

# КРАТКИЙ ОТЧЁТ О НИР

*Кафедры «Машиноведение и технологическое оборудование»  
(зав. кафедрой – канд. тех. наук, доц. Ф.Ю. Бурменко)*

*Аннотированный отчет за 2016 год*

## **Тематика научных исследований:**

**Исследование технологического оборудования, структур и наноматериалов, обладающих улучшенными функциональными свойствами.**

*Подтема 1.* Наукометрический анализ развития науки в странах Восточной Европы в области инженерии.

Исполнитель: проф. Дикусар Г.К..

*Подтема 2.* Исследование и разработка технологии нанесения медных покрытий на стальные детали с помощью электроискрового легирования.

Исполнитель: доц. Юрченко В.И.

*Подтема 3.* Прочностные расчеты в машиностроении. Программы АРМ.

Исполнитель: доц. Бурменко Ф.Ю., доц. Боунегру Т.В.

*Подтема 4.* Проведение сравнительного анализа при выборе современного сверлильно-фрезерного оборудования с целью обновления устаревшего станочного парка для предприятий среднего машиностроения.

Исполнитель: ст. преп. Лупашко Г.П..

*Подтема 5.* Исследование и разработка технологии нанесения покрытий повышенной толщины до 1 мм на алюминиевые поверхности электродом инструментом из Al-Sn.

Исполнитель: ст. преп. Юрченко Е.В.

*Подтема 6.* Моделирование оснастки для получения отливки «Гайка» с оптимизацией размеров пакета и расположения его узлов посредством САПР.

Исполнитель: ст. преп. Юрочкина Т.М., ст. преп. Котиц Д.А.

*Подтема 7.* Исследование структур покрытий полученных нанесением медных сплавов на вкладыши стальных подшипников.

Исполнитель: ст. преп. Юрченко О.Е..

*Подтема 8.* Анализ международного рынка измерительного инструмента.

Исполнитель: ст. преп. Юсюз В.П.; преп. Юсюз И.А..

*Подтема 9.* Получение и свойства Co-W покрытий их электроосаждением с растворимыми анодами.

Исполнитель: преп. Данильчук В.В..

*Подтема 10.* Модель формирования профессиональных компетенций в инженерном образовании.

Исполнитель: ст. преп. Царюк Е.А..

## **Результаты НИР**

**Подтема 1.** Осуществлен наукометрический анализ основных направлений и интенсивности научных исследований стран Восточной Европы в области инженерии на основе анализа публикаций и данных SCI. Проведён литературный обзор публикаций в ведущих журналах в области электрохимии. На основе наукометрического анализа работ обобщены наукометрические показатели, свидетельствующие об интенсивности и динамике проведения НИР в странах Восточной Европы по разделу Инженерия. Показано увеличение исследований в области инженерии и уровня технического развития.

Результаты исследований доложены на научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава ИТИ ПГУ им. Т.Г.Шевченко..

Результаты исследований доложены на научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава ИТИ ПГУ им. Т.Г.Шевченко.

**Подтема 2.** Целью работы было изучить возможность восстановления вкладышей подшипников коленвала крупных судовых ДВС с помощью перспективного процесса электроискрового леги-

рования взамен восстановления с помощью гальванических покрытий, применяемых в настоящее время. Недостатком технологии гальванического восстановления деталей является сложность и многостадийность процесса, который состоит из более чем десятка операций. С применением электроискрового легирования предполагалось сократить количество операций до трёх и тем самым повысить эффективность процедуры восстановления вкладышей подшипников. Для этого необходимо разработать технологию электроискрового нанесения медного покрытия на стальную подложку толщиной не менее 1 мм, чтобы в дальнейшем была возможность провести чистовую механическую обработку.

Обзор литературы показал, что работ, посвящённых электроискровым медным покрытиям на стали, практически нет. Только в одном учебнике приводятся данные по нанесению бронзовых покрытий на стальные детали, причём отмечается сложность процесса, так как необходимо для получения небольшого по толщине слоя наносить несколько слоёв покрытий и, что особенно важно, электродами разных марок бронзы последовательно, что значительно усложняет процесс электроискрового легирования.

