



САМАРСКИЙ  
ПОЛИТЕХ  
Опорный университет

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
федеральное государственное  
бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Самарский государственный  
технический университет»  
(ФГБОУ ВО «СамГТУ»)

ул. Молодогвардейская, 244,  
гл. корпус, г. Самара, 443100  
Тел.: (846) 278-43-11, факс (846) 278-44-00  
E-mail: [rector@samgtu.ru](mailto:rector@samgtu.ru)  
ОКПО02068396, ОГРН1026301167683,  
ИНН 6315800040, КПП 631601001

Ученому секретарю  
диссертационного совета Д002.060.02  
на базе ФГБУН «Институт металлургии и  
материаловедения им. А.А. Байкова РАН»  
д.т.н. И.Е. Калашникову

---

119334, г. Москва,  
Ленинский проспект, 49,  
Диссертационный совет Д002.060.02

07.11.18 № 02.02.08/4566

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Направляем отзыв профессора А.П. Амосова на автореферат диссертационной работы Р.С. Михеева «ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПОКРЫТИЯ С ПОВЫШЕННЫМИ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.16.06 – Порошковая металлургия и композиционные материалы.

Приложение: Отзыв в 2-х экз., на 2 листах каждый.

Ученый секретарь университета,  
доктор технических наук

Ю.А. Малиновская



## Отзыв

### на автореферат докторской диссертации Р.С. Михеева «ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПОКРЫТИЯ С ПОВЫШЕННЫМИ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ»

Композиционные материалы (КМ) триботехнического назначения с матрицами из цветных металлов и дисперсными наполнителями разного типа представляют большой интерес благодаря оптимальному сочетанию свойств (физических, механических, технологических и эксплуатационных), однако опыт получения и применения таких триботехнических КМ является ограниченным. Поэтому не вызывает сомнения актуальность диссертационной работы Р.С. Михеева, посвященной решению проблемы разработки новых перспективных покрытий с повышенными триботехническими свойствами из композиционных материалов на основе цветных металлов с дисперсными наполнителями.

При решении этой проблемы диссертант получил ряд новых важных научных результатов. Разработаны новые КМ для триботехнических покрытий с матрицами на основе алюминиевых сплавов систем Al-Si-Mg, Al-Si-Cu, Al-Mg, Al-Cu-Mg, Al-Sn-Cu, содержащие в качестве наполнителей микронные частицы карбида кремния (SiC), карбида титана (TiC), оксида алюминия (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), интерметаллидов системы Al<sub>x</sub>Ti<sub>y</sub>, серебристого графита (C), а также с матрицами на основе оловянных баббитов системы Sn-Sb-Cu, содержащие в качестве наполнителей микронные частицы SiC, а также субмикронные частицы бора, карбида бора (B<sub>4</sub>C), углеродные нанотрубки и порошки модифицированной шунгитовой породы. Разработаны и реализованы новые технологии формирования на подложках из низкоуглеродистой стали и сплавов алюминия с использованием процессов дуговой и плазменно-порошковой наплавки триботехнических покрытий из дисперсно-наполненных КМ на основе алюминия и олова. Определены схемы и технологические параметры, обеспечивающие получение покрытий с заданной долей армирования и распределением наполнителя, а также повышенными триботехническими характеристиками (увеличение износостойкости до 10 раз, снижение коэффициента трения на 60% по сравнению с традиционными антифрикционными сплавами АО20-1 и Б83). Обоснован выбор составов и разработаны технологии, а также изготовлено оборудование для получения наплавочных материалов в виде прутков и гранул из КМ на основе алюминия и олова, обладающих необходимыми технологическими свойствами (патенты №2361710, №2585588). Показано, что при формировании покрытий из алюмоматричных КМ на стали промежуточный слой оказывает влияние на характеристики образующегося интерметаллидного слоя Fe-Al-Si. Раскрыты закономерности образования и роста интерметаллидов при контакте алюминиевой расплава со сталью или интерметаллидами системы Al-Fe в процессе нанесения композиционных покрытий функционально-градиентных слоистых сталеалюминиевых композиций, и влияние интерметаллидного слоя на прочностные характеристики слоистых сталеалюминиевых композиций. Разработана математическая модель, учитывающая теплофизические свойства диффузионного слоя, состоящего из интерметаллидов системы Fe-Al, и позволяющая с погрешностью до 8% определять температуру нагрева в любой точке образца при наплавке на сталь алюмокремниевого покрытия с частичным проплавлением промежуточного алюминиевого слоя. Установлена зависимость между температурой нагрева границы раздела подложка-промежуточный слой и адгезионной прочностью функционально-градиентной слоистой композиции сталь-алюминий. Показано, что модифицирующая обработка поверхности разработанных КМ высоконцентрированными источниками энергии (электрической дугой в магнитном поле и импульсно-периодическим лазерным излучением) приводит к повышению дисперсности структуры матрицы почти на порядок. Определены составы литых КМ и покрытий из них, пригодные для модифицирования, схемы и технологические параметры процессов получения функционально-градиентных слоистых композиций, обеспечивающие сохранение наполнителя в



матрице и позволяющие увеличить твердость поверхностных слоев на 20-40%, а износостойкость в 1,5-2 раза. Разработанные материалы и новые технологические процессы опробованы и внедрены на предприятиях ООО НПФ «УМГ», ООО «АЦГХ», ООО «НПП КУРС», ООО «НефтеГазМонтаж», ООО «ПК. Борец» ЦРНО и ООО ТДВ «Евразия» для изготовления и ремонта изделий: вкладышей подшипников электродвигателей; втулок направляющих систем перемещения; втулок центробежных насосов; сталь-алюминиевых биметаллических вкладышей подшипников скольжения.

По содержанию автореферата возникли следующие замечания.

1. Для армирования КМ с матрицами на основе алюминиевых сплавов использовались только частицы микронных размеров и не использовались наноразмерные частицы, в том числе углеродные нанотрубки, применению которых в качестве армирующей фазы в алюмоматричных композитах в последнее время уделяется большое внимание.
2. Не указаны технологические параметры изготовления композиционных наплавочных материалов.
3. Не очень понятен используемый в автореферате термин «оплавы» из интерметаллидов и почему он так назван.
4. Недостаточно подробно описана разработанная в главе 4 математическая модель, позволяющая определять температуру нагрева в любой точке образца при наплавке на сталь алюмокремниевое покрытие. Не понятно, модель одномерная или двумерная? Интерметаллидный слой в ней рассматривался как сплошной или дискретный? Рис. 13, а содержит результаты для сплошного или дискретного интерметаллидного слоя?

Однако эти недостатки не имеют существенного значения. В целом работа выполнена на высоком научном уровне и имеет большое научное и практическое значение. Диссертация удовлетворяет всем требованиям, в том числе п. 9, к докторским диссертациям Положения о порядке присуждения учёных степеней, утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842. Автор диссертации, Михеев Роман Сергеевич, достоин присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 05.16.06 – Порошковая металлургия и композиционные материалы.

Зав. кафедрой «Металловедение, порошковая металлургия, наноматериалы», ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», доктор физико-математических наук, профессор

Амосов  
Александр  
Петрович

443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, Главный корпус.  
Тел. (846) 242-28-89. E-mail: egundor@yandex.ru.

Подпись А.П. Амосова удостоверяю.  
Учёный секретарь ФГБОУ ВО «СамГТУ»,  
доктор технических наук

07.11.18



Ю.А. Малиновская