Ульяновский государственный технический университет

Стенографический отчет

ЗАСЕДАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 999.003.02

Повестка дня:
ЗАЩИТА ДИССЕРТАЦИИ **ЗОТОВЫМ АЛЕКСЕЕМ ВИКТОРОВИЧЕМ**
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ *КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК*:

**«Повышение износостойкости
пар смешанного трения скольжения
технологического оборудования
путем плакирования гибким инструментом»**

Специальность:
05.02.08 – Технология машиностроения.

Официальные оппоненты:

Белевский Леонид Сергеевич – д.т.н., профессор кафедры «Проектирование и эксплуатация металлургических машин и оборудования» ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

Курочкин Антон Валерьевич – к.т.н., начальник управления научно-исследовательской работой ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева».

Ведущая организация – ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет».

Ульяновск - 2015

ЗАСЕДАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 999.003.02
от 28 декабря 2015 года
на заседании присутствовали члены Совета:

1.	Табаков В.П. (председатель)	д.т.н., профессор	05.02.07 – технические науки
2.	Веткасов Н.И. (ученый секретарь)	д.т.н., доцент	05.02.07 – технические науки
3.	Булыжев Е.М.	д.т.н., доцент	05.02.08 – технические науки
4.	Горшков Б.М.	д.т.н., профессор	05.02.07 – технические науки
5.	Денисенко А.Ф.	д.т.н., профессор	05.02.07 – технические науки
6.	Драчев О.И.	д.т.н., профессор	05.02.07 – технические науки
7.	Дьяконов А.А.	д.т.н., доцент	05.02.08 – технические науки
8.	Захаров О.В.	д.т.н., доцент	05.02.07 – технические науки
9.	Зибров П.Ф.	д.т.н., профессор	05.02.08 – технические науки
10.	Кирилин Ю.В.	д.т.н., доцент	05.02.07 – технические науки
11.	Киселев Е.С.	д.т.н., профессор	05.02.08 – технические науки
12.	Клячкин В.Н.	д.т.н., профессор	05.02.07 – технические науки
13.	Ковальногов В.Н.	д.т.н.	05.02.07 – технические науки
14.	Носов Н.В.	д.т.н., профессор	05.02.08 – технические науки
15.	Салов П.М.	д.т.н., профессор	05.02.08 – технические науки
16.	Унянин А.Н.	д.т.н., доцент	05.02.07 – технические науки
17.	Худобин Л.В.	д.т.н., профессор	05.02.08 – технические науки

Председатель Совета
д.т.н., профессор В.П. Табаков

Ученый секретарь Совета
д.т.н., доцент Н.И. Веткасов

Председатель

Уважаемые коллеги!

Второе, на сегодня, заседание нашего Совета. В повестке дня - защита диссертации Зотова Алексея Викторовича на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему: «**Повышение износостойкости пар смешанного трения скольжения технологического оборудования путем плакирования гибким инструментом**». Специальность 05.02.08 – Технология машиностроения.

Официальные оппоненты:

Белевский Леонид Сергеевич, доктор технических наук, профессор, кафедра «Проектирование и эксплуатация металлургических и оборудования» ФГБОУ ВПО «Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова».

Курочкин Антон Валерьевич, кандидат технических наук, начальник управления научно-исследовательской работой ФГБОУ ВО «Рыбинского государственного авиационного технического университета имени П.А. Соловьева».

Ведущая организация – ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет».

На заседании нашего Совета, из 20 членов присутствуют 17 человек. Необходимый кворум имеем. Повестка дня у Вас на столах. Замечания есть? (нет). Принимается единогласно.

По специальности 05.02.08 на нашем заседании присутствуют 7 докторов наук. Заседание правомочно.

Объявляется защита диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук Зотова Алексея Викторовича по теме: «**Повышение износостойкости пар смешанного трения скольжения технологического оборудования путем плакирования гибким инструментом**».

Работа выполнена в Тольяттинском государственном университете.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Драчев Олег Иванович.

Официальные оппоненты:

Белевский Леонид Сергеевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Проектирование и эксплуатация металлургических и оборудования» ФГБОУ ВПО «Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова» присутствует на нашем заседании и **Курочкин Антон Валерьевич**, кандидат технических наук начальник управления научно-исследовательской работой ФГБОУ ВО «Рыбинского государственного авиационного технического университета имени П.А. Соловьева» тоже присутствует на заседании.

Письменные согласия на оппонирование данной работы от них были своевременно получены.

Ведущая организация – ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет».

Слово предоставляется **ученому секретарю совета Николаю Ивановичу Веткасову** для оглашения документов из личного дела соискателя. Пожалуйста.

Ученый секретарь

Уважаемые коллеги! Соискателем **Зотовым Алексеем Викторовичем** представлены в Совет все необходимые документы для защиты кандидатской диссертации. Это заявление соискателя, копия диплома о высшем образовании, удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов, заключение по диссертации от организации, где выполнялась работа, диссертация и автореферат в требуемом количестве.

Все документы личного дела оформлены в соответствии с требованиями положения ВАК, основные положения диссертации **Зотовым А.В.** отражены в **16** работах, в том числе в **5 статьях в изданиях из перечня ВАК**.

Соискатель представлен к защите **22.10.2015** года (протокол № **7)**. Объявление о защите размещено на сайте ВАК РФ **26.10.2015** года.

Председатель

Есть ли вопросы к ученому секретарю Совета? (нет). Есть ли вопросы к **А.В. Зотову**? (нет). Тогда слово предоставляется Вам – **Алексей Викторович**, для изложения основных положений диссертационной работы.

Соискатель

Спасибо. Уважаемые члены диссертационного Совета, гости! Вашему вниманию представлены результаты диссертационного исследования на тему: «Повышение износостойкости пар смешанного трения скольжения технологического оборудования путем плакирования гибким инструментом».

В современных условиях развития технологического комплекса России, когда более 60 % производственного оборудования имеют возраст старше 20 лет, а 70 % инвестиций в основной капитал, обеспечивают только 1 % обновления оборудования, возникает производственная необходимость в повышении эффективности ремонта и увеличения сроков эксплуатационной службы технологического оборудования. В связи с этим внедрение нового метода плакированием гибким инструментом для повышения износостойкости направляющих пар смешанного трения технологического оборудования является на данный момент актуальной задачей.

Суть метода плакирования гибким инструментом заключается в одновременном деформационном упрочнении обрабатываемой поверхности и нанесении на неё покрытий. Работает инструмент следующим образом. Контакт инструмента происходит одновременно как с обрабатываемым материалом, так и с материалом наносимого покрытия. В этот момент в контакте с обрабатываемой деталью происходит разрушение и удаление окисных пленок из зоны контакта, а при контакте с материалом покрытия происходит его интенсивный нагрев, в результате которого частицы материала покрытия остаются на периферийных

элементах гибкого инструмента, на которых и переносятся к обрабатываемой детали. В дальнейшем происходит схватывание частиц покрытия с деталью и собственно образуется покрытие.

Несмотря на проведенные исследования и внедрение данного способа в промышленность, на данный момент, не потеряла актуальности задача именно комплексного исследования рациональных технологических режимов для обработки изделий, в том числе изготовленных и из серого чугуна.

В связи с этим целью данной диссертационной работы является повышение износостойкости направляющих скольжения металлообрабатывающего оборудования путем плакирования гибким инструментом.

Для достижения поставленной цели были решены задачи: по созданию комплекса математических моделей, позволяющих определять: распределение отпечатков проволочного ворса, распределение соответствующих зон пластической деформации; геометрические, энергосиловые и тепловые характеристики при скольжении; по исследованию влияния технологических параметров процесса на геометрические и энергосиловые характеристики процесса, а также на тепловое состояние, степень покрытия и равномерность упрочненного слоя; по разработке технологии плакирования гибким инструментом пар смешанного трения скольжения технологического оборудования с обеспечением их максимальной износостойкости.

На первом этапе был рассмотрен участок входа ворса в контакт с обрабатываемым изделием, характеризующийся ударным характером обработки. Распределение отпечатков приняли как пуассоновское с возрастанием плотности распределения с течением времени, то есть поверхностная плотность распределения выведена исходя из кинематики процесса обработки и фактического коэффициента заполнения рабочей поверхности инструмента. Это дает нам возможность определять средневероятное число ударов в площадь, равную площади собственного отпечатка.

Как известно, параметры остаточного отпечатка тесно взаимосвязаны между собой, и для нахождения радиуса отпечатка нам необходимо знать величину упругопластической деформации, которую мы определяли по представленной эмпирической зависимости. Единственно, здесь не был известен коэффициент, зависящий от свойств материала ворсинки и детали. Для его определения были проведены экспериментальные исследования, которые заключались в ударе одиночной ворсинкой, выступающей за периферийную часть поверхности щетки на три миллиметра и определении глубины формируемых отпечатков. В дальнейшем, определили данный коэффициент как функцию от глубины отпечатка, силы удара и угла входа ворса в контакт с обрабатываемым изделием. Что дало нам возможность определять степень покрытия обрабатываемой поверхности как доли обрабатываемой площади, покрытой отпечатками однократно, двукратно и так далее и покрытой отпечатками определенное число раз. Но в производственных целях важнее знать степень равномерности глубины наклепанного слоя. Степень равномерности глубины мы определили как отношение глубины пластической деформации в зоне перекрытия деформируемых объемов к максимальной глубине наклепа, исходя из того, что зона наклепа представляет собой шаровой сегмент. А,

исходя из геометрических соотношений, мы вывели степень равномерности глубины наклепанного слоя как функцию от поверхностной плотности распределения и максимальной глубины наклепа.

Полученные уравнения легли в основу алгоритма расчетно-аналитического метода определения параметров обработки. Данный алгоритм позволяет рассчитать параметры процесса плакирования, варьируя скорость перемещения инструмента относительно детали и плотности набивки инструмента. Также этот алгоритм позволяет учитывать количество проходов, исходя из предельно допустимого количества ударов в площадь деформируемой зоны.

На втором этапе, мы определяли геометрические и силовые характеристики зоны контакта на участке скольжения ворса по обрабатываемой поверхности. В данном случае величина прогиба ворса соизмерима с длиной самой детали, поэтому мы применили теорию гибких упругих стержней. Из анализа геометрии процесса обработки выявили, что форма упругой линии является линией перегибного рода, а точка L – точкой перегиба. Исходя из этого, были выведены коэффициенты подобия эллиптических параметров, которые собственно и являются исходными данными для решения задачи продольно-поперечного изгиба ворса. В дальнейшем, из анализа кинематики процесса обработки, был получен угловой коэффициент подобия и координаты точки контакта в подвижной и неподвижной системах координат. Для решения данной задачи был создан алгоритм, который позволяет находить контактную силу, максимальные напряжения, длину зоны контакта, варьируя подбор модулярного угла с условием его равенства координате X точки L в неподвижной системе координат радиусу гибкого инструмента за вычетом применяемого при обработке натяга.

На третьем этапе, было рассмотрено определение температуры основы обрабатываемого изделия, которая является одним из основных факторов при плакировании гибким инструментом. В данном случае было рассмотрено неравномерное распределение площадок контакта по обрабатываемой поверхности. И, как видно, по эскизу, размеры между ворсинками в продольном и поперечном направлении значительно превосходят их площадь контакта при скольжении, что дает нам право эти источники теплоты определить как точечные, а учитывая скорость обработки – как быстродвижущиеся по адиабатической поверхности полупространства. На основании этого были выведены формулы определения температуры локального источника и суммарного влияния всех проволочек инструмента на локальную температуру. В дальнейшем была определена средняя температура по известной теории теплофизики.

В третьей главе мы оценивали адекватность полученных моделей и проводили теоретические исследования. На слайде представлен пример оценки адекватности модели при входе ворса в контакт с обрабатываемым изделием. Представленные микрофото обработанной поверхности показали хорошую корреляцию с данными моделирования на соответствующих режимах обработки. Это дало нам право использовать степень покрытия как доли площади, покрытой отпечатками не только в площадь, равную площади собственного отпечатка, но и площадь, равную площади упрочненной зоны.

Оценка адекватности модели расчета при скольжении ворса была проведена на основе анализа кадров высокоскоростной камеры и на основе моделирования в программе, реализующей метод конечно-элементного моделирования. Как видно на графике, данные, рассчитанные аналитически по нашему алгоритму, практически совпали с данными, полученными в Самарском государственном техническом университете на основе анализа кадров съемки высокоскоростной камеры. Погрешность, показанная на процентной оси, показала расхождение расчетных и смоделированных данных и в случае максимального прогиба, и в случае максимальных напряжений не более 5 процентов, что дает возможность исследовать характеристики зоны контакта на основе предложенной модели. Видно, что материал покрытия, который выражен через углы трения, не влияет на геометрические характеристики – они практически совпадают, но в то же время он имеет довольно существенное влияние на величину силовых характеристик, что можно видеть на соответствующем графике. Также было выявлено, что максимальная сила возрастает и после достижения максимального прогиба ворса гибкого инструмента. От знания характера распределения максимальной силы вдоль зоны контакта позволяет нам более точечно использовать тепловую модель.

Адекватность тепловой модели была подтверждена на основе проведения эксперимента, суть которого заключалась в том, что значение величины температуры измеряли с помощью термопар во время работы гибкого инструмента. Разброс теоретических и экспериментальных значений составил от 5 до 26 процентов, а если брать величину, усредненную по пяти значениям – от 3 до 16 процентов. При нанесении покрытий всегда важным вопросом является адгезия покрытия к основе. Поэтому были проведены теоретические исследования адгезии наносимого покрытия. В частности, получены зависимости максимальной температуры контакта и зависимости коэффициента относительного сцепления при плакировании. Чтобы сцепление покрытия с основой было прочным необходимо, чтобы этот коэффициент превышал значение в 0,7.

Нами было разработано устройство для нанесения покрытий, на которое получен патент. Суть этого устройства состоит в том, что применялись металлические вставки, которые позволяли изменять радиус заделки и, тем самым, изменять длину изгибающейся части ворса, которая является одним из основных параметров при определении как геометрических, так тепловых и энергосиловых процессов.

