

Резюме проекта

Выполняемого при поддержке **РФФИ**

«Проектирование и исследование твердосплавных композитов, модифицированных наночастицами с повышенным уровнем механических и эксплуатационных свойств.

Моделирование структуры и прогнозирование свойств»

по этапу «2» /за 2015 год / *промежуточный*

Договор № 14-08-00508

Приоритетное направление: Индустрия наносистем

Критическая технология: Технологии получения и обработки функциональных наноматериалов

Период выполнения: 24.02.2014 – 31.05.2015

Ключевые слова: Наноструктурированные твердосплавные композиты, структурные параметры, стереологические модели, плакирование порошков, прочность, трещиностойкость, эксплуатационные свойства, технико-экономические показатели

1. Цель фундаментального исследования:

Разработка математических моделей, методов прогнозирования прочности, вязкости разрушения применительно к модифицированным наноразмерными частицами твердосплавным композитам в зависимости от концентрации и размеров карбидной фазы, наночастиц и объемных долей всех составляющих, которые могут быть использованы (адаптированы) для вновь создаваемых и планируемых к производству твердых сплавов на основе субмикронных и наноразмерных порошков.

2. Основные результаты проекта:

1 На основании проведенных комплексных численных и экспериментальных многофакторных исследований установлены функциональные взаимосвязи между параметрами структуры, размерами, объемным содержанием добавок наночастиц и физико-механическими свойствами твердосплавных композитов.

2 Разработаны новые составы, способы и технологии изготовления квазинанокристаллических твердосплавных композитов, обеспечивающие однородное распределение наночастиц керамики по объему кобальтовой прослойки и композита в целом и формирование сверхмелкозернистой структуры.

3 Обоснованы и подтверждены экспериментально эффективные технологические способы, обеспечивающие снижение среднего размера карбидных зерен за счет использования наноразмерных частиц легирующего оксидного компонента и их ингибирующего действия; новых методов подготовки (механоактивации и УЗ-активации) исходных смесей с целью повышения однородности распределения компонентов по объему композита; оптимизации составов и режимов изготовления, в том числе применения методов контролируемого спекания (ступенчатого нагрева) и дополнительной термомеханической обработки с целью целенаправленного влияния на процессы формирования межзеренных границ и снижения контактности карбидных зерен.

4 Разработаны стереологические модели для прогнозирования прочности, вязкости разрушения применительно к модифицированным наноразмерными упрочняющими добавками керамики твердосплавным композитам в зависимости от концентрации и размеров карбидной фазы, наночастиц и объемных долей всех составляющих.

5 Расчетная программа для численной оценки параметров структуры, прочности и трещиностойкости твердосплавных композитов. Это позволяет, кроме возможности «конструирования» бимодальных или полимодальных (по размеру зерна) твердосплавных композитов, существенно сократить объем экспериментальных исследований и повысить их эффективность, т.е. производить прогнозирование свойств на стадии проектирования.

6 Определены и обоснованы результатами расчетных и экспериментальных исследований перспективные методы и технологические способы изготовления твердосплавных композитов (квази-нанокристаллических или микрокристаллических, модифицированных добавками наночастиц керамики, в том числе плакированных слоев металла-связки), которые обеспечивают повышение комплекса физико-механических и эксплуатационных свойств.

7 Разработаны новые методы расчета параметров и кинематики процессов ротационного точения многогранными и сборными инструментами со сложным формообразующим профилем и кинематикой резания.

По результатам выполнения проекта опубликовано 16 статей, в том числе 7 в журналах с индексом SCOPUS, 4 с уровнем ВАК.

3. Охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности (РИД), полученные в рамках фундаментального, прикладного научного исследования, экспериментальные разработки

1. Пат. 019172 Евразийское патентное ведомство, МПК H01R 41/00, H01R 39/20. Композиция для изготовления контактных вставок. Карпов И.В., Ушаков А.В., Редькин В.Е., Лепешев А.А.; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВПО «СФУ». – № 201101409; заявл. 27.10.2011; опубл. 30.01.2014.

2. Программа расчета плотности упаковки и структурных параметров твердосплавных композитов с бимодальным распределением по размерам. Гордеев Ю.И., Абкарян А.К., Лыткина С.И.; Заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВПО «СФУ». – №050701/3876; заявка. 23.10.2014

3. Пат. 2548846 «Способ получения спеченных твердых сплавов». Гордеев Ю.И., Абкарян А.К., Бинчуров А.С., Ясинский В.Б., Индаков Н.С. заявка №2013135523 от 29.07.2014; опубл. 20.04.2015.

4. Назначение и область применения результатов проекта

Твердосплавные композиты, модифицированные наночастицами керамики предназначены для изготовления металлорежущего и бурового инструмента, дорожных резцов и др. (которые применяются в машиностроении и металлообработке, горнодобывающей и нефтегазовой отрасли, дорожном строительстве и т.д.)

Разработанные составы и технологии изготовления модифицированных твердых сплавов могут быть использованы:

- для производства инструментальных пластин металлорежущего инструмента с повышенной стойкостью для обработки сталей, чугунов, высоколегированных сплавов и других труднодеформируемых высокопрочных материалов;
- для оснащения сборных инструментов со сложным профилем и кинематикой резания для современных многоцелевых станков и обрабатывающих центров;
- инструментальные модули для ротационного точения деталей из вязких, пластичных алюминиевых и титановых сплавов, сложнолегированных и нержавеющей сталей;
- для изготовления штампового инструмента, инструмента прессования и волочения труб и различных профилей из черных и цветных сплавов;
- в машиностроении для изготовления деталей, работающих в условиях абразивного износа (размольных элементов, футеровки мельниц и др.);
- при производстве инструмента для бурения горных пород, вскрышных работ при ремонте дорожных покрытий, угольной промышленности;
- оснащения буровых коронок для нефтяных скважин.

