленными авторскими экспериментами. Необходимо отметить, что указанный метод может быть успешно применен к широкому кругу вновь разрабатываемых ионно-плазменных износостойких покрытий для металлорежущего инструмента.

Четвертая глава посвящена исследованию структуры и свойств покрытий, синтезированных в среде аргона. Показано, что существенное повышение в 3-4 раза износостойкости образцов из инструментальной стали Р6М5 с покрытиями, синтезируемые в среде инертного газа аргона, возможно достичь с уменьшением толщины нанослоев и увеличением их количества. Установлено, что при одновременном осаждении покрытия из плазмы генерируемыми электродуговыми испарителями оснащенными однокомпонентными катодами из Ti и Al, с вращением образцов вокруг оси рабочего стола в покрытиях образуются слоистая структура, на границах раздела которых формируются интерметаллидные фазы $TiAl_3$, $TiAl$.

Пятая глава посвящена исследованию структуры и свойств покрытий, синтезированных в среде азота. Установлено, что при одновременном осаждении покрытия из плазмы генерируемыми электродуговыми испарителями оснащенными однокомпонентными катодами из Ti и Al, в среде реакционного газа азота, в формируемом покрытии образуются не только нитриды титана и алюминия, но также интерметаллидные соединения TiAl, Ti₃Al. Показано, что с уменьшением толщины нанослоев (до 5нм) покрытий, синтезированных в среде азота, их износостойкость увеличивается в 6 раз.

Шестая глава посвящена исследованию структуры и свойств многослойных композиционных покрытий на основе «ИнСиТа» с различной архитектурой. Выполнен анализ проблем создания ионно-плазменных износостойких покрытий. Приведены экспериментальные результаты по исследованию композиционных покрытий на основе интерметаллидов с архитектурой TiAl/TiAlN с различным соотношением толщины макрослоев и с различной толщиной макрослоев. Рассмотрены особенности формирования химического состава и микроструктуры по глубине композиционных покрытий на основе интерметаллидов. Разработан способ получения покрытий на основе композитных интерметаллидных и нитридных нанослоев титана и алюминия из плазмы вакуумно-дугового разряда с формированием нитридов и интерметаллидов различного фазового состава. При этом установлена закономерность показывающая, что уменьшение толщины нанослоев приводит к увеличению процентного содержания высокотвердых фаз TiN и TiAl₃.

В седьмой главе представлена разработка технологического процесса нанесения композиционного покрытия на основе «ИнСиТа» на металлорежущие инструменты и приведены результаты практической реализации работы по опробованию на производствах ЗАО «БелЗАН», АО «ОДК-УМПО» и АО «УАПО». производственные испытания стойкости

фрез с разработанными покрытиями на основе «ИнСиТа» показали повышение ресурса режущего инструмента в 12 раз по сравнению с инструментами без покрытия.

Научная новизна работы

Выполненное диссертационное исследование позволило получить ряд новых научных результатов, обладающих существенной новизной.

Установлено, что при послойном осаждении покрытий из плазмы, генерируемой электродуговыми испарителями, оснащёнными однокомпонентными катодами из титана и алюминия, и при ассистировании процесса плазменным источником с накаливаемым катодом для дополнительной ионизации реакционного (азота) или инертного (аргона) газа, а также при нагреве подложки до температуры 450° С, наряду с образованием соединений Ti и Al с азотом (в случае реакционного газа), в покрытиях также образуются интерметаллидные соединения, а именно фазы TiAl₃, TiAl, Ti₃Al.

На основе разработанной математической модели доказана возможность прогнозирования стехиометрического состава покрытий в зависимости от технологических параметров.

Установлено, что изменение скорости вращения рабочего стола, и соответственно уменьшение толщины слоев с ~50 до ~5 нм приводит к увеличению содержания нитридных и интерметаллидных фаз при осаждении в среде азота и увеличению содержания интерметаллидных фаз при осаждении в среде аргона, с сопровождением уменьшения содержания чистых металлов Ti и Al.

Установлена зависимость влияния толщины нано- и макро- слоев на микротвердость композиционных покрытий. Уменьшение толщины нанослоев до 5 нм и одновременное увеличение толщины макрослоев до 0,5 мкм приводит к увеличению микротвердости многослойных композитных покрытий с 1500–1800 до 3700–4500 HV_{0.05}.

Установлена зависимость влияния соотношения толщины макрослоев hTi-Al/hTi-Al-N в покрытии на основе композиционных интерметаллидных и нитридных нанослоев титана и алюминия на коэффициент упругого восстановления: покрытие с hTi-Al/hTi-Al-N =1 обладает большим значением $We=65,4\%$ при критической нагрузке 25Н.

Практическая значимость работы

Основные результаты диссертационного исследования представляют значительный практический интерес для современного отечественного машиностроения.

Разработанные способы получения износостойких композиционных покрытий заложили основу для разработки технологических процессов упрочнения металлорежущих инструментов широкой номенклатуры, позволяющих увеличить их стойкость до 4 раз по сравнению с импортными аналогами.