Экспериментальную оценку плакированных поверхностей мы проводили на основе четырехфакторного плана Бокса-Бенкина. Для формирования покрытия на экспериментальных образцах на суппорт токарного оборудования устанавливалась плакирующая установка, и наносилось покрытие, согласно эскизу обработки, представленному на плакате. Материалом покрытия являлась оловянная бронза. Выбор оловянной бронзы заключался в том, что она обладает хорошей маслоемкостью и способна выдерживать гораздо более высокие нагрузки на задир, чем серый чугун. Испытания сформированных покрытий на машине трения проводили по схеме «диск-колодка» в течение 60 минут. Схема испытаний представлена на плакате. Перед испытаниями, непосредственно, на износ были проведены замеры толщины покрытия. Анализ опытных данных позволил вывести

уравнения регрессии, которые позволили определить толщину покрытия и износостойкость в зависимости от параметров плакирования. Анализ данных уравнений позволил выявить, что на толщину покрытия наибольшее влияние оказывает диаметр ворса и отношение длины вылета ворса к радиусу его заделки, а на износостойкость – натяг и отношение угловых скоростей вращения инструмента и обрабатываемой детали.

Анализ данных по соотнесению толщины покрытия позволил выявить, что нанесение покрытий от 3,5 до 6 микрометров позволяет повысить износостойкость в среднем в 3 раза, что видно на соответствующем графике, где показано сравнение толщины покрытия с коэффициентом эффективности. Были проведены металлографические исследования. В частности, взята спектрограмма покрытия как на внешнем слое, так и на основе образца. В результате чего было выявлено, что на внешнем слое присутствует железо, а на основе образца присутствует оловянная бронза, что предполагает перемешивание материалов основы и покрытия.

В заключение был проведен ещё один эксперимент по плану Бокса-Бенкина по определению величины износостойкости для пар трения скольжения возвратно-поступательного типа в условиях абразивного износа. Формирование покрытий на экспериментальных образцах осуществлялось на плоскошлифовальном станке. Схема нанесения представлена на плакате. В качестве материала покрытия выступала также оловянная бронза. Испытания сформированных покрытий было произведено на стенде с возвратно-поступательным перемещением образцов. Схема стенда представлена на плакате. Обработка опытных данных позволила получить регрессионную зависимость относительной износостойкости и выявить, что сформированные покрытия позволили повысить износостойкость в 1,3-3,5 раза по сравнению с эталонной парой. В качестве эталонной пары выступала СЧ 20 твердостью 200 HB – СЧ 20 твердостью 48 HRC.

Также была проведена оценка комплексного параметра качества по критерию износостойкости, то есть измерялась микротопография поверхности основы после шлифования и после плакирования, что позволило выявить снижение комплексного параметра на величину от 1,2 до 2,4 раз.

Проведенные экспериментальные исследования позволили в итоге сформировать структурную схему алгоритма выбора рациональных режимов плакирования, которая позволяет учесть характер нанесения покрытия на каждом из участков: в блоке расчета ударных процессов; в блоке расчета процессов при скольжении с учетом долговечности проволочного инструмента; с учетом тепловых процессов на основе изделия; с учетом адгезионных процессов и с учетом показателя износостойкости, что позволяет нам говорить о положительном решении поставленных задач.

Данные исследования были внедрены на производстве ООО «Лада-инструмент» (ОАО АвтоВАЗ). Покрытия наносили на направляющие кареток суппорта токарного оборудования, что показало приращение коэффициента эффективности использования плакирования от 80 процентов до 3 раз.

Выводы по работе представлены в раздаточном материале. Позвольте их не зачитывать. Доклад окончен. Спасибо за внимание.

Председатель

Спасибо. Вопросы, пожалуйста. Леонид Викторович, пожалуйста.

д.т.н., профессор Худобин Л.В.

Начнем с конца. Скажите, пожалуйста, как вы сформулируете область рационального применения разработанной вами технологии?

Соискатель

Каждый проводимый нами этап все больше сужал рамки возможных режимов, которые возможно использовать при плакировании и в итоге, когда мы выходили уже на области нанесения покрытий на испытаниях в последних опытах при возвратно-поступательном перемещении по плану Бокса-Бенкина, помимо теоретических значений, которые мы получили, мы сузили их еще опытными данными.

д.т.н., профессор Худобин Л.В.

Алексей Викторович, вы немного не на мой вопрос отвечаете. Вы разработали рекомендации по применению вашего способа – будем говорить технологии для повышения долговечности. Так?

Соискатель

Да.

д.т.н., профессор Худобин Л.В.

Я спрашиваю область рационального, экономичного, другими словами, применения этой технологии. Где рекомендуется её применять – на ВАЗе, станкозаводах, в ремонтных предприятиях?

Соискатель

Эта технология может применяться абсолютно на любом заводе, потому как не представляет никакой сложности – изготовить плакирующий инструмент и установить его на шлифовальный станок можно абсолютно на любом предприятии – то есть в области ремонта, но также и в области повышения долговечности и нового технологического оборудования.

д.т.н., профессор Худобин Л.В.

Даже при массовом производстве? При каком типе производства – массовом, единичном, серийном?

Соискатель

В принципе при любом типе производства.

д.т.н., профессор Худобин Л.В.

Если вы экспериментировали на направляющих токарного станка, значит, вы ориентировались на мелкосерийное производство. В лучшем случае на серийное.

Соискатель

Ориентация была на мелкосерийное производство. Массовое производство не рассматривалось по причине отсутствия такового сейчас в России (станкостроение).

д.т.н., профессор Худобин Л.В.

А что технология позволяет применить её в массовом производстве?

Соискатель

Технология позволяет, добавив еще один шлифовальный станок, где вместо шлифовального круга устанавливаем плакирующий инструмент, который формирует покрытие.

д.т.н., профессор Худобин Л.В.

Тогда возникают дополнительные расходы на оборудование.

Соискатель

Да возникают дополнительные расходы на оборудование, но за счет увеличения долговечности в два раза будет итоговый экономический эффект.

д.т.н., профессор Худобин Л.В.

Ну, хорошо. 19 слайд, пожалуйста, откройте. Объясните, пожалуйста, как вы подошли к выбору материала покрытия?

Соискатель

Здесь просто представлена структурная схема, где показан подвод материала покрытия к ворсу гибкого инструмента.

д.т.н., профессор Худобин Л.В.

Из какого материала сделан этот элемент? Какое покрытие наносится?

Соискатель

Элемент материала покрытия изготовлен из цветных сплавов. Это медные сплавы: бронза, латунь, это алюминиевые сплавы.

д.т.н., профессор Худобин Л.В.

Но вы-то, с научной точки зрения, как подошли к выбору материала покрытия?

Соискатель

Мы выбрали оловянную бронзу с учетом того, что она обладает хорошей маслоемкостью и способна выдерживать большие нагрузки на задир по сравнению и с серым чугуном, и с другими медными сплавами.

д.т.н., профессор Худобин Л.В.

Не могли бы вы перечислить номенклатуру материалов, которые вы использовали?

Соискатель

Л63, Л96, ALTi10, БрО4Ц4С4, то есть использовались те материалы, которые рекомендуются в литературе для повышения износостойкости. Выбранная нами марка оловянной бронзы рекомендуется для направляющих технологического оборудования. И оловянная бронза позволяет сформировать покрытие без каких-либо дополнительных приспособлений. Если взять бронзу другой марки, то она обладает большей твердостью, и становится необходим дополнительный подогрев элемента материала покрытия, что усложняет всю технологию.

д.т.н., профессор Худобин Л.В.

Используя ваши математические модели, можно получить усилие прижатия этого элемента с учетом его материала?

Соискатель

Этот вопрос в данной работе не рассматривался. Мы взяли уже известные данные.

д.т.н., профессор Худобин Л.В.

Что же вы просто надавили и всё?

Соискатель

Нет, на самом деле есть целая научная школа в Магнитогорске, где этот вопрос был исследован – какие усилия необходимо прикладывать для прижатия материала покрытия к инструменту.

д.т.н., профессор Худобин Л.В.

А сосчитать-то можно заранее, сколько нужно все-таки усилий?

Соискатель

Мы этот вопрос не рассматривали. Мы взяли рекомендуемый параметр.

д.т.н., профессор Худобин Л.В.

А если вы не рассматривали – вы не можете сконструировать это устройство. Только путем эксперимента?

Соискатель

Конструкция этого устройства попадает в тот диапазон значений, при котором и максимальная длина вылета и минимальная длина вылета ворса, позволяет прикладывать элемент материала покрытия с заданными нагрузками.

д.т.н., профессор Худобин Л.В.

Я понимаю, и я именно интересуюсь - сколько ньютонов нужно приложить?

Соискатель
От 20 до 25 ньютонов.

д.т.н., профессор Худобин Л.В.
Всё, у меня больше вопросов нет.

Председатель
Спасибо. Ещё вопросы? Петр Михайлович, пожалуйста.

д.т.н., профессор Салов П.М.
Почему называется элемент?

Соискатель
Это просто название – элемент материала покрытия, чтобы было понятно, что это именно отдельный брусок металла.

д.т.н., профессор Салов П.М.
Почему щетка вращается по часовой стрелке?

Соискатель
Расстояние между материалом покрытия и деталью должно быть не более 300 мм по дуге окружности. Это значение рекомендовано магнитогорской школой по результатам проведенных исследований, которые показали, что если это расстояние будет больше, то материал покрытия успевает остывать, и не происходит хорошей адгезии с основой.

д.т.н., профессор Салов П.М.
Почему вращается по часовой стрелке, а не против часовой стрелки, как вращается шлифовальный круг? То есть метод крепления у вас немного другой? Левая резьба, что ли, у вас используется для закрепления щетки? Щетка же будет откручиваться. Инструмент всех плоскошлифовальных станков вращается против часовой стрелки.

Соискатель
В данном случае показана просто структурная схема, материал покрытия также может подводиться и с обратной стороны, либо направление взгляда с обратной стороны станка. Здесь конструктивные особенности конкретного станка не рассматривались.

Председатель
Петр Михайлович, есть ещё вопросы?

д.т.н., профессор Салов П.М.
Всё. Нет вопросов.

Председатель
Прошу, Владимир Николаевич.

д.т.н., профессор Клячкин В.Н.
В качестве задач, самой первой вы ставите создание комплекса математических моделей. Так?

Соискатель
Так.

д.т.н., профессор Клячкин В.Н.
Поэтому у меня пара вопросов по математическим моделям, которые вы разработали или использовали. Слайд 7, формула 6. Поясните, пожалуйста, что вы определяете формулой 6?

Соискатель
Насчет формулы 6. Я сказал, что мы получили возможность использовать данный параметр степени покрытия. Эта формула известна из теории вероятности. Здесь мы определяем степень покрытия поверхности отпечатками определенное число раз.

д.т.н., профессор Клячкин В.Н.
А вот слева, что это за P(a)?

Соискатель
Здесь обозначение P(a) это степень покрытия как доли обрабатываемой площади, а P(a) штрих – степень покрытия площади отпечатками определенное число раз.

д.т.н., профессор Клячкин В.Н.
Слайд 20. Для проведения испытаний вы использовали четырехфакторный план Бокса-Бенкина. Что это за план и почему именно его вы выбрали? Обычно начинают же с полного факторного эксперимента.

Соискатель
Этот план применяют, когда известны определённые рамки, то есть мы можем сказать что, варьируя параметры в данных рамках, мы получим оптимальный результат. Данный четырехфакторный план позволяет провести меньшее количество опытов для получения в итоге оптимального значения по регрессионной зависимости.

д.т.н., профессор Клячкин В.Н.
Просто таких планов очень много для четырехфакторных экспериментов, а вы из каких-то соображений выбрали именно этот Бокса-Бенкина и не очень понятно из каких соображений. Что он дает? Кстати, а где вы его взяли?

Соискатель

План Бокса-Бенкина, в свое время, проходили на занятиях математического моделирования в университете. При разработке данной технологии условия применения данного плана идеально подходили к нашим условиям. Поэтому мы его приняли.

д.т.н., профессор Клячкин В.Н.

Так почему именно этот план?

Соискатель

Есть примеры использования данного плана при нанесении покрытий гальваническими методами. Опять же мы знаем пределы, в рамках которых будет изменяться тот или иной параметр, то есть мы можем определить интервалы варьирования, верхние и нижние уровни факторов.

д.т.н., профессор Клячкин В.Н.

И удобно при сравнении. И по результатам вы построили модели, показанные на слайде 23. Эксперимент четырехфакторный, а вот фактора икс-1 в явном виде не видно.

Соискатель

Фактор икс-1 не прошел по критерию Фишера. То есть, нет, не по критерию Фишера, а при обработке данных фактор икс-1 был признан статистически незначимым.

д.т.н., профессор Клячкин В.Н.

Это по критерию Стьюдента.

Соискатель

Да, по критерию Стьюдента, я прошу прощения. По критерию Фишера мы проверяли адекватность модели.

д.т.н., профессор Клячкин В.Н.

Каким программным обеспечением вы пользовались для построения этих моделей.

Соискатель

Мы использовали программный пакет Mathcad. Обработка данных экспериментов есть в приложениях к диссертации.

д.т.н., профессор Клячкин В.Н.

В Mathcad это же не очень серьезно. «Статистика» все это делает автоматически, а в Mathcad всё это надо вручную проделывать.

Соискатель
Опять же исходили из того, чему научили в университете.

Председатель
Владимир Николаевич, у Вас всё?

д.т.н., профессор Клячкин В.Н.
Всё.

Председатель
Александр Федорович, пожалуйста.

д.т.н., профессор Денисенко А.Ф.
Давайте откроем плакат 33. Поясните, пожалуйста, у вас внедрение в технологию ремонта. Что происходит при ремонте? Вы наносите покрытия? Меняете геометрию? Что именно вы меняете при ремонте?

Соискатель
Производиться нанесение покрытия.

д.т.н., профессор Денисенко А.Ф.
На изношенные направляющие?

Соискатель
Нет, не на изношенные. Мы внедряем процесс в технологию ремонта. То есть первоначально происходит шлифовка поверхности, и только потом мы производим нанесение покрытия. Причем покрытие позволяет исключить шабрение, что, во-первых, повышает производительность обработки, а во-вторых повышает износостойкость.

