

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента на диссертационную работу Акимовой Марии Панфиловны

**«Разработка алмазосодержащего вольфрамкобальтового материала  
инструментального назначения для получения изделий с повышенными  
эксплуатационными характеристиками»,**

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 2.6.17 – Материаловедение

### **Актуальность темы исследования**

На сегодняшний день постоянно возрастают технические требования к различным инструментам в строительной, металлообрабатывающей, горнодобывающей, камнеобрабатывающей промышленности, в том числе на основе твердых сплавов и алмазов, что требует от исследователей проведения поиска и разработку новых материалов с улучшенными функциональными характеристиками и изделий на их основе. Актуальность темы диссертационной работы не вызывает сомнений, поскольку повышение работоспособности алмазных инструментов на металлических связках и поиск адгезионных добавок, повышающих алмазоудержание матрицы инструмента представляют большой научный интерес как с теоретической, так и с практической точек зрения. При этом разработка композиционных алмазосодержащих материалов и способов их получения невозможна без исследования особенностей структурно-фазового состояния продуктов, формирующихся при взаимодействии алмаза с реакционно активными к нему металлами.

### **Научная новизна исследования**

К основной научной новизне диссертационной работы следует отнести следующее:

1. Установленные закономерности формирования морфологии и структуры промежуточных слоев при высокотемпературном контактном взаимодействии и термодиффузионной металлизации алмаза с переходными металлами разной природы (Cr, Ti, Fe и Co) при температурно-временном режиме, соответствующем спеканию алмазосодержащей вольфрамкобальтовой матрицы с пропиткой медью.

2. Установленная взаимосвязь морфологии и структурно-фазового состояния вольфрамкобальтовой матрицы с металлизированным хромом покрытием на алмазных зернах, полученной по гибридной технологии, с её физико-механическими и эксплуатационными свойствами.

3. Предложенные механизмы формирования покрытий через процессы сублимации, твердофазной диффузии (Cr, Ti) и через образование жидкой фазы (Fe, Ni, Co).

### **Практическая значимость исследования**

Несомненную практическую значимость представляют следующие, впервые полученные Акимовой М.П. результаты:

1. Разработана оригинальная технология получения композиционных алмазосодержащих материалов, совмещающей металлизацию алмазов переходным металлом и спекание вольфрамокобальтовой матрицы с пропиткой медью в одном технологическом цикле (патент РФ № 2633861).

2. На основе полученных результатов по взаимодействию алмаза с переходными металлами были синтезированы алмазно-твердосплавные материалы и определена их удельная производительность, которая выше до 45 % аналогичного показателя контрольных инструментов с матрицей, полученных по традиционной технологии без металлизации алмазов.

3. Предложены оригинальные технологические приемы для обеспечения благоприятных условий для термодиффузионной металлизации алмазов в процессе спекания матрицы, которые позволяют управлять межфазными границами и свойствами алмазосодержащих материалов для изготовления высокоэффективного алмазного инструмента.

### **Структура и содержание работы**

Диссертация Акимовой М.П. состоит из введения, пяти глав, выводов, заключения и списка используемой литературы. Работа изложена на 111 страницах, включает 39 рисунков, 11 таблиц и 1 приложение. Список цитируемой литературы состоит из 148 наименований.

**Во введении** представлено обоснование актуальности темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследования, обоснованы научная новизна и практическая значимость работы, а также представлены положения, выносимые на защиту.

**В первой главе** представлен литературный обзор научных исследований в области структуры и свойств алмаза, повышения уровня удержания алмазов в металлических матрицах, в частности в твердосплавных матрицах, реакционной способности углерода по отношению к металлам, влияния металлизации алмазов на свойства алмазных инструментов.

**Во второй главе** даны характеристики исходных материалов и объектов исследования, описаны экспериментальные методики исследования полученных образцов. Представленные данные показывают, что эксперименты выполнены на высоком уровне с использованием современных физико-химических методов.

**В третьей главе** описано взаимодействие спрессованных порошков (Cr, Co, Fe и Ti) с алмазом при их нагреве, а также получение металлизированных покрытий на поверхности алмаза с разной степенью графитизации. Оценена прочность контакта соединений алмаз-металл. Установлено, что возможно получение покрытий с высокой контактной прочностью с поверхностью алмаза в образцах алмаз-железо и алмаз-хром.

**В четвертой главе** представлены результаты исследования структуры, морфологии и состава металлизированных покрытий на поверхности частиц алмаза и межфазных границ алмаз-покрытие при металлизации алмаза переходными металлами (Cr, Ti, Fe, Ni, Co) в условиях спекания алмазосодержащих твердосплавных матриц с пропиткой медью. Показано, что однородные сплошные покрытия на поверхности алмаза формируются в результате взаимодействия с хромом и титаном. Предложены механизмы формирования покрытий через процессы сублимации, твердофазной диффузии (Cr, Ti) и через образование жидкой фазы (Fe, Ni, Co).

