

Влияние механического активирования на формирование микроструктуры композитов TiB_2-CrB и ZrB_2-CrB , полученных электротепловым взрывом под давлением

А.В. Щербаков*, В.А. Щербаков, С.Г. Вадченко

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения им. А.Г. Мержанова Российской академии наук, Черноголовка, Россия

* ismandrew@ism.ac.ru

Высокотемпературные композиты являются перспективными материалами для создания изделий с высоким ресурсом работы при высокой температуре и в условиях абразивного или эрозионного износа. Настоящая работа посвящена синтезу керамических композитов на основе тугоплавких диборидов титана (TiB_2) и циркония (ZrB_2) с керамической связкой из монобрида хрома (CrB) методом электротеплового взрыва (ЭТВ) в условиях квазиизостатического сжатия. Особенностью метода является то, что исследуемый образец, спрессованный из реакционной гетерогенной смеси порошков, нагревается под давлением прямым пропусканием электрического тока до воспламенения.

В данном методе в одну стадию осуществляется синтез и консолидация тугоплавкого материала. Высокая эффективность метода обусловлена сокращением промежуточных стадий синтеза и измельчением до субмикронного размера отдельных тугоплавких соединений. Принципиальная новизна метода заключается в том, что дополнительный электрический нагрев обеспечит тепловой режим получения композитов с минимальной остаточной пористостью и высоким содержанием керамической связки.

Для получения композитов с однородной микроструктурой проводили механическое активирование гетерогенной конденсированной смеси, которое сопровождается разрушением оксидных пленок, накоплением дефектов кристаллической структуры и измельчением частиц, что приводит к увеличению удельной площади поверхности смеси и более однородному перемешиванию компонентов. При механической активации увеличивается реакционная способность гетерогенной конденсированной смеси.

Целью работы являются исследования влияния механического активирования на закономерности ЭТВ и формирование микроструктуры композитов TiB_2-CrB и ZrB_2-CrB .

На рис. 1 представлены зависимости изменения электрических параметров: напряжения (а), тока (б) и относительного сопротивления (в) образца в ходе ЭТВ смесей

Ti+Cr+V (1,2) и Zr+Cr+V (3,4) массой 20 г без механической активации (2,4) и с механической активацией (1,3).

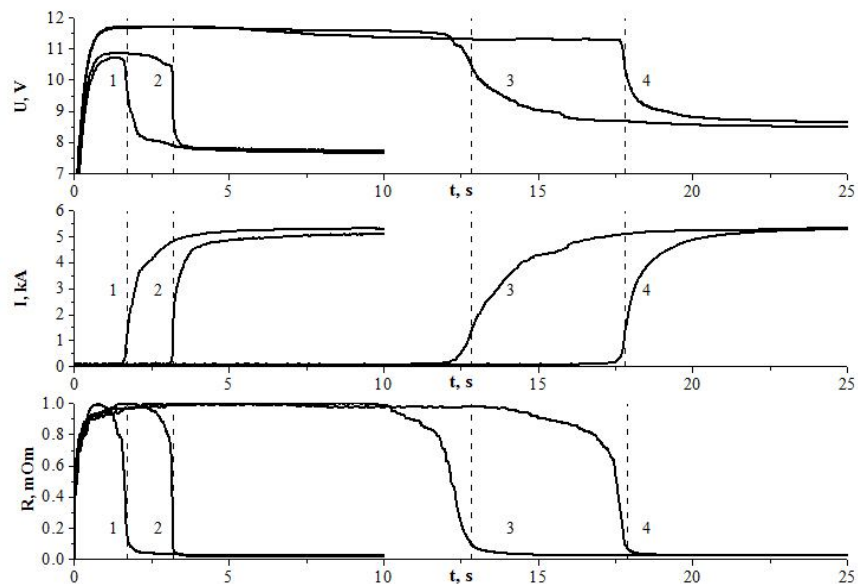


Рис. 1. Зависимости изменения электрического напряжения, электрического тока и относительного электрического сопротивления образца в ходе ЭТВ смесей Ti+Cr+V (1,2) и Zr+Cr+V (3,4) без механической активации (2,4) и с механической активацией (1,3).