д.т.н., профессор Денисенко А.Ф.
Понятно, то есть ремонт – это просто одна сфера деятельности. Можно наносить и на новые?

Соискатель
Да, конечно.

д.т.н., профессор Денисенко А.Ф.
Следующее, плакат 5. Вы говорили, что приняли пуассоновское распределение. Чем мотивирован выбор именно этого вида распределения?

Соискатель
Этот вид распределения был применен в аналогичных моделях при использовании дробеобработки. Как видно по фрагменту периферийной части проволочного инструмента, распределение ворса не поддается какой-либо

определенной закономерности, а вероятность попадания 2 раз в площадь собственного отпечатка значительно меньше, чем попадания 1 раз. Поэтому было выбрано пуассоновское распределение.

д.т.н., профессор Денисенко А.Ф.

Так, хорошо. Следующий вопрос. На данном слайде у вас показано попутное направление, на других плакатах у вас показано встречное движение – линейное (детали) и вращения (инструмента). Какое все-таки используется в вашей технологии?

Соискатель

И встречное и попутное движения имеют свои преимущества и недостатки.

д.т.н., профессор Денисенко А.Ф.

Вы анализировали и то и другое?

Соискатель

Нет, данным вопросом мы не занимались.

д.т.н., профессор Денисенко А.Ф.

То есть вы выбрали какое-то одно?

Соискатель

При обработке без нанесения покрытия был выбран один вид направления, с нанесением покрытия – другое направление. Направление зависит от материала нанесения покрытия. Например, если материал – алюминий – легкосплавный, то направление движения, при котором материал будет сначала наноситься, а затем срезаться, позволит сформировать минимальную толщину покрытия.

д.т.н., профессор Денисенко А.Ф.

Но в модели же у вас направления как-то учтены?

Соискатель

В данном случае направления движения никаким образом не влияют на поверхностную плотность распределения. Здесь просто показана схема удара ворсинок и формирование остаточных отпечатков на поверхности.

Денисенко А.Ф.

Число ворсинок, участвующих в контакте при встречном направлении движения будет другим, чем при попутном. Как-то это в модели учтено?

Соискатель

Скорости вращения гибкого инструмента и его перемещения относительно заготовки значительно различаются, то есть если скорость щетки – 35 метров в

секунду, то скорость перемещения – это порядка 5 миллиметров в секунду. Поэтому, в данном случае, направление не играет никакой роли.

д.т.н., профессор Денисенко А.Ф.
Понятно. Следующий плакат 6. Вы рассматривали удар одиночных ворсинок. Влияние соседних ворсинок здесь возможно?

Соискатель
Возможно. Поэтому вылет одиночной ворсинки за пределы периферийной части инструмента составлял 3 миллиметра для учета как раз плотности набивки.

д.т.н., профессор Денисенко А.Ф.
А вот эти 3 миллиметра, чем обоснованы?

Соискатель
При формировании покрытий натяг при обработке – от 1 до 2 миллиметров.

д.т.н., профессор Денисенко А.Ф.
А не рассматривали вариант – касается ли при изгибе ворсинка других? У вас же была модель деформации ворсинки. Можно было с учетом заполнения ворсинками это пространства учесть влияние соседних. Такая задача не ставилась?

Соискатель
Такая задача не ставилась.

д.т.н., профессор Денисенко А.Ф.
И последний вопрос. Вы когда рассматривали точку контакта, вы её учитывали диаметром ворсинки? Не учитывали, что она бьет краем ворсинки?

Соискатель
Пятно контакта для определения поверхностной плотности распределения было принято, для упрощения расчетов, как площадь круга, диаметр которого равен наибольшей ширине отпечатка и при ударе ворсинки в этом же месте образуется и максимальная глубина наклепа.

д.т.н., профессор Денисенко А.Ф.
Спасибо.

Председатель
Евгений Степанович Киселев, пожалуйста.

д.т.н., профессор Киселев Е.С.
Вы упомянули, что ваша операция заменяет шабрение.

Соискатель

Не заменяет шабрение. Во внедренных технологических процессах эту операцию можно исключить.

д.т.н., профессор Киселев Е.С.

А на каком основании? Вы плоскость же не оценивали?

Соискатель

На экспериментальных образцах на производстве вместо шабрения была произведена обработка гибким инструментом. Мы оценивали комплексный параметр качества именно основы поверхности. Этот показатель совпадает, а в некоторых случаях значительно превышает данный показатель при шабрении. Но в данном случае мы сравнивали со шлифованием, чтобы показать разницу в результатах. Наибольшее влияние здесь оказывает средний шаг неровностей.

д.т.н., профессор Киселев Е.С.

Тогда почему используют шабрение на станкозаводах?

Соискатель

В данном случае речь идет о ремонтном производстве.

д.т.н., профессор Киселев Е.С.

Но и в ремонтном производстве тоже используют шабрение, а вы сказали, что ваша технология позволяет исключить шабрение. На каком основании это все сделано? Методика А.Г. Суслова в данном случае совершенно ничего не означает.

Соискатель

Относительная опорная длина профиля, а шабрение нужно, чтобы увеличить, в том числе, и опорную длину профиля, увеличивается значительно при нанесении покрытий. То есть помимо того, что формируется основа под покрытием, само покрытие заполняет ещё все неровности.

д.т.н., профессор Киселев Е.С.

Это не так. Шабрение, прежде всего, осуществляется для того, чтобы увеличить плоскостность. А это не показатель опорной длины профиля, который получается путем движения датчика по одним микронеровностям. Это совсем не то.

Соискатель

В данном случае при обработке шлифованной направляющей мы наносим слой покрытия толщиной от 3 до 6 микрометров, и приработка дает, соответственно, необходимую плоскостность.

д.т.н., профессор Киселев Е.С.

А почему такая технология не используется на станкозаводах?

Соискатель

Данная технология ещё не имеет широкого распространения. Как было сказано вначале – пока не разработана комплексная оценка характеристик всех параметров, но данная технология широко внедрена на Магнитогорском металлургическом комбинате для обработки и металлопродукции – листов, проволоки, так и в ремонтном производстве для обработки валков, у которых повышается износостойкость в 3-4 раза.

д.т.н., профессор Киселев Е.С.

Третий вопрос. Вот вы опять говорите, что это эффективно. А есть ли какой-нибудь расчет хотя бы ожидаемого экономического эффекта?

Соискатель

Нет, такие расчеты не проводились.

д.т.н., профессор Киселев Е.С.

Тогда на чем основана эффективность? Вы добавили дополнительную операцию, а это, наоборот, малоэффективно. Нужно поставить рабочего, затратить электроэнергию. Это возможно лишь в том случае, если ваша технология в этом производстве дала экономический эффект. У вас же никаких расчетов нет.

Соискатель

Долговечность детали повысится в 2 раза – мы исходили из этого.

д.т.н., профессор Киселев Е.С.

Станок может выходить совсем по другим причинам из строя.

Соискатель

В данном случае мы не оценивали ремонтопригодность станка, мы оценивали только один узел – это направляющие станины – продольный суппорт.

Председатель

Евгений Степанович, у Вас всё? Николай Васильевич, Вам слово.

д.т.н., профессор Носов Н.В.

Алексей Викторович, скажите, пожалуйста, такие термины как «упрочненная зона», «упрочненный слой», «наклепанный слой» – что под ними имеется в виду? Как вы связали плакирование с упрочнением?

Соискатель

При обработке гибким инструментом поверхности происходит деформационное упрочнение, но в данном случае, когда мы рассматриваем серый чугун, серьезного деформационного упрочнения не происходит, только небольшое уплотнение, но всё равно при внедрении ударного элемента, упрочнение происходит пусть не на 100 микрон, а на 5-10.

д.т.н., профессор Носов Н.В.
Вы это как-нибудь проверяли?

Соискатель
Микротвердость не показала какого-нибудь прироста.

д.т.н., профессор Носов Н.В.
У вас везде понятия «упрочненная зона», «упрочненный слой».

Соискатель
Здесь имеется в виду, что данная методика подходит не только для обработки серого чугуна. Если мы возьмем любую другую деталь и применим эту методику, мы на основе данных расчетов получим оптимальные рамки назначения режимов плакирования. В данном случае при обработке серого чугуна параметры «упрочненный слой», «упругопластическая деформация» неприемлемы, так как в сером чугуне происходит неупругая деформация.

д.т.н., профессор Носов Н.В.
Вы правильно говорите, но я, поэтому и уточняю. А почему не рассмотреть методику нанесения покрытий без всякого упрочнения?

Соискатель
Нет, упрочнение есть, но очень небольшое.

д.т.н., профессор Носов Н.В.
Так вы скажите, насколько небольшое?

Соискатель
Упрочнение в районе погрешности, и измерить микротвердостью толщину упрочненного слоя в районе 5 микрон практически невозможно.

д.т.н., профессор Носов Н.В.
Тогда и говорить об этом не надо.

Председатель, д.т.н., профессор Табаков В.П.
Николай Васильевич, правильно говорит. Ведь когда мы говорим об упрочнении, мы подразумеваем, в первую очередь, повышение твердости. Износостойкость, как в вашем случае, достигается не за счет повышения твердости, а за счет снижения трения, по всей вероятности. Тут говорить о каком-либо упрочнении, мне кажется, не приходится.

Соискатель
В данном случае о каком-либо упрочнении речь не шла. Была создана модель нанесения покрытий гибким инструментом, которую можно применять не только

для серого чугуна, который мы исследовали экспериментально, но и для любого другого материала детали.

Председатель, д.т.н., профессор Табаков В.П.

У меня другой вопрос. Скажите, пожалуйста, вот вы перечислили достаточно большую номенклатуру материалов, которые можно использовать в качестве покрытий. А в модели, которую вы разработали, это всё учтено?

Соискатель

Конечно, материал покрытия учитывается в расчете адгезионных параметров при его нанесении: температуре контакта и коэффициенте сцепления.

Председатель, д.т.н., профессор Табаков В.П.

А адгезионную прочность вы каким-то образом оценивали, а также толщину?

Соискатель

Толщину оценивали с помощью толщиномера. Прочность сцепления мы экспериментальным путем не определяли. Мы взяли за основу общеупотребляемую методику, где сказано, что при получении коэффициента сцепления материала покрытия с основой свыше 0,7, адгезия будет хорошей. Методика была выведена из теории напыления покрытий, причем максимальный показатель коэффициента сцепления в теории напыления применили как минимальный для нанесения покрытий гибким инструментом, то есть 0,7 – это максимальный показатель при напылении. Изначально в теории учитывается кинетика обработки. При плакировании значительно больше скорости. Энергия активации учитывается не только термическая, но и механическая.

Председатель, д.т.н., профессор Табаков В.П.

Хорошо, последний вопрос. Вы говорили, что в результате этого процесса происходит перемешивание материала покрытия и обрабатываемого материала. А каким образом это может произойти?

Соискатель

Ворсинками срезается серый чугун и при дальнейшем нанесении в каком-то месте происходит уплотнение, в каком-то месте перемешивание, но на сером чугуне не образуется промежуточной зоны. А вот если говорить о сталях, то на них образуется ещё диффузионный слой толщиной в несколько микрометров, состоящий из материала покрытия и материала основы.

Председатель, д.т.н., профессор Табаков В.П.

У вас какая температура процесса? Вы измеряли же её? Сто пятьдесят градусов? А вот при ионно-плазменном напылении, которое происходит при температуре 500-600 градусов, не наблюдается зоны диффузионного взаимодействия, только адгезия. А у вас даже диффузионный слой.

Соискатель

Нет, у нас не 150 градусов. 150 градусов – это необходимая температура, формируемая на поверхности основы для получения качественного сцепления. А температура в контакте у нас достигает 750 градусов. Температура складывается из температуры материала покрытия, который срезается с элемента (бруска) при температуре 0,7-0,9 температуры его плавления. В зависимости от длины переноса, оно ещё охлаждается на 5-10 процентов. Температура контакта при нанесении покрытия также влияет на качество сцепления покрытия с основой. Температура в самом контакте, в зависимости от коэффициента остывания материала, колеблется от 550 до 750 градусов.

д.т.н., профессор Носов Н.В.

А на 17 плакате – это у вас, что за температура?

Соискатель

На 17 плакате приведены зависимости температуры основы обрабатываемой поверхности. Для нанесения качественного покрытия нам необходимо, чтобы температура основы обрабатываемой поверхности была не меньше 0,15-0,2 температуры плавления наносимого материала.

д.т.н., профессор Худобин Л.В.

То есть температура направляющих станка в 1,5-2 раза выше температуры плавления?

Соискатель

На плакате 28 (формирование покрытий на экспериментальных образцах) представлен дополнительный образец. На нем формировалось, при введении инструмента в контакт, пятно контакта определенной температуры, и в дальнейшем происходило нанесение покрытия уже на сам испытуемый образец.

Председатель

Александр Анатольевич Дьяконов, пожалуйста.

д.т.н., доцент Дьяконов А.А.

Откройте 11 слайд, пожалуйста. В дополнение к этому вопросу. Что за температура в формулах 12 и 13?

Соискатель

В 12 и 13 формулах представлены температура локального источника и воздействия смежных ворсинок.

д.т.н., доцент Дьяконов А.А.

Это температура чего?

Соискатель

Это температура основы поверхности в контакте с ворсинкой при её скольжении.

д.т.н., доцент Дьяконов А.А.

А между ворсинками и поверхностью, получается у вас, еще бронза?

Соискатель

Нет, в данном случае, мы оцениваем температуру без участия бронзы.

д.т.н., доцент Дьяконов А.А.

А для чего вы тогда это считаете?

Соискатель

Вначале необходимо сформировать определенную температуру. Не получится качественной адгезии при нанесении покрытия, если у нас температура поверхности обрабатываемой детали будет меньше 0,15 температуры плавления наносимого материала покрытия. И для этого нам необходимо знать скорость скольжения, величину контактной силы по длине зоны контакта, чтобы определить достаточно ли данного натяга для формирования необходимой температуры и достаточно ли данной скорости вращения инструмента.

д.т.н., доцент Дьяконов А.А.

