

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Михеева Романа Сергеевича

«Перспективные покрытия с повышенными триботехническими свойствами из композиционных материалов на основе цветных металлов», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.16.06 – «Порошковая металлургии и композиционные материалы»

Оценим диссертационную работу Р.С. Михеева по квалификационным критериям согласно Положения ВАК РФ: актуальность темы, научная новизна, достоверность и обоснованность научных положений, практическая ценность, содержание работы и ее завершенность, публикации и апробация работы, замечания по работе и ее общая оценка.

1. Актуальность темы диссертационной работы.

Для развития авиакосмической техники, в условиях постоянного возрастания рабочих температур и нагрузок, требуются новые материалы с повышенными эксплуатационными характеристиками и новые технологии их производства. Композиционные материалы (КМ) традиционно используются для изготовления критических деталей двигателей и турбокомпрессорных агрегатов из конструкционных жаропрочных сплавов, полученных методами порошковой металлургии. Трибологические КМ обеспечивают оптимальное состояние элементов узлов трения в заданном диапазоне эксплуатационных характеристик. Однако, до постановки настоящей работы отсутствовали наплавочные КМ и не было создано эффективных технологий изготовления слоистых композиций с повышенными триботехническими свойствами на базе конструкционных сталей и сплавов с поверхностными рабочими слоями из КМ на основе цветных металлов. Указанное обстоятельство является одним из важных факторов, подтверждающих актуальность диссертационной

работы Р.С. Михеева, в которой представлены подобные материалы и технологии.

Новые КМ и технологии формирования покрытий из них позволили автору решать важные задачи по повышению работоспособности и долговечности машин и механизмов, эксплуатируемых в разных отраслях промышленности в рамках Национальной технологической инициативы. Поэтому не вызывает сомнений актуальность темы диссертационной работы Р.С. Михеева, посвященной развитию нового научного направления – созданию функционально-градиентных слоистых композиций с повышенными триботехническими свойствами на базе конструкционных сталей и сплавов с поверхностными рабочими слоями из КМ на основе цветных металлов.

2. Научная новизна и значимость диссертационной работы Р.С. Михеева заключаются в разработке научных основ и создании технологии формирования новых функционально-градиентных слоистых композиций и покрытий из КМ на основе алюминия, олова и их сплавов, обладающих повышенными триботехническими свойствами.

Разработана методология определения составов КМ, обеспечивающих возможность получения из них наплавочных материалов и синтеза функционально-градиентных слоистых композиций путем дуговой и плазменно-порошковой наплавки покрытий на подложки из низкоуглеродистой стали или сплавов алюминия, а также модифицирующей обработкой поверхности материалов высококонцентрированными источниками энергии.

В функционально-градиентных слоистых композициях, получаемых путем нанесения покрытий из алюмоматричных КМ на основания из низкоуглеродистой стали, важное влияние на уровень достигаемых свойств и характеристик оказывает взаимодействие между матрицей и материалом подложки. Например, образование интерметаллидного слоя системы Fe-Al на

границе раздела сталь-алюминий приводит к резкому снижению значений прочности приграничных областей. Установлены закономерности образования и роста интерметаллидов при контакте матричного расплава с материалом подложки или интерметаллидами системы Al-Fe и влияния термического воздействия процесса дуговой наплавки покрытий на характеристики интерметаллидного слоя, что позволило обеспечить нормативные значения адгезионной прочности синтезированных функционально-градиентных слоистых сталеалюминиевых композиций.

Определены закономерности поведения новых функционально-градиентных слоистых композиций с покрытиями из КМ в условиях трения и износа. Показано, что разработанные и сформированные покрытия из КМ обеспечивают нормальное протекание в установившемся режиме процессов трения и износа в широком диапазоне параметров трибонагружения за счет контролируемого изменения структурных факторов - размеров образующихся интерметаллидных фаз, дисперсности элементов литой структуры, состояния межфазных границ и других параметров.

