

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УДК 621.793

МАКСИМЧЕНКО
Наталья Николаевна

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
НАПРАВЛЯЮЩИХ СКОЛЬЖЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЕМ
АНТИФРИКЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ ГИБКИМ ИНСТРУМЕНТОМ**

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

по специальности 05.02.08 – Технология машиностроения

Минск, 2009

Работа выполнена в ГНУ «Объединенный институт машиностроения
Национальной академии наук Беларуси»

Научный руководитель: **Леванцевич Михаил Александрович**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник лаборатории приводных систем и технологического оборудования ГНУ «Объединенный институт машиностроения Национальной академии наук Беларуси»

Официальные оппоненты: **Девойно Олег Георгиевич**, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник НИИЛ плазменных и лазерных технологий НИЧ БНТУ;

Яркович Александр Михайлович, кандидат технических наук, ученый секретарь ГНУ «Институт порошковой металлургии Национальной академии наук Беларуси»

Оппонирующая организация: ГНУ «Физико-технический институт Национальной академии наук Беларуси»

Защита состоится « 15 » января 2010 г. в 14 часов на заседании совета по защите диссертаций Д 02.05.03 при Белорусском национальном техническом университете по адресу: 220013, г. Минск, проспект Независимости, 65, корп. 1, ауд. 202, тел. ученого секретаря 292-24-04.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского национального технического университета.

Автореферат разослан « 15 » декабря 2009 г.

Ученый секретарь
совета по защите диссертаций,
доктор технических наук, профессор

О.Г. Девойно

© Максимченко Н.Н., 2009

© БНТУ, 2009

ВВЕДЕНИЕ

В современном машиностроении в подвижных сопряжениях технологического оборудования широкое применение получили направляющие скольжения, отличающиеся, по сравнению с направляющими качения, гидростатическими и гидродинамическими направляющими, повышенными жесткостью и устойчивостью к вибрациям, что предопределило их широкое использование в высокопроизводительных токарных станках с ЧПУ. Одну из серьезных проблем при эксплуатации этих направляющих представляют медленные перемещения подвижных узлов – силовых столов, суппортов, ползунов и др., непосредственно участвующих в процессе формообразования обрабатываемых изделий. При малых скоростях движения (до 200 мм/мин) и высоких нагрузках возникают скачкообразные перемещения узлов, влекущие нарушение точности позиционирования, поломку инструмента, брак изделий и повреждение оборудования. Основной причиной подобных явлений считают нестабильность сил трения от скорости и нагрузки при медленных перемещениях. Одним из путей снижения трения является формирование на рабочих поверхностях направляющих скольжения антифрикционных покрытий, однако многие из апробированных методов формирования покрытий на направляющих станков, в силу своей трудоемкости и высокой стоимости, не получили широкого промышленного применения.

На основе анализа технико-экономических показателей методов формирования покрытий выбран метод плакирования гибким инструментом (ПГИ), где в качестве гибкого инструмента используется вращающаяся металлическая щетка с проволочным ворсом, а покрытие формируется за счет переноса ворсом щетки микрочастиц с материала-донора на обрабатываемую поверхность. Данные об использовании метода ПГИ для формирования покрытий на направляющих станков в источниках научно-технической информации отсутствуют. В этой связи разработка и исследование технологии формирования покрытий методом ПГИ на направляющих скольжения является актуальной задачей, а ее решение важно как для станкостроения, так и других отраслей промышленности.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами (проектами) и темами

Работа выполнялась в рамках следующих научно-технических программ и заданий: ГНТП «Новые материалы и технологии-2010», подпрограмма «Защита поверхностей», задание 1.62 «Разработать и внедрить в производстве технологический процесс формирования защитных композиционных металлических и полимерных покрытий на деталях трибосопряжений методом механического

плакирования гибким инструментом для повышения ресурса и улучшения служебных характеристик механических систем» (2006–2011 гг., № ГР 20065545); ГППНИ «Металлургия», задание 4.11 «Разработать технологию поверхностного модифицирования трущихся сопряжений металлургического и кузнечно-прессового оборудования, обеспечивающую увеличение их ресурса в 1,4...1,8 раза и повышение стабильности процесса обработки по параметрам точности» (2008–2009 гг., № ГР 20082766); ГКПНИ «Механика», задание 2.16 «Разработка компонентов гидроприводов тракторов и механических приводов обрабатывающего оборудования на основе поверхностно модифицированных антифрикционными материалами композитов с нанонаполнителями, обеспечивающих их повышенную нагрузочную способность, улучшенные триботехнические и виброакустические свойства» (2006–2010 гг., № ГР 20082767).

Цель и задачи исследования

Цель работы – повышение эксплуатационных характеристик направляющих скольжения (на примере направляющих скольжения станин металлорежущих станков) формированием антифрикционных покрытий методом ПГИ.

Для достижения поставленной цели потребовалось решение следующих задач:

- выполнить анализ условий и характера фрикционного взаимодействия при перемещении подвижных узлов по направляющим скольжения и определить возможность применения метода ПГИ для формирования антифрикционных покрытий на их рабочих поверхностях с целью снижения трения и улучшения равномерности медленных перемещений;
- разработать математическую модель взаимосвязи кинематических параметров процесса плакирования с конструктивными параметрами гибкого инструмента и определить исходные режимы формирования покрытий, исходя из условия обеспечения требуемой относительной сплошности наносимого слоя;
- исследовать влияние технологических режимов процесса ПГИ, состава и количества наносимых слоев покрытий на их структуру, фазовый состав и эксплуатационные характеристики;
- определить степень пригодности различных антифрикционных материалов для использования их в качестве доноров при формировании покрытий методом ПГИ на направляющих скольжения;
- исследовать работоспособность натуральных образцов направляющих скольжения станин металлорежущих станков с антифрикционным покрытием;
- разработать и внедрить технологический процесс формирования антифрикционных покрытий на направляющих скольжения станин металлорежущих станков.

Объект исследований – антифрикционные покрытия, формируемые методом ПГИ. Предмет исследований – технологический процесс формирования ан-

тифрикционных покрытий методом ПГИ на направляющих скольжения станин металлорежущих станков.

Положения, выносимые на защиту:

- математическая и экспериментально-статистическая модели формирования плакирующего слоя, учитывающие конструктивные особенности инструмента и кинематические параметры процесса плакирования и позволяющие определить область оптимальных технологических режимов;

- результаты численного анализа и экспериментальных исследований процесса ПГИ, позволившие установить степень влияния технологических режимов плакирования (числа проходов, натяга, соотношения линейных скоростей детали и щетки) на толщину и сплошность покрытий из композиционных материалов, содержащих неметаллические компоненты (графит, дисульфид молибдена, ультрадисперсная алмазграфитовая шихта УДАГ), для обеспечения требуемого уровня эксплуатационных характеристик антифрикционных покрытий;

- результаты экспериментальных исследований структуры и фазового состава покрытий, сформированных методом ПГИ из композиционных материалов, легированных неметаллическими компонентами (графитом, дисульфидом молибдена, ультрадисперсной алмазграфитовой шихтой УДАГ), позволившие доказать возможность переноса ворсом щетки неметаллических компонентов, улучшающих триботехнические характеристики сформированных покрытий;

- результаты экспериментальных исследований влияния состава покрытий, сформированных методом ПГИ, на триботехнические характеристики пар трения в условиях граничного трения скольжения, позволяющие осуществить обоснованный выбор состава материала-донора для плакирования направляющих скольжения станин металлорежущих станков, обеспечивающего улучшение их эксплуатационных характеристик.

Личный вклад соискателя

При подготовке диссертационной работы соискателем лично решены следующие задачи:

1 Разработаны математическая и экспериментально-статистическая модели формирования плакирующего слоя требуемой толщины и сплошности как из однородных по составу материалов, так и из композиционных материалов с неметаллическими компонентами.

2 Проведены экспериментальные исследования структуры, фазового состава и эксплуатационных характеристик покрытий, сформированных методом ПГИ.

3 Разработаны рекомендации по выбору оптимальных режимов формирования антифрикционных покрытий методом ПГИ, обеспечивающих требуемый уровень эксплуатационных характеристик покрытий из однородных и композиционных материалов-доноров.

4 Разработан типовой технологический процесс формирования антифрикционных покрытий методом ПГИ на направляющих скользящих станин металлорежущих станков и устройства для его реализации.