Скажите, а от работ А.Н. Бокова, чем она отличается? Он защищал диссертацию в Магнитогорске в 2001 году по плакированию. Задачи практически идентичные – расчет температуры проволоки и контактной поверхности.

Соискатель

А.Н. Боков рассматривал непосредственно саму проволоку. Он разбивал проволоку на конечные элементы и рассматривал температуру проволоки, то есть он оценивал долговечность проволочного инструмента. В нашей работе были применены его наработки. Мы здесь не рассматриваем долговечность инструмента, мы взяли наработки уже известные.

д.т.н., доцент Дьяконов А.А.

Спасибо.

Председатель

Александр Николаевич Унянин, пожалуйста.

д.т.н., доцент Унянин А.Н.

Вопрос по этому же плакату. У вас температура зависит от силы Р(пэ) тау. Как вы определяли тангенциальную силу, составляющую силы трения?

Соискатель

Силу определяли по представленному алгоритму (слайд 10), а тангенциальную силу определяли в зависимости от угла трения (слайд 9).

д.т.н., доцент Унянин А.Н.

А какая зависимость для расчета силы?

Соискатель

Для расчета силы необходимо выполнить весь представленный алгоритм расчетно-аналитического метода (слайд 10), подобрать модулярный угол, выполнить соответствующие условия и только потом мы можем рассчитать силу, воспользовавшись формулой теории упругого изгиба и добавив в неё динамическую составляющую.

д.т.н., доцент Унянин А.Н.

Тогда еще вопрос по тому же 9 плакату. Каким образом вы определяли рациональный натяг или прогиб?

Соискатель

Прогиб, опять же, определяется по той же самой модели. Как раз непосредственно координата y точки L в подвижной системе координат – это и будет максимальный прогиб.

д.т.н., доцент Унянин А.Н.

Нет, я имею в виду рациональный прогиб?

Соискатель

Данный вопрос мы не рассматривали. Данный прогиб влияет на величину долговечности проволочного инструмента. Этот вопрос был рассмотрен до нас, и были рекомендованы параметры выбора натяга при обработке плакированием от 0,5 до 2 миллиметров. То есть мы варьировали (натяг) в этих параметрах.

д.т.н., доцент Унянин А.Н.

Еще один вопрос по поводу толщины покрытия. Что вы понимаете под толщиной покрытия? Это тот слой, который насыщен медью или другим материалом? У вас размер увеличивается, то есть восстанавливается как при ремонте?

Соискатель

Нет, восстановления нет. То есть рекомендуемое покрытие от 3 до 6 микрометров.

д.т.н., доцент Унянин А.Н.

А то, что насыщается поверхностный слой – это не способствует увеличению размера хотя бы в небольшой степени?

Соискатель

Увеличение размера происходит в районе 6 микрон. Во многих случаях это в пределах допуска.

д.т.н., доцент Унянин А.Н.

То есть точность теряем?

Соискатель

Точность формируется оптимальной после приработки за короткий промежуток времени.

Председатель

У Вас всё, Александр Николаевич?

д.т.н., доцент Унянин А.Н.

Да, спасибо.

Председатель

Леонид Викторович, пожалуйста.

д.т.н., профессор Худобин Л.В.

Алексей Викторович, что вы понимаете под термином температура контакта? Вы часто употребляете такое словосочетание. Что вы имеете в виду?

Соискатель

Это температура в контакте инструмента с наносимым элементом материала покрытия и обрабатываемой деталью.

д.т.н., профессор Худобин Л.В.

В тончайших слоях того и другого или где? Трудно предположить, что при огромном теплоотводе в массивную металлическую заготовку, там на какую-то глубину что-то может прогреться. Так о чем идет речь? Что за температура контакта?

Соискатель

В данном случае речь о температуре только в поверхностном слое, то есть на поверхности, именно в контакте детали и инструмента.

д.т.н., профессор Худобин Л.В.

То есть это температура, так или иначе, на той или иной глубине в теле обрабатываемого изделия?

Соискатель

Распределение тепловых полей мы не рассматривали.

д.т.н., профессор Худобин Л.В.

Поверхность – это чисто геометрический образ. Это разделение материальной среды с воздухом. Это ни о чем не говорит. И никакой температуры на поверхности быть не может. Она может быть только в контакте двух тел. В данном случае – или обрабатываемого изделия, или вашего гибкого инструмента. О чем речь?

Соискатель

Речь о температуре в контакте гибкого инструмента с материалом покрытия, который находится на периферийной части его поверхности и обрабатываемого изделия.

д.т.н., профессор Худобин Л.В.

Когда контактируют два тела, можно говорить о температуре в теле А и в теле Б. Вот и всё. О чем речь?

Соискатель

Речь о теле А, температура обрабатываемой поверхности на глубине нескольких микрометров. Распределение тепловых полей не определялось.

д.т.н., профессор Худобин Л.В.

Тогда вопрос – на какую глубину необходимо прогреть заготовку до заданной вами температуры 0,15-0,18 температуры плавления? А если температуры плавления 2000 градусов Цельсия, то 0,15 это будет 300 градусов что-ли? Вы что умудряетесь прогреть металл в мгновенном контакте до 300 градусов?

Соискатель

Поэтому мы наносим только медные сплавы, причем выбрали оловянную бронзу, потому что у неё температура плавления меньше. Нанести покрытие с температурой плавления 2000 градусов тоже возможно, но необходимо применять дополнительные приспособления, то есть разогревать элемент материала покрытия, подводить разный ток к детали и элементу материала покрытия.

д.т.н., профессор Худобин Л.В.

Значит на схеме на плакате 19, которую мы уже смотрели, не все участвующие в этой обработке тела изображены? Здесь три тела: обрабатываемая заготовка или деталь, как вы её называете; элемент, от которого микрообъемы переносятся на обрабатываемую заготовку и сам гибкий инструмент. Еще есть какой-то инструмент?

Соискатель

В данном случае – нет. Для нанесения сплавов цветных металлов нам дополнительное оборудование и приспособления не требуются. То есть достаточно фрикционного разогрева ворсом гибкого инструмента.

Председатель
У Вас всё, Леонид Викторович?

д.т.н., профессор Худобин Л.В.
Да, спасибо.

Председатель
Николай Васильевич, пожалуйста.

д.т.н., профессор Носов Н.В.
Просто уточнить. Скажите, пакетирование щетки вы рассматривали?

Соискатель
Можно уточнить значение слова?

д.т.н., профессор Носов Н.В.
У Кургузова Юрия Ивановича, вы много ссылаетесь на него, был, как раз, рассмотрен теоретически процесс пакетирования – уплотнение ворса щетки в зоне контакта.

Соискатель
Ю.И. Кургузов вводил дополнительные элементы для увеличения скорости схода ворсинок, а А.Н. Боков, который тоже занимался пакетированием пришел к выводу, что поверхностная плотность наиболее оптимальна в пределах 0,1.

д.т.н., профессор Носов Н.В.
Всё, не рассматривали.

Председатель
Николай Иванович, пожалуйста.

д.т.н., доцент Веткасов Н.И.
Скажите, пожалуйста, меняется ли характер взаимодействия инструмента и обрабатываемой заготовки по мере износа инструмента?

Соискатель
Да, конечно, характер взаимодействия меняется.

д.т.н., доцент Веткасов Н.И.
А как он учтен в ваших математических моделях?

Соискатель
Он учитывается наибольшим действительным напряжением (слайд 32 – алгоритм выбора рациональных режимов плакирования), которое может выдержать

ворс и наибольшим числом циклов, если напряжение приводит к разрушению ворса гибкого инструмента.

Председатель
У Вас всё, Николай Иванович?

д.т.н., доцент Веткасов Н.И.
Да, спасибо.

Председатель
На этом заканчиваем? Есть ещё вопросы? (нет). Слово предоставляется научному руководителю работы, Драчеву Олегу Ивановичу.

д.т.н., профессор Драчев О.И.
Уважаемый председатель, уважаемые члены совета, я расскажу о самом соискателе. Человек заканчивает с отличием ВАЗовский техникум, институт – с отличием, служит в армии, работает на ВАЗе технологом по станкам с числовым программным управлением. В 2005 году поступает в аспирантуру ТГУ. Это уже большое дело в наше время – поступать в аспирантуру. По данному направлению получил 2 патента, 2 авторских свидетельства по программам на ЭВМ. На ВВЦ получил 2 золотые медали – для нашей кафедры это довольно редкое явление. Я считаю, что это человек, который не только созрел социально, но и технически – освоил эксперимент, освоил теорию и начал работать. Откуда пришла эта идея – с управления главного механика ВАЗа обратились с просьбой – помочь в повышении износостойкости направляющих, потому что агрессивная СОЖ приводила к износу направляющих оборудования. Вначале была идея сделать антифрикционное покрытие. Попробовали. Получили эффект – 2-3 точки за неделю при большом морозе в соленой воде. Но суть состоит в том, что есть точное оборудование станков, которое нужно постоянно контролировать. Год отработал – точность теряет. Пришла идея – нельзя ли это все покрывать, при этом сохраняя геометрию? Начали работать в этом направлении. Представители Магнитогорска приезжали, предлагали свои идеи. У них была идея – распредвал, коленвал покрывать – идея не прошла. Ограничились кольцом синхронизатора – идея прошла. Он (соискатель) не сказал, что есть одна особенность этого метода – возможность нанесения покрытий на керамику. Направляющие станка уже начинают делать и уже давно делают из камня, а на камень нанести можно только плакированием гибким инструментом. Второе – область эффективного применения – нанесение на керамику золотого покрытия, то есть нанести токопроводящие металлы. Как нанести золото, серебро? Только если щетками, больше другого пути нет. Я и он (соискатель) видим дальнейшую свою работу в развитие в сторону керамики, направляющих станка и электроники. А в электронике – это микросхемы, где все выходы идут из золота. Из-за этого можно найти недостатки, а можно найти плюсы. Я считаю, что человек созрел, чтобы стать инженером-исследователем и стать достойным кандидатом наук и дальше продолжать работу. Он продолжает её и сейчас. Я думаю, что члены

Совета не ошибутся, если проголосуют за то, чтобы присудить ему искомую степень кандидата наук. По самой работе отзыв мой положительный.

(Отзыв прилагается).

Председатель

Спасибо. Слово предоставляется Ученому секретарю совета для оглашения заключения организации, где выполнялась работа и отзыва ведущей организации.

Ученый секретарь оглашает заключение организации, где выполнялась работа.

(Заключение прилагается).

Уважаемые коллеги! В адрес диссертационного совета поступило заключение федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Тольяттинский государственный университет». Заключение подписано А.В. Бобровским, кандидатом технических наук, доцентом, исполняющим обязанности заведующего кафедрой «Оборудование и технологии машиностроительного производства» ТГУ, заведующим кафедрой «Проектирование и эксплуатация автомобилей» ТГУ и, утвержден проректором по научно-инновационной деятельности Тольяттинского государственного университета С.Х. Петерайтисом 15 сентября 2015 года. Заключение положительное. В заключении характеризуется положительно Зотов Алексей Викторович, отмечается актуальность темы работы, оценивается степень достоверности работы.

Отмечается, что научная новизна работы определяется следующими положениями:

1. Разработана математическая модель распределения отпечатков ворса гибкого инструмента, формирующихся при его ударном динамическом воздействии на обрабатываемую поверхность.

2. Разработана математическая модель расчета геометрических и энергосиловых параметров зоны контакта гибкого инструмента с обрабатываемым изделием, основанной на точном решении дифференциального уравнения упругой линии методом эллиптических параметров.

3. Разработана математическая модель расчета средневероятной температуры основы обрабатываемой поверхности, учитывающей взаимовлияние локальных температур контактных площадок сжато-изогнутого ворса при его скольжении.

4. На базе разработанных математических моделей исследовано влияние режимов процесса ПГИ на основополагающие параметры зоны контакта.

5. Разработан алгоритм выбора рациональных технологических параметров процесса ПГИ, учитывающий специфику обработки, с целью формирования поверхностного слоя обрабатываемых изделий с требуемым уровнем эксплуатационных характеристик.

Отмечается практическая значимость работы которая, по мнению подписавших это заключение, заключается в возможности использования следующих результатов: математических моделей расчета параметров процесса

плакирования, реализованных в виде алгоритмов и программ для ЭВМ; устройств для обработки изделий методом поверхностного пластического деформирования с одновременным нанесением покрытий с расширенными технологическими возможностями – на эти устройства получены патенты на изобретение; регрессионных моделей определения толщины формируемого покрытия и износостойкости обработанных изделий; методики назначения эффективных режимов плакирования гибким инструментом для получения изделий с требуемым уровнем эксплуатационных характеристик обработанных поверхностей.

Технология обработки направляющих скольжения пар смешанного трения металлообрабатывающего оборудования внедрена на совместном предприятии ООО «Лада инструмент» ОАО «АвтоВАЗ».

Результаты работы изложены в 16 основных публикациях, в том числе 5 работ опубликованы в изданиях из перечня ВАК РФ. Получено 2 патента на изобретение и 2 свидетельства РФ о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Автореферат отражает основное содержание диссертации.

И делается заключение, что диссертация А.В. Зотова представляет собой самостоятельно выполненную научно-квалификационную работу, обладающую внутренним единством, которая по своей актуальности, научной новизне полученных результатов, их практической значимости соответствует «Положению о присуждении ученых степеней».

Работа А.В. Зотова соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.08 – технология машиностроения.

Диссертация «Повышение износостойкости пар смешанного трения скольжения технологического оборудования путем плакирования гибким инструментом» Зотова Алексея Викторовича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.08 – технология машиностроения.

Заключение принято на заседании кафедры «Оборудование и технологии машиностроительного производства».

Присутствовало на заседании 14 человек. Результаты голосования: «за» – 14 чел., «против» – нет, «воздержались» – нет. Протокол заседания № 2 от 14 сентября 2015 года.

Председатель

Вопросы есть по заключению? (нет). Пожалуйста, Николай Иванович, продолжайте.

Ученый секретарь зачитывает отзыв ведущей организации

(Отзыв прилагается)

В адрес диссертационного совета поступил отзыв от ведущей организации – ФГБОУ ВО «Самарского государственного технического университета». Отзыв составлен и подписан профессором кафедры «Технология машиностроения» доктором технических наук И.Д. Ибатуллиным и утвержден проректором по

научной работе Самарского государственного технического университета профессором М.В. Ненашевым.

