

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

**УО "ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ"**

УДК 621.357.6

№ госрегистрации инв. № 20001566

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной
работе УО ВГТУ

С.М. Литовский

2001 г.



ОТЧЕТ

О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

«Разработка теоретических и технологических основ формирования тонкослойного металлокерамического покрытия рабочих поверхностей деталей машин»

2000- г/б N 277

(заключительный)

Научный руководитель

С.С. Клименков

Начальник НИС ВГТУ

С.А. Беликов

Витебск, 2001г.

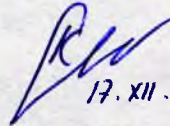
Библиотека ВГТУ



СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ


Руководитель работы

Г.н.с., д.т.н., профессор

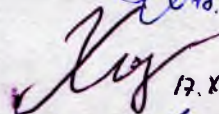
 КЛИМЕНКОВ С.С.
17. XII .01

Исполнители

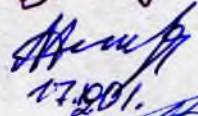
В.н.с.

 ТРУБНИКОВ Ю.В.
18.12.2001


В.н.с.

 ХОДЬКОВ В.М.
17. XII .01


С.н.с

 АЛЕКСЕЕВ И.С.
17.12.01

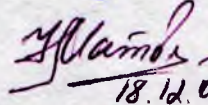
В.и.

 НОВИКОВ А.К.
17.12.01


В.и

 ДЮОН И.И.
17.12.01

Инженер

 МАТВЕЕВА Н.Н.
18.12.01


Инженер

 ГРУЗДЕВ Д.А.
18.12.01

Инженер

 ГОЛУБЕВ А.Н.
17.12.01

Нормоконтролер

 МАТВЕЕВА Н.Н.
18.12.01



РЕФЕРАТ

Отчет 82 с, рис.16, табл.5, источников 67, диаграмм 5.

ДИСПЕРСНЫЕ ЧАСТИЦЫ, МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИЕ
ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ПОКРЫТИЯ, КОМПОЗИЦИОННОЕ ПОКРЫТИЕ,
ЭЛЕКТРОЛИТ-СУСПЕНЗИЯ, ГАЛЬВАНОСТЕГИЯ, ЭЛЕКТРОЛИЗ,
ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЕ, ВОЗДУШНОЕ НАПЫЛЕНИЕ

Объектом исследований являются способы получения тонкослойных металлокерамических покрытий и физико-математические модели процесса формирования композиционного электрохимического покрытия.

Цель – разработать математические модели прогнозирования ориентировочного состава поликомпонентного слоя в зависимости от функциональных требований, предъявляемых к изделию; исследовать взаимное влияние металлических и керамических фаз в процессе их перемещения в электролите и осаждении на изделии; разработать научно-технические основы управления процессами формирования поликомпонентного слоя; выполнить комплекс экспериментальных исследований по изучению свойств поликомпонентных поверхностных слоев и оптимизации составов.

В ходе выполнения работы был проведен обзор литературы и сделан сравнительный анализ существующих способов нанесения тонкослойных металлокерамических покрытий и применяемых материалов и покрытий. Разработаны математические модели влияния гидродинамических факторов на механизм сцепления частиц керамической фазы с матричным материалом. Исследовано влияние гидродинамических факторов на механическое сцепление керамических и металлических частиц. Проведены теоретические и экспериментальные исследования процесса осаждения матричного материала, физико-механических свойств полученных покрытий. Исследован перенос частиц

керамической фазы в электрическом поле. Разработаны новые способы интенсификации направленного движения керамических частиц. С целью определения концентрации дисперсных включений в композиционных покрытиях разработана программа на ЭВМ. Программа написана на языке программирования Delphi 5. Данная программа позволяет определять процентный состав двухфазной системы по принципу пикселизации отсканированного изображения предварительно полученного шлифа покрытия.