5 Проведены экспериментальные исследования влияния антифрикционного покрытия на направляющих скользящих станин металлорежущих станков на равномерность медленных перемещений силового стола в зависимости от скорости перемещения и нагрузки.

М.А. Леванцевич сформулировал цель и задачи исследований, оказывал консультационную и практическую помощь на всех этапах выполнения настоящей работы. В.М. Горохов, И.Н. Тарусов оказывали практическое содействие при изготовлении композиционных материалов-доноров. В.А. Кукареко, Т.И. Бодрых, Л.И. Степанова оказывали содействие при исследовании структуры и фазового состава покрытий. В.Г. Зольников оказывал содействие при исследовании эксплуатационных характеристик покрытий. В.М. Рудько, А.А. Лукашик, А.Ф. Присевко принимали участие на отдельных этапах выполнения экспериментальных исследований.

Апробация результатов диссертации

Основные положения работы доложены и обсуждены на международных научно-технических конференциях: «Энерго- и материалосберегающие экологически чистые технологии» (Гродно, 2005, 2007 гг.); «Машиностроение и техносфера XXI века» (Севастополь, 2003, 2004, 2009 гг.); «Молодежь в науке» (Минск, 2003 г.); «Современные методы проектирования машин. Расчет, конструирование, технология» (Минск, 2004 г.); «Материалы, оборудование и технологии для упрочнения и восстановления деталей машин» (Новополоцк, 2007, 2009 гг.); «Современные методы и технологии создания и обработки материалов» (Минск, 2006 г.); «Новые материалы и технологии: порошковая металлургия, композиционные материалы, защитные покрытия, сварка» (Минск, 2008 г.); «Инновации в машиностроении» (Минск, 2008 г.); «Инженерия поверхности. Новые композиционные материалы. Сварка» (Минск, 2009 г.).

Опубликованность результатов диссертации. По результатам исследований опубликовано 20 печатных работ, в том числе 4 статьи (1,87 а. л.) в изданиях, входящих в перечень изданий для опубликования результатов диссертационных исследований, 13 статей в сборниках научных трудов и материалов научных конференций, 3 патента.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, 4 глав, заключения, библиографического списка и 7 приложений. Работа содержит 159 страниц, в том числе 92 страницы машинописного текста, 43 иллюстрации, 12 таблиц, 18 страниц библиографического списка (178 наименований, из них 20 – публикации соискателя), 28 страниц приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе выполнен анализ условий и характера фрикционного взаимодействия при перемещении подвижных узлов по направляющим скользящим. Рассмотрены широко используемые методы снижения трения в направляющих скользящих и улучшения равномерности медленных перемещений подвижных узлов: применение антискачковых смазок, антифрикционных материалов и покрытий, приводных устройств с высокими жесткостными характеристиками, разгрузка направляющих (гидродинамическая, гидро- и аэростатическая, магнитная) и др. Показано, что одним из эффективных путей повышения эксплуатационных характеристик направляющих скользящих является формирование на их рабочих поверхностях антифрикционных покрытий. Однако многие из существующих методов нанесения покрытий, в силу своей трудоемкости и высокой стоимости, не получили широкого промышленного применения в станкостроении. На основе анализа различных методов формирования покрытий на направляющих скользящих обоснована возможность и целесообразность формирования антифрикционных покрытий методом плакирования гибким инструментом (ПГИ), в качестве которого используют проволочную металлическую щетку. В работах Папшева Д.Д., Серебренника Ю.Б., Перепички Е.В., Литвиняка Я.М., Баршая И.Л. и др. показана высокая эффективность использования проволочных щеток при отделочно-упрочняющей обработке поверхности. Активное применение щеток для нанесения покрытий началось во многом благодаря исследованиям, выполненным в Магнитогорском государственном техническом университете им. Г.И. Носова Белевским Л.С., Анцуповым В.П., Платовым С.И., Кадошниковым В.И., Завалициным А.Н. и др. Известны работы в этой области зарубежных фирм (General Electric (США), Nippon Yakin Kogyo (Япония), Allied Corp. (США)). В известных работах исследователи в качестве материалов-доноров для формирования покрытий использовали литые антифрикционные цветные металлы (медь, алюминий, кадмий и др.) и сплавы на медной основе (бронзу, латунь). Данные об использовании в качестве доноров композиционных материалов крайне ограничены.

В станкостроении положительные результаты получены при решении задач по предотвращению дефектов в виде царапин, натиров, задиров на трущихся поверхностях клиньев и поперечин станков, чугунных гильз цилиндров компрессоров, насосов, двигателей посредством формирования методом ПГИ покрытия из бронзы. Однако исследований по применению этого метода для обработки направляющих скользящих не проводилось, что затрудняет принятие решения о целесообразности его использования и обуславливает необходимость проведения дополнительных исследований.

На основании проведенного анализа сформулированы цель и основные задачи диссертационной работы.

Вторая глава содержит описание объектов, оборудования и методик исследований.

Объектом исследования являлись антифрикционные покрытия, формируемые методом ПГИ. Для формирования покрытий в качестве доноров использовали как литые антифрикционные цветные металлы и сплавы на их основе, так и порошковые материалы с легирующими добавками. Состав материалов предварительно подбирали с учетом их трибологических характеристик и опыта практического применения в парах трения скольжения в технике.

Определение основных параметров, характеризующих физико-механические свойства и эксплуатационные характеристики сформированных покрытий, проводилось на покрытиях, сформированных на плоских образцах-дисках из стали 08кп (HV 80–90), а также прямоугольных пластинах из стали 45 (HRC 52–55) и серого чугуна СЧ20 (HRC 54–56). Покрытия наносили с помощью специально спроектированных и изготовленных устройств для плакирования, позволяющих осуществлять формирование покрытий на сверлильном, токарном, плоско- и продольно-шлифовальном станках. Для формирования покрытий использовали дисковые металлические щетки диаметром 200–250 мм, шириной 15–80 мм (в зависимости от ширины обрабатываемой поверхности), с проволочным гофрированным ворсом из стали 65Г (ГОСТ 14959–79) диаметром 0,2–0,3 мм и длиной ворса 40–70 мм.

Структуру и фазовый состав покрытий исследовали методами рентгеноструктурного, металлографического и спектрального анализов с использованием дифрактометра ДРОН-3,0, металлографических микроскопов ПЛАНАР MICRO 200 и МИМ-8, сканирующего электронного микроскопа "Mira" фирмы "Tescan".

Микротвердость покрытий и основы под покрытием измеряли с помощью микротвердомера ПМТ-3 при нагрузке на индентор 0,196 Н (20 г). Толщину покрытий измеряли цифровым магнитным толщиномером МТЦ-3М. Пористость покрытий определяли методом погружения (ГОСТ 9.302–88). Качественную оценку прочности сцепления покрытий с основой проводили методом нанесения сетки царапин.

Сравнительные триботехнические характеристики (коэффициент трения скольжения, температура в зоне трения, износ и интенсивность изнашивания) исследовались на образцах в виде дисков с покрытием на машине трения вращательного типа, осуществляющей трение торцовых поверхностей трех цилиндрических образцов из стали ШХ15 (HRC 60–63) по плоской поверхности вращающегося диска из стали 08кп с нанесенным покрытием. Скорость относительного скольжения трущихся поверхностей до 7 м/с, удельная нагрузка 0,5–6,5 МПа, фитильное смазывание дорожки трения маслом М10В.

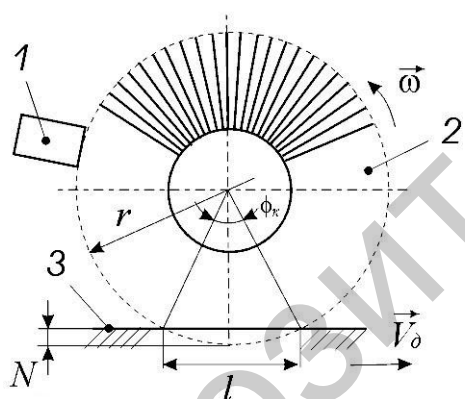
Образцы в виде прямоугольных пластин из стали 45 (HRC 52–55) и серого чугуна СЧ20 (HRC 54–56) с покрытием исследовались на машине трения воз-

вратно-поступательного типа, осуществляющей трение торцевой поверхности цилиндра из незакаленного серого чугуна СЧ20 по плоской поверхности пластинки с покрытием, при скорости скольжения 0,1 м/с, удельной нагрузке 2,5 МПа, фитильном смазывании дорожки трения маслом И-20А (ГОСТ 20799–88).