Отзыв содержит следующую структуру: вначале отмечается актуальность выбранной темы исследования, затем по главам рассматривается содержание этих глав и дается краткая характеристика каждой главы.

Приведена характеристика научной новизны полученных результатов.

По мнению подписавших, научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

- разработана математическая модель распределения отпечатков ворса гибкого инструмента, формирующихся при его ударном динамическом воздействии на обрабатываемую поверхность;
- разработана математическая модель расчета геометрических и энергосиловых параметров зоны контакта гибкого инструмента с обрабатываемым изделием, основанной на точном решении дифференциального уравнения упругой линии методом эллиптических параметров;
- разработана математическая модель расчета средневероятной температуры основы обрабатываемой поверхности, учитывающей взаимовлияние локальных температур контактных площадок сжато-изогнутого ворса при его скольжении;
- на базе разработанных математических моделей исследовано влияние режимов процесса ПГИ на основополагающие параметры зоны контакта;
- разработан алгоритм выбора рациональных технологических параметров процесса ПГИ, учитывающий специфику обработки, с целью формирования поверхностного слоя обрабатываемых изделий с требуемым уровнем эксплуатационных характеристик.

Новизна научных результатов подтверждается анализом научно-технической информации.

Отмечена практическая ценность результатов диссертации, в частности, например, отмечается значимость для практики:

- математических моделей расчета параметров процесса плакирования, реализованных в виде программ для ЭВМ;
- устройств для обработки материалов методом поверхностного пластического деформирования с одновременным нанесением покрытий с расширенными технологическими возможностями;
- регрессионных моделей определения толщины формируемого покрытия и износостойкости обработанных поверхностей;
- методики назначения эффективных технологических режимов ПГИ для получения изделий с заданными эксплуатационными характеристиками.

Делается заключение об обоснованности научных положений и достоверности результатов и об апробации результатов исследования.

Приведены рекомендации по использованию результатов исследования Зотова Алексея Викторовича. В частности, рекомендуется использовать их на открытом акционерном обществе «АвтоВАЗ», ОАО «Азотреммаш», ОАО «Волгоцеммаш», ОАО «Кузнецов», АО «Тяжмаш», ОАО «Ульяновский автомобильный завод» и других предприятиях поволжского региона.

Отзыв содержит следующие замечания:

1. Из работы неясно, какое влияние кривизна поверхности обрабатываемого изделия оказывает на характер взаимодействия с ворсом гибкого инструмента в зоне контакта.

2. Не до конца прояснен момент, связанный с взаимодействием плакирующего инструмента при обработке прямолинейных направляющих, отличающихся конструкционной формой и типоразмерами.

3. В связи с тем, что обработке плакированием гибким инструментом подвергаются и крупногабаритные изделия, желательно автоматизировать поднастройку инструмента во время работы.

Приводится заключение и общая оценка работы. Отмечается, что в представленной диссертации содержатся новые научно обоснованные технические решения, имеющие существенное значение для развития страны.

Указанные замечания не носят принципиального характера, не влияют на общую положительную оценку работы и не ставят под сомнение основные положения и выводы диссертации.

Содержание автореферата полностью отражает основные положения диссертации.

Диссертация Зотова Алексея Викторовича «Повышение износостойкости пар смешанного трения скольжения технологического оборудования путем плакирования гибким инструментом» является завершенной научно-квалификационной работой, отвечающей требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а её автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.08 – технология машиностроения (технические науки).

Диссертация и отзыв рассмотрены и обсуждены на заседании кафедры «Технология машиностроения» Самарского государственного технического университета 2 декабря 2015 года, протокол № 5.

Председатель

Вопросы есть по отзыву ведущей организации? (нет). Тогда продолжаем. На автореферат и диссертацию поступило 12 отзывов и сегодня перед защитой нам принесли еще 4 отзыва. Есть предложение – включить эти отзывы в дело. Никто не возражает? (нет). Николай Иванович, приобщите отзывы к делу.

Ученый секретарь зачитывает обзор отзывов

(Отзывы прилагаются)

На автореферат и диссертацию поступили следующие отзывы:

1. Из **Московского государственного технологического университета «СТАНКИН»**. Отзыв подписан профессором кафедры «Автоматизированные системы обработки информации и управления», доктором технических наук, профессором Митрофановым В.Г. Замечания: из автореферата не ясно – за счет чего скорость перемещения обрабатываемой поверхности относительно гибкого

инструмента при обработке стали 18 ХГТ выше, чем при обработке серого чугуна СЧ 20 и какой конкретно параметр степени покрытия в подрисуночной подписи к рисунку 4, обозначен как $a_{отп}$.

2. Следующий отзыв из **Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.** Отзыв подписан заведующим кафедрой «Сварка и металлургия», доктором технических наук, профессором Родионовым И.В. Замечание – отсутствие в автореферате обоснования выбора в качестве материала покрытия оловянной бронзы.

3. Третий отзыв из **Санкт-Петербургского политехнического университета имени Петра Великого**. Отзыв подписан профессором кафедры «Управление проектами», доктором технических наук, профессором Тисенко В.Н. Замечания: 1. Согласно рисунку 6 автореферата затруднительно сделать заключение о степени влияния угла трения на силовые характеристики процесса плакирования гибким инструментом. 2. Спектрограмма покрытия, согласно рисунку 9, не позволяет оценить заявленное процентное содержание компонентов элемента материала покрытия.

4. Следующий отзыв из **Омского государственного университета путей сообщения**. Отзыв подписан профессором кафедры «Информатика, прикладная математика и механика», доктором технических наук, профессором Стихановским Б.Н. Замечания следующие: 1. В качестве одного из основных геометрических показателей на участке скольжения используется максимальный прогиб ворса гибких элементов, однако не приведено никаких зависимостей его определения. 2. В заключении отмечено, что получены регрессионные зависимости, позволяющие спрогнозировать, в том числе, и толщину покрытия, но в автореферате приведена только одна регрессионная зависимость определения относительной износостойкости.

5. Следующий отзыв поступил из **Пермского национального исследовательского политехнического университета.** Отзыв подписан зам. заведующего кафедрой «Инновационные технологии машиностроения», доктором технических наук, профессором Макаровым В.Ф. Замечания: 1. В автореферате практически не приведена методика экспериментальных исследований. Как определялась износостойкость поверхности – по какому критерию, на каком оборудовании, какие применялись щетки, каков диапазон исследованных режимов, как анализировалась структура обработанной поверхности? 2. Из текста автореферата непонятно, как связаны равнозначные понятия – плотность распределения отпечатков ворса и степень покрытия отпечатков ворса, хотя формулы 1 и 2 различные? В формулах не приведены обозначения некоторых параметров. 3. При оценке характеристик зоны контакта на участке скольжения не учтено взаимодействие соседних нитей ворса, что повышает жесткость воздействия ворса и несколько изменяет картину зоны контакта на рисунке 4. В автореферате много доказательств приведено в виде ссылок на основной текст диссертации – голословно – например, снимки с микроскопа, скоростная видеосъемка, моделирование методом конечных элементов и другие.

6. Следующий отзыв с **Донского государственного технического университета**. Отзыв подписан заведующим кафедрой «Автоматизация

производственных процессов», кандидатом технических наук, доцентом Лукьяновым А.Д. и заслуженным деятелем науки Российской Федерации, профессором кафедры «Автоматизация производственных процессов», доктором технических наук, профессором Заковоротным В.Л. Замечания: в автореферате не приводятся значения параметров либо зависимостей, входящих в блок расчета адгезионных процессов, что затрудняет восприятие материала. Так, из автореферата не ясно, на основании чего установлены ограничения по энергии механической активации и коэффициенту относительной прочности сцепления частиц.

7. Следующий отзыв из **Рыбинского государственного авиационного технического университета имени П.А. Соловьёва**. Отзыв подписан профессором кафедры «Прикладная механика», доктором технических наук, профессором Букатым С.А. Замечания: из автореферата неясно, какое программное обеспечение использовалось при разработке программ для ЭВМ и насколько программа позволяет варьировать параметры режима обработки при плакировании.

8. Следующий отзыв из **Волгоградского государственного технического университета**. Отзыв подписан профессором кафедры «Технология машиностроения», доктором технических наук, профессором Полянчиковым Ю.Н. и профессором кафедры «Автоматизация производственных процессов», доктором технических наук, профессором Плотниковым А.Л. Замечание следующее – в главе второй автореферата (страница 9), где представлена математическая модель определения температуры основы обрабатываемой поверхности, используется величина коэффициента теплопроводности чугуна. На наш взгляд, было бы рациональным с точки зрения обеспечения точности расчёта, использование отношения коэффициентов теплопроводности чугуна и покрытия, переносимого гибким инструментом (бронзы Бр05Ц5С5).

9. Следующий отзыв из **Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова.** Отзыв подписан профессором кафедры «Механика», доктором технических наук, профессором Железковым О.С. Замечание: из автореферата не совсем ясно, каким образом был определен коэффициент эффективности в экспериментах при анализе износостойкости плакированных образцов.

10. Следующий отзыв из **Набережночелнинского института (филиал) Казанского (Приволжского) федерального университета**. Отзыв подписан доцентом кафедры «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», кандидатом технических наук, доцентом Петровым С.М. и доцентом кафедры «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», кандидатом технических наук, доцентом Юрасовым С.Ю. Замечание: не ясно, рассматривался ли автором вопрос влияния на конечные параметры поверхностного слоя, формируемых при плакировании, свойств заложенных на предшествующих операциях. Также, на наш взгляд, целью научной работы должна быть разработка методов, методик для решения практических, производственных задач.

11. Следующий отзыв из **Кузбасского государственного технического университета им. Т.Ф. Горбачева.** Отзыв подписан заведующим кафедрой «Металлорежущие станки и инструменты», доктором технических наук,

профессором Коротковым А.Н. Замечания: из автореферата не ясно: каким образом сопрягается технология плакирования с устранением износа направляющих скольжения, например, в средней части станины; учитывается ли, в разработанных автором математических моделях, фактор возможного изменения эксплуатационных характеристик гибкого инструмента с течением времени в ходе работы – угол наклона и износ ворса, длина изгибающей части, силовые и тепловые параметры и другие.

12. Следующий отзыв из **Тюменского государственного нефтегазового университета**. Отзыв подписан заслуженным работником высшей школы РФ, заведующим кафедрой «Станки и инструменты», доктором технических наук, профессором Артамоновым Е.В. Замечание: плохо читаемые из-за мелкого шрифта индексы буквенных обозначений в схемах алгоритмов.

Сегодня пришли ещё 4 отзыва. Все перечисленные выше отзывы положительные. Также положительны и 4 отзыва, которые пришли сегодня.

13. Отзыв из **Курганского государственного университета**. Отзыв подписан профессором кафедры «Инноватика и менеджмент качества», кандидатом технических наук, профессором Орловым В.Н. Замечание, если это можно назвать замечанием: вместе с тем хотелось бы, чтобы на защите автор пояснил, какой экономический эффект достигается от внедрения предложенной технологии. Отзыв положительный.

14. Следующий отзыв пришел из **Забайкальского государственного университета**. Отзыв подписан профессором кафедры «Автоматизация производственных процессов», доктором технических наук, профессором Свининым В.М. В отзыве имеются три замечания: 1. Не определено, в какой степени технология ремонта путем плакирования изношенных направляющих позволяет восстановить утраченную форму и размеры. 2. Отсутствуют сведения о шероховатости поверхности восстановленных направляющих и влиянии на неё предложенных режимов обработки. 3. Не описаны устройства для проведения плакирования.

15. Следующий отзыв из **Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова** от профессора кафедры «Технология машиностроения» Марковым А.М., доктора технических наук, профессора. Отзыв положительный. Содержит три замечания: 1. Разработанный автором с целью формирования поверхностного слоя обрабатываемого изделия с требуемым уровнем эксплуатационных характеристик алгоритм выбора рациональных технологических параметров процесса плакирования гибким инструментом, учитывающий специфику обработки, несомненно, представляет практическую значимость, но вряд ли может быть отнесен к элементам научной новизны защищаемой работы, как это следует из автореферата; 2. Автор в диссертационной работе рассматривает плакирование серого чугуна СЧ 20 оловянной бронзой Бр05Ц5С5. Из автореферата неясна область применимости полученных результатов, разработанных моделей: только для этой пары материалов или эта пара материалов выбрана как пример эффективности полученных результатов. 3. В списке работ не приведены сведения о

свидетельствах государственной регистрации программ для ЭВМ, полученных автором.

16. И последний отзыв поступил из **Объединенного университета машиностроения национальной академии наук Беларуси.** Отзыв подписан доктором технических наук, доцентом, заведующим лабораториями газотермических методов упрочнения Белоцерковским М.А. и ведущим научным сотрудником университета, кандидатом технических наук, доцентом Леванцевичем М.А. Отзыв положительный. В качестве замечания необходимо отметить отсутствие в автореферате сведений о величине прочности сцепления с основой покрытий, наносимых методом плакирования гибким инструментом, хотя на странице 12 указано, что «разработана методика оценки адгезионной прочности сцепления покрытия с основой».

Председатель

Так, пожалуйста, Вам слово, Алексей Викторович, по ответам на замечания отзыва ведущей организации и отзывов на автореферат.

Соискатель

По замечаниям ведущей организации. На замечание: не до конца прояснен момент, связанный с взаимодействием плакирующего инструмента при обработке прямолинейных направляющих, отличающихся конструкционной формой и типоразмерами – в данном случае рассматривался процесс именно нанесения покрытия, а «отличающихся конструкционной формой» подразумевает различные конструкции устройств для нанесения материала покрытия. На замечание: из работы неясно, какое влияние кривизна поверхности обрабатываемого изделия оказывает на характер взаимодействия с ворсом гибкого инструмента в зоне контакта – на данный момент не рассматриваются поверхности усложненной кривизны – детали обрабатываются преимущественно только плоской и цилиндрической формы.

