Cod. 9868 | Tecnología de materiales | 3312.90 Materiales metalúrgicos avanzados

Efecto de la infiltración de CMAS sobre la magnitud de esfuerzos residuales en recubrimientos de barrera térmica

CMAS infiltration effect on the magnitude of residual stresses in thermal barrier coatings

Pedro Yáñez-Contreras[1], José Dolores Oscar Barceinas-Sánchez[2], Carlos Agustín Poblano-Salas[3], José Martín Medina-Flores[4], Miguel León-Rodríguez[1] y José Alfredo Jiménez-García[4]

[1] Universidad Politécnica de Guanajuato (México)
[2] Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del IPN Unidad Querétaro (México)
[3] Centro de Tecnología Avanzada (México)
[4] Tecnologico Nacional de México en Celaya (México)

DOI: http://dx.doi.org/10.6036/9868

Los recubrimientos de barrera térmica ("Thermal Barrier Coatings"- TBC) son utilizados en las secciones calientes de las turbinas de gas para proporcionar protección contra la corrosión y la oxidación en caliente de componentes críticos [1], consiste dos capas de diferentes materiales depositados en un sustrato metálico. La capa superior ("Top Coat" - TC) está formada comúnmente por zirconia estabilizada con itria (YSZ). La capa de enlace con el sustrato, conocida como BC ("Bond Coat"), normalmente se fabrica a partir de una aleación MCrAlY (M = Co, Ni o Co + Ni). Los TBC se pueden procesar completamente por rociado térmico. Los esfuerzos residuales siempre están presentes en este tipo de recubrimientos; estos se producen por contracción súbita de las gotas rociadas ("splats"), desajuste entre los coeficientes de expansión térmica del sustrato y el recubrimiento, y el efecto del ataque de CMAS (óxido de calcio-magnesio-alumino-silicio) [2].

Este trabajo fue parte de un proyecto interinstitucional para comprender el problema de degradación sufrido por los TBC depositados en los alabes de la turbina de gas. Los TBC fueron fabricados depositando dos capas de diferentes materiales, la capa metálica (BC) de CoNiCrAlY y la capa cerámica (TC) de YSZ sobre un sustrato de acero inoxidable AISI 304. Ambas capas se depositaron empleando procesos de rociado térmico; el BC se depositó empleando rociado a alta velocidad por oxi-combustible ("High Velocity Oxy Fuel" - HVOF), mientras que el TC por rociado por plasma atmosférico ("Atmospheric Plasma Spray" - APS).

Las muestras de TBC fueron calentadas a 1200 °C para diferentes tiempos de exposición a la alta temperatura y se agregó 35 mg / cm^2 de CMAS en la superficie del TC para determinar el efecto del ataque químico de CMAS sobre la magnitud de los esfuerzos residuales, en función del tiempo de exposición. El perfil de esfuerzos residuales de los recubrimientos se determinaron empleando el Método de eliminación de capa modificada para recubrimientos dúplex (MLRMDC) [3] y la ecuación de Hsueh [2]. Se observó que los tiempos de exposición más largos a alta temperatura dan como resultado un mayor estado de esfuerzos residuales de compresión en el TC debido a la infiltración y al ataque químico por el CMAS.

Como resultado, en este trabajo se desarrolló una metodología estructurada sistemáticamente para la determinación de los esfuerzos residuales en los TBC debido al ataque CMAS.

La metodología consta de las siguientes etapas:

1. Deposición del TBC. Los TBC se depositaron sobre sustratos de acero inoxidable AISI 304 de 25,4 mm X 25,4 mm X 6,35 mm de tamaño. El BC y TC se obtuvieron mediante el depósito de polvos de una aleación CoNiCrAlY (AMDRY 9954, Co32Ni21Cr8Al0.5Y) y zirconia estabilizada con itria (NS-204, YSZ), respectivamente. El BC se depositó por un sistema HVOF, modelo Sulzer DJH2700, con un flujo de alimentación de polvo de 38 g/min y una distancia de deposición de 203 mm. El TC se depositó por un sistema APS; modelo Sulzer 9MB, con un flujo de alimentación de polvo de 45 g/min

