

# МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

## УО «ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 621.357.6

№ госрегистрации

Инв. № \_\_\_\_\_

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной  
работе ВГТУ

С.М. Литовский

\_\_\_\_\_ 2003 \_\_ г.



## ОТЧЕТ

### О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

*«Разработка теоретических основ использования пластической деформации при формовании композиционных электрохимических покрытий»*

2002 - г/б - 313

(заключительный)

Научный руководитель

Ответственный исполнитель

Начальник НИС УО «ВГТУ»

С.С. Клименков

А.С. Новиков

С.А. Беликов

Витебск, 2003

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

**Руководитель работы**

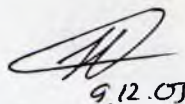
д.т.н., профессор, г.н.с.



КЛИМЕНКОВ С.С.

**Ответственный исполнитель**

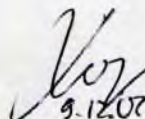
Ассистент, м.н.с.

  
9.12.03

НОВИКОВ А.К.

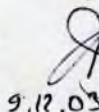
**Исполнители**

К.т.н., доцент, в.н.с.

  
9.12.03

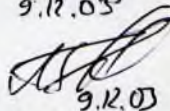
ХОДЬКОВ В.М.

К.т.н., доцент, в.н.с.

  
9.12.03

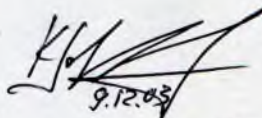
УГОЛЬНИКОВ А.А.

Ст. преподаватель, с.н.с.

  
9.12.03

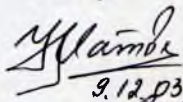
ГОЛУБЕВ А.Н.

С.н.с.

  
9.12.03

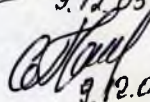
МАТВЕЕВ К.С.

Лаборант

  
9.12.03

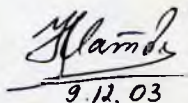
МАТВЕЕВА Н.Н.

Лаборант

  
9.12.03

СТАНКЕВИЧ П.В.

Нормоконтролер

  
9.12.03

МАТВЕЕВА Н.Н.

## РЕФЕРАТ

Отчет 70 с, 29 рис., 5 табл., 35 источников.

### ПЛАСТИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ, ЭЛЕКТРОЛИЗ, ДИСПЕРСНЫЕ ЧАСТИЦЫ, КОМПОЗИЦИОННОЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОКРЫТИЕ, ЭЛЕКТРОЛИТ-СУСПЕНЗИЯ, ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЕ

*Объектом исследований является совместное воздействие электролиза и пластической деформации на структуру и свойства композиционного электрохимического покрытия.*

Цель – разработать теоретические основы использования пластической деформации в процессе формирования композиционного электрохимического покрытия и изучить влияние пластической деформации и электролиза на структуру и свойства композиционных электрохимических покрытий. Определить оптимальные деформационные усилия и параметры режима электроосаждения для получения износостойких композиционных электрохимических покрытий.

В ходе выполнения работы были проведены исследования существующих методов и устройств контроля и управления процессом электролиза, систем автоматизированного контроля свойств формируемого композиционного покрытия. Разработан и исследован механизм управления процессом деформационного формирования композиционных электрохимических покрытий, разработана блок-схема автоматической линии по нанесению композиционных покрытий с контролем параметров электроосаждения и пластического деформирования. Определены принципы использования пластического деформирования при формировании многослойных композиционных электрохимических материалов. Определены оптимальные деформационные усилия и параметры режима электроосаждения для получения композиционных электрохимических покрытий с заданными свойствами.