Согласен с пожеланием, что необходимо автоматизировать поднастройку инструмента и с теми замечаниями, которые только что перечислил, тоже согласен – это будет дальнейшим развитием нашей работы.

Из замечаний, которые перечислены по автореферату – практически на абсолютное их большинство есть ответ в диссертации. Данные замечания возникли из-за ограниченного объема автореферата, в который невозможно включить все перечисленные моменты, которые требовалось огласить в замечаниях. Одно из распространённых замечаний, которое было у многих авторов – неясно, каким образом, сопрягается технология плакирования с устранением износа направляющих, например, в средней части станины. Как уже было сказано в ответах на вопросы диссертационного совета – технология не является технологией восстановления, сутью данной технологии является дополнительная операция при ремонте для повышения долговечности. По всем остальным замечаниям – либо исчерпывающая информация есть в диссертации, либо согласен с пожеланиями.

Председатель

Спасибо. Слово для отзыва предоставляется официальному оппоненту – **Белевскому Леониду Сергеевичу.**

д.т.н., профессор Белевский Леонид Сергеевич

Уважаемые члены Ученого Совета, позвольте представить отзыв официального оппонента на диссертацию Зотова Алексея Викторовича – «Повышение износостойкости пар смешанного трения скольжения технологического оборудования путем плакирования гибким инструментом» по специальности «Технология машиностроения».

Я начну прямо по разделам. Структура и объем диссертации – диссертация состоит из 4 глав, достаточно иллюстрирована, оформлена аккуратно, вполне грамотно, никаких отклонений от общепринятого оформления диссертаций оппонентом не обнаружено, есть приложения – в этом плане, в моем представлении, все в порядке.

По актуальности темы диссертации хотелось бы сказать, пользуясь возможностью, несколько подробнее. Здесь задавали очень много вопросов – это как раз говорит о том, что присутствующих она, очевидно, не оставила совсем равнодушными. Но, тем не менее есть возможность, в какой-то степени, хотя оппоненту и положено критиковать, выступить в защиту соискателя по актуальности. Я представитель Магнитогорска и мы 30 лет назад, и я, в частности, был одним из первых, кто создали научное подразделение и довольно долго и упорно занимались нанесением покрытий. До нас, вот здесь звучали известные фамилии – Ю.И. Кургузов, Д.Д. Папшев и много ещё людей, занимались упрочнением поверхностей щеткой или просто изменением шероховатости поверхности. Покрытием почти не занимались, таких работ не было. Поэтому он (соискатель) ссылался, в частности, на работы ученых из Магнитогорска. И действительно, достаточно много сделано, причем, если говорить об актуальности, то круг вопросов, который решается дешевой, в общем, и простой технологией весьма широк. Это вопросы: упрочнения поверхности – упрочнение поверхности при определенных технологических режимах идет очень серьезное и можно достичь такого же упрочнения, как при обдувке дробью или обкатывании, но это не всегда возможно и нужно; нанесения покрытий – антифрикционных, антикоррозионных, других видов покрытий, в частности, жаростойких покрытий, чем мы занимались; при производстве биметаллов. Распространился способ достаточно широко – выступали с докладами и по стране, и за рубежом в разных странах. В Беларуси активно работают над этой темой. У меня актуальность работы сомнений не вызывает. Диссертант взял конкретный случай, которым мы не занимались – чугунные направляющие. Вопросы задавались совершенно справедливо – почему нет широкого применения на машиностроительных предприятиях? Совершенно правильно, мы много раз выступали с такими предложениями. Но дело в том, что наши машиностроители, а часто и зарубежные поступают совершенно одинаково – им необходимо как можно больше выпустить продукции, и чем быстрее будет её износ, тем им будет выгоднее – они будут выпускать новую продукцию: станки, направляющие. А у тех, кто эксплуатирует, часто нет желания заниматься ремонтом,

но у них нет выбора – когда нет средств на покупку нового оборудования, то приходится заниматься и ремонтом, и думать, как продлить срок службы существующего оборудования. Здесь совершенно правильный подход – там, где требуется можно наносить нужные покрытия. Вопрос был – а что делать с массовым производством? С массовым производством конечно сложно – там важна каждая секунда дополнительной операции. С единичным гораздо проще – нам приходилось приводить в порядок детали весом в десятки тонн – здесь эффективность крайне высока. Поэтому по актуальности темы диссертант попал в совершенно правильное направление.

Теперь обоснованность и достоверность научных положений и выводов. Об этом уже говорили, хотя он (соискатель) иногда не очень удачно отвечал. Всё, что положено – всё написано: корреляция основных положений и теоретических исследований с результатами экспериментальных исследований; применено современное высокотехнологичное оборудование; проведена апробация.

По новизне исследований и полученных результатов. Замечательно разработаны математические модели при ударном динамическом воздействии на обрабатываемую поверхность. Разработана модель расчета геометрических параметров – он (соискатель) пытался проанализировать бесчисленные формулы, которые были написаны до него – в итоге, впервые, создал модель, основанную на решении уравнения упругой линии методом эллиптических параметров. Выполнил расчет средневероятной температуры и, должен сказать, результат довольно точно отражает и литературные данные, и результаты наших исследований температуры. Приведены результаты исследования влияния режимов процесса плакирования на основополагающие параметры. На базе разработанных математических моделей созданы алгоритмы. В моем представлении, то, что должно быть в кандидатской диссертации, в ней есть. В автореферате же в 15-16 страницах ответить на многочисленные вопросы, которые возникают, достаточно сложно.

Практическая значимость полученных результатов – наличие программ, наличие свидетельств о государственной регистрации, наличие патентов, методики плакирования. Наличие достаточного количества публикаций, в том числе, в журналах, рекомендованных ВАК. Есть внедрение, что сейчас не так часто бывает.

Замечания по диссертационной работе:

1. В названии диссертации употребляется термин «технологическое оборудование», а в цели работы – «металлообрабатывающее оборудование». Тут нужно было выбрать что-то одно – или, вообще, всё технологическое оборудование захватить, или только металлообрабатывающее. В диссертации, как я понял, в основном он (соискатель) задействовал металлообрабатывающие станки. Тогда нужно было так написать и в названии диссертации.

2. Автор считает (страница 6), что обработка проволочной щеткой с одновременным нанесением покрытия является комбинированным способом. Согласно ГОСТ 18296-72 «Обработка поверхностным пластическим деформированием. Термины и определения» – это совмещенный способ. Он одновременно и наносил покрытия, и упрочнял незначительно – это совмещенный способ.

3. В главе 1 приведено два десятка громоздких формул других авторов. Какой-либо анализ этих формул, особенно эмпирических, с множеством числовых коэффициентов, отсутствует. Некоторые формулы занимают полстраницы. Откуда взяты, входящие в них коэффициенты, понять трудно.

4. Выводы в главах 2 и 3 состоят из одних общих фраз и слов, не приведено никаких конкретных данных. Я бы сказал, что эти выводы – это научная новизна. В автореферате есть пункты научной новизны, которые может написать любой. К примеру – разработана модель. Хотелось бы видеть какие-то цифры, что дает эта модель.

5. В разделе «научная новизна» (страница 8 диссертации) написано: «Разработаны новые конструкции устройств нанесения покрытий методом плакирования гибким инструментом». Считать за научную новизну технически несложные устройства, наверное, не нужно.

Тем не менее, высказанные замечания, имеют частный характер и не ставят под сомнение научные результаты работы.

И последнее – соответствие диссертации и автореферата критериям «Положения о присуждении ученых степеней». Представленная диссертационная работа Зотова Алексея Викторовича является самостоятельной законченной научно-квалификационной работой, обладающая актуальностью, новизной полученных результатов и практической значимостью. Содержание диссертации соответствует поставленным задачам и отражает последовательность их решений. Основные научные положения диссертации опубликованы в научной печати, в том числе 5 научных публикаций в изданиях, рекомендуемых ВАК. Получено 2 патента на изобретение, 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. В целом, диссертация соответствует требованиям пункта 9 «Положения о присуждении ученых степеней» от 24 сентября 2013 года, а соискатель Зотов Алексей Викторович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.08 – Технология машиностроения (технические науки).

(Отзыв прилагается).

Председатель

Спасибо. Есть вопросы у присутствующих? (нет). Спасибо! Пожалуйста, слово соискателю для ответа на замечания.

Соискатель

Спасибо. Одним из первых замечаний было, что в теме диссертации употребляется термин «технологическое оборудование», а в цели работы – «металлообрабатывающее», я могу объяснить тем, что изначально предполагалось использовать и кузнечно-прессовое оборудование тоже, но в дальнейшем, анализ условий работы кузнечно-прессового оборудования, позволил использовать данные, полученные для металлообрабатывающего оборудования. Поэтому мы сосредоточились на металлообрабатывающем оборудовании.

Замечание: в главе 1 приведено два десятка громоздких формул других авторов. Для чего это было сделано – при подготовке мной данной диссертации

большой проблемой было проведение обзора, то есть было написано, что что-то разработано без какой-либо конкретизации. Эти формулы приведены для того, чтобы можно было хотя бы, в общем, понять в каком направлении двигался и как определял тот или иной параметр, тот или иной автор.

С остальными замечаниями я согласен.

Председатель

Леонид Сергеевич, ответом удовлетворены?

д.т.н., профессор Белевский Леонид Сергеевич

Да, вполне.

Председатель

Слово для отзыва предоставляется официальному оппоненту **Курочкину Антону Валерьевичу**.

к.т.н. Курочкин Антон Валерьевич

Уважаемые члены диссертационного совета, разрешите, я кратко изложу свой отзыв, потому как предыдущий оппонент все достаточно подробно изложил.

Первое – актуальность диссертационной работы. Повышение производительности и качества изготовления машиностроительной продукции может быть достигнуто за счет использования современных методов поверхностного модифицирования, а наибольший потенциал для повышения эксплуатационных свойств изделий заключается в упрочнении поверхностей деталей машиностроения и нанесении на них покрытий из различных материалов.

Соответственно работа Зотова Алексея Викторовича, посвященная повышению износостойкости пар трения скольжения технологического оборудования путем плакирования гибким инструментом, является актуальной и представляет интерес для науки и производства.

Оценка содержания и оформления диссертации. С методологической точки зрения материалы диссертационной работы изложены верно. Диссертация написана грамотным техническим языком, снабжена достаточным количеством иллюстраций, оформлена в соответствии с требованиями, предъявляемыми к диссертации.

Научная новизна работы заключается в целом комплексе математических моделей, разработанных автором, а также в разработанной методике выбора рациональных технологических параметров процесса плакирования гибким инструментом, учитывающей специфику обработки с целью формирования поверхностного слоя обрабатываемых изделий с требуемым уровнем эксплуатационных характеристик.

Достоверность научных разработок и основных положений диссертации подтверждены достаточно обширными экспериментальными исследованиями, корректность постановки и проведения которых, а также справедливость полученных результатов, сомнений не вызывают и подтверждаются результатами интеллектуальной деятельности, автором которых является диссертант.

Практическая значимость работы состоит в предложенной автором технологии обработки направляющих скольжения смешанного трения металлорежущего оборудования методом плакирования гибким инструментом. А разработанные устройства для обработки материалов методом поверхностного пластического деформирования с одновременным нанесением покрытий с расширенными технологическими возможностями имеют значительную практическую значимость для отечественного станкостроения.

Замечания по диссертационной работе

1. При анализе актуальности проводимых исследований автором не доказано преимущество использования методов плакирования гибким инструментом по сравнению с другими методами повышения эксплуатационных (в частности износостойких) характеристик поверхности деталей, например, использования различных покрытий, плазменного упрочнения, обработки дробью и другие.

2. В работе неоднократно упоминается о том, что «серый чугун обладает рядом специфических свойств, что отличает его не только от стали, но и от прочих видов чугуна» – тем не менее, доказательств и объяснений этому явлению не приведено.

3. Все экспериментальные исследования автора проведены над образцами и деталями, изготовленными из серого чугуна. Возникает вопрос: насколько справедливы модели и методики автора при использовании плакирования для обработки стальных деталей? Большинство деталей станков и, вообще, деталей машиностроительных изделий, работающих в условиях интенсивного износа и нагружения изготавливаются не из чугуна, а из других металлов и сплавов.

4. С целью формирования поверхностного слоя обрабатываемых изделий с требуемым уровнем эксплуатационных характеристик автором разработан алгоритм выбора рациональных технологических параметров процесса плакирования. Каким образом можно использовать данный алгоритм на практике? Реализация данного алгоритма в условиях производства возможна при использовании методики или программы для ЧПУ. Тем не менее, данные документы автором не приведены.

5. Встречаются неточности и опечатки в тексте диссертации. Ряд графиков и диаграмм не соответствует требованиям оформления, согласно существующим стандартам.

6. В диссертации Зотова А.В. приведен документ «Акт о внедрении результатов научно-исследовательской (опытно-конструкторской работы), тем не менее, документально данная технология не подтверждена (например, титульный лист с подписями, операционные карты и тому подобное).

И заключение – в целом, представленная диссертационная работа соответствует критериям, изложенным в п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор – Зотов Алексей Викторович – заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.08 - «Технология машиностроения».

(Отзыв прилагается).

Председатель

Спасибо. Вопросов нет? (нет). Пожалуйста, Алексей Викторович.

Соискатель

По первому замечанию. По сравнению с использованием других видов обработки, здесь главное – экономическая эффективность.

По второму замечанию – «серый чугун обладает рядом специфических свойств, что отличает его не только от стали, но и от прочих видов чугуна» – это общеизвестные сведения, поэтому внимание на этом не акцентировалось.

По четвертому замечанию – «каким образом можно использовать данный алгоритм на практике? Реализация данного алгоритма в условиях производства возможна при использовании методики или программы для ЧПУ. Тем не менее, данные документы автором не приведены». По сути вся диссертация является данной методикой и необходимые документы будут разработаны в дальнейшем.

С остальными замечаниями согласен.

Председатель

Антон Валерьевич, ответом удовлетворены?

к.т.н. Курочкин Антон Валерьевич

Да.

Председатель

Кто из членов совета хочет выступить? Борис Михайлович Горшков, пожалуйста.

д.т.н., профессор Горшков Б.М.