Разработанные Р.С. Михеевым новые КМ на основе цветных металлов и технологии формирования перспективных покрытий из них обеспечивают производство узлов трения скольжения различного оборудования для многих отраслей промышленности.

Важно отметить характерный для данной работы комплексный подход к производству элементов узлов трения или трибосопряжений, в котором тесно увязаны материаловедческие, конструкторские и технологические разработки.

3. Обоснованность и достоверность полученных в диссертационной работе результатов не вызывает сомнений и определяется комплексным подходом, заключающимся в эффективном использовании современных теоретических и экспериментальных методов исследования структуры, химического состава, механических и триботехнических характеристик

новых КМ и покрытий из них, применением компьютерных методов для моделирования, расчета и обработки экспериментальных данных, опробованием и внедрением разработанных материалов и новых технологических процессов на предприятиях разных отраслей промышленности.

4. Практическая значимость работы.

Отмечу несколько результатов работы, которые, по моему мнению, имеют наиболее важное практическое значение.

1. Созданы новые составы КМ для триботехнических покрытий с матрицами на основе алюминия и олова (сплавы систем: Al-Si-Mg, Al-Si-Cu, Al-Mg, Al-Cu-Mg, Al-Sn-Cu, Sn-Sb-Cu), содержащие в качестве наполнителей микронные частицы карбидов (SiC, TiC), оксидов (Al₂O₃), интерметаллидов (Al_xTi_y), серебристого графита (C); субмикронные частицы (B, B₄C); углеродные нанотрубки и порошки модифицированной шунгитовой породы.
2. Наиболее значимым практическим результатом является разработка и реализация новых технологий формирования на подложках из низкоуглеродистых стали и сплавов алюминия наплавов триботехнических покрытий из КМ на основе алюминия и олова с использованием дугового и плазменно-порошкового процессов. 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).
3. С участием Р.С. Михеева проведено опробование и внедрение разработанных функционально-градиентных слоистых композиций и покрытий из КМ на ряде предприятий, среди которых: ООО НПФ

«УралМеталлГрафит», ООО «Аттестационный центр городского хозяйства», ООО «НПП КУРС», ООО «НефтеГазМонтаж», ООО «ПК. Борец» «Центр разработки нефтедобывающего оборудования» и ООО ТДВ «Евразия».

4. Существенными техническими достижениями диссертанта являются обоснование и выбор составов композиций, изготовление оборудования для получения наплавочных материалов в виде прутков и гранул из КМ на основе алюминия и олова, обладающих необходимыми технологическими свойствами и разработка технологий получения триботехнических изделий покрытие\подложка.

Важное практическое значение имеет разработанный с помощью предложенной и верифицированной математической модели процесса дуговой наплавки расчетный метод определения минимального значения толщины промежуточного алюминиевого слоя, обеспечивающего сохранение прочности функционально-градиентных сталеалюминиевых композиций.

5. Публикации и апробация работы.

Диссертационная записка составляет 442 страницы машинописного текста и включает введение, шесть глав, общие выводы, список литературы из 347 наименования и приложения. Результаты, полученные в диссертации, отражены в 31 публикации в журналах, рекомендованных ВАК РФ, и 1 монографии, включены в 2 патента РФ на изобретения, доложены на многочисленных международных и отраслевых конференциях, семинарах, симпозиумах и форумах.

6. Замечания по работе.

1. При разработке триботехнических конструкционных материалов и покрытий должна быть всесторонне исследована совместимость материалов, которая обеспечивает работоспособное состояние трибосистемы при

эксплуатации. Способы оценки совместимости трущихся поверхностей могут быть как прямыми (определение переходных температур, нагрузок и т.п.), так и косвенными, которые в основном заключаются в металлографических исследованиях микроструктуры и ее изменения в процессе трения. Методология проведения таких работ хорошо известна, однако таким систематическим исследованиям в диссертационной работе не уделяется достаточного внимания, хотя полученные автором данные металлографических и рентгеноструктурных исследований представляют большой интерес.

