

## ОТЗЫВ

### на автореферат кандидатской диссертации А.А. Буравлевой «ПОЛУЧЕНИЕ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ КАРБИДА ВОЛЬФРАМА КОМБИНАЦИЯМИ МЕТОДОВ МЕХАНОСИНТЕЗА/АКТИВАЦИИ И ИСКРОВОГО ПЛАЗМЕННОГО СПЕКАНИЯ»

Требования, предъявляемые современной промышленностью к изделиям из твердых сплавов (ТС) на основе WC, получаемым из одно- и многокарбидных систем, чрезвычайно высоки и предполагают повышенное внимание к качеству порошковых компонентов и к процессам получения готовой продукции из порошкового сырья. При этом ключевое значение имеет как получение чистого высокодисперсного, в идеале наноразмерного, порошкового сырья, так и формирование плотных беспористых структур при компактировании этого порошкового сырья. В связи с этим актуальность диссертации А.А. Буравлевой, посвященной применению таких современных методов как высокоэнергетический механосинтез (ВМС) и механоактивация (МА) исходных порошков с последующим компактированием методом искрового плазменного спекания (ИПС) не вызывает сомнения.

При проведении диссертационных исследований А.А. Буравлевой получен ряд новых важных научных результатов. Установлены параметры синтеза WC методом ВМС из полимерсодержащей шихты WO<sub>3</sub>-Mg-C(сажа)-ПММА (полиметилметакрилат) в условиях сухого размола в энергонапряженной вибрационной мельнице. Определена оптимальная концентрация ПММА (3 мас.%), обеспечивающая полноту протекания реакции ВМС, и объяснен механизм диспергирования порошка в присутствии механодеструктурируемого ПММА. Подтверждена полнота протекания реакции ВМС, а также показана эффективность удаления MgO в растворе HCl в гидротермальных условиях при низкой субкритической температуре в 130 °С. Установлено влияние МА на гранулометрический состав и морфологию стартовых смесей WC в составе с TiC, в составе смеси карбидов TiC/TaC, с металлическими связующими на основе металлов Co, Fe и Ni, их комбинации (Fe/Ni), и в составе с металлами с высокой температурой плавления (Cr, Ti). Установлена динамика консолидации порошковых смесей в процессе ИПС. Определены температуры начала процесса интенсификации уплотнения и температурные диапазоны его активных стадий. Показано, что для связующих Co, Fe и Ni характерны различные температуры начала 2-ой стадии спекания и схожий характер скоростей уплотнения при различных ее величинах. Впервые представлены результаты использования в качестве связующей фазы металлических порошков тугоплавких металлов Cr и Ti. Установлено, что процесс их консолидации протекает в 2 стадии без резкой интенсификации и при низкой динамике уплотнения на 2-ой стадии спекания, а также сопровождается образованием новых фаз в твердом растворе по механизму реакционного синтеза. Установлено влияние связующих Co, Fe, Ni и Ni/Fe на фазовый состав, микроструктурную организацию и физико-механические характеристики образцов ТС, полученных комбинациями методов ВМС, МА и ИПС. Показано, что уплотнение и спекание ТС идет с образованием высокоплотных образцов с относительной плотностью близкой к теоретической, и достигается при температуре ИПС для сплавов на основе металлических связок различного типа в диапазоне температур 1100–1200 °С. Экспериментально определено, что оптимальные параметры спекания, использованные в работе, для всех случаев спекания ТС композиций WC-Co, WC-Fe, WC-Ni, WC-Ni/Fe, а также сплавов систем WC-TiC-Co и WC-TiC-TaC-Co не приводят к образованию фаз полукарбида W<sub>2</sub>C и промежуточных фаз Co<sub>3</sub>W<sub>3</sub>C, Co<sub>6</sub>W<sub>6</sub>C, Ni<sub>3</sub>C и Ni<sub>3</sub>W<sub>3</sub>C. В итоге получены новые твердые сплавы на основе карбида вольфрама и представлены результаты исследования закономерностей процесса их изготовления с применением искрового плазменного спекания в комбинации с методами высокоэнергетического механохимического синтеза карбидного сырья и механической активации порошков.

Исследованы физико-химические и механические характеристики полученных новых твердых сплавов.

Практическая значимость полученных результатов исследований заключается в том, что доказаны целесообразность и эффективность комбинации методов высокоэнергетического механохимического синтеза, механической активации и искрового плазменного спекания для получения новых твердых сплавов на основе WC; представлены сведения о фазо- и структурообразовании, а также установлены физико-механические свойства новых твердых сплавов, изготовленных комбинациями перечисленных методов в составе с металлическими связующими Co, Fe, Ni, Fe/Ni, Cr, Ti и карбидными компонентами TiC, TaC.

По содержанию автореферата возникли следующие замечания.

1. Химический и фазовый составы полученных порошков и твердых сплавов определялись методами энергодисперсионной спектроскопии (ЭДС) и рентгенофазового анализа (РФА), предел обнаружения веществ и фаз которыми составляет несколько массовых процентов, в то время как содержание таких примесей как свободный углерод и железо в порошках WC для спекания твердых сплавов жестко ограничивается 0,2 и 0,1 мас.% (ТУ 48-19-265-91), а содержание свободного углерода в твердых сплавах не должно превышать 0,2-0,4 мас%.
2. Не определялся намол Fe из размольных шаров ШХ15 в порошковом сырье после ВЭС и МА.
3. При анализе закономерностей ИПС твердых сплавов не принималась во внимание такая важная характеристика как смачиваемость карбидных зерен металлической связкой.

Однако это, скорее, не недостатки, а пожелание на продолжение исследований в будущем для практической реализации полученных результатов, поэтому эти замечания не имеет 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 кандидатским диссертациям Положения о присуждении учёных степеней, утверждённого постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842. Автор диссертации, Буравлева Анастасия Александровна, достойна присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение (технические науки).

Автор отзыва дает согласие на обработку персональных данных.

Зав. кафедрой «Металловедение, порошковая металлургия, наноматериалы» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», доктор физико-математических наук (01.04.17 – Химическая физика, в том числе физика горения и взрыва), профессор



Амосов  
Александр Петрович

Тел. (846) 242-28-89. E-mail: [egundor@yandex.ru](mailto:egundor@yandex.ru).

443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, главный корпус.

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



Ю.А. Малиновская

15.03.2023