Натурные испытания направляющих скольжения с антифрикционным покрытием осуществляли при скорости перемещения ползуна по направляющим 125 мм/мин и 190 мм/мин; удельная нагрузка 0,5–2,0 МПа, смазка – масло индустриальное И-20А (ГОСТ 20799–88).

Обработку экспериментальных данных проводили методами математической статистики при помощи пакетов программ Excel, Statistica.

В третьей главе приведены результаты аналитических и экспериментальных исследований по выбору режимов плакирования и изучению их влияния, а также составов материалов-доноров на эксплуатационные характеристики сформированных покрытий. Исходные режимы плакирования определялись на основе разработанной математической модели, связывающей конструктивные параметры щетки с кинематическими параметрами процесса плакирования, исходя из условия обеспечения требуемой относительной сплошности покрытия.



- 1 – брусок из материала покрытия,
- 2 – металлическая щетка,
- 3 - обрабатываемая поверхность

Рисунок 1 - Расчетная схема процесса ПГИ

В основу математической модели положена геометрия контакта гибких элементов (ворсинок) вращающейся металлической щетки с плоской поверхностью (рисунок 1). При этом были приняты следующие допущения: каждая последующая ворсинка, идущая за контактирующей в данный момент времени, не снимает только что нанесенный материал покрытия; разогрев материала-донора до температуры, необходимой для начала процесса сцепления частиц материала-донора с ворсинками щетки и равной (0,7–0,8) температуры плавления материала-донора, обеспечивается при усилии прижатия материала-донора к ворсу щетки 20–40 Н; коэффициент использования материала-донора равен 0,85–0,9; шероховатость поверхности в результате плакирования не ухудшается; относительная сплошность покрытия определяется количеством ворсинок щетки и числом их взаимодействий с поверхностью за один проход щетки.

По результатам аналитических исследований предложена зависимость для определения оптимальной скорости перемещения (подачи) V_d обрабатываемой детали:

$$V_d = \frac{\omega \sqrt{2 \cdot r \cdot N - N^2}}{\arccos\left(1 - \frac{N}{r}\right) + \sqrt{\frac{\pi \cdot b}{2 \cdot n_B \cdot r}}},$$

где V_d – скорость перемещения обрабатываемой детали, мм/с; ω – угловая скорость вращения щетки, рад/с; r – радиус щетки, мм; N – натяг, мм; b – ширина щетки, мм; n_B – количество ворсинок щетки.

Время обработки t , исходя из условия формирования покрытия с относительной сплошностью 100 % :

$$t = \frac{2 \cdot \pi \cdot N_{\text{взаим}}}{n_B \cdot \omega},$$

где t – время обработки, с; $N_{\text{взаим}}$ – число взаимодействий ворсинки с поверхностью за один проход щетки; n_B – количество ворсинок щетки; ω – угловая скорость вращения щетки, рад/с.

Анализ полученных зависимостей и последующая экспериментальная проверка расчетных значений скорости перемещения обрабатываемой детали и времени обработки позволили определить область оптимальных значений конструктивных параметров щетки и технологических режимов плакирования направляющих скольжения, обеспечивающих формирование сплошного покрытия при принятых допущениях: диаметр щетки 200–250 мм, ширина щетки 80 мм, ворс диаметром 0,2–0,3 мм и длиной 40–70 мм из гофрированной стальной проволоки; величина натяга $N = 1–3$ мм; скорость скольжения ворса щетки относительно детали $V_{\text{щ}} = 35–40$ м/с; число проходов $n = 6–8$; скорость перемещения обрабатываемой детали $V_d = 1,5–2,0$ м/мин.

Результаты сравнительной экспериментальной оценки триботехнических характеристик покрытий, сформированных из доноров, представляющих литые антифрикционные материалы на основе цветных металлов и сплавов, показали, что для большинства из них удельная нагрузка 1,5–2,0 МПа (PV-фактор – 10,5–14,0 МПа·м/с) является предельной. Лучшие триботехнические характеристики показали однослойное покрытие из бронзы БрО4Ц4С17 и двухслойное покрытие из последовательно нанесенных слоев меди М1 и композита (сплава на основе меди, олова, свинца и цинка), обеспечив снижение коэффициента трения скольжения в 1,3–1,4 раза, повышение несущей способности поверхностей трения в 1,25 раза, снижение интенсивности изнашивания в 1,5–2,5 раза, по сравнению с образцом без покрытия.

Несмотря на некоторое улучшение триботехнических характеристик, покрытия из доноров, представляющих литые антифрикционные материалы на основе цветных металлов, не в полной мере удовлетворяют условиям работы направляющих скольжения, в частности, по параметру нагрузки задира. Поэто-

му, с учетом результатов анализа эксплуатационных характеристик различных композиционных материалов, получивших широкое применение в машиностроении в парах трения скольжения, для дальнейших исследований в качестве доноров были выбраны порошковые композиции из смесей порошков железа, меди и бронзы с легирующими добавками олова, свинца, графита, дисульфида молибдена, ультрадисперсной алмазографитовой шихты УДАГ, следующих составов: ЖД20С10Гр2 (20 % Cu, 10 % Pb, 2 % C, остальное – Fe); БрО8Ж20ДМ2 (8 % Sn, 20 % Fe, 2 % MoS₂, остальное – Cu); БрО5С20Гр0,5ДМ0,5 (5 % Sn, 20 % Pb, 0,5 % C, 0,5 % MoS₂, остальное – Cu); БрО9С8Гр7Ж4 (9 % Sn, 8 % Pb, 7 % C, 4 % Fe, остальное – Cu); М1+УДАГ (УДАГ – не более 1 %, остальное – Cu).

В ходе экспериментальных исследований было установлено, что при использовании выбранных материалов в качестве доноров требуется уточнение технологических режимов процесса ПГИ, определенных с использованием разработанной математической модели. Присутствующие в составе этих материалов неметаллические включения затрудняют схватывание и транспортировку ворсом щетки частиц материала-донора на обрабатываемую поверхность, что приводит к невысокой относительной сплошности сформированных покрытий и их слабой прочности сцепления с основой. В этой связи был проведен ряд экспериментов, результаты которых послужили основой для разработки экспериментально-статистической модели, позволяющей в комбинации с математической моделью определить технологические режимы формирования покрытий требуемой толщины и относительной сплошности из композиционных материалов-доноров на металлической основе с содержанием неметаллических компонентов: графита – до 7 мас. %, дисульфида молибдена – до 2 мас. %, УДАГ – до 1 мас. %:

$$h = 9,524 + 3,125x_1 + 2x_2 + 1,125x_3 - 1,493x_2^2 - 1,247x_3^2,$$

$$\lambda = 99,67 + 20,25x_1 + 9,75x_2 + x_3 - 3,75x_1x_2 - 17,21x_1^2 - 8,71x_2^2 - 2,21x_3^2,$$

где h – толщина покрытия, мкм; λ – относительная сплошность покрытия, %; x_1, x_2, x_3 – соответствующие кодированные значения технологических параметров процесса ПГИ: числа проходов n ; величины натяга N , мм; соотношения линейных скоростей детали и щетки $V_d/V_{щ}$.

На основании анализа модели были определены оптимальные интервалы варьирования технологических режимов ПГИ, обеспечивающих формирование плакирующих слоев требуемой толщины и сплошности из композиционных материалов на металлической основе с неметаллическими включениями (рисунок 2): натяг $N = 0,8-1,5$ мм; число проходов $n = 8-12$; соотношение линейных скоростей детали и щетки $V_d/V_{щ} = 0,23-0,27$.