Эксперименты, проведённые с помощью электроискровой установки ALIER31 показали следующее:

1. При использовании режимов установки с1 по7, амплитуды вибрации от0 до1, и коэффициента энергии от 0,25 до 1,0 приращеня слоя покрытия не наблюдалось. С увеличением энергии искрообразования цвет покрытия изменялся с белого до светлорозового, что говорит о том, что покрытие на поверхности детали всё-таки образуется, но за счёт модифицирования поверхности медью.

2. Попытки получения необходимого слоя медного покрытия с помощью предварительного нанесения подслоя из тугоплавких элементов (графита и никеля) не дали положительных результатов: образовывалось медное покрытие с высокой шероховатостью толщиной не более 0,1 мм. При нанесении подслоя из легкоплавких элементов (олово и свинец) картина не изменилась: поверхность стали модифицировалась, но приращения слоя не происходило даже при использовании режимов с максимальной энергонасыщенностью (режим 7, амплитуда 1,0, коэффициент энергии 1,0.)

3. В результате проведённых экспериментов можно сделать предварительные выводы:

- при использовании электроискровых установок с энергией искрообразования менее 4,5 Дж получить покрытие на стали из чистой меди толщиной 0,5-1,0 невозможно;
- особенностью электроискровых медных покрытий является удаление части стальной подложки и замещение её медным подслоем таким образом, что общая толщина образца не меняется.
- дальнейшим направлением работ может быть исследование возможности получения толсто-стенных покрытий на стали при помощи применения электродов не из чистой меди, а из медных сплавов (латуни или бронзы), так как эти сплавы обладают более низким коэффициентом трения, а с другой стороны обладают более низкой эрозионной стойкостью, что даёт возможность легче получить покрытия заданной толщины.

Результаты доложены на научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава ИТИ ПГУ им. Т.Г.Шевченко, опубликована статья.

**Подтема 3.** Прочность – свойство материала сопротивляться разрушению под действием внутренних напряжений, возникающих под действием внешних сил.

Для вновь создаваемого класса машин и аппаратов указанные механизмы разрушения выявляются на стадии научно-исследовательского цикла проектирования. С каждым из таких механизмов разрушения связывается определённый критерий прочности – та или иная характеристика физического состояния материала элементов машин и аппаратов, определяемая расчётным или экспериментальным путём. Для каждого из критериев прочности материала конструкции экспериментально устанавливаются его предельные значения. По определённым значениям далее определяются допускаемые значения этих критериев. Значение коэффициента запаса прочности назначаются на

основе опыта эксплуатации с учётом степени ответственности проектируемой конструкции, расчётного срока её эксплуатации и возможных последствий её разрушения.

Достоинство работы с библиотекой прочностных расчётов для Компас 3D:

- расширение функциональности базовой конфигурации системы Компас 3D;
- простота и лёгкость освоения;
- гибкость настроек параметров отображения закрепления, нагрузок и результатов;
- отсутствие необходимости конвертации Компас 3D моделей в другие форматы;
- наглядность представления результатов.

Работа с Компас 3D приложение АРМ оставляет хорошее впечатление, даёт практические результаты в виде оптимального распределения напряжений в спроектированной конструкции и уверенность в том, что прочность будет обеспечена на протяжении всего процесса её эксплуатации.

Результаты исследований доложены на научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава ИТИ ПГУ им. Т.Г.Шевченко, опубликована статья.

**Подтема 4.** Вопрос производительности фактически является вопросом окупаемости оборудования. Большую часть времени эксплуатации сверлильно-фрезерных станков может занимать межоперационное время перед и после операций сверления и фрезерования. Это время уходит на подготовку нового задания, загрузку и разгрузку станка заготовками.

Сократить это время можно, используя сетевые карты, для передачи подготовленных программ сверления и фрезерования на станок и автоматические загрузчики/ разгрузчики, если модель станка позволяет добавить эти опции. Выбор конкретных моделей должен опираться на оценку экономической эффективности использования оборудования для конкретных задач производства.