Электротепловой взрыв (ЭТВ) включает стадии предвзрывного нагрева, теплового взрыва и пост процессы. На стадии предвзрывного нагрева электрические параметры практически не изменяются. На стадии теплового взрыва происходит резкое уменьшение электрического напряжения, относительного сопротивления и увеличение электрического тока образца. Это связано с тем, что при быстропротекающем экзотермическом взаимодействии увеличивается площадь контактной поверхности реагентов. Электрические параметры после окончания экзотермического превращения практически не изменяются. При механическом активировании смесей происходит существенное уменьшение времени предвзрывного нагрева, что указывает на увеличение реакционной способности гетерогенной конденсированной смеси. Времена предвзрывного нагрева не активированных смесей Ti+Cr+V и Zr+Cr+V составили 3,2 и 25,8 секунд, а активированных – 1,7 и 12,8 секунд соответственно.

На рис. 2 показаны микроструктуры СВС-композитов $TiB_2-70CrB$ (а,б) и $ZrB_2-70CrB$ (в,г), полученных ЭТВ гетерогенных смесей без использования механической активации (а,в) и с механической активацией (б,г). Видно, что композиты, полученные без механической активации имеют неоднородную структуру, а с механической активацией – однородную. Показано, что в ходе экзотермического взаимодействия в системе $Ti-Cr-B$ образуются тугоплавкие соединения TiB_2 и CrB , а в системе $Zr-Cr-B$ – ZrB_2 и CrB . Композит $TiB_2-70CrB$ содержит зерна дисперсной фазы размером до 5 мкм, а композит $ZrB_2-70CrB$ – зерна ZrB_2 в виде пластин толщиной менее 1 мкм и длиной до 50 мкм.

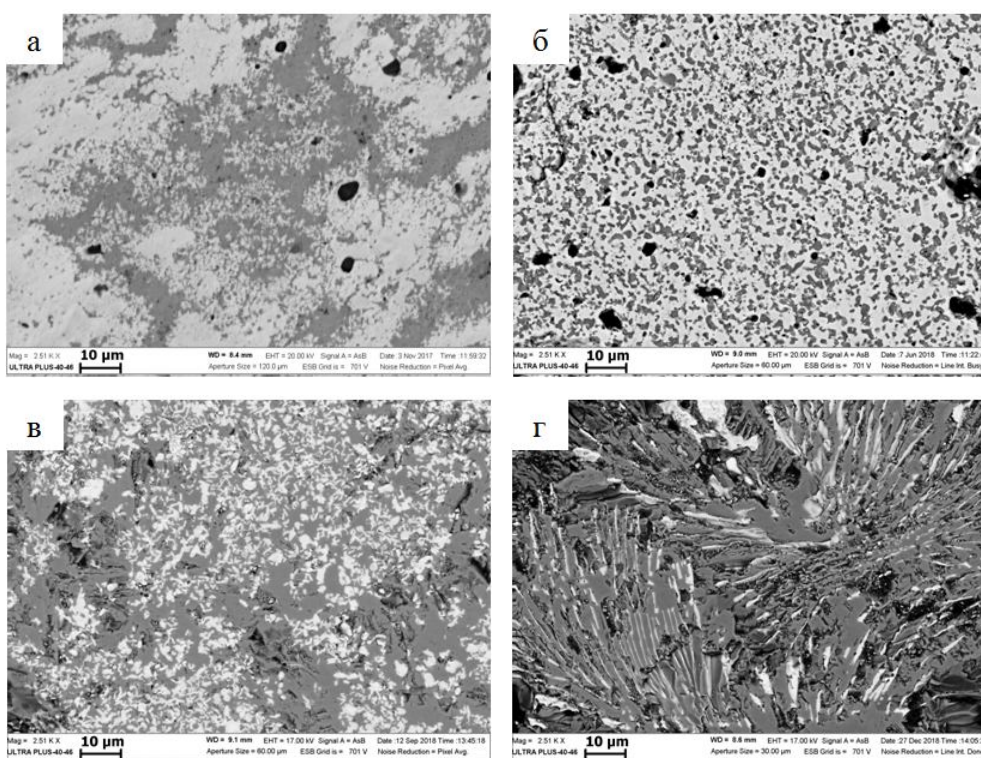


Рис. 2. Микроструктуры СВС-композитов $TiB_2-70CrB$ (а,б) и $ZrB_2-70CrB$ (в,г), полученных ЭТВ гетерогенных смесей без механической активации (а,в) и с механической активацией (б,г).

Работа выполнена с использованием оборудования распределенного центра коллективного пользования (РЦКП) ИСМАН.