

О Т З Ы В

на автореферат диссертационной работы Авдеенко Евгения Николаевича
« Разработка нового поколения иерархических крупнозернистых твердых сплавов с
особо однородной структурой»,

представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности

05.16.06 – Порошковая металлургия и композиционные материалы

Потребность в твердых сплавах с улучшенными эксплуатационными характеристиками в строительстве и горнодобывающей промышленности с каждым годом возрастает. Для бурения и резания горных пород используются крупнозернистые твердые сплавы группы ВК, поскольку они обладают уникальным сочетанием твердости/износостойкости и прочности/трещиностойкости, а также целым рядом прочих полезных свойств. Повышение механических и эксплуатационных свойств инструмента, сочетание высокой твердости и трещиностойкости является первоочередной задачей для эффективной работы инструмента в широком интервале температур. При этом перспективным способом повышения термостойкости и износостойкости связующей фазы твердых сплавов без снижения прочности, пластичности и трещиностойкости является ее наноструктурирование.

Создание нового поколения иерархических крупнозернистых твердых сплавов с наномодифицированной связкой, с повышенной трещиностойкостью и износостойкостью, позволит значительно повысить эффективность работы породоразрушающего инструмента в высоконагруженных условиях добычи полезных ископаемых.

С учетом вышеизложенного, **актуальность** выбранной соискателем темы не вызывает сомнений.

Основное внимание в диссертационной работе Авдеенко Е.Н. уделено разработке технологии получения деагломерированных порошков карбида вольфрама дисперсностью 5-15 мкм, крупнозернистых твердых сплавов с особо однородной структурой, зернами карбида вольфрама округлой формы и наномодифицированной кобальтовой связкой, исследованиям структурных, механических, трибологических и эксплуатационных свойств разработанных материалов, а также исследованию структуры, механических и магнитных свойств модельных высококобальтовых твердых сплавов 50%WC-50%Co, содержащих легирующие добавки карбида тантала.

Научная новизна работы заключается в определении зависимости свойств крупнозернистых твердых сплавов системы WC-Co от конкретных параметров технологии их получения, в частности, от вида и концентрации легирующих функциональных добавок. Установлено, что использование легирующей добавки карбида тантала оказывает положительное влияние на свойства, что обусловлено не только ингибирующим эффектом роста карбидного зерна, но и дисперсионным

упрочнением кобальтовой связки в результате выделения из твердого раствора высокомолекулярных наночастиц избыточной фазы $W_xTa_yCo_zC_i$ размером 1-4 нм. Показано, что использование узкофракционного крупнозернистого порошка карбида вольфрама зернистостью 5-15 мкм в сплавах с пониженным содержанием углерода позволяет получить крупнозернистый твердый сплав с округлыми зернами с фактором формы карбидного зерна $F = 0,77 \pm 0,07$, что достигается за счет подавления процесса перекристаллизации при жидкофазном спекании, обусловленного отсутствием высокоактивных частиц WC размером менее 2 мкм. Установлено, что при достижении однородной структуры и дисперсионного упрочнения связки высокомолекулярными наночастицами $W_xTa_yCo_zC_i$ крупнозернистый твердый сплав обладает одновременно повышенной по сравнению со стандартным крупнозернистым твердым сплавом твердостью (HV до 11,7 ГПа) и трещиностойкостью (K_{IC} до 18,6 МПа·м^{1/2}).

Достоверность проведенных исследований подтверждена использованием современного оборудования и аттестованных методик исследований, значительным количеством экспериментальных данных, сопоставлением полученных результатов с результатами других авторов.

Практическое значение работы определяется тем, что благодаря достигнутому уровню механических свойств (твердость, прочность, трещиностойкость, износостойкость) разработанные крупнозернистые твердые сплавы с наномодифицированной связкой ВК6СН и ВК6СС могут быть использованы в строительстве и горнодобывающей промышленности. Стендовые испытания горных резцов, оснащенных разработанным твердым сплавом ВК6СН, показали лучшую износостойкость в 1,8 раз выше при резке гранита и в 2 раза выше при резке бетона, по сравнению со сплавом ВК6-В. Термомеханические испытания показали, что в интервале температур 400 - 800 К разработанный сплав с наномодифицированной связкой обладает от 4 до 15 раз меньшей скоростью ползучести по сравнению с ВК6-В, а повышенная термическая стабильность сплава ВК6СН открывает перспективы его практического применения в условиях повышенных градиентов температур.

Хочется отметить безусловную актуальность и научную новизну диссертационного исследования, обоснованность экспериментальных результатов, убедительные пути апробации через многочисленные конференции, в том числе международные, 12 публикаций, среди которых 2 статьи в изданиях, рецензируемых ВАК. Однако диссертация не лишена некоторых недостатков.

Замечания по диссертационной работе:

1. Не понятно, что имеется в виду при использовании термина «особо однородная структура» и её отличительные признаки по сравнению с «однородной структурой».
2. Указано на применение статистических методов обработки результатов, при этом большинство значений измерений приводятся без указания погрешностей.

3. В некоторых местах по тексту неверно указана единица измерения K_{1c} - $\text{МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$, вместо $\text{МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$.
4. Проводить сравнительную оценку микроструктуры крупнозернистых твердых сплавов с особо однородной и стандартной микроструктурой затруднительно, так как представлены фотографии с разным увеличением.

Данные замечания могут быть учтены автором в дальнейших публикациях по теме исследования и не влияют на положительную оценку работы в целом

Заключение

Диссертация является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным автором самостоятельно на высоком научном уровне. Автореферат достаточно полно отражает суть исследования и отвечает требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней. Автореферат дает представление, что Авдеенко Е.Н. провел актуальное, теоретически и практически значимое научное исследование, выполненное на высоком профессиональном уровне и заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.06 – Порошковая металлургия и композиционные материалы.

Заместитель начальника лаборатории
по разработке материалов
на основе нитридов, карбидов и боридов
для изделий ракетной техники

Л.А.Чевыкалова

Начальник лаборатории по разработке материалов
на основе нитридов, карбидов и боридов
для изделий ракетной техники
кандидат физико-математических наук

М.Г.Лисаченко

АО «ОНПП «Технология» им. А.Г. Ромашина»
Государственный научный центр Российской Федерации
249031, г.Обнинск, Калужской области, Киевское шоссе, 15
E-mail: info@technologiya.ru, факс (484) 396-45-75

Подпись заместителя начальника лаборатории Л.А.Чевыкаловой и начальника лаборатории М.Г.Лисаченко заверяю:

Начальник ОКА

АО «ОНПП «Технология» им.А.Г.Ромашина»



Е.А.Чуканова