Уважаемые коллеги! Судя по вопросам, которые были заданы, работа вызвала искренний интерес. Но это не случайно. Мы видим человека, который прошел хорошую школу, который работал на производстве, закончил аспирантуру и представил Вашему вниманию работу. По актуальности, мне очень понравились слова его руководителя, который сказал, что можно наносить покрытия на керамику. Занимаясь, по роду своей деятельности, станинами, я могу сказать, что в настоящее время станины изготовляют не только из чугуна, но и из гранитана, синтеграна, то есть из синтетических материалов и нанесение покрытий на направляющие, с помощью такого инструмента, который представлен в работе, было бы весьма интересным направлением. Конечно, после этого необходимо осуществлять доводку. В данной работе, несколько непонятно было на плакате 19, как осуществляется прогрев инструментом направляющих. А сам процесс нанесения? Этот процесс, по-видимому, все-таки управляемый, учитывая, что дополнительно ставится устройство, повышающее жесткость волокон гибкого инструмента. Неплохо бы было рассмотреть это детально. В целом работа мне очень понравилась. Зотов Алексей Викторович, считаю, достоин присуждения искомой степени. Я буду голосовать «за» и призываю Вас голосовать также. Спасибо.

Председатель
Ещё желающие? Пожалуйста, Леонид Викторович Худобин.

д.т.н., профессор Худобин Л.В.
Коллеги, я задавал много вопросов, поэтому счел своим долгом сформулировать своё впечатление о защите. Ну, во-первых, я должен сказать, что сегодняшняя защита подтверждает, какое огромное значение имеет правильный выбор оппонента. Леонид Сергеевич, который сделал, по-моему, прекрасный анализ выполненной работы, снял очень многие вопросы, которые я хотел задать. Первый из этих вопросов – насколько ново это исследование? Ведь членам нашего Совета, где в основном сосредоточены люди, занимающиеся много лет абразивной обработкой, очень трудно оценить степень новизны постановки задач в данной диссертации, которую мы рассматриваем, новизну выводов, которые были сделаны из проведенных исследований. Леонид Сергеевич снял все эти мои сомнения и вопросы и сказал, что уважаемый соискатель нашел свою нишу, где провел оригинальные, новые исследования. Это, в значительной степени, влияет на мое суммарное, так сказать, мнение, о сегодняшней защите. Если всё то, что нам сегодня преподнес Алексей Викторович, действительно обладает научной новизной и практической полезностью, то напрашивается аналогия с Ю.А. Гагариным – совершил один оборот вокруг Земли и остался в истории человечества. После этого люди в космосе работают годами, и мы не знаем, в большинстве с Вами, даже их фамилий. Поэтому если работа Алексея Викторовича порождает гораздо больше вопросов, чем то количество вопросов, на которые он нашел ответы, то это, наверное, тоже очень хорошо – потому как сразу с первой попытки эти вопросы, вероятно, решить было невозможно. Я, прежде всего, от себя, поблагодарил бы Леонида Сергеевича. А что касается керамики, которую тут вдруг расхвалили, то я вообще не понимаю, почему об этом зашла речь у уважаемого научного руководителя. Слово «керамика» не содержится в автореферате и диссертации и это совершенно другая задача. В диссертации идет речь о парах скольжения. А причем тут керамика? Там физические и химические основы самого этого процесса настолько далеки от того, что мы сейчас рассматриваем – металлические пары – то совершенно непонятно к чему такая аналогия. В целом, я поддерживаю эту работу, и естественно буду голосовать «за».

Председатель
Александр Федорович Денисенко, пожалуйста.

д.т.н., профессор Денисенко А.Ф.
Уважаемые коллеги, что мне, во-первых, понравилось в этой работе – она построена по классическому, традиционному варианту – поставлена задача, доказана её актуальность, обоснована та база, от которой отталкивался соискатель, затем сделаны некоторые теоретические исследования, получены аналитические выражения, проверены экспериментально и это доведено до некоторых опытно-промышленных образцов. И, мне показалось, на всех этих этапах, соискатель достаточно хорошо владеет материалом и может достаточно полно отвечать на

наши вопросы. Но, тем не менее, мне хочется отметить и те спорные моменты, которые вызвали вопросы. Во-первых, на мой взгляд, термин «ремонт», который появился в работе, он совершенно необоснованный. По сути дела, ремонта здесь как такового нет. Есть процесс поддержания требуемой долговечности направляющих, и он не восстанавливает геометрию, он просто продляет функциональную надежность направляющих. Жалко, что не прозвучал ответ на вопрос, хотя он всплывал в каком-то виде – а как часто нужно наносить покрытие, чтобы не доводить до момента работы основного материала направляющих, в данном случае – чугуна? И вот это будет связано и с экономическим эффектом – если это раз в несколько лет – то это одна сторона, а если процесс нужно будет повторять через каждые несколько месяцев – то здесь уже, наверное, достаточно сложно оценить этот вопрос. И второй момент, на который я бы хотел обратить внимание, хотя Леонид Викторович и упомянул его в своем выступлении – в вопросах, которые он задал, скрыт достаточно важный аспект. Мне показалось, что работа сильно выиграла бы, если рассматривался весь процесс комплексно – и снятие металла с образца наносимого покрытия и сам процесс нанесения. С какой скоростью это всё происходит? С каким усилием прижимается? Какой объем материала при этом снимается? Это достаточно комплексная задача. И вот тогда эта модель была бы более полновесной и дала бы ту базу, которая позволила бы двигаться дальше. И еще один момент, который я хотел бы отметить – я так и не понял из выступления соискателя – сделал ли он что-то по сравнению с той школой, которая существует в Магнитогорске по упругопластическим деформациям? Если эти все выводы новые, то, как они коррелируют с тем, что уже было сделано? И была ли такая необходимость, учитывая, что в заголовке вынесено только плакирование. При чем здесь упругопластическая деформация, как-то не очень понятно. Но, тем не менее, то, что мы сегодня услышали, дает нам полное основание считать, что работа соответствует всем требованиям, и я буду голосовать «за». Спасибо.

Председатель
Евгений Степанович Киселев, пожалуйста.

д.т.н., профессор Киселев Е.С.
Я хотел бы бросить «ложку дёгтя» в ту «бочку меда» что здесь, особенно по актуальности, было сказано. Вот, уважаемые коллеги с нашей кафедры, наверное, помнят, что у нас защиты магистров происходили несколько лет под председательством Сергея Геннадьевича Дементьева, генерального директора «Авиастар». После одной из таких работ он сказал: «Вот какой я дурак! Столько денег бросил на ремонт 10 или 15 станков Р 500. Лучше бы я их потратил на один современный станок». Наше металлорежущее оборудование настолько устарело, что эксплуатация его экономически невыгодна, даже, несмотря на себестоимость рабочей силы. У нас зарплата одна из самых низких в мире, и, тем не менее, самолет ТУ-204 получается дороже, чем аналог Боинга. Использовать это оборудование, ремонтировать его, пытаться восстанавливать сейчас уже бесполезно. Его нужно выбрасывать и заменять новым. Относительно того, что производители заинтересованы в том, чтобы у них больше продукции покупали и поэтому не

заинтересованы в том, чтобы она служила долгий срок – я с этим тоже не согласен. Дело в том, что технический прогресс идет таким образом, что 5 лет для станка – это уже моральный его износ намного больше физического и нет необходимости в ремонте. Во всем мире так и делают, кроме России. Еще в советское время, когда Рыжков был председателем совета министров, я помню, когда он в своем докладе на последнем съезде говорил, что на следующую пятилетку наша станкостроительная промышленность полностью за 5 лет должна поменять парк оборудования. К тому же, где сейчас в станках направляющие скольжения? Только в старых. Во всех новых станках направляющие качения. А эта технология не подходит. Поэтому на мой взгляд основной недостаток этой работы – не нашли область применения. Я голосую «за». Работа научно-квалификационная выполнена достаточно грамотно, но нужно найти эти пары трения скольжения. Может быть, в прокатных станах где-то и идут, а в перспективных моделях металлорежущих станков везде применяется шарико-винтовая пара и направляющие качения. Работа в целом сделана достаточно хорошо, но относительно актуальности вопрос не решен.

Председатель

Я думаю, что надо закончить дискуссию, но, тем не менее, я хотел бы Евгению Степановичу ответить на его слова, что кроме России за рубежом не занимаются ремонтом и модернизацией – модернизация проводится везде и ремонт оборудования тоже происходит во всем мире. И говорить, что этого нет, наверное, не совсем правильно.

Еще высказывания? Да, Леонид Сергеевич, пожалуйста.

д.т.н., профессор Белевский Л.С.

Я хотел бы поблагодарить за замечание. Совершенно правильно было сказано. Я хотел бы просто уточнить, что то, что соискатель предлагает вполне применимо к парам не скольжения, а качения. И этим занимались. Я сам занимался винтовыми парами для станков с ЧПУ. Их на Красноярском механическом заводе стояло 300 штук. На винты шарико-винтовых пар мы наносили соответствующие покрытия. Кроме того, мы занимались покрытием шариков, что было вызвано производственной необходимостью. Был получен патент. Поэтому, в том, что было сказано, прослеживается новое направление работы, так как совершенно правильно было сказано – в новых станках в основном пары качения, а не скольжения.

Председатель

Еще высказывания? (нет). На этом дискуссию закончим.

Соискателю предоставляется заключительное слово

Соискатель

Я выслушал с интересом высказанные замечания. И хотел бы сказать, что данная работа является действительно лишь первым шагом. Изначально ставился вопрос построения автоматизированной системы управления, которая, как раз,

компенсировала бы износ ворса гибкого инструмента. Спасибо присутствующим за высказанные замечания и пожелания.

Председатель

Продолжаем работу. Переходим к голосованию. Есть предложение – счетную комиссию избрать в составе: Клячкин Владимир Николаевич, Дьяконов Александр Анатольевич и Киселев Евгений Степанович. Прошу голосовать. Возражений нет? (нет). Единогласно.

Председатель

Прошу счетную комиссию приступить к работе.

(Счетная комиссия организует тайное голосование)

Председатель

Уважаемые коллеги! Продолжаем нашу работу. Слово предоставляется председателю счетной комиссии Киселеву Е.С.

Оглашается протокол счетной комиссии

(Протокол счетной комиссии прилагается)

Председатель

Прошу голосовать.

Кто за? (Все).

Кто против? (Нет).

Кто воздержался? (Нет).

Протокол счетной комиссии утверждается единогласно.

Таким образом, по результатам тайного голосования («за» - 16; «против» - 0; «недействительных бюллетеней» - 1) диссертационный совет Д 999.003.02 при Ульяновском государственном техническом университете считает, что диссертация **А.В. Зотова** содержит решение задачи, связанной с повышением износостойкости пар трения, имеющей существенное значение для развития технологии машиностроения, и соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям (Положением о присуждении ученых степеней) и присуждает **Зотову Алексею Викторовичу** ученую степень кандидата технических наук по специальности **05.02.08 – Технология машиностроения (технические науки)**.

У членов Совета имеется проект заключения совета по диссертации **А.В. Зотова**. Предлагаю принять его за основу. Нет возражений? (нет). Принимается.

Какие будут замечания и предложения к проекту заключения?

(Обсуждение проекта)

Председатель

Хорошо, заканчиваем обсуждение? Еще есть замечания? (нет). Кто за данное заключение, прошу проголосовать?

Кто за? (Все).

Кто против? (Нет).

Кто воздержался? (Нет).

Принимается единогласно.

Заключение объявляется соискателю

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ОБЪЕДИНЕННОГО ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА
Д 999.003.02 НА БАЗЕ
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Ульяновский государственный технический университет» и федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Тольяттинский государственный университет» по диссертации
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 28.12.2015 № 10

О присуждении Зотову Алексею Викторовичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Повышение износостойкости пар смешанного трения скольжения технологического оборудования путем плакирования гибким инструментом» по специальности 05.02.08 – «Технология машиностроения (технические науки)» принята к защите 22.10.2015, протокол № 7, объединенным диссертационным советом Д 999.003.02 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения (ФГБОУ) высшего профессионального образования (ВПО) «Ульяновский государственный технический университет» Министерства образования и науки Российской Федерации 432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, д. 32 и ФГБОУ ВПО «Тольяттинский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации, 445667, Самарская область, г. Тольятти, ул. Белорусская, д. 14, приказ о создании диссертационного совета №123/нк от 17 февраля 2015 года.

Соискатель Зотов Алексей Викторович, 1980 года рождения. В 2003 году соискатель окончил ГОУ ВПО «Тольяттинский государственный университет». В 2009 году окончил заочную аспирантуру по специальности 05.02.08 в ГОУ ВПО «Тольяттинский государственный университет»; работает старшим преподавателем на кафедре «Проектирование и эксплуатация автомобилей» ФГБОУ ВПО «Тольяттинский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре «Оборудование и технологии машиностроительного производства» ФГБОУ ВПО «Тольяттинский

государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации

Научный руководитель – заслуженный деятель науки Российской Федерации, доктор технических наук, Драчев Олег Иванович, ФГБОУ ВПО «Тольяттинский государственный университет», кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства», профессор кафедры.

Официальные оппоненты:

Белевский Леонид Сергеевич, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», кафедра «Проектирование и эксплуатация металлургических машин и оборудования», профессор кафедры.

Курочкин Антон Валерьевич, кандидат технических наук, ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева», начальник управления научно-исследовательской работой дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация - ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», г. Самара в своем положительном заключении, подписанном Ибатуллиным Ильдаром Дугласовичем (доктор технических наук, профессор, кафедра «Технология машиностроения», заведующий кафедрой, профессор кафедры) и утвержденным Ненашевым Максимом Владимировичем, доктором технических наук, профессором, проректором по научной работе ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» указала, что диссертация Зотова Алексея Викторовича «Повышение износостойкости пар смешанного трения скольжения технологического оборудования путем плакирования гибким инструментом», представленная к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.08 – «Технология машиностроения», является научно-квалификационной работой, в которой содержатся новые научно обоснованные технические решения, имеющие существенное значение для развития страны.