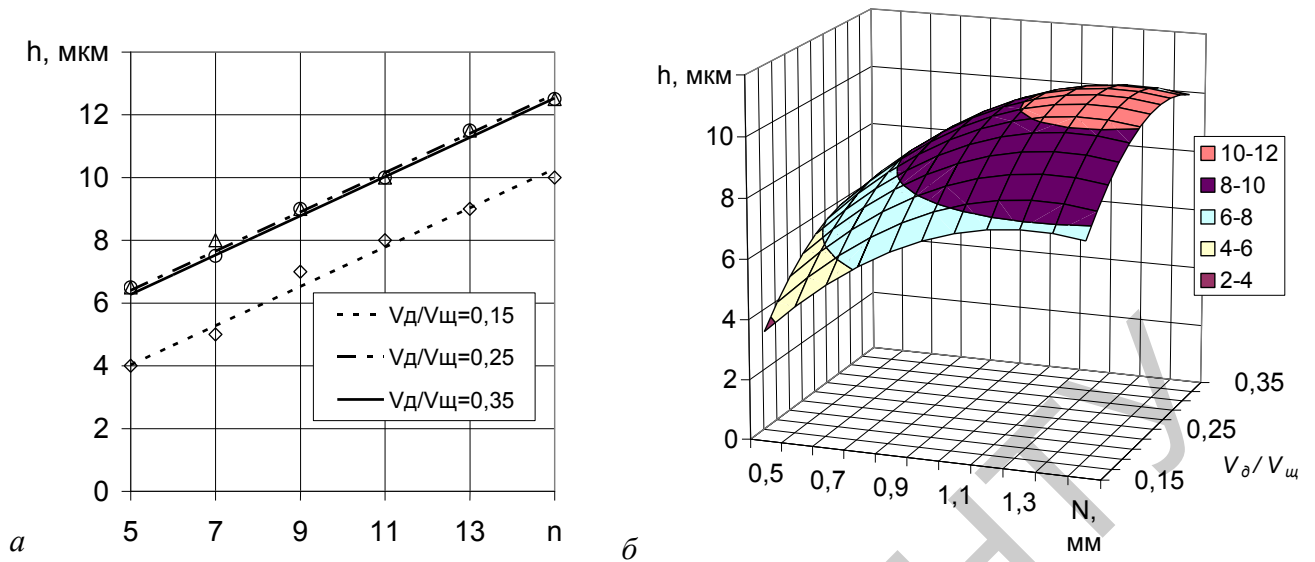


Рисунок 2 – Зависимость толщины h плакирующего слоя от числа проходов n при натяге $N = 1$ мм (а), от натяга N и соотношения линейных скоростей детали и щетки V_d/V_w при числе проходов $n = 10$ (б)

Результаты экспериментальной оценки относительной сплошности (рисунок 3), пористости и прочности сцепления антифрикционных покрытий, сформированных из композиционных материалов с использованием установленных диапазонов значений числа проходов n , натяга N и соотношения линейных скоростей детали и щетки V_d/V_w , подтвердили адекватность разработанной модели.

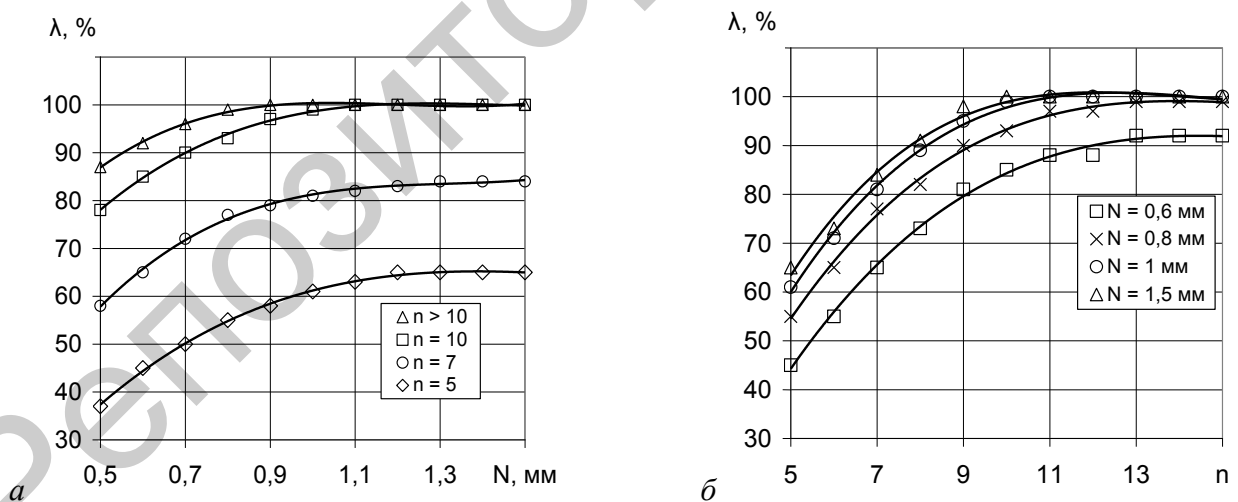


Рисунок 3 – Зависимость относительной сплошности λ плакирующего слоя от натяга N (а) и числа проходов n (б) при соотношении линейных скоростей детали и щетки $V_d/V_w = 0,25$

Исследование структуры и фазового состава плакирующего слоя, сформированного из меди М1, легированной ультрадисперсной алмазграфитовой шихтой УДАГ, на поверхности диска из стали 08кп, показало образование ультрадисперсной ячеистой (с размером ячеек около 0,02 μm) структуры по-

крытия, а также наличие в плакирующем слое компонентов УДАГ, что подтверждает факт переноса ворсом щетки неметаллических включений (алмазов, графита) с материала-донора на обрабатываемую поверхность (рисунок 4).

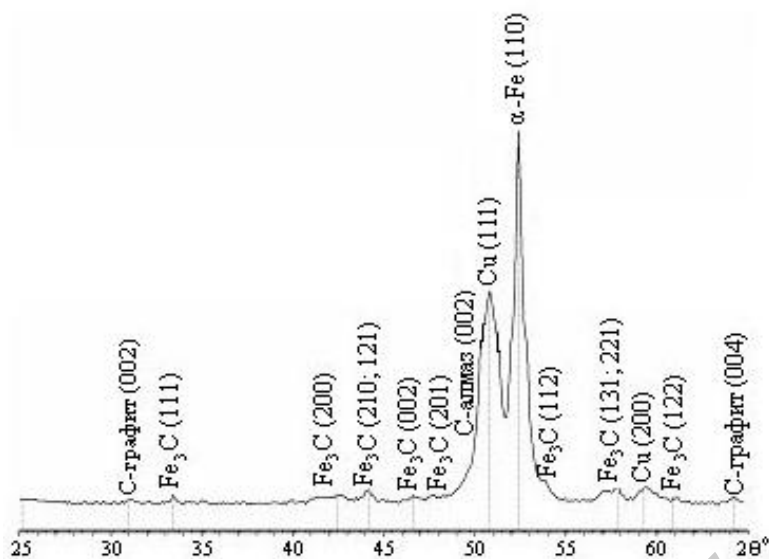


Рисунок 4 – Фрагмент рентгеновских дифрактограмм (CoK_α) от поверхностных слоев стали с покрытием М1+УДАГ

том, приводит к повышению в 2,5 раза несущей способности трущихся поверхностей (до 5,3 МПа, PV-фактор – 37,1 МПа·м/с) и уменьшению коэффициента трения скольжения в 3,0–3,3 раза, по сравнению с образцом без покрытия.

Одно- и двухслойные покрытия из меди М1, легированной УДАГ, обеспечивают высокую износостойкость образца с покрытием, однако увеличивают интенсивность изнашивания более твердых контрообразцов. По-видимому, твердые включения из ультрадисперсных алмазов, находящиеся в плакирующем слое покрытия, создают предпосылки для преобладания абразивного изнашивания контрообразцов, что и обуславливает их повышенный износ.

Учитывая, что в станкостроении одним из главных требований является сведение к минимуму интенсивности изнашивания направляющих скольжения и сопряженных деталей, признано не целесообразным использование в качестве доноров для формирования покрытий на направляющих скольжения материалов, легированных УДАГ.

Исследование триботехнических характеристик покрытий, сформированных из порошковых материалов на основе меди и железа с легирующими добавками олова, свинца, графита и дисульфида молибдена, показало, что при нанесении на сталь 45 достигается снижение коэффициента трения до 1,77 раза, интенсивности изнашивания пары трения – до 9 раз; при нанесении на чугун СЧ20 коэффициент трения снижается в 1,45 раза, интенсивность изнашивания пары трения – в 1,32 раза (таблица 1).

