

ОТЗЫВ

официального оппонента д.т.н., доцента Шахназарова Карэна Юрьевича на диссертацию «Композиционные электрохимические обеспечения износо- и коррозионной стойкости деталей машиностроения и приборостроения» Красикова А.В., представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по научной специальности 2.6.17. Материаловедение (технические науки).

1. Актуальность темы диссертации

В представленной диссертационной работе решен ряд важных технических проблем, состоящих в замене шестивалентного хромирования, разработке технологичных методов нанесения металлокерамических гальванических покрытий, и разработке экономически целесообразной технологии получения покрытий для защиты от износа корпусов приборов из силуминов. Для решения указанных проблем автор выделил три направления исследований, объединенные идеей применения композиционных электрохимических покрытий (КЭП):

1. Разработка более экологичной и вместе с тем, технологичной альтернативы хромирования крупногабаритных деталей машин. Принцип получения композиционного, покрытия разработанный автором, основан на нанесении электрохимическом осаждении неравновесных вольфрамсодержащих сплавов с последующим формированием композиционного покрытия за счет выделения интерметаллидов или фосфидов при термической обработке.

2. Разработка простой и надежной технологии нанесения КЭП за счет соосаждения металлической фазы с частицами сверхтвердых веществ, диспергированных в электролите, при его вибрационном перемешивании для обеспечения износостойкости малогабаритных деталей машин.

3. Разработка КЭП, полученных посредством окисления и превращения в оксид поверхностного слоя изделия из алюминиевых сплавов или с гетерофазным алюмоматричным покрытием, для обеспечения их износостойкости и коррозионной стойкости.

Решение каждой из указанных задач является актуальным для развития машиностроения и приборостроения и обуславливают актуальность диссертационной работы в целом.

2. Научная новизна диссертации

Научная новизна работы не вызывает сомнения и состоит в следующем:

1. Автором установлены причины электроосаждения покрытий Ni-W в виде неравновесных твердых растворов и определены явления, приводящие к нанокристаллическому или квазиаморфному состоянию.

2. Проведено систематическое исследование кристаллизации электрохимически осажденных неравновесных покрытий Ni-W и Co-W при термической обработке. Установлены взаимосвязи режимов термообработки

с фазовым составом, взаимным расположением фаз и микротвердостью. Научно обоснован выбор температур 600 °С для термообработки данных покрытий.

3. Разработана технология электрохимического осаждения покрытий Ni-P, легированных W, обеспечивающие при термической обработке при 350 °С микротвердость твердых хромовых покрытий.

4. Для нанесения КЭП посредством соосаждения металла и дисперсных частиц разработан оригинальный метод вибрационного перемешивания электролита-суспензии, который позволяет устранить влияние седиментации и электрофоретических эффектов и обеспечивает равномерное армирование покрытий. Проведенные исследования позволили создать метод получения КЭП с градиентным распределением армирующих частиц по толщине.

5. Установлено влияние внедренных частиц на микроструктуру КЭП, показано его влияние на механические свойства матрицы покрытий никель-алмаз и определен минимальный порог армирования 6-8 об. % для данной системы и количественно определено изменение свойств матрицы покрытия, обусловленное влиянием армирующих частиц на ее микроструктуру.

6. Установлены и нейтрализованы причины удаления частиц кремния при анодировании силумина АК7ч, что позволило полностью использовать микроструктуру сплава и создать экономически эффективную технологию получения конверсионных КЭП.

3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность и достоверность полученных результатов и сделанных выводов доказана значительным объемом экспериментальных данных, многосторонним подходом к вопросам получения КЭП и их исследованию, а также применением современных методов исследования, оборудования и приборов. Сделанные наблюдения и заключения основаны на современных представлениях как материаловедения, так и электрохимии.