**В пятой главе** описана методика получения алмазосодержащего вольфрамокобальтового материала на примере алмазных правящих карандашей по традиционной (без металлизации алмаза) и гибридной (с металлизацией алмаза) технологиям. Установлено, что металлизация поверхности алмазов хромом приводит к увеличению удельной производительности инструмента на 45% в сравнении с удельной производительностью инструмента с использованием алмазов без покрытия. Изучены особенности структуры межфазных границ алмаз-матрица.

**В заключении** отражены основные итоги диссертационной работы.

В целом, работа изложена технически грамотным языком. Каждая глава содержит важные результаты научных исследований автора и сопровождается развернутыми выводами. Общее оформление диссертационной работы соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

**Достоверность и обоснованность полученных результатов** основана на применении взаимодополняющих современных методов и методик исследований. Полученные экспериментальные данные не противоречат данным современного материаловедения, что свидетельствует о достоверности и надежности результатов, положений и выводов диссертации.

#### **Замечания по диссертационной работе**

Не смотря на очевидные достоинства диссертационной работы, есть ряд замечаний:

1. Поскольку в диссертационной работе речь идет о разработке и получении конкретных изделий - алмазных правящих карандашей на основе вольфрамокобальтовой матрицы, то этот момент следовало бы конкретизировать в цели работы.

2. Общее замечание к представленным результатам РЭМ в 3, 4 и 5 главах и их трактовке. В пояснении автор всегда говорит, что из рисунка видно то и то, однако это не совсем так. К примеру, на стр. 50-51 диссертации, указано: «На рис.15 а видно, что вся поверхность ограненной площадки алмаза металлизирована хромом», но из рис. 15 а этого не видно. Из рис. 24 б (60 стр. диссертации) не наблюдается сплошной тонкий металлизированный слой и т.д. Автору, как минимум, следовало бы привести результаты РЭМ исходной поверхности алмаза с чем можно было бы сравнить, а для более убедительного доказательства следовало бы привести результаты микрорентгеноспектрального анализа как в точке, так и по выделенной площади.

3. В главе 3 в таблицах 1, 2, 3, 4 приведены результаты фазового состава поверхностей раздела алмаз-металл, но при этом не приведены сами дифрактограммы, которые следовало бы привести для наглядности и доказательства. Также следовало бы провести количественный анализ образованных фаз. Возникает вопрос, что авторы подразумевают под фразой «следы». Известно, что РФА не обнаруживает в материале фазы менее 5 масс.%.

4. В выводе из 3 главы автор утверждает, что «в образце алмаз–кобальт обнаружен промежуточный слой почти сплошного графита с островками карбидной фазы ( $\text{Co}_3\text{C}$ )», однако в диссертации данный момент не отражен. На 65 стр. диссертации также стоит отметить опечатки в обозначении «Мца».

5. Не ясно каким образом были получены характеристики и данные по толщине металлизированных покрытий, которые приведены в таблице 7 на 70 стр. диссертации.

6. Рис. 30 а (71 стр. диссертации) приведен в другом масштабе, что затрудняет понимание и верную трактовку полученных результатов о плотной и более однородной по элементному составу структуре.

7. В таблице 8 (74 стр. диссертации) не все строки имеют в сумме 100 % масс. соотношение химических элементов. При этом возникает вопрос, почему автор не провел сканирование по площади для выявления истинного содержания кислорода в материале, а лишь ограничился его изучением в точке.

8. В главе 5 показано, что удельная производительность полученных алмазных карандашей по разработанной технологии выше до 44,66 % по сравнению с контрольными образцами. Однако не ясно, на каком количестве были проведены эти исследования.

9. Список литературы имеет слишком много устаревших ссылок. Очень мало изучено работ по изучаемой тактике за последние 5 лет.

Сделанные замечания никоим образом не снижают научной и практической значимости работы и ее новизны, а являются рекомендательными.

По результатам проведенных исследований Акимовой М.П. опубликовано 24 работы, включая 10 статей в изданиях, входящих в базу данных Web of Science и Scopus, 7 статей в рецензируемых журналах и 6 тезисов докладов на российских и международных конференциях. Получен 1 патент РФ на изобретение. Диссертация соответствует заявленной специальности 2.6.17 – Материаловедение (технические науки) по пунктам 1, 2, 4 и 5. Автореферат соответствует тексту диссертации.

Считаю, что диссертационная работа «Разработка алмазосодержащего вольфрамкобальтового материала инструментального назначения для получения изделий с повышенными эксплуатационными характеристиками» соответствует требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям, изложенным в пункте 9 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор, Акимова Мария Панфиловна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 – Материаловедение (технические науки).

Официальный оппонент,  
доктор технических наук  
(05.16.06 – Порошковая металлургия  
и композиционные материалы),  
заместитель директора по научной работе  
Федерального государственного бюджетного  
учреждения науки Института структурной макрокинетики  
и проблем материаловедения им. А.Г. Мерджанова,  
Российской академии наук

Павел Михайлович Бажин

142432, Московская область, г. Черноголовка, ул. Акад. Осипьяна, д.8  
Тел./факс: +7 (916) 931 15 20  
e-mail: [bazhin@ism.ac.ru](mailto:bazhin@ism.ac.ru)