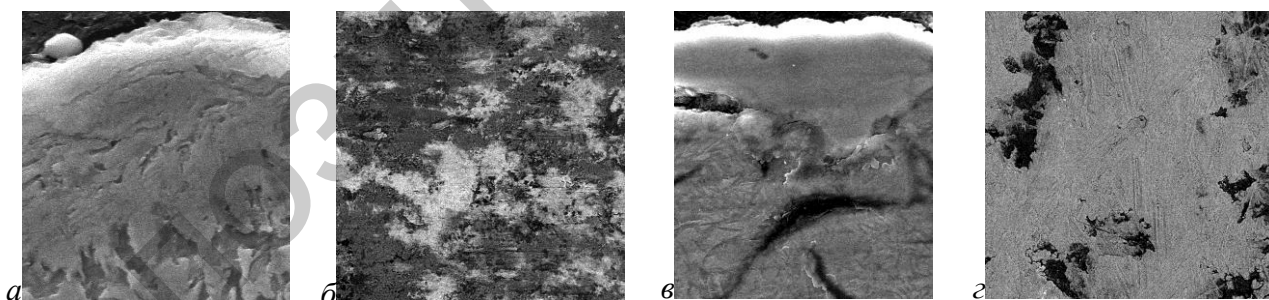
Экспериментальная оценка триботехнических характеристик покрытий, сформированных из композиционных материалов, показала, что при использовании в качестве донора меди М1, легированной УДАГ, в количестве не более 1 мас. %, обеспечивается снижение коэффициента трения скольжения в 2,5–3,2 раза, по сравнению с образцом без покрытия. Нанесение поверх этого покрытия дополнительного слоя из композита, легированного графитом,

Таблица 1 – Триботехнические характеристики пар трения с покрытием из порошковых композиционных материалов с неметаллическими включениями

Материал покрытия	Основа – сталь 45			Основа – чугун СЧ20		
	Коэффициент трения	Интенсивность изнашивания $I \cdot 10^3$, мг/м		Коэффициент трения	Интенсивность изнашивания $I \cdot 10^3$, мг/м	
		образец	контр-образец		образец	контр-образец
Без покрытия	0,16	0,96	0,17	0,16	1,54	0,17
ЖД20С10Гр2	0,13	0,63	0,0	0,13	1,13	1,13
БрО8Ж20ДМ2	0,13	0,92	0,8	0,15	1,13	0,96
БрО5С20Гр0,5ДМ0,5	0,14	0,85	0,19	0,11	1,13	0,17
БрО9С8Гр7Ж4	0,09	0,045	0,08	0,14	1,33	0,29

На основе анализа триботехнических характеристик покрытий из указанных материалов-доноров для формирования покрытий на направляющих скольжения, изготовленных из стали 45, выбран материал БрО9С8Гр7Ж4, а для направляющих из серого чугуна СЧ20 – материал БрО5С20Гр0,5ДМ0,5.

Исследование структуры и морфологии покрытий, сформированных из материалов БрО5С20Гр0,5ДМ0,5 и БрО9С8Гр7Ж4 на образцах из стали 45 и чугуна СЧ20 (HRC 52–55), показало наличие в плакирующем слое неметаллических включений, в частности, графита; поверхностный слой основы под покрытием заметно уплотнен в результате ударно-фрикционного воздействия ворса щетки (рисунок 5).



a, в – увеличение 10000; *б, з* – увеличение 1000

Рисунок 5 – Структура (*a, в*) и морфология (*б, з*) покрытий, сформированных из материала БрО9С8Гр7Ж4 на образцах из стали 45 (*a, б*) и из материала БрО5С20Гр0,5ДМ0,5 на образцах из чугуна СЧ20 (*в, з*)

Четвертая глава посвящена разработке конструкций устройств, обеспечивающих формирование покрытий методом ПГИ на направляющих скольжения, а также разработке и исследованию технологического процесса формирования антифрикционных покрытий на направляющих скольжения станин металлорежущих станков, изучению работоспособности натуральных образцов на-

правляющих скольжения станин металлорежущих станков с покрытием.

Разработаны устройства для формирования антифрикционных покрытий методом ПГИ на плоских и цилиндрических направляющих скольжения станин металлорежущих станков, отличающиеся возможностью обеспечения контроля и поддержания на заданном уровне величины подачи материала-донора в зону контакта со щеткой (патенты РБ № 1143, 3678, патент РФ № 2243290).

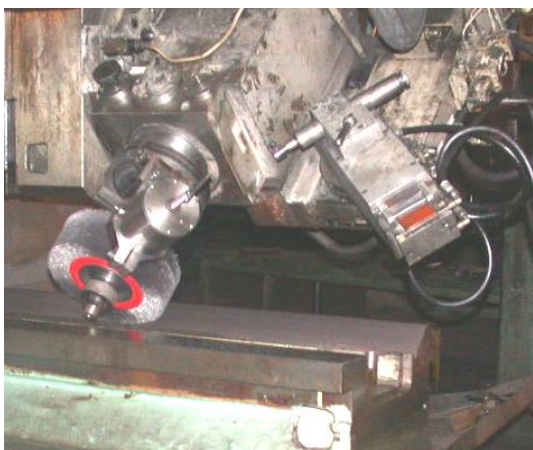


Рисунок 6 – Устройство для плакирования направляющих скольжения

Разработан технологический процесс формирования антифрикционных покрытий методом ПГИ на направляющих скольжения станин металлорежущих станков, включающий все стадии от подготовки поверхности до контроля качества покрытия. Реализацию технологического процесса осуществляют на продольно-шлифовальном станке мод. SZ-1250 (фирма «NECHERT») с помощью разработанных устройств для плакирования (рисунок 6). Для формирования покрытий рекомендовано использовать следующие режимы: скорость вращения шпинделя станка 2500–2900 мин⁻¹, натяг 0,8–1,3 мм, скорость вращения щетки 35–40 м/с, скорость продольной подачи стола с направляющими 1,5–2,0 м/мин, число проходов 8–12. Диаметр щетки 250 мм, ширина щетки 80 мм.

Проведена оценка влияния сформированного в соответствии с разработанной технологией антифрикционного покрытия на направляющих скольжения натуральных образцов станин металлорежущих станков на равномерность перемещений ползуна. Исследованиями установлено (рисунки 7, 8), что при удельных нагрузках на направляющие 0,5–2,0 МПа и скоростях перемещения силового стола 125 мм/мин и 190 мм/мин антифрикционное покрытие обеспечивает снижение разности $f_c - f_d$ статического и динамического коэффициентов трения в 2,6–2,9 раза, что способствует уменьшению усилия сдвига F ползуна в 1,7–2,3 раза и устранению его скачкообразных перемещений. При движении ползуна в режиме «рабочая подача» динамический коэффициент трения скольжения снижается в 1,2–1,4 раза.

Разработанный технологический процесс формирования антифрикционных покрытий на направляющих скольжения станин металлорежущих станков методом ПГИ и устройства для его реализации внедрены на ПРУП «МЗАЛ им. П.М. Машерова», что подтверждено актами о внедрении и практическом использовании. Экономический эффект от внедрения технологического процесса составил 58,27 млн. руб.

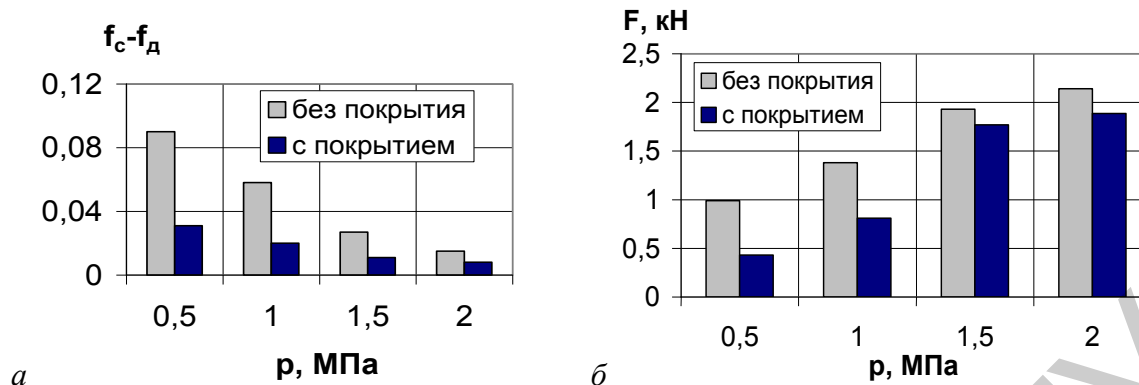


Рисунок 7 – Зависимость разности $f_c - f_d$ (а) и усилия сдвига F ползуна (б) от нагрузки при скорости перемещения силового стола 190 мм/мин