Разработаны технологические режимы формирования композиционных наноструктурных покрытий «ИнСиТА», осажденных в среде реакционного (азот) и инертного (аргон) газов. Покрытия, полученные по разработанным технологическим режимам, позволили увеличить ресурс металлорежущего инструмента до 3 раз по сравнению с импортным инструментом (с коммерческим покрытием).

Разработана математическая модель процесса синтеза покрытий в различных средах при послойном моделировании и на ее основе программа для ЭВМ, позволяющая спрогнозировать химический и стехиометрический состав покрытия в зависимости от технологических параметров осаждения покрытий.

Достоверность полученных в работе результатов и выводов не вызывает сомнений, так как теоретические выкладки базируются на корректном использовании фундаментальных положений физического

материаловедения, теоретических основ и экспериментальных методов управления процессами структуро- и фазообразования при осаждении покрытий и подтверждаются многочисленными экспериментами, что является несомненным самостоятельным и значимым достоинством работы.

Работа написана грамотным техническим языком, хорошо иллюстрирована. Материал диссертации исчерпывающе опубликован и апробирован. По теме диссертации опубликовано 40 научных работ, из них 30 в журналах, рекомендованных ВАК РФ, получено 9 патентов РФ на изобретения, 2 программы ЭВМ.

Автореферат полностью отражает и представляет содержание диссертации.

Вместе с тем по содержанию и представлению материала **имеется ряд замечаний:**

1. На стр. 3 в содержании работы перепутана нумерация параграфов главы 3. Указанные страницы в содержании не соответствуют страницам по тексту диссертации.

2. В качестве объекта исследования в работе указаны вакуумные ионно-плазменные технологии нанесения наноструктурных покрытий, тогда как из названия работы следует, что объектом исследования являются ионно-плазменные износостойкие покрытия.

3. В параграфе, посвященном исследованию износостойкости ионно-плазменных покрытий, не указаны условия проведения испытаний: нагрузка, скорость вращения, количество циклов испытаний, материал контр-тела. Выбранная схема испытаний «Ball-on-disc» не в полной мере отражает характеристики износа инструмента. На наш взгляд правильнее было выбрать схему испытаний «Pin-on-disc» как более близкую к системе «инструмент – обрабатываемая деталь».

4. При оценке износостойкости при одинаковом количестве нанесенных слоев изменение массы образца до и после трибологических испытаний

наблюдается в тысячных долях граммов, что лежит в пределах ошибки. При столь малых весовых потерях следует оценивать линейный износ по глубине изношенного слоя. В таком случае на поперечном шлифе образца можно было бы наблюдать послойный износ покрытий гораздо четче, чем на отпечатке пирамидки Виккерса при определении микротвердости.

5. В работе уделено недостаточное внимание оценке температуры в зоне трения, тогда как температура является важным аспектом, влияющим на протекание процессов на поверхности трения инструмент – обрабатываемая деталь.

6. Имеются отдельные опечатки и неточности по тексту.

7. При определении стехиометрического состава покрытий не указано, какие концентрации элементов в составе покрытия были определены: весовые или атомные.

8. В п. 6 научной новизны не совсем ясно, какой уровень физико-механических и эксплуатационных свойств был задан при определении эффективной толщины нитридных и интерметаллидных слоев.

9. На наш взгляд, разработанные автором научные основы формирования ионно-плазменных износостойких покрытий следовало бы выделить в отдельный параграф главы 3, являющейся основополагающей частью диссертации.

Заключение


Сделанные замечания не отражаются на общей положительной и высокой оценке работы и не снижают ее научной и практической значимости. Считаю, что внедрение результатов диссертационной работы Варданяна Э.Л. вносит значительный вклад в развитие современного отечественного машиностроения. Диссертационная работа выполнена с привлечением современных математических методов, характеризуется большой глубиной теоретических и экспериментальных исследований, результаты носят обобщающий характер и способствуют повышению эксплуатационных

характеристик металлорежущих инструментов. Реализация работы подтверждена широким использованием разработанных автором покрытий на предприятиях отечественного машиностроительного и авиадвигателестроительного комплекса. Материалы и результаты диссертации известны специалистам, опубликованы в печати и докладывались на научно-технических конференциях.

Диссертация Э.Л. Варданяна является завершенной научно-квалификационной работой, содержащей новые научно-технические и технологические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие машиностроительной и смежных отраслей РФ, соответствует комплексу требований п.п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» Постановления Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемых к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор, Варданян Эдуард Леонидович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.6 — Нанотехнологии и наноматериалы.

Официальный оппонент:

Асланян Ирина Рудиковна, профессор кафедры «Технология производства двигателей летательных аппаратов» ФГБОУ ВО МАИ, доктор технических наук по специальности 05.02.04 «Трение и износ в машинах»


Асланян Ирина Рудиковна
«1» 12 2021 г.

ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (ФГБОУ ВО МАИ).
125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4.

Тел.: +79773988089

Эл. адрес: as-irina@rambler.ru


Побор...
Зам. на...
т.р. с...
Ирина Рудикова
Ирина Рудикова