Основные показатели: проведенные исследования позволили определить влияние физических факторов на состав и свойства покрытия и выработать математические зависимости свойств покрытия от режимов деформационной обработки и электролиза, что дает возможность теоретически определять параметры процесса нанесения покрытия с требуемым составом и свойствами.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>5</b>
<b>1. ПРОВЕСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ И УСТРОЙСТВ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ЭЛЕКТРОЛИЗА, СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ СВОЙСТВ ФОРМИРУЕМЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ. ....</b>	<b>7</b>
1.1. УСТРОЙСТВА И МЕТОДЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ОСАЖДЕНИЯ ПОКРЫТИЙ. ....	8
1.2. УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЧЕСКОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПАРТИИ ДЕТАЛЕЙ НА ГАЛЬВАНИЧЕСКОМ УЧАСТКЕ. ....	22
<b>2. РАЗРАБОТАТЬ И ИССЛЕДОВАТЬ МЕХАНИЗМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ДЕФОРМАЦИОННОГО ФОРМОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ. ....</b>	<b>25</b>
<b>3. ОПРЕДЕЛИТЬ ПРИНЦИПЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ ПРИ ФОРМОВАНИИ МНОГОСЛОЙНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ. ....</b>	<b>34</b>
3.1 КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ. ....	34
3.2 ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СЛОИСТЫХ ПОКРЫТИЙ И ПОКРЫТИЙ ПОЛУЧАЕМЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ. ....	38
3.3 НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ ПЛАСТИЧЕСКОМ ТЕЧЕНИИ МАТЕРИАЛА МАТРИЦЫ В ЗАЗОРЕ МЕЖДУ ЧАСТИЦАМИ ПОРОШКА В ЭЛЕМЕНТАРНОЙ ЯЧЕЙКЕ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА. ....	45
3.4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ, НЕОБХОДИМОГО ДЛЯ ЗАПОЛНЕНИЯ МЕТАЛЛОМ МАТРИЦЫ ПРОСТРАНСТВА МЕЖДУ ЧАСТИЦАМИ ПОРОШКА. ....	47
3.5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ, НЕОБХОДИМОГО ДЛЯ ВДАВЛИВАНИЯ ЧАСТИЦЫ ПОРОШКА В МАТРИЦУ МЕТОДОМ ЛИНИИ СКОЛЬЖЕНИЯ. ....	48
3.6 СПОСОБ НАНЕСЕНИЯ СЛОИСТЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ. ....	50
<b>4. ОПРЕДЕЛИТЬ ОПТИМАЛЬНЫЕ ДЕФОРМАЦИОННЫЕ УСИЛИЯ И ПАРАМЕТРЫ РЕЖИМА ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ С ЗАДААННЫМИ СВОЙСТВАМИ. ....</b>	<b>62</b>
4.1. ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ НАНЕСЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННОГО ПОКРЫТИЯ НА НИКЕЛЕВОЙ ОСНОВЕ. ....	65
<b>5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ. ....</b>	<b>67</b>
<b>ЛИТЕРАТУРА .....</b>	<b>71</b>

## Введение

В настоящее время, наряду с традиционными конструкционными материалами широкое применение в промышленности нашли композиционные материалы, упрочненные порошками либо волокнами. Одним из методов получения таких композиционных покрытий является электролитическое осаждение из электролитов-суспензий матричного материала и седиментационное осаждение упрочняющих частиц. В качестве упрочняющих фаз используют карбиды, бориды, нитриды, оксиды и интерметаллиды. Этот метод обладает как рядом достоинств, так и недостатков.

К достоинствам можно отнести низкую температуру процесса, возможность получения композиционных покрытий на основе сплавов металлов, простота технологического оборудования и оснастки, широкий диапазон получаемых материалов, возможность изменения свойств материала за счет включения дисперсных частиц. [8,9]

К недостаткам относятся: низкая скорость осаждения покрытий, трудность воспроизведения результатов осаждения покрытий (наличие большого числа факторов оказывающих влияние на конечные свойства композиционного покрытия).

Основным недостатком процесса электролитического осаждения композиционных материалов является низкая производительность процесса. Например, скорость осаждения электрохимического композиционного покрытия на основе меди составляет всего 0,02-0,03 грамм/мм<sup>2</sup>-час.[7] Поэтому изыскание средств повышения производительности и эксплуатационных свойств композиционного материала является актуальной научно-технической задачей. Основными способами повышения производительность процесса нанесения электрохимического покрытия являются различные виды активации поверхностного слоя покрытия и насыщения прикатодного слоя электролита положительно заряженными ионами металла матрицы. Для этого применяют барбортеры, механические мешалки, ультразвук, натирание поверхности, прокачку через межэлектродное пространство электролита под давлением. Последние два вида обработки катода приводят к возникновению в металле упругих и пластических деформаций, что положительно сказывается на скорости осаждения электрохимического покрытия. Многие годы исследователи, занимавшиеся проблемой электрохимического получения композитов, не придавали данному факту большого значения, объясняя увеличение скорости осаждения металла из

электролита только устранением пассивирующей пленки на поверхности катода. Однако в конце 70-х годов Горохов В.А., занимавшийся вопросами упрочнения деталей методами пластической деформации, заметил, что в электрохимических покрытиях, обработанных пластической деформацией, возрастает скорость коррозии. Так была выявлена явная связь между процессом роста гальванического покрытия и усилием пластической деформации.

Кроме того, известно, что пластическую обработку металлов используют для улучшения обрабатываемости материала или придания поверхностному слою металла определенных физико-механических свойств, повышении прочностных характеристик. Прочностные характеристики металлов можно повышать двумя способами:

- ◆ создание бездислокационных металлов (теоретические металлы) или металлов со сниженным числом дислокаций кристаллической решетки за счет повышения химической чистоты компонентов,
- ◆ увеличение числа дислокаций и создание тонкой субмикроскопической неоднородности строения.

Как известно композиционные электрохимические покрытия имеют кристаллическую структуру со значительным числом дислокаций, а также наличием в составе материала различных примесей, образующихся в результате сложного электрохимического взаимодействия компонентов электролита-суспензии. Таким образом, для повышения прочностных характеристик КЭП необходимо использовать второй путь, который соответствует обработке с помощью пластической деформации.