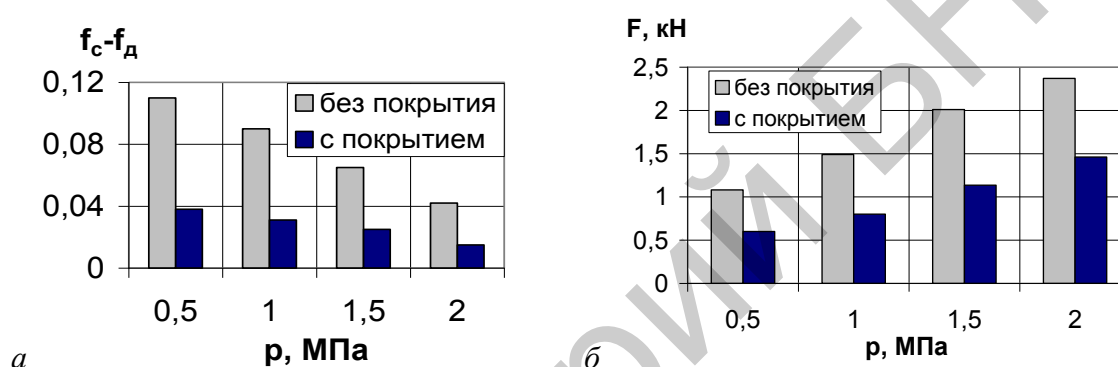


Рисунок 8 – Зависимость разности $f_c - f_d$ (а) и усилия сдвига F ползуна (б) от нагрузки при скорости перемещения силового стола 125 мм/мин

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1 В результате расчетно-экспериментального моделирования, выполненного с использованием математической модели, разработанной на основе геометрического анализа контактного взаимодействия ворса щетки с обрабатываемой поверхностью, установлено, что устойчивость процесса плакирования обеспечивается при использовании щетки с диаметром ворса 0,2–0,3 мм, длиной ворса 40–70 мм и следующих технологических параметрах: скорость скольжения ворса щетки относительно детали 35–40 м/с, величина натяга 1–3 мм, число проходов щетки по поверхности 6–8, скорость перемещения обрабатываемой детали 1,5–2,0 м/мин. С увеличением диаметра ворса щетки более 0,3 мм, величины натяга – более 3 мм при длине ворса щетки 15–40 мм коэффициент использования материала-донора снижается до 0,6–0,75, по причине преобладающего влияния процессов микрорезания. Уменьшение натяга до 0,3–0,8 мм, а числа проходов щетки по поверхности – до 6 и менее при скорости перемещения обрабатываемой детали более 2 м/мин приводит к формированию несплошного

покрытия островкового вида [3].

2 На основе разработанной экспериментально-статистической модели формирования плакирующего слоя, учитывающей влияние технологических режимов плакирования (натяга, числа проходов, соотношения линейных скоростей детали и щетки) на толщину и относительную сплошность покрытия, установлено, что оптимальные интервалы варьирования технологических режимов ПГИ, обеспечивающие формирование покрытий из композиционных материалов, содержащих неметаллические компоненты (графит, дисульфид молибдена, ультрадисперсная алмазографитовая шихта УДАГ), находятся в пределах: скорость скольжения ворса щетки относительно детали $V_{щ} = 35\text{--}40$ м/с; натяг $N = 0,8\text{--}1,5$ мм, соотношение линейных скоростей обрабатываемой детали и щетки $V_d/V_{щ} = 0,23\text{--}0,27$. Для формирования покрытий используются металлические щетки диаметром 200–250 мм с ворсом из гофрированной стальной проволоки диаметром 0,2–0,3 мм и длиной 40–70 мм. Ширина щетки выбирается с учетом ширины направляющих скольжения.

При реализации процесса плакирования с использованием установленных технологических режимов и конструктивных параметров щетки для формирования покрытий толщиной 5–12 мкм и сплошностью 100 % достаточно 8–12 проходов щетки по обрабатываемой поверхности; дальнейшие проходы щетки не приводят к существенному приращению толщины покрытия и могут ухудшить качество поверхностного слоя [15, 17].

3 В результате металлографических исследований установлено, что использование в качестве материалов-доноров порошковых материалов на основе меди с легирующими металлическими (олово, свинец, железо) и неметаллическими (графит, дисульфид молибдена, ультрадисперсная алмазографитовая шихта УДАГ) добавками приводит к формированию в слое покрытия ультрадисперсной субзернистой ячеистой структуры, с размером ячеек около 0,02 мкм. В плакирующем слое формируются остаточные напряжения растяжения, а в поверхностном слое стальной основы – остаточные напряжения сжатия, величиной 220–280 МПа [10, 14].

4 Результаты экспериментальных исследований влияния состава покрытий, сформированных методом ПГИ, на триботехнические характеристики пар трения в условиях граничного трения скольжения показали, что покрытия, сформированные из доноров, представляющих литые антифрикционные цветные металлы и сплавы на их основе, обеспечивают, по сравнению с образцом без покрытия, снижение коэффициента трения скольжения в 1,3–1,4 раза и интенсивности изнашивания – в 1,5–2,5 раза, что объясняется влиянием наследственности антифрикционных свойств материала-донора и сформированного из него покрытия.

Покрытия, сформированные из доноров, представляющих порошковые ма-

териалы на основе меди, бронзы, железа с легирующими металлическими (олово, свинец, железо) и неметаллическими (графит, дисульфид молибдена) добавками, обеспечивают дополнительное снижение коэффициента трения скольжения в 1,8–2,5 раза, интенсивности изнашивания, повышение несущей способности трущихся поверхностей до 2,5 раза. С учетом условий работы направляющих скольжения и результатов триботехнических испытаний для плакирования направляющих скольжения из серого чугуна СЧ20 в качестве донора выбран порошковый материал на основе бронзы с легирующими добавками графита и дисульфида молибдена BrO5C20Gr0,5DM0,5 , а для направляющих из стали 45 – порошковый материал на основе бронзы с добавками графита и железа BrO9C8Gr7Ж4 [1, 2, 5, 6, 8, 9, 12, 13, 16].

5 При изучении влияния состава антифрикционных покрытий, сформированных методом ПГИ на направляющих скольжения станин металлорежущих станков, на равномерность медленных перемещений станочных узлов установлено, что при удельных нагрузках на направляющие 0,5–2,0 МПа и скоростях перемещения силового стола 125 мм/мин и 190 мм/мин антифрикционное покрытие обеспечивает снижение разности между статическим и динамическим коэффициентами трения скольжения в 2,6–2,9 раза, что способствует уменьшению усилия сдвига ползуна в 1,7–2,3 раза и устранению его скачкообразных перемещений. При движении ползуна в режиме «рабочая подача» динамический коэффициент трения скольжения снижается в 1,2–1,4 раза [4, 7, 11, 13].

Рекомендации по практическому использованию результатов

Разработан технологический процесс ТП № ИЯБМ 01100.0021 формирования антифрикционных покрытий методом ПГИ на направляющих скольжения станин металлорежущих станков. Стендовыми испытаниями установлено, что антифрикционные покрытия позволяют уменьшить разность между статическим и динамическим коэффициентами трения в 2,6–2,9 раза и устранить скачкообразные перемещения ползуна. Технология формирования антифрикционных покрытий методом ПГИ и устройства для ее реализации внедрены на ПРУП «МЗАЛ им. П.М. Машерова» с экономическим эффектом 58,27 млн. руб.

Предложены и защищены патентами РБ и РФ устройства для формирования антифрикционных покрытий методом ПГИ на плоских и цилиндрических направляющих скольжения станин металлорежущих станков, отличающиеся возможностью обеспечения контроля и поддержания на заданном уровне величины подачи материала-донора в зону контакта со щеткой [18, 19, 20].

Разработанные методы и средства нанесения антифрикционных покрытий могут быть использованы для повышения работоспособности ответственных деталей подвижных сопряжений машин и технологического оборудования (подшипниковых узлов, элементов передач зацеплением, штамповой оснастки).

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

Статьи в научных журналах

1. Триботехнические свойства тонких металлических покрытий с наноразмерными наполнителями / П.А. Витязь, М.А. Леванцевич, Н.Н. Максимченко, Т.И. Бодрых, Л.И. Степанова // Трение и износ. – 2004. – Т. 25, № 6. – С. 593–601.