2. В композиционных материалах для триботехнических покрытий автором использованы наполнители микронного и *наномасштабного* (выделено мной) размеров. При проведении таких работ всегда возникает вопрос о влиянии масштабного фактора на функциональные свойства материала – например, покрытий, обеспечивающих защиту поверхности изделий от окисления, коррозии, сопротивление износу, и др., и это влияние может оказаться как положительным, так и отрицательным. Например, при уменьшении размера зерен в мелкозернистых сплавах, получаемых методом гранульной металлургии, возрастают пределы текучести и усталости. Однако увеличение дисперсности зеренной структуры резко снижает сопротивление ползучести и это крайне негативное явление для жаропрочных материалов. Кроме того, следует иметь в виду, что для введения микроскопических составляющих в структуру композиционного материала обычно требуется разработка специальных технологических операций.

Вот почему использование нанотехнологий требует специальной и тщательной верификации, которую я не обнаружила в материалах диссертации.

3. Некоторые термины и формулировки, которые используются в работах автора, вызывают вопросы.

3.1. Например, автор пишет: «...композиционные материалы, содержащие наполнитель разного типа с контролируемым *уровнем*

межфазной связи». Что такое «уровень межфазной связи»? Связь атомов на границах фаз характеризует, например, энергия когезии (или адгезии, как у автора), определение которой является сложной физической задачей. Судить об уровне связи атомов на границах раздела матрица\упрочняющая фаза по факту «выкрашивания» частиц из матрицы не следует, поскольку причины этого явления могут быть другими. Результаты механических испытаний образцов сплавов Fe-Al-Si на срез и отрыв, когда разрушение имеет хрупкий характер, также нельзя считать характеристикой межфазных границ. Понятие «адгезионная прочность подшипников» на отрыв может не иметь никакого отношения к «когезионной» (или адгезионной) прочности межфазных границ. Такое смешение понятий иногда затрудняет понимание материалов диссертации.

3.2. При оценке способности элементов к образованию твердых растворов в первую очередь принято определять соответствие сплавляемых элементов трем правилам Юм-Розери, два из которых (значения атомных радиусов компонентов и величина электроотрицательности) приводятся в диссертационной записке почему-то со ссылками [181], [182] на работы В.Р. Рябова и О.В. Строкова, а третье правило – концентрация валентных электронов – игнорируется. Между тем при образовании твердых растворов последнее правило является не менее важным, чем два предыдущих, особенно при участии в сплавообразовании переходных металлов (например, железа).

4. И мое последнее замечание относится к оформлению диссертационной записки. На некоторых фотографиях микроструктур практически невозможно определить масштаб (например, рис. 2.3, 3.25, 3.32, 3.34 и др.), что я рассматриваю как досадную небрежность, поскольку в большинстве случаев фотографии оформлены правильно.

7. Заключение.

В диссертационной работе Р.С. Михеева представлены научно обоснованные технические и технологические решения, которые опробованы и внедрены на промышленных предприятиях, обеспечивая тем самым важный задел в развитии экономики страны и повышение ее обороноспособности.

Рассмотренная диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, в которой изложены научно-обоснованные структурные и технологические принципы формирования новых функционально-градиентных слоистых композиций с повышенными триботехническими свойствами на базе конструкционных сталей и сплавов с поверхностными рабочими слоями из КМ на основе цветных металлов, на основании которых предложены новые технические решения, получившие внедрение в промышленности.

Диссертация соответствует критериям п.9 Положения ВАК РФ и специальности 05.16.06 «Порошковая металлургия и композиционные материалы», а ее автор, Михеев Роман Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук.

Официальный оппонент:

Логачёва Алла Игоревна

Доктор технических наук


Начальник отделения металлических материалов и металлургических технологий

Акционерное общество «Композит»

Московская область, г. Королев, ул. Пионерская, д. 4

+7 (495) 513-21-26

pgmetallurg@kompozit-mv.ru

 Логачёва А. И.
(подпись) (ФИО)

Подпись Логачёвой Аллы Игоревны удостоверяю

Директор по кадрам, режиму и безопасности

 Б.Н. Елаков