Результаты доложены на научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава ИТИ ПГУ им. Т.Г.Шевченко, опубликована статья.

**Подтема 5.** Предыдущие исследования показали, что при ЭИЛ алюминиевого сплава Д1 из алюминивно-оловянного сплава АО20-1 при нанесении покрытия вручную возможно получение в поверхностном слое нанонитей из  $\text{SnO}_2$ , которые придают покрытию уникальные противоизносные свойства: износостойкость такого покрытия при трибологических испытаниях превышала износ стального закаленного контртела в 10 раз. Однако толщина покрытия при этом не превышала 0,2 мм, что ограничивает возможность этого способа восстановления изношенных алюминиевых поверхностей деталей. Поэтому целью настоящей работы является повышение эффективности процесса ЭИЛ для разработки технологии получения толстостенных (более 1 мм) покрытий при восстановлении изношенных алюминиевых деталей. Для достижения этой цели ставились и решались следующие задачи:

- изучить влияние параметров электроискровой установки на удельную скорость легирования алюминиевых поверхностей;
- разработать технологию получения толстостенных покрытий на алюминиевых сплавах с помощью ЭИЛ.

В результате проведения экспериментальных исследований установлено следующее:

1. Увеличение номера режима работы установки ALIER 31 на удельную скорость легирования (УСЛ) и, следовательно, на толщину покрытия при малом коэффициенте энергии импульса незначительно.

2. Влияние коэффициента энергии импульса на УСЛ оказывается значительным только при малом диаметре электрода, который, как оказалось, играет исключительно важную роль при получении толстостенных покрытий.

3. Особенно сильно на толщину покрытия влияет плотность энергии искрового разряда: с увеличением плотности искрового разряда УСЛ значительно увеличивается, что даёт возможность получать покрытия повышенной толщины вплоть до 2мм.

4. В результате проведения экспериментальных работ с целью получения толстых слоёв покрытия на алюминиевых поверхностях установлены оптимальные параметры работы установки AL-

IER 31: режим работы №7, амплитуда вибрации  $K=1,0$ , диаметр электрода-3мм, плотность энергии  $E=0,45 \text{ Дж/мм}^2$ .

5. Многослойное нанесение покрытий с периодическим оплавлением и разравниванием предыдущего слоя с помощью графитового электрода позволило получить покрытия из сплава АО20-1 на образцах из алюминиевого сплава Д1 толщиной 1,5-2,0 мм.

6. Разработанная технология может быть применена при ремонте посадочных мест под подшипники в корпусных деталях из алюминиевых сплавов, при ремонте кокилей, пресс-форм для литья пластмасс, теплообменников, корпусов автомобильных насосов и т.д.

Результаты доложены на научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава ИТИ ПГУ им. Т.Г.Шевченко, опубликована статья.

**Подтема 6.** Осуществлен литературный обзор и патентный поиск для моделирования оснастки и оптимизации размеров пакета и расположения узлов посредством САПР, как основного инструмента моделирования.

Использование CAD/CAE – систем в сочетании с классической схемой расчетов на прочность позволило значительно сократить время проведения расчётов, благодаря автоматизации процесса. САПР технологии позволили минимизировать процесс определения габаритных размеров пакета отливки «Гайка».

Результаты исследований доложены на научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава ИТИ ПГУ им. Т.Г.Шевченко. Опубликована статья.

**Подтема 7.** Анализ литературных данных по вышеобозначенной теме показал почти полное отсутствие информации. Практически нанесением медных покрытий на стальные подложки никто не занимается. Единственное упоминание о использовании медных покрытий есть у Иванова А И (ЦНИТИ г, Москва), который использовал медные электроды с целью снятия верхушек бугров, образующихся на поверхности стальных деталей при электроискровом легировании стальными или чугунными электродами. В процессе проведения экспериментов было установлено, что электроискровая обработка стальной поверхности приводит к уносу вещества с анода, но создаёт предпосылки для дальнейшего наращивания слоя стального покрытия.