2. Леванцевич, М.А. Повышение эксплуатационных свойств трибосопряжений нанесением покрытий металлическими щетками / М.А. Леванцевич, Н.Н. Максимченко, В.Г. Зольников // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. – 2005. – № 1. – С. 67–72.

3. Леванцевич, М.А. Выбор рациональных режимов плакирования направляющих скольжения металлорежущих станков / М.А. Леванцевич, Н.Н. Максимченко, А.А. Лукашик // Механика машин, механизмов и материалов. – 2009. – № 2. – С. 80–82.

Статьи в научных сборниках

4. Исследование работоспособности направляющих скольжения с покрытием из порошковых материалов / М.А. Леванцевич, Н.Н. Максимченко, В.М. Горохов, И.Н. Тарусов // Порошковая металлургия : сб. науч. тр. / Ин-т порошковой металлургии НАН Беларуси. – Минск, 2008. – № 31. – С. 93–97.

Статьи в сборниках научных трудов

5. Максимченко, Н.Н. Оценка эффективности покрытий, сформированных гибким инструментом / Н.Н. Максимченко // Сборник трудов молодых ученых Национальной академии наук Беларуси: в 3 т. – Минск : Право и экономика, 2003. – Т. 3; Отделение физико-технических наук. Отделение физики, математики и информатики. Отделение химии и наук о земле. – С. 25–29.

6. Леванцевич, М.А. Повышение износостойкости деталей машин деформационным плакированием гибким инструментом / М.А. Леванцевич, Н.Н. Максимченко // Современные методы проектирования машин : Респ. межведомств. сб. науч. тр. – Минск : Технопринт, 2004. – Вып. 2, Т. 4. – С. 192–197.

7. Леванцевич, М.А. Применение метода плакирования гибким инструментом для снижения трения в направляющих скольжения станков / М.А. Леванцевич, Н.Н. Максимченко, А.Ф. Присевок // Машиностроение : респ. межведомств. сб. науч. тр. / Белорус. нац. техн. ун-т; под общ. ред. Б.М. Хрусталева. – Минск, 2009. – Вып. 24. – С. 69–72.

Материалы конференций

8. Леванцевич, М.А. Влияние состава композиционных покрытий на устойчивость к заеданию пар трения / М.А. Леванцевич, Н.Н. Максимченко // Машиностроение и техносфера XXI века : материалы Междунар. науч.-техн. конф., Севастополь, 13–18 сентября 2004 г. : в 5 т. / М-во обр. и науки Украины, Донецк. нац. техн. ун-т. – Донецк : ДонНТУ, 2004. – Т. 2. – С. 296–300.

9. Леванцевич, М.А. Технология комбинированной обработки гибким инструментом для решения задач ресурсосбережения / М.А. Леванцевич, Н.Н. Максимченко, В.Г. Зольников // Энерго- и материалосберегающие экологически чистые технологии : материалы Междунар. науч.-техн. конф., Гродно, 1–2 ноября 2005 г. : в 2 ч. / НИЦ проблем ресурсосбережения НАН Беларуси; редкол.: А.И. Свириденко [и др.]. – Гродно : ГрГУ, 2006. – Ч. 2. – С. 68–75.

10. Упрочнение и восстановление поверхностного слоя гибким инструментом / М.А. Леванцевич, В.А. Кукареко, Н.Н. Максимченко, В.М. Рудько // Современные методы и технологии создания и обработки материалов : материалы Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 75-летию Физико-технического института, Минск, 27–29 марта 2006 г. / Физ.-техн. ин-т НАН Беларуси; редкол.: С.А. Астапчик [и др.]. – Минск : Экоперспектива, 2006. – С. 480–483.

11. Леванцевич, М.А. Повышение КПД силовых столов металлорежущих станков плакированием направляющих скольжения / М.А. Леванцевич, Н.Н. Максимченко // Энерго- и материалосберегающие экологически чистые технологии : материалы Междунар. науч.-техн. конф., Гродно, 27–28 сентября 2007 г. / НИЦ проблем ресурсосбережения НАН Беларуси; редкол.: А.И. Свириденко [и др.]. – Минск : Геопринт, 2007. – С. 172–176.

12. Повышение качества металлорежущих станков плакированием направляющих скольжения / М.А. Леванцевич, Н.Н. Максимченко, В.М. Горохов, И.Н. Тарусов // Материалы, технологии и оборудование в производстве, эксплуатации, ремонте и модернизации машин: сб. науч. трудов VI Междунар. науч.-техн. конф., Новополоцк, 24–26 апреля 2007 г. : в 3 т. / Полоц. гос. ун-т; редкол.: М.Л. Хейфец [и др.]. – Новополоцк, 2007. – Т. 2. – С. 124–126.

13. Применение композиционных покрытий для снижения трения в направляющих скольжения / М.А. Леванцевич, Н.Н. Максимченко, В.М. Горохов, И.Н. Тарусов // Новые материалы и технологии : порошковая металлургия, композиционные материалы, защитные покрытия, сварка : материалы докладов Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 27–28 мая 2008 г. / ГНПО ПМ НАН Беларуси; редкол.: А.Ф. Ильющенко [и др.]. – Минск : ИПМ ГНПО ПМ, 2008. – С. 208–209.

14. Леванцевич, М.А. Модифицирование трущихся поверхностей покрытиями с наноразмерными наполнителями / М.А. Леванцевич, Н.Н. Максимчен-

ко // Инновации в машиностроении : материалы Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 30–31 октября 2008 г. / ОИМ НАН Беларуси; редкол.: М.С. Высоцкий [и др.]. – Минск, 2008. – С. 439–446.

15. Максимченко, Н.Н. Влияние режимных параметров процесса нанесения композиционных покрытий гибким инструментом на толщину сформированного слоя / Н.Н. Максимченко // Инженерия поверхности. Новые композиционные материалы. Сварка : материалы Междунар. симпозиума, провод. в рамках 12-й Междунар. выставки «Порошковая металлургия–2009», 8-й Междунар. выставки «Сварка и резка–2009», Междунар. спец. салона «Защита от коррозии. Покрытия–2009», Минск, 25–27 марта 2009 г. : в 2 ч. / Ин-т порошковой металлургии ГНПО ПМ НАН Беларуси; редкол.: П.А. Витязь [и др.]. – Минск, 2009. – Ч. 1. – С. 78–84.

16. Леванцевич, М.А. Выбор материала донора для плакирования направляющих скольжения станков / М.А. Леванцевич, В.А. Кукареко, Н.Н. Максимченко // Материалы, технологии и оборудование в производстве, эксплуатации, ремонте и модернизации машин: сб. науч. трудов VII Междунар. науч.техн. конф., Новополоцк, 29–30 апреля 2009 г. : в 3 т. / Полоц. гос. ун-т; редкол.: М.Л. Хейфец [и др.]. – Новополоцк, 2009. – Т. 1. – С. 224–227.

17. Максимченко, Н.Н. Выбор исходных технологических параметров формирования композиционных покрытий методом плакирования гибким инструментом / Н.Н. Максимченко // Машиностроение и техносфера XXI века : сб. трудов XVI Междунар. науч.-техн. конф., Севастополь, 14–19 сентября 2009 г. : в 4 т. / М-во обр. и науки Украины, Донецк. нац. техн. ун-т. – Донецк : ДонНТУ, 2009. – Т. 2. – С. 199–203.

Патенты

18. Устройство для нанесения металлических покрытий на поверхность металлических изделий : пат. 1143 Респ. Беларусь, МПК7 С 23 С 26/00 / М.А. Леванцевич, Н.Н. Максимченко, В.И. Адашкевич, А.А. Лукашик, В.Г. Зольников; заявитель Институт механики и надежности машин НАН Беларуси. – № и 20030204; заявл. 03.05.2003; опубл. 30.12.2003 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2003. – № 4. – С. 285.

19. Устройство для нанесения металлических покрытий на поверхность металлических изделий : пат. 2243290 Российской Федерации, МПК7 С 23 С 24/02 / М.А. Леванцевич, Н.Н. Максимченко, В.И. Адашкевич, А.А. Лукашик, В.Г. Зольников; заявитель Институт механики и надежности машин НАН Беларуси. – № 2003132020/02; заявл. 31.10.2003; опубл. 27.12.2004 // Изобретения. Полезные модели / Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам. – 2004. – № 36. – С. 865.