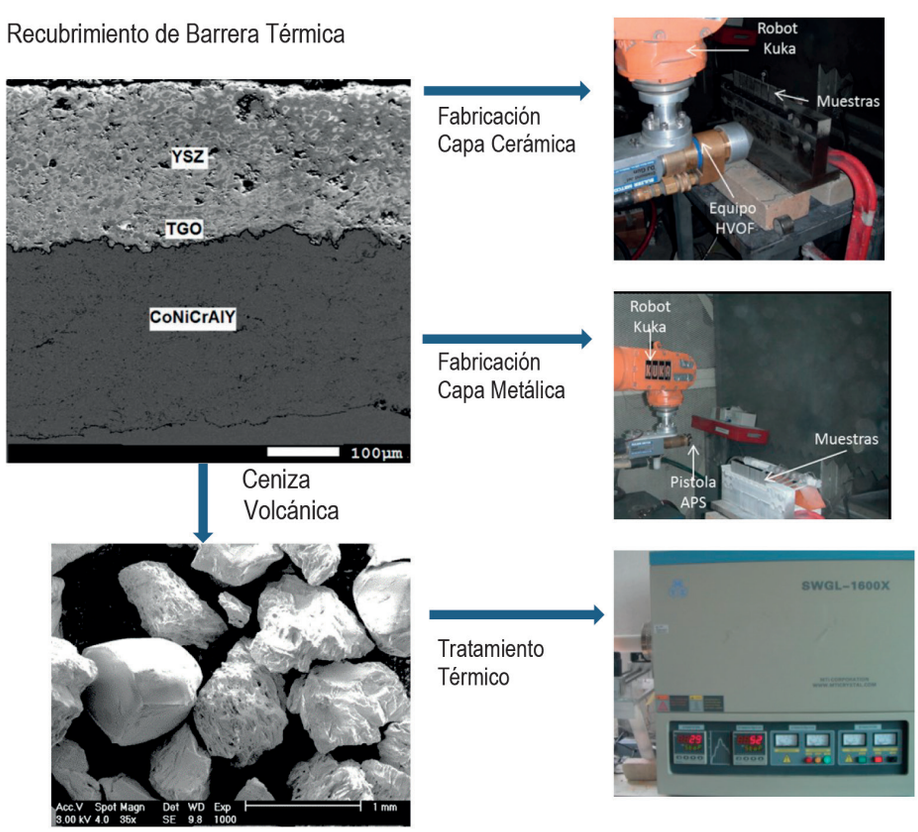


Fig. 1: Metodología de fabricación y tratamiento térmico de las TBC

y una distancia de 120 mm (Fig. 1).

2. Tratamiento térmico en los TBC. Una vez que se depositaron los TBC se colocó una concentración aproximada de 35 mg / cm^2 de CMAS sobre la superficie recubierta de TBC de cuatro muestras, y se calentaron a 1200 ° C utilizando un horno tubular (por SWGL1600X) en atmósfera de argón, dos muestras durante 8 h y las otras dos durante 16 h. La velocidad de calentamiento fue de 6 ° C / min y la velocidad de enfriamiento fue de 50 ° C / min (Fig. 1).
3. Cálculo del perfil de esfuerzos residuales. El perfil de esfuerzos residuales generados en los TBC, debido a la infiltración de CMAS y al ataque químico, se determinaron utilizando MLRMDC y la ecuación de Hsueh.

- El efecto del ataque químico por CMAS sobre la magnitud del de los esfuerzos residuales solo se observó en TC, debido a su porosidad, que permitió su infiltración.
- El tiempo exposición a alta temperatura favorece la infiltración de CMAS en el TC, a mayor tiempo de exposición, mayor es la profundidad de infiltración.
- La cantidad infiltrada de Si y Ca en la capa cerámica incrementa la magnitud de los esfuerzos residuales de compresión, a mayor cantidad mayor es el esfuerzo de compresión, que en cierta magnitud son benéficos para la durabilidad del recubrimiento.

REFERENCIAS

[1] Loganathan, A. and Gandhi, A.S., Effect of phase transformations on the fracture toughness of t´ yttria stabilized zirconia. Materials Science & Engineering A 556 pp. 927-935, 2012. http://dx.doi.org:10.1016/j.msea.2012.07.095

[2] Yañez-Contreras, P., Barceinas-Sanchez, J., Poblano-Salas, C., Medina-Flores, J., Jimenez-Garcia, J., Leon-Rodriguez, M. STUDY OF RESIDUAL STRESSES IN THERMAL BARRIER COATING FOR GAS TURBINE. DYNA New Technologies 5, no. 1 (2018). DOI: http://dx.doi.org/10.6036/NT8558

[3] Yáñez-Contreras, P., Barceinas-Sánchez, J.D.O., Poblano-Salas, C.A., Medina-Flores, J.M., García-García, A.L. and Domínguez-López, I., Study of the evolution of the residual stress state in thermal barrier coatings sprayed on AISI 304 stainless steel. DYNA, 83(197), pp. 160-166, 2016. http://dx.doi.org/10.15446/dyna.v83n197.51150

