

КЕРАМІКА ДЛЯ ТЕРМОБАР'ЄРНИХ ПОКРИТТІВ НА ОСНОВІ ZrO_2 , КОМПЛЕКСНО ЛЕГОВАНОГО ОКСИДАМИ РЗЕ ЦЕРІЄВОЇ ПІДГРУПИ*Шмибельський В. Б., Рубан О. К., Дуднік О. В.*Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича НАН України, Київ, Україна
shmybelsky95@gmail.com

Підвищення коефіцієнту корисної дії газотурбінних двигунів пов'язано зі збільшенням їх робочих температур, що в свою чергу обумовлює необхідність підвищення теплостійкості елементів гарячого тракту двигуна – робочих і соплових лопаток газових турбін. Температура поверхні лопатки знижується шляхом осадження на її поверхні термобар'єрних покриттів (ТБП) з верхнім оксидним керамічним шаром. Традиційний матеріал керамічного шару ТБП – твердий розчин на основі ZrO_2 , стабілізованого (6–8 мас.%) Y_2O_3 наближається до температурної межі свого застосування (1200 °C). Перспективний напрямок розробки новітніх матеріалів – створення середньоентропійної оксидної кераміки у вигляді твердих розчинів, що містить три або більше основних компоненти, яка характеризується більш низькою теплопровідністю, більш високою твердістю і підвищеною стійкістю в процесі експлуатації, ніж традиційні матеріали.

Мета роботи: дослідження можливості використання для ТБП, нанесеного методом електронно-променевого напilenня за один технологічний цикл, кераміки на основі ZrO_2 , комплексно легованого сумішшю оксидів РЗЕ.

Для дослідження обрано концентрат РЗЕ на основі оксиду церію, складом (мас. %) CeO_2 – 62,4; La_2O_3 – 13,5; Nd_2O_3 – 10,9; Pr_6O_{11} – 3,9; Sm_2O_3 – 0,92; Gd_2O_3 – 1,2; Eu_2O_3 – 0,24; ZrO_2 – 2,66; Al_2O_3 – 1,2; SiO_2 – 1,7; загальний вміст інших оксидів – 1,38 (легкий концентрат, ЛК) та порошок діоксиду цирконію моноклінної модифікації (M- ZrO_2), чистий, марки ЦРО-1 (Китай).

Методи дослідження: рентгенофазовий аналіз (РФА), оптична і електронна мікроскопія, визначення мікротвердості.

Для нанесення покриттів виготовлено мішені, фазовий склад яких після спікання при 1350 °C – суміш моноклінної фази ZrO_2 (M- ZrO_2) і концентрату оксидів РЗЕ. Також ідентифіковано сліди T- ZrO_2 (тетрагонального твердого розчину на основі ZrO_2). На спинці і вхідний кромці лопаток нанесено покриття товщиною 85 мкм, а в коритці лопатки – 70 мкм. За результатами РФА встановлено, що фазовий склад покриття складається з суміші кубічного твердого розчину типу флюориту на основі ZrO_2 (F- ZrO_2) та M- ZrO_2 . Вміст M- ZrO_2 становив приблизно 20 %.

Результати мікрорентгеноспектрального аналізу показали, що вміст церію, лантану і неодиму зменшується до досягнення товщини покриття 40 мкм. Швидкість змінення вмісту цих компонентів зменшується в ряду церій (7,84 мас. %–1,87 мас. %) → лантан (4,91 мас. %–1,32 мас. %) → неодим (1,63 мас. %–0,45 мас. %). При цьому вміст цирконію спочатку несуттєво зменшується (55,9 мас. %–53,21 мас. %), а потім практично не змінюється. Особливості мікроструктури покриття визначають градієнт розподілення мікротвердості по його висоті. Визначено, що мікротвердість в послідовності низ → середина → верх покриття на спинці змінюється в межах 2696 МПа → 2273 МПа → 1354 МПа, а в кориті 6110 МПа → 3675 МПа → 2860 МПа. Для стандартного покриття YSZ, нанесеного в аналогічних умовах, мікротвердість на спинці становила 3884 МПа, а в кориті – 6052 МПа, при цьому градієнт мікротвердості по перетину покриття відсутній.

Удосконалення процесів нанесення покриття методом електронно-променевого напilenня призведе до створення середньоентропійного керамічного шару ТБП з необхідним комплексом фізико-технічних характеристик для використання за умов вище 1300 °C.