4. Научные результаты и их ценность

Представленная диссертационная работа является собой завершенным комплексным труд. Автор постоянно учел не только материаловедческие аспекты синтеза и функционирования предложенных покрытий, но и не менее важные технологические вопросы. Так, параллельно с оценкой химического или фазового состава покрытий, автор постоянно определяет выход по току.

Хочется особенно отметить использование вибрации применительно к стабилизации электролита, а также факт, что было проведено влияние частоты колебаний на объемную долю армирующих частиц. Как показал автор в разделе 5.3, изменение частоты колебаний в процессе осаждения позволяет получать градиентные покрытия, которые, во-первых, представляет интерес с научной точки зрения, во-вторых, позволяет экономить дорогостоящие порошки. Данный метод представляется весьма

перспективным для дальнейшего использования и получения композиционных покрытий с матрицей из разнообразных металлов и сплавов.

Содержание работы в достаточной степени отражено в опубликовано в 38 печатных работах, в том числе в 32 статьях в изданиях, рекомендованных перечнем ВАК, из них в 17 статьях, индексируемых в базе данных SCOPUS, а также в 6 патентах РФ.

5. Практическая значимость результатов диссертации

Разработанные научные, технологические и материаловедческие основы формирования КЭП позволяют целенаправленно создавать покрытия с заданной микроструктурой, обеспечивая заданные свойства. Установленные закономерности и разработанные технологические подходы имеют значительный потенциал для оперативной разработки новых импортозамещающих решений в области защитных покрытий различного назначения.

Каждое из направлений разработок, созданных в ходе выполнения данной диссертационной работы, нашли практическое применение, что подтверждено актами внедрения от ПАО «Пролетарский завод», ООО «Невский инструментальный завод» и ООО «СП Инжиниринг».

6. Рекомендации по использованию результатов работы

Помимо представленных в диссертации примеров практического использования разработок, представленные результаты и сделанные выводы являются фундаментом для создания импортозамещающих технологий нанесения композиционных покрытий на детали машиностроения и приборостроения.

7. Замечания и вопросы по работе

По диссертационной работе имеются вопросы и замечания:

1. Подробно не обоснованы критерии выбора длительности термообработки покрытий Ni-W при температуре 600 °С, судя по зависимости микротвердости покрытия от длительности термообработки полученные значения при длительности 2,5 часа несколько выше, чем при длительности 5 часов. Тем не менее рекомендована длительность 5 часов, и подробно исследовано это состояние.

2. При температуре термообработки покрытий Ni-W 500 °С длительностью 5 часов значения микротвердости значимо не отличаются от рекомендованного режима 600 °С, 5 часов. Использование более низкой температуры термообработки представляется более целесообразным для гарантии минимизации разупрочнения основного металла после высокого отпуска.

2. Относительно образования карбидов при диффузии железа и углерода из стали в покрытие Co-W. Не является ли это дополнительным

упрочняющим фактором и можно ли это явления использовать для получения износостойких диффузионных покрытий на углеродистых сталях?

8. Заключение по диссертации

Диссертация «Композиционные электрохимические покрытия для обеспечения износо- и коррозионной стойкости деталей машиностроения и приборостроения», представленная на соискание ученой степени доктора технических наук, по специальности 2.6.17. Материаловедение (технические науки) полностью соответствует требованиям п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 29.09.2013 № 842, а ее автор Красиков Алексей Владимирович заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение (технические науки).

Официальный оппонент:

Профессор кафедры
материаловедения и технологии
художественных изделий, доктор
технических наук, доцент



Шахназаров
Карэн Юрьевич

Организация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II»

Адрес: 199106, Санкт-Петербург, 21-я линия Васильевского острова, д.2.

Сайт: www.spmi.ru

Эл. почта: Shakhnazarov_KYu@pers.spmi.ru

Телефон: +7 (911) 017-32-79



Подпись
заверяю: 
Начальник управления делопроизводства
и контроля документооборота



Е.Р. Яковлева

12.05.2026

Ознакомлен 

19.05.26