Таким образом, очевидно, что роль пластической деформации в процессах получения электрохимических композиционных покрытий положительна и недостаточно изучена. В данном научном исследовании будет изучена возможность использования пластической деформации в процессе осаждения композиционного электрохимического покрытия (КЭП), исследовано влияние параметров электроосаждения и пластической деформации на свойства КЭП.

Результатом работы должно стать создание новых способов осаждения электрохимических покрытий, основанных на уже существующих способах, математических моделях и технологических процессах.

## Литература

1. Автоматическое оборудование для нанесения гальванических покрытий. Справочник, М.: "Металлургия", 1979.
2. Вайнер Я.В. Оборудование гальванических цехов, Л: "Машиностроение ", 1971.
3. Гибкие автоматизированные гальванические линии. Справочник, М: "Машиностроение ", 1989.
4. Дасоян М.А. Оборудование цехов электрохимических покрытий, Л: "Машиностроение ", 1979.
5. Куценко В.М. Гибкие автоматизированные системы производства и управления в гальванотехнике, Мн., 1982.
6. Оборудование цехов электрохимических покрытий. Справочник, Л: "Машиностроение ", 1987. Литература.
7. Гальванотехника: Справочник / [Ажогин Ф.Ф.] / Под ред. А.М.Гинберга, М.: "Металлургия", 1987.
8. Колпашников А.И. Деформирование композиционных материалов, М.: «Металлургия», 1982.
9. Кобелев А.Г. Технология слоистых металлов, М.: «Металлургия», 1991.
10. Игнатъев В.И., Ионичева Н.С., Марейчев А.В., Гальванические покрытия в машиностроении: Справочник в 2-х т. / Под ред. М.А.Шлугера. Ч1, М.: "Машиностроение", 1985.
11. Бородин И. Н., Упрочнение деталей композиционными покрытиями, М.: "Машиностроение", 1982.
12. Лайнер В. И., Современная гальванотехника, М.: "Металлургия", 1967.
13. Молчанов В. Ф., Аюпов Ф. А., Вандышев В. А., Комбинированные электрохимические покрытия, Киев: "Техника", 1975.
14. Филатов В. И., Композиционные электроосаждаемые материалы, Кишенев.
15. Прудников Е. Л., Абразивосодержащие электрохимические покрытия, Киев: "Наукова думка", 1985.
16. Сайфулин Р. С., Комбинированные электрохимические покрытия и материалы, М.: "Химия", 1972.
17. Соколовская Е.М. Физикохимия композиционных материалов. Изд-во Московского университета, 1978.

18. Горохов В.А. Обработка деталей пластическим деформированием. Киев, Техника, 1978.
19. Справочник по электрохимии / Под ред. А.М.Сухотина, Л.: "Химия", 1981, 486 стр.
20. Сверхтвердые материалы / Под ред. И.Н.Францевича, Киев: "Наукова думка", 1980, 295стр.
21. Применение электрохимических покрытий сплавами и композиционными материалами: Материалы семинара, М., МДНТП, 1982, 126стр.
22. Композиционные материалы: [В 8-ми томах]. /Ред. Л.Браутман, Р.Крок., М.: "Машиностроение", 1978.
23. Композиционные материалы: Справочник / Под ред. Д.М.Карпиноса, Киев: "Наукова думка", 1985, 592стр.
24. Получение твердых износостойких гальванических покрытий, М., МДНТП, 1970.
25. Теория и практика электроосаждения металлов и сплавов, Приволжское кн. изд., 1976, 111стр.
26. Антропов Л. И., Быкова М. И., Композиционные электрохимические покрытия и материалы, Киев: "Техника", 1986 ,199стр.
27. Антропов Л. И., Теоретическая электрохимия, М.: "Высшая школа", 1975, 510стр.
28. Дасоян М. А., Пальмская И. Я., Технология электрохимических покрытий, Л.: Машиностроение, 1989, 392стр.
29. Мацкевич И.П., Теория вероятностей и математическая статистика.
30. Способ упрочнения дисковых фрез металлокерамическим твердым сплавом. Заявка № а 20000230 от 14.03.2000 г. Авторы: Клименков С.С., Груздев Д.А., Новиков А.К.
31. Способ нанесения композиционных покрытий. Заявка № а 20000386 от 27.04.2000 г. Авторы Клименков С.С., Новиков А.К.
32. Устройство для нанесения покрытий методом порошковой гальваники. Заявка № а 19990395 изобретение от 05.05.1999г. Авторы Клименков С.С., Трубников Ю.В., Новиков А.К.
33. Способ формования композиционного материала». Заявка № а 19991090 от 07.12.1999г. Авторы: Клименков С.С., Новиков А.К.
34. Способ получения металлокерамических композиционных материалов. Заявка на изобретение, Авторы: Клименков С.С., Новиков А.К., Трубников Ю.В., Груздев Д.А.
35. Способ формирования металлокерамических композиционных покрытий. Заявка на изобретение. Клименков С.С., Груздев Д.А., Новиков А.К.