Соискатель имеет 27 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 16 работ, в том числе 5 - в научных журналах и изданиях, которые включены в перечень российских рецензируемых научных журналов и изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций. Получены 2 патента РФ на изобретения, 2 свидетельства РФ о государственной регистрации программ для ЭВМ. Общий объем работ по теме диссертации составляет 4,9 печатных листов, их них авторский вклад соискателя – 2,5 печатных листа.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Зотов, А. В. Методика расчета геометрических и силовых параметров зоны контакта при плакировании изделий гибким инструментом / А. В. Зотов // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. – 2012. – № 3. – С. 85-88.

2. Платов, С. И. Модель формирования толщины плакированного слоя на деталях пар трения технологического оборудования / С. И. Платов, Р. Р. Дема, А. В. Зотов // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. – 2013. – №1. – С. 69-72.

3. Зотов, А.В. Оценка износостойкости направляющих скольжения, подвергнутых плакированию / А. В. Зотов, О. И. Драчев // Металлообработка. – 2013. – № 3. – С. 5-10.

4. Зотов, А. В. Анализ напряженного деформированного состояния ворса проволочного инструмента / А. В. Зотов, О. И. Драчев, Н. В. Семенченко //Известия Волгоградского государственного технического университета : межвуз. сб. науч. ст. – 2013. – № 20. – С. 21-23.

5. Зотов, А. В. Оценка деформационных процессов при обработке проволочным инструментом / А. В. Зотов, О. И. Драчев, Д. А. Расторгуев, А. В. Святкин, В. С. Климов, Е. Д. Мерсон // Металлообработка. – 2014. – №6. – С. 34-40.

На диссертацию и автореферат поступили 16 отзывов:

ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН». Отзыв подписан д.т.н., профессором, профессором кафедры «Автоматизированные системы обработки информации и управления» Митрофановым В.Г. Отзыв положительный, замечание: из автореферата не ясно за счет чего скорость перемещения обрабатываемой поверхности относительно гибкого инструмента при обработке стали 18 ХГТ выше, чем при обработке серого чугуна СЧ 20 и какой конкретно параметр степени покрытия в подрисуночной подписи к рисунку 4, обозначен как $a_{отп}$. **ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»**. Отзыв подписан д.т.н., профессором, заведующим кафедрой «Сварка и металлургия» Родионовым И.В. Отзыв положительный, замечание: отсутствие в автореферате обоснования выбора в качестве материала покрытия оловянной бронзы. **ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет имени Петра Великого».** Отзыв подписан д.т.н., профессором, профессором кафедры «Управление проектами» Тисенко В.Н. Отзыв положительный, замечания: 1. Согласно рисунку 6, автореферата затруднительно сделать заключение о степени влияния угла трения на силовые характеристики процесса плакирования гибким инструментом. 2. Спектрограмма покрытия, согласно рисунку 9 не позволяет оценить заявленное процентное содержание компонентов элемента материала покрытия. **ФГБОУ ВПО «Омский государственный университет путей сообщения»**. Отзыв подписан д.т.н., профессором, профессором кафедры «Информатика, прикладная математика и механика» Стихановским Б.Н. Отзыв положительный, замечания: 1. В качестве одного из основных геометрических показателей на участке скольжения используется максимальный прогиб ворса гибких элементов, однако не приведено никаких зависимостей его определения. 2. В заключении отмечено, что получены регрессионные зависимости, позволяющие спрогнозировать, в том числе, и толщину покрытия, но в автореферате приведена только одна регрессионная зависимость определения относительной износостойкости. **ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»**. Отзыв подписан д.т.н., профессором, зам. заведующего кафедрой «Инновационные технологии машиностроения» Макаровым В.Ф. Отзыв положительный, замечания: 1. В автореферате практически не приведена методика экспериментальных исследований. Как определялась износостойкость поверхности – по какому критерию, на каком оборудовании, какие

применялись щетки, каков диапазон исследованных режимов, как анализировалась структура обработанной поверхности и др. 2. Из текста автореферата непонятно, как связаны равнозначные понятия – плотность распределения отпечатков ворса и степень покрытия отпечатков ворса, хотя формулы 1 и 2 различные. В формулах не приведены обозначения некоторых параметров. 3. При оценке характеристик зоны контакта на участке скольжения не учтено взаимодействие соседних нитей ворса, что повышает жесткость воздействия ворса и несколько изменяет картину зоны контакта на рис. 4. В автореферате много доказательств приведено в виде ссылок на основной текст диссертации – голословно – например, снимки с микроскопа, скоростная видеосъемка, моделирование методом конечных элементов и др. **ФГБОУ ВПО «Донской государственный технический университет».** Отзыв подписан к.т.н., доцентом, заведующим кафедрой «АПП» Лукьяновым А.Д.; д.т.н., профессором, заслуженным деятелем науки РФ, профессором кафедры «АПП» Заковоротным В.Л. Отзыв положительный, замечания: в автореферате не приводятся значения параметров, либо зависимостей, входящих в блок расчета адгезионных процессов, что затрудняет восприятие материала. Так, из автореферата не ясно, на основании чего установлены ограничения по энергии механической активации и коэффициенту относительной прочности сцепления частиц. **ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьёва»**. Отзыв подписан д.т.н., профессором, профессором кафедры «Прикладная механика» Букатым С.А. Отзыв положительный, замечания: из автореферата неясно, какое программное обеспечение использовалось при разработке программ для ЭВМ и насколько программа позволяет варьировать параметры режима обработки при плакировании. **ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»**. Отзыв подписан д.т.н., профессором, профессором кафедры «Технология машиностроения» Полянчиковым Ю.Н., д.т.н.; профессором, профессором кафедры «Автоматизация производственных процессов» Плотниковым А.Л. Отзыв положительный, замечание: в главе второй автореферата (стр.9), где представлена математическая модель определения температуры основы обрабатываемой поверхности, используется величина коэффициента теплопроводности чугуна. На наш взгляд, было бы рациональным с точки зрения обеспечения точности расчёта, использование отношения коэффициентов теплопроводности чугуна и покрытия, переносимого гибким инструментом (бронзы Бр05Ц5С5). **ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»**. Отзыв подписан д.т.н., профессором, профессором кафедры «Механика» Железковым О.С. Отзыв положительный, замечание: из автореферата не совсем ясно, каким образом был определен коэффициент эффективности в экспериментах при анализе износостойкости плакированных образцов. **ФГАОУ ВО «Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского) федерального университета»**. Отзыв подписан к.т.н., доцентом, доцентом кафедры «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» Петровым С.М.; к.т.н., доцентом, доцентом кафедры «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» Юрасовым С.Ю. Отзыв положительный, замечание: не ясно,

рассматривался ли автором вопрос влияния на конечные параметры поверхностного слоя, формируемых при плакировании, свойств заложенных на предшествующих операциях. Также, на наш взгляд, целью научной работы должна быть разработка методов, методик и др. для решения практических, производственных задач. **ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева»**. Отзыв подписан д.т.н., профессором, заведующим кафедрой «Металлорежущие станки и инструменты» Коротковым А.Н. Отзыв положительный, замечания: 1. Из автореферата не ясно: каким образом сопрягается технология плакирования с устранением износа направляющих скольжения (например, в средней части станины). 2. Учитывается ли в разработанных автором математических моделях фактор возможного изменения эксплуатационных характеристик гибкого инструмента с течением времени в ходе работы (угол наклона и износ ворса, длина изгибающей части, силовые и тепловые параметры и др.). **ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»**. Отзыв подписан д.т.н., профессором, профессором кафедры «Технология машиностроения» Марковым А.М., к.т.н., доцентом кафедры «технология машиностроения» Черданцевым П.О. Отзыв положительный, замечания: 1. Разработанный автором с целью формирования поверхностного слоя обрабатываемого изделия с требуемым уровнем эксплуатационных характеристик алгоритм выбора рациональных технологических параметров процесса ПГИ, учитывающий специфику обработки несомненно представляет практическую значимость, но вряд ли может быть отнесен к элементам научной новизны защищаемой работы, как это следует из автореферата; 2. Автор в диссертационной работе рассматривает плакирование серого чугуна СЧ 20 оловянной бронзой Бр05Ц5С5. Из автореферата неясна область применимости полученных результатов, разработанных моделей: только для этой пары материалов или эта пара материалов выбрана как пример эффективности полученных результатов. 3. В списке работ не приведены сведения о свидетельствах о государственной регистрации программ для ЭВМ, полученных автором. **ФГБОУ ВО «Тюменский государственный нефтегазовый университет»**. Отзыв подписан д.т.н., профессором, заслуженным работником высшей школы РФ, заведующим кафедрой «Станки и инструменты» Артамоновым Е.В. Отзыв положительный, замечания: плохо читаемые из-за мелкого шрифта индексы буквенных обозначений в схемах алгоритмов. **ФГБОУ ВПО «Курганский государственный университет»**. Отзыв подписан к.т.н., профессором, профессором кафедры «Инноватика и менеджмент качества» Орловым В.Н. Отзыв положительный, замечания: хотелось бы, чтобы на защите автор пояснил какой экономический эффект достигается от внедрения предложенной технологии. **Объединенный университет машиностроения НАН Беларуси**. Отзыв подписан д.т.н., доцентом, заведующим лабораторий газотермических методов упрочнения Белоцерковским М.А., к.т.н, доцентом, ведущим научным сотрудником Леванцевичем М.А. Отзыв положительный, замечания: отсутствие в автореферате сведений о величине прочности сцепления с основой покрытий, наносимых методом ПГИ, хотя на стр. 12 указано, что «разработана методика оценки … адгезионной прочности сцепления покрытия с основой». **ФГОУ ВПО «ЗабГУ»**. Отзыв подписан д.т.н., профессором,

профессором кафедры «Автоматизация производственных процессов» Свининым В.М. Отзыв положительный, замечания: 1. Не определено, в какой степени технология ремонта путем плакирования изношенных направляющих позволяет восстановить утраченную форму и размеры. 2. Отсутствуют сведения о шероховатости поверхности восстановленных направляющих и влиянии на нее предложенных режимов обработки. 3. Не описаны устройства для проведения плакирования.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью, научным и практическим опытом в области исследования по теме диссертации, подтверждаемыми публикациями по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях, а также способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан комплекс математических моделей, позволяющих определять: распределение отпечатков проволочного ворса, формирующихся при входе в контакт с обрабатываемым изделием и распределение соответствующих зон пластической деформации; геометрические, энергосиловые и тепловые характеристики при скольжении сжатоизогнутого ворса;

предложен алгоритм выбора рациональных технологических параметров процесса плакирования гибким инструментом, учитывающий специфику обработки, с целью формирования поверхностного слоя обрабатываемых изделий с требуемым уровнем эксплуатационных характеристик;

доказаны целесообразность и перспективность использования результатов диссертационной работы при повышении износостойкости пар смешанного трения скольжения технологического оборудования.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана возможность повышения износостойкости направляющих скольжения пар смешанного трения путем плакирования гибким инструментом;

применительно к проблематике диссертации результативно использованы положения технологии машиностроения, точной нелинейной теории изгиба упругих стержней, теории вероятности, теории математического моделирования;

изложены аргументы и основные этапы, связанные с возможностью применения гибких инструментов для повышении эксплуатационных характеристик поверхностей трения скольжения;

раскрыто влияние конструктивных особенностей инструмента, тепловых и энергосиловых параметров процесса плакирования на назначение эффективных технологических режимов обработки;

изучено влияние режимов процесса плакирования на параметры зоны контакта гибкого инструмента с обрабатываемой поверхностью;

проведена модернизация существующих технологий нанесения покрытий методом плакирования гибким инструментом с получением новых результатов, на основе обеспечения комплексного подхода на каждом из участков воздействия ворса на обрабатываемую поверхность.

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

разработаны и внедрены технология обработки направляющих скольжения смешанного трения металлорежущего оборудования методом плакирования гибким инструментом и техническая документация на установку деформационного плакирования на ООО «Лада-Инструмент» (ОАО «АвтоВАЗ») (патент на изобретение № 2360034);

определены регрессионные зависимости определения толщины формируемого покрытия и износостойкости обработанных изделий;

создана методика назначения эффективных технологических режимов плакирования гибким инструментом для получения изделий с заданными эксплуатационными характеристиками;

представлены рекомендации для расширения применения метода плакирования гибким инструментом для формирования поверхностных слоев с уровнем требуемых эксплуатационных характеристик.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ были использованы стандартизированные методики испытаний, экспериментальные работы проводились на сертифицированном оборудовании, что обеспечивает воспроизводимость результатов;

теория построена на известных экспериментально подтвержденных данных и положениях;

идея базируется на анализе практики применения гибких плакирующих установок в промышленности;

использованы сравнения авторских данных и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике с привлечением программных пакетов, реализующих метод конечно-элементного анализа NX Advanced Simulation и математической обработки результатов Mathcad;

установлено качественное соответствие авторских результатов с результатами, представленными в литературных источниках по тематике диссертации;

использованы общепринятые методики статистической обработки данных, полученных в ходе экспериментов и анализа полученных результатов.

Личный вклад соискателя состоит в его непосредственном участии на всех этапах выполнения диссертационного исследования, включая создание комплекса математических моделей, его исследования, постановке и проведении экспериментальных исследований; апробации результатов исследования на международных и всероссийских конференциях и выставках; подготовке всех основных публикаций по выполненной работе.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием основной идейной линии, взаимосвязью поставленных задач и совокупностью полученных результатов.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, в которой содержится решение задачи

повышения износостойкости направляющих скольжения пар смешанного трения технологического оборудования путем плакирования гибким инструментом, имеющей существенное значение для развития технологии машиностроения.

Работа соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

На заседании 28 декабря 2015 года диссертационный совет принял решение присудить Зотову Алексею Викторовичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 05.02.08 – Технология машиностроения (технические науки).

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 16, против 0, недействительных бюллетеней 1.

Председатель

Защита окончена. Есть ли замечания по процедуре защиты? (нет).

Поздравляет соискателя с успешной защитой. Благодарит членов Совета и всех участников за внимание.

Заседание объявляется закрытым

Председатель
диссертационного совета
Д 999.003.02
д.т.н., профессор 18.01.16. В.П. Табаков

Ученый секретарь
диссертационного совета
Д 999.003.02
д.т.н., доцент Н.И. Веткасов