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

СОДЕРЖАНИЕ

РЕФЕРАТ.....	4
ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 РАЗРАБОТКА НОВЫХ СПОСОБОВ АКТИВИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ	9
1.1 Способ формирования металлокерамических композиционных покрытий	9
1.2 Способ получения композиционных электрохимических покрытий	13
1.3 Способ нанесения композиционных электрохимических покрытий	18
2 РАЗРАБОТКА ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВОЗДУШНОГО НАПЫЛЕНИЯ ДИСПЕРСНОЙ ФАЗЫ КОМПОЗИЦИОННОГО ПОКРЫТИЯ....	24
2.1 Вычисление работы, требуемой для сжатия газовой оболочки частицы	27
2.2 Определение соотношения между временем заравливания и временем распыления.....	29
2.3 Нахождение по заданной скорости частицы с поверхностью детали технологического параметра длины разгона частиц	32
3 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА СТРУКТУРУ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ.....	36
3.1 Теоретические основы влияния основных факторов процесса на структуру композиционных покрытий	36
3.2 Теоретические основы воздушного напыления дисперсной фазы композиционного электрохимического покрытия.....	57
3 Вывод. Проектирование технологической оснастки	61
4 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ НА ЭВМ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ДИСПЕРСНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В ПОКРЫТИИ	63
5 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОКРЫТИЙ, ПОДВЕРГНУТЫХ АКТИВИРОВАННОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ	65
5.1 Определение технологических потерь напыляемого состава	67
5.2 Определение величины износа	69
6 ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ.....	73
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	76
ЛИТЕРАТУРА.....	78

ВВЕДЕНИЕ.

Композиционные металлокерамические материалы совмещают в себе свойства металлов (электро- и теплопроводность, пластичность и т.д.) и неметаллов (жаропрочность, химическую стойкость, высокую твердость, смазывающие свойства). В последнее время для получения композиционных материалов в виде покрытий стали использоваться плазменное напыление, детонация, механический способ, электролитическое формование. Преимущества метода электролитического формования по сравнению с методами порошковой металлургии и высокотемпературного плазменного напыления заключается в следующем:

- ◆ покрытие получают непосредственно на изделии;
- ◆ нет необходимости в термической обработке;
- ◆ получаются компактные беспористые материалы.

Кроме того, осаждением диспергированных частиц можно осаждают некоторые сплавы, которые не образуются при классическом гальваническом осаждении.

Тонкослойные металлокерамические покрытия применяют в различных отраслях промышленности, для повышения физико-механических свойств изделия и материалов, экономии дорогостоящего сырья и удешевления техпроцессов. Как было отмечено, одним из способов получения тонкослойных металлокерамических покрытий является способ электроосаждения из электролитов-суспензий. Суть метода заключается в том, что вместе с металлом из гальванической ванны на детали осаждают керамические порошки: карбиды, оксиды, бориды и др. Этот метод обладает как рядом достоинств, так и недостатков. К достоинствам можно отнести низкую температуру процесса, широкий диапазон получаемых материалов, возможность получения композиционных покрытий на основе сплавов металлов, простота технологического оборудования и оснастки. К недостаткам относятся: низкая скорость осаждения покры-

тий, трудность воспроизведения результатов осаждения покрытий (наличие большого числа факторов оказывающих влияние на конечные свойства композиционного покрытия). Но, несмотря на это, металлокерамические покрытия, полученные методом электролитического осаждения, находят применение в промышленности и имеют будущее. Связано это с работами, которые в последнее время ведутся многими учеными по преодолению недостатков такого способа получения металлокерамических покрытий, созданию эффективных способов и технологий получения электролитических покрытий, разработке новых электролитов-суспензий и расширению диапазона применяемых дисперсных частиц.

Существующая технология осаждения электролитических композиционных покрытий позволяет получать покрытия толщиной от нескольких мкм до 150 мкм и более, а также регулировать физико-механические свойства металлокерамических покрытий. Процесс хорошо поддается регулированию и автоматизации, зачастую не требуется дополнительная механическая обработка покрытия. Однако изучение опубликованных работ по осаждению металлокерамических покрытий методом электролиза из электролитов-суспензий показало, что результаты большинства из них плохо сопоставимы. Причина этого достаточно ясна: осаждение металла с крупными частицами не позволяет получать воспроизводимые результаты. Именно этим можно объяснить и тот факт, что до настоящего времени нет единой точки зрения исследователей на механизм образования покрытий и вскрыты лишь некоторые качественные аспекты сложнейших процессов совместного осаждения на катоде металла и дисперсных частиц. Этому способствует и несовершенство способов электролитического осаждения металлокерамических покрытий, которые в большинстве своем дают возможность контролировать только процесс осаждения металла матрицы, т.е. скорость осаждения ионов металла на катоде, а процесс включения керамических частиц в покрытие никак не регулируется. В результате этого и возникает низкая воспроизводимость результатов осаждения покрытий. В проводимых ранее исследованиях прогнозирование включения дисперсной фазы в покрытие ведется путем создания теоретических основ

управляемого совместного осаждения керамических частиц и ионов металла из электролитов-суспензий, а также составления математических моделей различных этапов осаждения металлокерамического покрытия. Однако сложность описания существующих способов осаждения металлокерамического покрытия операторами математического языка, необходимость использования целого ряда допущений, игнорирование многих факторов, оказывающих особое воздействие на образование композиционного покрытия и получение определенных физико-механических характеристик, не позволяют получать реально действующие и адекватные действительности математические модели.

