

# БРОНЕВАЯ КЕРАМИКА – ПОЛУЧЕНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЮ ВНЕДРЕНИЮ

Григорьев О.Н., Галанов В.А., Котенко В.А., Иванов С.М., Мелак Л.М.  
Коротеев А. В.

Институт проблем материаловедения им. И.М. Францевича НАНУ, 03680 Киев,  
ул.Кржижановского 3,

Разработки броневой керамики сопряжены с поиском таких составов, при которых имеет место переход к композитам с керамической матрицей с существенным улучшением прочностных характеристик. Ранее нами была показана перспективность композитов сочетающих компоненты с высокими и низкими уровнями прочности и деформаций разрушения [1].

В данной работе выполнены исследования возможностей получения броневой керамики на основе карбида бора, в частности на основе систем  $B_4C-CaB_6$  и  $B_4C-CaB_6-TiB_2$  и произведена аттестация физических и механических свойств.

В работе использовались порошки  $B_4C$  и  $CaB_6$  отечественного производства. Карбид бора содержал свободный углерод (до 4-5 об. %). Присутствие свободного углерода обеспечивает восстановление оксидных примесей в шихте, активирует процесс спекания и влияет на механические свойства керамики. Горячее прессование проводили при температуре  $\sim 2150$  °С и давлении 30 МПа. Твердость и прочностные свойства материалов исследовались методом индентирования при высоких нагрузках. Исследовали также упругие характеристики керамики (модуль Юнга, сдвига и объемный, коэффициент Пуассона). Методами математического моделирования выполнены оценки баллистических свойств керамики в зависимости от ее состава и пористости.

Присутствие свободного углерода в количестве до 4 об.% привело к уменьшению жесткости материала и падению модуля Юнга до 400 ГПа и 370 ГПа в керамике  $B_4C$  и  $B_4C-CaB_6$  соответственно. Введение дополнительных количеств диборида титана увеличивает модуль Юнга до 430 ГПа, но его величина оказывается существенно ниже расчетной. Прочность при изгибе образцов оказалась практически постоянной (420-425 МПа) и увеличивалась до уровня 500 МПа в керамике с 20 %  $TiB_2$  при высоких значениях макротвердости ( $HV_{P=200N} \sim 25$  ГПа)

композиционной керамики. Расчет характеристик контактной прочности показал их наивысшие значения для двухфазной системы  $B_4C - CaB_6$ . Преимущества нового композиционного материала хорошо видны на рис.1 в координатах  $HM/E-Y/E$  [1].

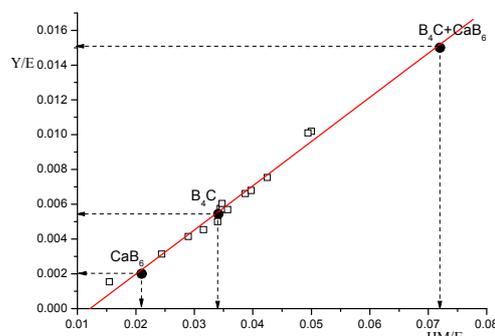


Рисунок 1 - Соотношение между твердостью и прочностью при одноосном сжатии для исходных компонентов и композита  $B_4C+CaB_6$

Композиционная керамика  $B_4C+CaB_6$ , построенная из «прочного» (карбид бора) и «слабого» (борид кальция) компонентов обладает уровнем механических свойств значительно превышающих таковые у исходных тугоплавких соединений. Этот результат находится в полном соответствии с выводами модели [1] с учетом затрат энергии внедрения на уплотнение фрагментированного порошкового материала, образующегося в «ядре» разрушения в области контакта.

Расчет характеристик контактной прочности и баллистических характеристик керамики показал их наивысшие значения для двухфазной системы  $B_4C - CaB_6$  и перспективность этой керамики в качестве материалов с высоким сопротивлением внедрению при ударе.

1. Galanov V.A., Grigoriev O.N., Analytic indentation model of brittle solids. In. Electron microscopy and strength of materials, IPMS Publ., Kiev, 2006, p.4-42 (in Russian).