

Список использованных источников

1. Комаров, О.С. Поиск составов литейных красок / О.С. Комаров, Е.В. Розенберг, К.Э. Барановский, Т.Д. Комарова // Литье и металлургия. – 2014. – №4. – С. 23 – 31.
2. Комаров, О.С. Методика определения прочности противопригарных красок / О.С. Комаров, Е.В. Розенберг, К.Э. Барановский, Т.Д. Комарова // Литье и металлургия. – 2014. – №4. – С. 31 – 35.

УДК 621.793

Получение композиционного материала нитрид кремния-карбид кремния методом электроимпульсного спекания

Студент гр. 10406112 Мухля А.Д.
Научный руководитель – Жук А.Е.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Плотные материалы на основе карбида и нитрида кремния получают методами горячего прессования и жидкофазного спекания с оксидными и оксинитридными спекающими добавками. Благодаря высокой производительности метод жидкофазного спекания становится все более популярным.

Однако для высокотехнологичных агрегатов, использующих детали узлов трения, лопатки двигателя, футеровочные материалы, износостойкие подшипники и др. на основе карбида и нитрида кремния, работающих при больших динамических нагрузках, необходимо применять материалы с максимальными механическими свойствами. Спекание при помощи пропускания через материал электрического тока известно уже несколько десятилетий, но значительный интерес со стороны материаловедов получило в последние два десятилетия благодаря развитию метода спекания при помощи импульсов постоянного электрического тока. Успех метода электроимпульсного спекания связан с созданием установок Spark Plasma Sintering (SPS) японской компанией Sumitomo Coal Mining Co., Ltd.

Сущность метода SPS заключается в одновременном приложении к образцу давления по одноосной схеме и постоянного тока в импульсном режиме. Порошки для спекания помещаются в пресс-форму, изготовленную из проводящего материала (например, графита). Проводящие образцы нагреваются непосредственно при прохождении через них импульсного тока. В англоязычной литературе для электроимпульсного спекания используются два других термина: FAST (Field Assisted Sintering Technique, спекание при помощи электрического поля) и PECS (Pulsed Electric Current Sintering, спекание импульсным током).

Подведение импульсного электрического тока к образцу является основным отличием SPS-метода от метода горячего прессования. Ключевыми характеристиками процесса являются быстрый нагрев спекаемого материала и отсутствие необходимости длительной выдержки при высокой температуре. Быстрый нагрев образцов препятствует росту зерен при спекании многих материалов, позволяя получать наноструктурную керамику и наноструктурные композиты. Работы по спеканию и синтезу материалов методом SPS, в частности материалов на основе SiC и Si₃N₄, активно проводятся в США, Японии, Южной Корее, Китае, Израиле, Франции, Германии, Италии.

В работе использовали порошок α -SiC, марки M40, измельченный на струйной мельнице до среднего размера частиц $d_{0,5} = 0,8$ мкм, следующего химического состава (масс.%): Si(общ) – 69,95; Si(своб) – 0,22; C(общ) – 31,71; C(своб) – 2,56; O(общ) – 0,69 и Fe₂O₃ – 0,10. Нитрид кремния – β -Si₃N₄, фирмы Starck (Германия) со средним размером частиц $d_{0,5} = 1$ мкм (таблица 2). Порошки Al₂O₃, Y₂O₃, применяемые в качестве спекающих добавок, марки «Ч» со средним размером частиц $d_{0,5} = 1,2$ и 0,8 мкм. Оксидные компоненты Al₂O₃ и Y₂O₃ вводили

в состав шихты в соотношении – 55,4 и 44,6 мол.%, что соответствует алюмоиттриевому гранату ($3 Y_2O_3 \cdot 5 Al_2O_3$).

При применении метода SPS удается достигнуть высокой плотности спеченных образцов при более низком содержании оксидов (10 мас.%), чем при жидкофазном спекании.

Это объясняется низким испарением оксидов вследствие высокой скорости прохождения процесса, в отличие от метода свободного жидкофазного спекания карбида и нитрида кремния с оксидными добавками. Высокая плотность материалов составов 3 и 7 свидетельствует о полноте прохождения спекания и высокой уплотняемости материала. Плотность SiC-материалов, полученных в данной работе методом SPS без активирующих добавок, относительная плотность составила 88.3%, в то время как для аналогичных материалов, полученных методом свободного спекания, относительная плотность не превышает 80% от теоретической. Этот факт свидетельствует о высокой эффективности SPS-метода. Повышение плотности материала состава 2 подтверждает правильность сформулированного в работе механизма жидкофазного спекания карбида кремния: уплотнение по твердофазному механизму, более полное уплотнение за счёт поворота и скольжения частиц SiC в жидком расплаве, взаимное растворение SiC в оксидном расплаве, массоперенос SiC из расплава в межзеренное пространство трех частиц карбида кремния.

УДК 546.17-39;546.171

Самораспространяющийся высокотемпературный синтез порошков нитридов

Студент гр. 104611 Гармаза М.А.

Научный руководитель – Жук А.Е.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В основе самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) порошков нитридов лежит реакция экзотермического взаимодействия двух или нескольких химических элементов, протекающая в режиме направленного горения. Процесс осуществляется в тонком слое смеси исходных реагентов после локального инициирования реакции и самопроизвольно распространяется по всей системе благодаря теплопередаче от горячих продуктов к ненагретым исходным веществам. В качестве исходных веществ используются металлы (неметаллы) II, III, IV, V, VI, VIII групп периодической системы в смеси с неметаллами. Возможно, также в качестве исходных компонентов систем СВС использовать не только порошки металлов или неметаллов, но также и их соединения.

Процесс СВС характеризуется высокой температурой (2000 – 4000°C) и большой скоростью распространения фронта горения (0,5 – 15 см/с).

Тепловыделение в зоне реакции и сопровождающий его рост температуры возникают за счет собственных энергетических возможностей исходной системы без использования каких-либо нагревательных устройств, что существенно упрощает и удешевляет технологию и практически сводит к нулю расходы электроэнергии. Высокие температуры горения обеспечивают полноту превращения исходных элементов в конечные продукты и способствуют испарению примесей, поэтому целевые продукты имеют высокую чистоту. Большие скорости горения обеспечивают высокую производительность процесса.

Процесс СВС легко управляем. Имея ряд общих черт с технологическими процессами традиционной порошковой металлургии, самораспространяющийся высокотемпературный синтез характеризуется такой уникальной особенностью, как существование в течение протекания взаимодействия высокотемпературной твердожидкой среды, допускающей различные типы дополнительных внешних воздействий, посредством которых возможно регулирование структуры и свойств целевых продуктов. Изменяя условия горения (температуру, дав-