

ДОСЛІДЖЕННЯ БРОНЕСТІЙКОСТІ СКЛОКРИСТАЛІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ
НА ОСНОВІ МУЛІТУ*Тимофєєв В. Д.*¹, Саввова О. В.², Воронов Г. К.², Стороженко В. О.²¹Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»²Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова,
Харків, Україна

savvova_oksana@ukr.net

Магнійалюмосилікатні склокристалічні матеріали характеризуються винятковими фізико-хімічними властивостями і ефективно застосовуються у багатьох галузях науки і техніки, де є вагомими конкурентами вартісній технічній кераміці. Саме забезпечення високих механічних властивостей (твердість за Віккерсом $HV \approx 10$ МПа, в'язкість руйнування $K_{IC} \approx 3$ МПа·м^{1/2}, модуль Юнга $E=100\text{--}120$ МПа), електричних властивостей (тангенс кута діелектричних втрат 0,02–0,05, діелектрична стала 3–5 при $T = 25$ °C, $f = 10^{10}$ Гц) та низької щільності $\rho \approx 2,6$ г/см³ склокристалічних матеріалів на основі системи MgO – Al₂O₃ – SiO₂ дозволяють їх вважати перспективними при одержанні полегшених бронееlementів для локального захисту з високою здатністю до радіопроникності. Однак відомі на сьогодні склокристалічні матеріали мають недостатні показники механічних властивостей для їх застосування як елементів, які здатні протистояти значним динамічним навантаженням.

Для рішення вказаної задачі було синтезовано склад склокристалічного матеріалу, який характеризується вмістом фазоутворюючих оксидів $\Sigma(\text{MgO}, \text{Al}_2\text{O}_3, \text{SiO}_2) = 87,0$ мас. %; каталізаторів кристалізації $\Sigma(\text{ZnO}, \text{Sb}_2\text{O}_3, \text{TiO}_2, \text{ZrO}_2, \text{CeO}_2, \text{P}_2\text{O}_5) = 8,0$ мас. % та модифікуючих добавок $\Sigma(\text{SrO}, \text{CaO}) = 3,0$ мас. %. Розроблене скло було синтезовано при температурі 1500 °C впродовж 6 годин. Вихідне скло характеризувалося мікрогетерогенною структурою з наявністю кристалів муліту розміром менше 0,1 мкм. Термічну обробку скла було здійснено за низькотемпературним температурним режимом I стадія – температура (T) 800 °C, тривалість (τ) 2 год.; II стадія – T = 980 °C, $\tau = 2$ год.; III стадія T = 1100 °C, $\tau = 1$ год.

Формування нано- та субмікронної структури розробленого склокристалічного матеріалу з вмістом 80 об. % муліту дозволяє забезпечити високі показники механічних властивостей K_{IC} до 6,5 МПа·м^{1/2}, $E = 350$ ГПа та $HV = 10,6$ ГПа та показники щільності $\rho = 2800$ кг/м³.

Проведені балістичні випробування дозволили встановити, що розроблений склокристалічний матеріал на основі муліту витримав обстріл гострокінцевою кулею БЗ патрона 7,62×39 мм зі сталевим термозміцненим осердям у сталевій оболонці гвинтівкового набою (гвинтівка СВД) за вимогами STANAG 4569 (рівень 2).

Порівняльна оцінка розробленого склокристалічного матеріалу та відомих представників керамічних бронематеріалів дозволили встановити, що за значеннями міцносних властивостей Al₂O₃, SiC, B₄C з $K_{IC} = 4,0; 5,0; 5,0$ МПа·м^{1/2} відповідно розроблений ситал має найвищі показники за в'язкості руйнування. Вагоме зниження щільності розробленого матеріалу при порівнянні з аналогічною пластиною на основі корунду або карбиду кремнію дозволить суттєво знизити вагу бронееlementів при збереженні його захисних властивостей. Висока конкурентна здатність розробленого склокристалічного матеріалу як елемента захисної конструкції забезпечується його порівнянню низькою вартістю за рахунок зниження його температури синтезу та спрощення технології при порівнянні з керамічними матеріалами

Впровадження розробленого склокристалічного матеріалу дозволить підвищити конкурентоспроможність вітчизняних бронематеріалів та забезпечити показники їх властивостей на рівні світових аналогів.