5. Возможность коммерциализации результатов проекта

Для коммерциализации результатов проекта и доведения до потребителей ожидаемых научных и научно-технических результатов в настоящее время проводится изготовление

и испытания опытно-экспериментальных серий твердосплавного инструмента, в том числе сложнопрофильного сборного инструмента, инструмента для ротационного точения.

На основании разработанной ранее в СФУ технологии был спроектирован и организован участок для изготовления твердосплавных изделий методами порошковой металлургии, который позволяет производить опытно-экспериментальные партии твердосплавного инструмента специального назначения для проведения испытаний и адаптации технологий от лабораторных технологических инструкций до опытно-промышленных серий.

Заключены договора о совместной научно-производственной деятельности с АО «Кировградский завод твердых сплавов», ОАО «Сибирский инструментально-ремонтный завод», ОАО «НПП «Радиосвязь», ООО «Енисейский инструмент», ООО «Красноярская химическая компания» и другими потребителями на изготовление мелких серий изделий из модифицированных твердосплавных композитов по составам и технологиям, разработанным в ходе выполнения проекта.

Разработаны конструкции и изготовлены инструментальные модули для ротационного точения. Оптимизированы технологические режимы механической обработки различных материалов при ротационном формообразовании. В настоящее время проводятся эксплуатационные испытания сборного инструмента, оснащенного твердосплавными композитами.

Спроектирована и изготовлена оригинальная оснастка для формования режущих элементов (пластин, вставок, буровых коронок, зубков для дорожных фрез и угольных комбайнов) из твердосплавных композитов нового поколения. В рамках договора с АО «КЗТС» проводится отработка опытно-промышленной технологии, изготовлена экспериментальная партия изделий (передана заказчику-потребителю для проведения эксплуатационных испытаний).

Проведенная технико-экономическая оценка подтверждает целесообразность практического использования предлагаемых технических решений на российском уровне.

Конкурентоспособность разработанных составов и технологий объясняется во многом тем, что предлагаемые аппаратурно-технологические схемы предполагают возможности применения для изготовления инструмента (различного назначения и областей применения), разных технологических процессов: SPS-технологий, компрессионного вакуумного спекания и традиционных, широко распространенных технологий, либо их совместное использование. Главным аргументом при их выборе является соблюдение известного принципа: оптимальное соотношение «Цена/Качество».

Разработаны рекомендации и предложения по использованию результатов НИР в реальном секторе экономики, а также в дальнейших исследованиях и разработках.

В целях доведения до потребителя информация о результатах, полученных в процессе выполнения проекта, регулярно представляется на российских и международных конференциях:

- III Международная научно-техническая конференция «Высокие технологии в современной науке и технике» г. Томск, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, март 2014 г.

- Международная научно-техническая конференция «Нанотехнологии функциональных материалов», г. Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, июнь 2014 г.

- Семинар-совещание союза оборонных предприятий «Импортозамещение в металлообработке», г. Кировград, ОАО «Кировградский завод твердых сплавов», сентябрь 2014 г.

- III Международная научно-техническая конференция молодых специалистов ОАО «ИСС» «Разработка, производство, испытания и эксплуатация космических аппаратов и систем», г. Железногорск, ОАО «Информационные спутниковые системы», октябрь 2014
- II Международная научно-техническая конференция «Современные металлические материалы и технологии» г. Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский политехнический университет, июнь 2015 г.
- По результатам полученным в ходе выполнения проекта подготовлена статья, доклад включен в программу Euro PM2015 International Powder Metallurgy Congress & Exhibition (Франция, 4-7 октября 2015 г.)

6. Эффекты от внедрения результатов проекта

1 Применение разработанных составов и технологий изготовления твердосплавных композитов дисперсно-упрочненных за счет модифицирующего влияния добавок наночастиц керамики позволяет:

- за счет наличия в структуре твердого сплава нанопорошков керамики снизить адгезионный износ и повысить стойкость инструмента при резании в 1,3-1,8 раза по сравнению с исходными (базовыми) сплавами;
- увеличить (по сравнению со стандартными материалами) прочность на изгиб на 25-30%;
- вязкость разрушения и трещиностойкость на 50%;
- износостойкость (стойкость к истиранию) в условиях граничного трения в 2-5-раз;
- при резании обеспечить снижение величины шероховатости (до 1,5 раз) обрабатываемой поверхности за счет уменьшения адгезионного взаимодействия инструментального и обрабатываемого материалов, повысить точность и качество поверхности детали.

2 Результаты проведенных стойкостных испытаний свидетельствуют о возможности повышения скорости резания инструментами из модифицированных твердых сплавов по сравнению со стандартными составами, то есть расширяется область применения в сравнении с известными.

3 Существует возможность удовлетворения потребностей предприятий города и края, применяющих нестандартный твердосплавный инструмент, режущий инструмент, дорожные резцы, буровой инструмент, инструмент для вскрытия горных пород.

4 Перспективы частичного устранения зависимости от импорта дорогостоящих твердосплавных инструментов и изделий за счет организации собственного производства в крае.

5 Возможность оперативного изготовления небольших партий нестандартного твердосплавного инструмента по требованию заказчика

7. Наличие соисполнителей

Соисполнителей нет

Руководитель работ по проекту
Зав. кафедрой ЮНЕСКО
«Новые материалы и технологии»

Лепешев А.А.