В связи с этим, вопрос создания более простых, легко управляемых и моделируемых способов получения металлокерамических покрытий становится актуальным в плане получения адекватных технологическим процессам математических моделей и воспроизводимости результатов. Этой проблеме – ее исследованию и решению – будет посвящена эта научно-исследовательская работа.

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

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник по электрохимии / Под ред. А.М.Сухотина, Л.: "Химия", 1981, 486 стр.
2. Сверхтвердые материалы / Под ред. И.Н.Францевича, Киев: "Наукова думка", 1980, 295стр.
3. Применение электрохимических покрытий сплавами и композиционными материалами: Материалы семинара, М., МДНТП, 1982, 126стр.
4. Гальванотехника: Справочник / [Ажогин Ф.Ф.] / Под ред. А.М.Гинберга, М.: "Металлургия", 1987, 735стр.
5. Композиционные материалы: [В 8-ми томах]. /Ред. Л.Браутман, Р.Крок. Т2, М.: "Машиностроение", 1978, 564стр.
6. Композиционные материалы: [В 8-ми томах]. /Ред. Л.Браутман, Р.Крок. Т3, М.: "Машиностроение", 1978, 510стр.
7. Композиционные материалы: [В 8-ми томах]. /Ред. Л.Браутман, Р.Крок. Т4, М.: "Машиностроение", 1978, 504стр.
8. Композиционные материалы: [В 8-ми томах]. /Ред. Л.Браутман, Р.Крок. Т5, М.: "Машиностроение", 1978, 484стр.
9. Композиционные материалы: [В 8-ми томах]. /Ред. Л.Браутман, Р.Крок. Т6, М.: "Машиностроение", 1978, 294стр.
10. Композиционные материалы: [В 8-ми томах]. /Ред. Л.Браутман, Р.Крок. Т7, М.: "Машиностроение", 1978, 344стр.
11. Композиционные материалы: [В 8-ми томах]. /Ред. Л.Браутман, Р.Крок. Т8, М.: "Машиностроение", 1978, 263стр.
12. Композиционные материалы: Справочник / Под ред. Д.М.Карпиноса, Киев: "Наукова думка", 1985, 592стр.
13. Получение твердых износостойких гальванических покрытий, М., МДНТП, 1970.

14. Теория и практика электроосаждения металлов и сплавов, Приволжское кн. изд., 1976, 111стр.
15. Прикладная электрохимия / Под редакцией А.Л. Ротиняна, Л.: "Химия", 1974, 536стр.
16. Антропов Л. И., Быкова М. И., Композиционные электрохимические покрытия и материалы, Киев: "Техника", 1986, 199стр.
17. Антропов Л. И., Теоретическая электрохимия, М.: "Высшая школа", 1975, 510стр.
18. Баймаков Ю. В., Электролиз в металлургии, ч.1. Электролиз в водных растворах, Металлургиздат, 1939, 96стр.
19. Беленький М.А., Иванов А.Ф., Электроосаждение металлических покрытий: Справочник, М.: "Металлургия", 1985, 288 стр.
20. Бородин И. Н., Упрочнение деталей композиционными покрытиями, М.: "Машиностроение", 1982, 141стр.
21. Дасоян М. А., Пальмская И. Я., Технология электрохимических покрытий, Л.: Машиностроение, 1989, 392стр.
22. 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, 240стр.
23. Игнатъев В.И., Ионичева Н.С., Марейчев А.В., Гальванические покрытия в машиностроении: Справочник в 2-х т. / Под ред. М.А. Шлугера. Ч2, М.: "Машиностроение", 1985, 246стр.
24. Лайнер В. И., Современная гальванотехника, М.: "Металлургия", 1967, 84стр.
25. Мацкевич И.П., Теория вероятностей и математическая статистика.
26. Молчанов В. Ф., Аюпов Ф. А., Вандышев В. А., Комбинированные электрохимические покрытия, Киев: "Техника", 1975, 176стр.

