

Отзыв

**на автореферат диссертации Маркова Михаила Александровича
«Функциональные керамические покрытия, полученные с применением метода микродугового оксидирования», представленной на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности: 2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов**

Диссертационная работа Маркова М.А. посвящена экспериментальному изучению процессов формирования функциональных керамических покрытий при взаимодействии алюминия и его сплавов с боратными электролитами и разработке технологии функционально-градиентных керамических покрытий заданного фазового состава на изделиях из металлов и сплавов методом микродугового оксидирования.

Актуальность работы связана с решением комплекса научных и прикладных задач в области модификации поверхности металлических материалов в конструкциях, что является основным способом повышения их износо- и коррозионной стойкости в высокотемпературных коррозионных средах. В диссертации представлены результаты получения функционально-градиентных покрытий на металлах и сплавах за счет применения комбинированного подхода, включающего «холодное» газодинамическое напыление (ХГДН) подслоя алюминия (в том числе, модифицированного керамическими и металлическими нано- и микроразмерными частицами) с последующим микродуговым оксидированием (МДО) как в типовых, так и в нетиповых электролитах.

Научная новизна работы определяется установленными автором закономерностями формирования функционально-градиентных керамических покрытий на стали с комплексным использованием методов МДО и сверхзвукового гетерофазного переноса. Впервые изучено сопротивление к окислению карбида кремния при МДО в электролите на основе борной кислоты и обоснованы параметры технологии износостойких керамических покрытий на металлах и сплавах, модифицированных частицами карбида кремния. Синтезированные покрытия являются выгодной экономической альтернативой конструкционным алюмооксидным керамическим материалам. Технические параметры синтезируемых покрытий: основа корунд, твердость не менее 10 ГПа, относительная плотность не менее 0,9, однородность структуры, адгезия к металлической основе не менее 40-60 ГПа, высокая износостойкость в контакте со стальными материалами на уровне твердых сплавов, высокая стойкость к коррозии в агрессивных средах (соляной «туман», жидкий металл), толщина покрытий варьируется в широком диапазоне от 50 до 800 мкм, пористость составляет не более 5-8 %.

Практическое значение работы состоит в разработке способов получения функционально-градиентных покрытий на металлических изделиях, защищённых патентами Российской Федерации № 2695718, № 2678045 и № 2763698, № 2680144, № 2714015, обеспечивающих: - увеличение ресурса подшипникового узла электродвигателя в 3-4 раза; - работающих в высокотемпературных агрессивных средах; реализацию антифрикционных металлокерамических покрытий (модификацией пористой поверхности МДО-покрытия твердой смазкой никеля). Предложены методики оценки износостойкости тонкослойных керамических покрытий с применением метода акустической эмиссии (патент РФ № 2751459) и износостойкости керамических материалов по изменению параметра шероховатости R_t (патент РФ № 2658129). Разработанная технология износостойкого функционально-градиентного покрытия для защиты стальных материалов от коррозии и износа может рекомендоваться к внедрению на ремонтно-технических и других предприятиях технического сервиса, занимающихся восстановлением и упрочнением изношенных деталей, в частности, у ряда отечественных предприятий, таких как ООО «Невский инструментальный завод», ООО «МетКом».

В качестве замечаний и вопросов по тексту автореферата можно отметить следующее:

- стр.11 – подпись к рис.1 – «Керамические покрытия в боратном электролите»? По-видимому, подразумеваются керамические покрытия, полученные в боратном электролите; стр.14 - подпись к рис.5 – « поперечное сечение, распределение элементов по алюминию и кислороду»? - речь идёт о

распределении алюминия и кислорода по поперечному сечению покрытия $\text{Al-Al}_2\text{O}_3$; стр.16 – подпись к рис.7 – «Коррозионные испытания покрытий», - на рисунке представлены фотографии образцов после коррозионных испытаний; рис.14 – «Структура порошка Al-SiC с цветовым распределением по алюминию и кремнию»? - очевидно, что имеет место распределение алюминия и кремния в механической смеси порошков или армированом порошке.

- стр.12 «Прекурсорный алюминиевый подслои. «упрочняющие прекурсоры - стр.6 – смысл фраз не ясен;

- Что автор называет «градиентными покрытиями»? Пояснение встретилось один раз на стр. 13, как это касается других видов покрытий в работе?

- На стр. 20 автор утверждает, что «Адгезия покрытия к подложке обеспечивается связью Al-Al ». О каком типе связи идёт речь?

- Таблица 12– Элементный состав поверхности МДО-покрытия по 4 спектрам и табл. 15. Значения концентрации элементов даны точно 0,01 мас.%, что не подтверждено сведениями о погрешности измерений и вызывает сомнение для лёгких элементов – кислорода, натрия.

–стр.25 - название «энергодисперсионного анализа» не корректно (на стр. 8 указано правильно - микрорентгеноспектрального анализа, а более точно – «локального рентгеноспектрального анализа».

Судя по автореферату, диссертационная работа Маркова Михаила Александровича «Функциональные керамические покрытия, полученные с применением метода микродугового оксидирования» является существенным вкладом в области материаловедения функционально-градиентных керамических покрытий и, как научная квалификационная работа, по объёму выполненных исследований, новизне и достоверности полученных результатов и выводов, соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (в редакции с изменениями, утв. Постановлением Правительства РФ от 21 апреля 2016 года № 335), а её автор заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук,
Зав. лабораторией физико-химического анализа керамических материалов,
доктор химических наук

18.10.2022 г.

Ю.Ф.Каргин

Каргин Юрий Федорович

119334, Москва, Ленинский проспект, 49

Тел.: +7 (499) 135-20-60

E-mail: yukargin@imet.ac.ru

Подпись Каргина Ю.Ф. удостоверяю
Начальник о/к Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН



Г.А.Корочкина