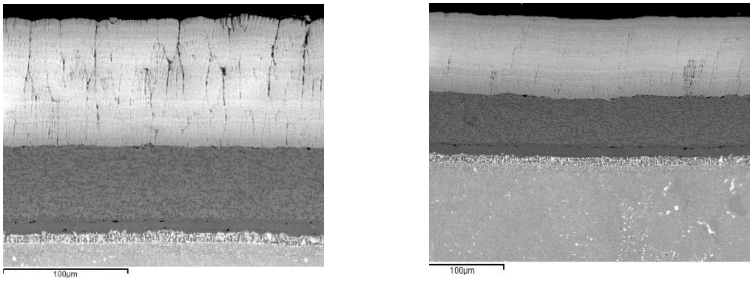
НОВІ ТЕПЛОБАР'ЄРНІ ПОКРИТТЯ НА ОСНОВІ КОМПЛЕКСНО ЛЕГОВАНОГО ZrO_2

Макудера А. О., Редько В. П., Лакиза С. М.
Інститут проблем матеріалознавства ім. Францевича НАН України, Київ, Україна
alina.makudera@gmail.com

У газотурбінних двигунах нового покоління робоча температура повинна зрости до 1500–1600 °С, що спонукає до створення нових матеріалів керамічного шару термобар'єрних покриттів (ТБП) з меншою теплопровідністю і стабільних при цих температурах. Таким вимогам можуть задовольняти матеріали на основі ZrO_2 з комплексним стабілізаторами на основі оксидів рідкоземельних елементів (РЗЕ) ітрієвої підгрупи (середньоентропійна кераміка). З точки зору мікроструктурного проектування керамічного шару представляють інтерес концентрати оксидів РЗЕ природного походження, одержані в процесі переробки апатитових руд.

Для нанесення покриття методом електронно-променевого випаровування-конденсації (атомно-молекулярного осадження парів в вакуумі (EB-PVD) керамічним методом виготовлено мішень складу (мас.%) 90 M-ZrO_2 – 10 ВК, де ВК – концентрат оксидів РЗЕ ітрієвої підгрупи складу (мас.%): Y_2O_3–13,3; Tb_4O_7–1.22; Dy_2O_3–33.2; Ho_2O_3–8.9; Er_2O_3–21.8; Tm_2O_3–1.86; Yb_2O_3–12.5; Lu_2O_3–0.57; сумарний вміст інших оксидів – 6.65 (у тому числі Al_2O_3 – 3,2)

Одержано гладко-шорсткувате щільне глянсове складно-композиційне покриття завтовшки 90–95 мкм темно-сірого кольору. За результатами рентгенофазового аналізу визначено, що фазовий склад покриття – кубічний твердий розчин типу флюориту на основі ZrO_2 (F-ZrO_2). Між керамічним і зв'язуючим металевим покриттям утворився шар складної шпінелі на основі Al_2O_3 товщиною 2–2,5 мкм. Мікроструктури ТБП на спинці та у коритці робочої лопатки представлено на Рисунку.



а б

Рис. Мікроструктура складно – композиційного покриття на спинці (а) та в коритці (б) робочої лопатки

Мікроструктура керамічного шару ТБП покриття нерегулярна, вміщує широкі перисто-подібні, досить щільні утворення неправильної форми, що зростаються поміж собою. В покритті утворився внутрішній шар, що вміщує поруваті облямівки навколо перистоподібних утворень (Рисунок). Мікротвердість складно-композиційного покриття становить : на спинці – 1 381 МПа, а в коритці – 1 679 МПа. Складно-композиційне покриття витримало 161 термозміну, що вище, ніж у стандартного покриття на основі твердого розчину ZrO2, стабілізованого Y_2O_3 (138 термозмін). Удосконалення процесів підготовки вихідних мішеней і особливостей нанесення покриттів дозволить створити складно-композиційний керамічний шар ТБП з необхідним комплексом фізико-технічних характеристик.