27. Попилов Л.Я., Гальванопластика. / Под ред. П.М.Вячеславова, М-Л.: Машгиз, 1961, 64стр.
28. Филатов В. И., Композиционные электроосаждаемые материалы, Кишнев,
29. Прудников Е. Л., Инструмент с алмазно-гальваническим покрытием, М.: "Машиностроение", 1985.
30. Прудников Е. Л., Абразивосодержащие электрохимические покрытия, Киев: "Наукова думка", 1985, 215стр.
31. Садаков Г.А., Гальванопластика, М.: "Машиностроение", 1987, 238стр.
32. Сайфулин Р. С., Комбинированные электрохимические покрытия и материалы, М.: "Химия", 1972.
33. Сайфулин Р. С. Композиционные покрытия и материалы. М.: "Химия" 1977.
34. Справочник гальваника /Б.И. Байрачный и др. Харьков: Прапор, 1988.
35. Прикладная электрохимия. /Под редакцией Федотьева Н.П. Л.: "Химия" 1967.
36. Типовые технологические процессы нанесения гальванических, химических и анодизационных покрытий. 1964.
37. Применение электрохимических покрытий сплавами и композиционными материалами: Материалы семинара М., МДНТП 1982.
38. Повышение эксплуатационной надежности деталей машин износостойкими покрытиями [Сборник статей] Кишинев: "Штиинца" 1973.
39. Новые технологические процессы восстановления деталей машин: [Сб. научных трудов] Кишинев: "Штиинца" 1988.
40. Новые разработки в области нанесения металлических покрытий [Сборник статей] М. 1972.
41. Композиционные материалы: Справочник / Под ред. В.В. Васильева, Ю.М.Тарнапольского. М.: "Машиностроение" 1990.
42. Новые разработки в области нанесения металлических покрытий [Сборник статей]. 1972.

43. Балтер М. А. Упрочнение деталей машин. М.: "Машиностроение" 1968.
44. Бахвалов Г. Т. Новая технология электроосаждения металлов. М.: "Металлургия" 1966.
45. Вадачкория Д. П., Шония А.М. Прогрессивные технологические процессы нанесения гальванических, химических и анодизационных покрытий. 1969.
46. Ванграмян А. Т., Соловьева З. А. Методы исследования электроосаждения металлов. М., Изд. АН СССР 1960.
47. Вячеславов П. М. Новые электрохимические покрытия. Л., Лениздат 1972.
48. Вячеславов П. М. Методы испытаний электролитических покрытий Л.: Машиностроение 1977.
49. Гинберг А. М. Технология гальванотехники. М.: Судпромгиз 1960.
50. Гинберг А. М. Прибор контроля и уравнения режимами гальванических процессов. Л., Судпромгиз 1960.
51. Грилхес С. Я. Подготовка поверхности деталей перед гальваническим покрытием.
52. Джонс В. Д. Свойства и применение порошковых материалов. Изд. "Мир" 1965.
53. Жендарева О.Г., Мухина З.С. Анализ гальванических ванн. М.: "Химия" 1970.
54. Зарецкий С. А. Технология электрохимических производств. М.: "Высшая школа" 1970.
55. Ильин В.А. Краткий справочник гальваника. СПб.: Политехника 1993.
56. Каданер Л. И. Равномерность гальванических покрытий. Харьков 1960.
57. Каданер Л. И. Гальваностегия. Киев: "Техника" 1964.
58. Круглова Е.Г., Вячеславов П. М. Контроль гальванических ванн и покрытий. М-Л.: Машгиз 1947.
59. Кубасов В. Л., Зарецкий С. А. Основы электрохимии. М.: "Химия" 1976.

60. Кудрявцев Н. Т. Электрохимические покрытия металлами. М.: "Химия" 1979.
61. Лайнер В. И. Основы гальваностегии. Ч2. М.: "Металлургиздат" 1957.
62. Лайнер В. И. Основы гальваностегии. Ч1. М.: "Металлургиздат" 1953.
63. Лайнер В. И. Защитные покрытия металлов. М.: "Металлургия" 1974.
64. Лебединский Ю. Композиционные электрохимические покрытия, применяемые на предприятиях Минстройдормаша. М.: НИИТЭстроймаш 1975.
65. Орехова В. В., Байрачный Б. И. Теоретические основы гальваностегических процессов. Киев: "Вища школа", 1998.
66. Пененко В.В. Математические методы планирования эксперимента.
67. Поветкин В. В., Ковенский И. М. Структура электролитических покрытий. М.: "Металлургия" 1989.

