

КИНЕТИКА СПЕКАНИЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ТУГОПЛАВКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Ковальченко М. С.

Институт проблем материаловедения им. И. Н. Францевича НАН Украины,
ул. Кржижановского, 3, Киев-142, 03142, Украина, e-mail: mskoval@ipms.kiev.ua

Иницированное Г. В. Самсоновым и впоследствии реализованное широкое исследование условий синтеза, структуры и свойств тугоплавких соединений показало, что синтез этих соединений следует проводить при температурах, значительно более низких, чем температуры их плавления, и в результате получать эти соединения в виде порошков. Поэтому вся дальнейшая технологическая переработка порошков в образцы и изделия проводится исключительно методами порошковой металлургии. До настоящего времени проводятся систематические исследования процессов прессования, свободного спекания и спекания под давлением порошков тугоплавких соединений с учетом их структуры.

В настоящей работе приведены результаты исследований процессов спекания под давлением порошков тугоплавких соединений, выполненных за последние два года. В рамках теории объемного вязкого течения необратимо сжимаемого пористого тела проведен анализ экспериментальных данных об изменении относительной плотности в процессе уплотнения порошков карбидов вольфрама и титана при изотермическом спекании под давлением, а также порошковой смеси карбидов бора и кремния в изотермических и неизотермических условиях также спекания под давлением.

Уплотнение пористого тела происходит под действием лапласовского давления, вызванного поверхностным натяжением и приложенным извне давлением. Оцененное лапласовское давление составляет 5,8 МПа для карбида вольфрама и 7,2 МПа для карбида титана. Кинетика уплотнения карбида вольфрама в интервале температур 2100–2500 °С и карбида титана в интервале температур спекания 2100–2700 °С контролируется механизмом нелинейной установившейся ползучести со скоростью, пропорционально четвертой степени напряжения в карбидной матрице, образующей пористое тело. Оцененная энергия активации крипа частиц WC составляет 591 кДж/моль и TiC – 573

кДж/моль. Эти величины указывают, что ползучесть на начальной и промежуточной стадиях спекания под давлением контролируется механизмом переползания дислокаций. При этом полученные значения соответствуют значениям энергии активации объемной диффузии в металлической подрешетке карбидов. На поздних стадиях спекание контролируется механизмом диффузионной ползучести.

Поведен количественный анализ кинетики уплотнения при неизотермическом спекании порошковой смеси карбида бора с 20 % (масс.) карбида кремния под давлением в режиме контролируемого нагрева. Для определения лапласовского давления проведено исследование кинетики изотермического спекания смеси при температуре 2240 К под приложенными давлениями 36,1; 49,6; 63,2 и 72,2 МПа и установлено, что кинетика процесса контролируется механизмом установившейся ползучести матрицы, образующей пористое тело, со скоростью вязкого течения пропорциональной квадрату напряжения. Сравнительно низкое значение оцененного лапласовского давления, составляющего 5,6 МПа, объясняет трудности получения композитов на основе карбида бора при обычном спекании без внешнего давления. По данным о текущих значениях температуры и высоты образцов в процессе их спекания под давлением определены скорости нагрева и производные относительной плотности по температуре, позволившие описать кинетику процесса в рамках теории объемного вязкого течения пористого тела при спекании под давлением в пресс-форме. Оцененные значения энергии активации промежуточной и конечной стадий спекания исследованного композита под давлением для разных скоростей нагрева колеблются в пределах 670 – 710 кДж/моль. Эти значения показывают, что кинетика спекания под давлением также контролируется механизмом переползания дислокаций.