Анализ диаграмм состояния Fe-Cu показал, что медь в железе практически не растворяется (3% при  $800^{\circ}\text{C}$  и 0,3% при комнатной температуре). Это означает, что при охлаждении сплава должна образоваться сетчатая структура: зёрна железа, окружённые тончайшими прослойками из меди и её окислов. Такая структура (по аналогии со структурой Al-Sn) является основой для получения электродов, использование которых в процессе электроискрового легирования позволяет получить наноструктурированное покрытие. Такое покрытие должно обладать повышенными функциональными свойствами, в частности, повышенной износостойкостью, что чрезвычайно важно в современных условиях при ремонте и восстановлении изношенных деталей автотракторной, сельскохозяйственной, текстильной и другой техники.

Металлографический анализ структур электродов из сплава железо-медь (20%Cu, остальное Fe), проведённый с помощью металлографического микроскопа METAM RW 21 подтвердил теоретический прогноз, приведённый выше: действительно получена сетчатая структура из зёрен железа, окружённых тонкими прослойками меди. Поэтому это направление работ можно считать перспективным.

Замеры толщины покрытий, полученных с помощью электроискровой установки ALIER31 показали, что даже при максимальной энергии искрообразования его толщина не превышает 0,1мм, что не даёт возможности использовать микротвердомер ПМТ 3М для замера твёрдости покрытия.

Для определения свойств таких покрытий необходимо провести испытания на износостойкость, однако соответствующее оборудование в университете отсутствует. Такую установку для

испытаний на износостойкость к абразивному износу необходимо приобрести или при наличии финансирования изготовить самим, так как она крайне необходима для продолжения работ.

Результаты исследований доложены на научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава ИТИ ПГУ им. Т.Г.Шевченко.

**Подтема 8.** Осуществлён литературный обзор, исследовано состояние рынка и производства измерительных инструментов. определены ключевые аспекты, влияющие на оценку качества оборудования, а также потребность в новых инструментах, метрологических средствах, методах испытаний и контроля.

Проведено документирование информации о контролируемых этапах технологических операций и результатов контроля.

Результаты исследований доложены на научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава ИТИ ПГУ им. Т.Г.Шевченко. опубликована статья.

**Подтема 9.** Электроосаждение нанокристаллических Co-W покрытий является возможной альтернативой хромированию с целью получения упрочняющих покрытий. переход от лабораторных экспериментов к промышленной технологии сталкивается с определенными трудностями, поскольку процесс получения таких покрытий обладает существенными особенностями, нехарактерными для классических процессов электроосаждения. К числу таких особенностей следует отнести наличие размерного технологического эффекта микротвердости таких покрытий [4], заключающегося в том, что микротвердость электроосажденных слоев при фиксированной плотности тока электроосаждения определяется объемной плотностью тока (ОПТ), изменяясь с изменением соотношения площадь покрытия – объем электролита. Кроме того, на работоспособность электролита сильное влияние оказывает природа анода. При использовании нерастворимых анодов состав и свойства покрытий могут значительно изменяться в процессе эксплуатации

Представлены данные по использованию в качестве анодов W и Co. Показано, что растворение W в глюконатном электролите со 100 % выходом по току возможно при относительно низких потенциалах.

Результаты исследований доложены на научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава ИТИ ПГУ им. Т.Г. Шевченко, опубликована статья.

Ведется работа над диссертационной работой на соискание ученой степени кандидата технических наук.

**Подтема 10.** Обоснована необходимость в формировании компетенций, составляющих компетентность бакалавров технического вуза при изучении дисциплин профессионального цикла.

Выполнено оптимизационное моделирование профессиональной подготовки студентов с учетом образовательных ресурсов вуза, обеспечивающее формирование конкурентоспособных специалистов, владеющих ключевыми компетенциями

Теоретически обоснована модель формирования профессиональных компетенций студентов выпускников.

Результаты исследований доложены на научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава ИТИ ПГУ им. Т.Г. Шевченко, опубликована статья.

Зав. кафедрой МТО,  
к.т.н., доцент

Ф.Ю. Бурменко