20. Устройство для нанесения покрытий на поверхности изделий : пат. 3678 Респ. Беларусь, МПК(2006) С 23 С 26/00 / М.А. Леванцевич, Н.Н. Максимченко, М.А. Белоцерковский, Ф.Ф. Давыдовский, В.Н. Калач; заявитель Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси. – № и 20060827; заявл. 07.12.2006; опубл. 30.06.2007 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2007. – № 3. – С. 198–199.

Репозиторий БНТУ

РЭЗІЮМЕ

Максімчанка Наталля Мікалаеўна

Тэхналагічнае забяспячэнне эксплуатацыйных характарыстык накіруючых слізгання фарміраваннем антыфрыкцыйных пакрыццяў гібкім інструментам

Ключавыя словы: накіруючыя слізгання, плакіраванне гібкім інструментам (ПГІ), металічная шчотка, тэхналагічныя рэжымы, фізіка-механічныя ўласцівасці, эксплуатацыйныя характарыстыкі, тэхналагічны працэс.

Мэта працы: павышэнне эксплуатацыйных характарыстык накіруючых слізгання (на прыкладзе накіруючых слізгання станін металарэжучых станкоў) фарміраваннем антыфрыкцыйных пакрыццяў метадам ПГІ.

Метады даследавання і апаратура: пры выкананні працы выкарыстаны пакеты праграм Excel, Statistica. У якасці спецыяльных метадаў даследавання ўжыты метады матэматычнага мадэлявання, рэнтгенаструктурнага, металаграфічнага, спектральнага аналізу (дыфрактаметр ДРОН-3,0, металаграфічныя мікраскопы ПЛАНАР MICRO 200, МИМ-8). Ужыты мікрацвёрдамер ПМТ-3, таўшчынямер МТЦ-3М, машыны трэння вярчальнага і зваротна-паступальнага руху.

Распрацавана матэматычная мадэль узаемасувязі кінематычных параметраў працэсу плакіравання з канструктыўнымі параметрамі гібкага інструмента, якая забяспечвае магчымасць вызначэння зыходных тэхналагічных рэжымаў фарміравання антыфрыкцыйных пакрыццяў на накіруючых слізгання, зыходзячы з умовы забяспячэння патрэбнай таўшчыні і суцэльнасці плакіруючага слою. Эксперыментальна ўсталяваны асноўныя заканамернасці ўплыву тэхналагічных рэжымаў працэса плакіравання, саставу матэрыяла-донара на фазавы склад і трыбатэхнічныя характарыстыкі пакрыццяў. Усталявана, што пры ўдзельных нагрузках на накіруючыя 0,5–2,0 МПа і хуткасцях перамяшчэння сілавога стала 125 мм/хв і 190 мм/хв антыфрыкцыйнае пакрыццё забяспечвае зніжэнне рознасці статычнага і дынамічнага каэфіцыентаў трэння ў 2,6–2,9 разы, што спрыяе памяншэнню намагання зруху паўзуна ў 1,7–2,3 разы і ліквідаванню яго скачкападобных перамяшчэнняў. Пры руху паўзуна ў рэжыме «службовая падача» дынамічны каэфіцыент трэння слізгання зніжаецца ў 1,2–1,4 разы.

Распрацаваны тэхналагічны працэс фарміравання антыфрыкцыйных пакрыццяў на накіруючых слізгання метадам ПГІ і ўстройства для яго рэалізацыі. Рэзультаты працы ўкаранёныя на ВРУП «Мінскі завод аўтаматычных ліній імя П.М. Машэрава» з эканамічным эфектам 58,27 млн. руб.

РЕЗЮМЕ

Максимченко Наталья Николаевна

Технологическое обеспечение эксплуатационных характеристик направляющих скольжения формированием антифрикционных покрытий гибким инструментом

Ключевые слова: направляющие скольжения, плакирование гибким инструментом (ПГИ), металлическая щетка, технологические режимы, физико-механические свойства, эксплуатационные характеристики, технологический процесс.

Цель работы: повышение эксплуатационных характеристик направляющих скольжения (на примере направляющих скольжения станин металлорежущих станков) формированием антифрикционных покрытий методом ПГИ.

Методы исследования и аппаратура: при выполнении работы использованы пакеты программ Excel, Statistica. В качестве специальных методов исследования применены методы математического моделирования, рентгеноструктурного, металлографического, спектрального анализа (дифрактометр ДРОН-3,0, металлографические микроскопы ПЛАНАР MICRO 200, МИМ-8). Использованы микротвердомер ПМТ-3, толщиномер МТЦ-3М, машины трения вращательного и возвратно-поступательного движения.

Разработана математическая модель взаимосвязи кинематических параметров процесса плакирования с конструктивными параметрами гибкого инструмента, обеспечивающая возможность определения исходных технологических режимов формирования антифрикционных покрытий на направляющих скольжения, исходя из условия обеспечения требуемой толщины и сплошности наносимого слоя. Экспериментально установлены основные закономерности влияния технологических режимов процесса плакирования, состава материала-донора на фазовый состав и триботехнические характеристики покрытий. Установлено, что при удельных нагрузках на направляющие 0,5–2,0 МПа и скоростях перемещения силового стола 125 мм/мин и 190 мм/мин антифрикционное покрытие обеспечивает снижение разности статического и динамического коэффициентов трения в 2,6–2,9 раза, что способствует уменьшению усилия сдвига ползуна в 1,7–2,3 раза и устранению его скачкообразных перемещений. При движении ползуна в режиме «рабочая подача» динамический коэффициент трения скольжения снижается в 1,2–1,4 раза.

Разработан технологический процесс формирования антифрикционных покрытий на направляющих скольжения методом ПГИ и устройства для его реализации. Результаты работы внедрены на ПРУП «Минский завод автоматических линий им. П.М. Машерова» с экономическим эффектом 58,27 млн. руб.

SUMMARY

Maksimchenko Natalia Nikolaevna

Technological provision of the slide-ways service characteristics
by the formation of antifrictional coverings by the flexible tool

Keywords: slide-ways, cladding by flexible tool (CFT), metal brush, technological regimes, physical and mechanical and service properties, technological process.

The work purpose: increase of service properties slide-ways (on an example of slide-ways of beds of metal-cutting machine tools) formation of antifrictional coverings by CFT-method.

Methods of research and equipment: at work performance software packages Excel, Statistica are used. As special methods of research methods of mathematic simulation, x-ray diffraction, metallographical and spectral analysis (diffractometer ДРОН-3,0, metallographical microscopes ПЛАНАР MICRO 200, МИМ-8) are applied. Are used microdurometer ПИМТ-3, thickness meter МТЦ-3М, machines of friction realizing rotary and back and forth motion.

The mathematical model of interrelation of the CFT-process kinematic parameters with the flexible tool design parameters is developed. The model provides possibility of definition of the initial technological regimes of the antifrictional coverings formation on slide-ways, proceeding from requirement of provide a required thickness and continuity of a cladding layer. The basic laws of influence of technological regimes of CFT-process, composition of a material-donor on phase composition and tribotechnical characteristics of the coverings are experimentally established. It is established that at loadings on slide-ways 0,5–2,0 MPa and speeds of the power table moving 125 mm/min and 190 mm/min antifrictional covering provides reducing the difference between coefficients of static and dynamic friction in 2,6–2,9 times that promotes to decreasing of the slide blockshift force in 1,7–2,3 times and elimination of stick-slip motions of slide block. At the slide block motion in a mode «working feed» the dynamic coefficient of sliding friction decreases in 1,2–1,4 times.

The technological process of the antifrictional coverings formation on slide-ways by CFT-method and devices for its realization are developed. Results of work are introduced on PRUE «Minsk plant of automatic transfer lines named after P.M. Masherov» with economic benefit of 58,27 million BLR.

Научное издание

МАКСИМЧЕНКО Наталья Николаевна

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
НАПРАВЛЯЮЩИХ СКОЛЬЖЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЕМ
АНТИФРИКЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ ГИБКИМ ИНСТРУМЕНТОМ

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

по специальности 05.02.08 – Технология машиностроения

Подписано в печать 26.11.2009.

Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 1,39. Уч.-изд. л. 1,09. Тираж 60. Заказ 1320.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский национальный технический университет.

ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009.

Проспект Независимости, 65, 220013, Минск.