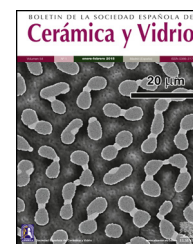




BOLETIN DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE

Cerámica y Vidrio

www.elsevier.es/bsecv


Influencia de los esfuerzos residuales en la adherencia de recubrimientos de Al_2O_3 -40% TiO_2 depositados mediante proyección térmica por combustión

Q1 Edward Restrepo^a, Mónica Monsalve^{b,*}, Andrés Gonzalez^a, Fabio Vargas^a, Guillermo Latorre^b y Esperanza López^a

^a Grupo de Investigaciones en Materiales Cerámicos y Recubrimientos-GIMACYR, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

^b Universidad del Atlántico, Colombia

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 28 de febrero de 2016

Aceptado el 6 de septiembre de 2016

On-line el xxx

Palabras clave:

Adhesión

Cohesión

Esfuerzos residuales

Ecuación de Stoney

Proyección térmica

Recubrimientos Al_2O_3 - TiO_2

R E S U M E N

En este trabajo se estudió la influencia de la temperatura de precalentamiento del sustrato y del espesor de la capa sobre los esfuerzos residuales y el efecto de ellos en la resistencia adhesiva o cohesiva de recubrimientos de $\text{Al}_2\text{O}_3 \approx 40\%$ en peso de TiO_2 depositados mediante proyección térmica por combustión oxiacetilénica. Para la elaboración de los recubrimientos se utilizaron 2 temperaturas de precalentamiento del sustrato: 150 y 250 °C y se obtuvieron espesores de las capas entre 0,05 y 0,3 mm, variando el tiempo de proyección.

Los esfuerzos residuales se midieron con la técnica de la curvatura a partir de la ecuación de Stoney modificada y la de Brenner-Senderoff. Por su parte, la adhesión se determinó mediante el ensayo de adherencia por tracción.

Los resultados obtenidos indican que, en todas las muestras, el esfuerzo residual fue de tipo compresivo y que su magnitud se incrementa con el aumento del espesor de la capa y con la disminución de la temperatura del sustrato, lo que hizo que los recubrimientos depositados sobre sustratos precalentados a 250 °C y con un bajo espesor de la capa fuesen los de mayor resistencia.

© 2016 SECV. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Influence of residual stress on adhesion of Al_2O_3 -40% TiO_2 coatings fabricated by flame sprayed

A B S T R A C T

Keywords:

Adhesion

Cohesion

Residual stresses

Stoney equation

The effect of preheating temperature of substrates and thickness of coatings on residual stress and the influence of them on the adhesion of $\text{Al}_2\text{O}_3 \approx 40 \text{ wt.}\%$ TiO_2 coatings manufactured by oxy fuel flame spraying process were studied. Previously to spraying process, the substrate were preheating to 150 and 250 °C and then, feedstock powders were sprayed during different times obtaining coatings between 0.05 mm and

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: emjma886@gmail.com (M. Monsalve).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.bsecv.2016.09.001>

0366-3175/© 2016 SECV. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Thermal spraying
Al₂O₃-TiO₂ coating

0.3 mm in thickness. Residual stresses were measured using the bending method from Modified Stoney and Brenner-Senderoff equations and the adhesion tests were performed by the pull-off test. The results obtained indicate that the residual stress produced in all samples was compressive, and their magnitude increases with the thickness of coating and decreasing the preheating temperature of the substrate, and then, the higher resistance was reached in thin coatings deposited onto substrates preheated at 250 °C.

© 2016 SECV. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

En los últimos años los recubrimientos cerámicos elaborados mediante proyección térmica están siendo ampliamente utilizados para mejorar las propiedades superficiales de piezas o componentes industriales, e incluso para recuperar piezas desgastadas.

De acuerdo con estudios realizados por BCC Research, en el año 2012 la producción de recubrimientos cerámicos de alto desempeño en Estados Unidos fue del orden de 1,1 billones de dólares y se espera que para el 2018 esta cifra aumente a 1,7 billones, con una tasa compuesta de crecimiento anual proyectada de 6,6% durante los siguientes 5 años [1].

Entre los recubrimientos cerámicos más utilizados se encuentran los de Al₂O₃-TiO₂, dado que tienen excelente resistencia al desgaste y al choque térmico, así como una buena tenacidad [2-5]. No obstante, su comportamiento a altas prestaciones muchas veces está ligado a su adhesión con el sustrato y a su cohesión estructural, características que dependen directamente de las condiciones de elaboración de la capa y de los esfuerzos residuales que esta posea.

Los efectos de los esfuerzos residuales han llamado mucho la atención, puesto que afectan el funcionamiento en servicio de los recubrimientos, incluyendo la formación de microgrietas, fuerza de adhesión y resistencia a la fatiga y al desgaste, por lo que es de gran importancia conocer los mecanismos de generación de esfuerzos y optimizar el estado de esfuerzos residuales dentro del recubrimiento [6].

Los esfuerzos residuales producidos durante la elaboración de los recubrimientos mediante proyección térmica se generan como consecuencia de la alta energía térmica y cinética involucrada en el proceso y debido a las diferencias en las propiedades termofísicas y mecánicas del sustrato y de los materiales utilizados como materia prima en la elaboración de dichos recubrimientos.

Independientemente del origen, el conocimiento del tipo y de la magnitud de los esfuerzos residuales es fundamental para la comprensión de las características mecánicas tanto del recubrimiento como del sustrato.

Los esfuerzos residuales son producidos principalmente por 3 fuentes. La primera de ellas se debe a la diferencia entre la temperatura de proyección de las partículas y la temperatura a la cual se encuentra el sustrato. Esta diferencia de temperaturas facilita la solidificación y posterior contracción de las partículas cuando estas entran en contacto con el sustrato, generando esfuerzos de tracción, conocidos como *esfuerzos intrínsecos o de temple*.

La segunda fuente de generación de esfuerzos residuales es debida a la diferencia entre los coeficientes de dilatación

térmica del recubrimiento (α_R) y el sustrato (α_S) (esfuerzos térmicos), lo cual hace que se produzcan restricciones a la recuperación dimensional durante el enfriamiento, produciendo así tensiones entre la capa obtenida y el sustrato. Cuando $\alpha_R < \alpha_S$, se producen esfuerzos de tracción en el sustrato y cuanto mayor sea la diferencia de los coeficientes, mayor serán los esfuerzos de tracción, y viceversa [7-10].

La tercera fuente de generación de esfuerzos residuales es la compresión que ejerce el impacto de las partículas sobre el sustrato o sobre las capas de recubrimiento depositadas previamente. Estos esfuerzos pueden alcanzar valores importantes en recubrimientos hechos con técnicas de proyección de alta velocidad [11].

Algunos autores [6,12] expresan los esfuerzos residuales como la suma de los siguientes esfuerzos:

$$\sigma_{\text{Residuales}} = \sigma_{\text{Temple}} + \sigma_{\text{Térmicos}} + \sigma_{\text{Transformaciones de fase}}$$

siendo los esfuerzos de transformación de fase los producidos por el cambio de volumen asociado con cualquier transformación de fase en el estado sólido [13]. Estas transformaciones de fase pueden llevar a un incremento del volumen interno, lo cual conllevaría la aparición de esfuerzos residuales muy grandes.

Los esfuerzos residuales pueden afectar la integridad y el rendimiento del sistema sustrato-recubrimiento. Esto podría tener efectos positivos o negativos, por ejemplo, una alta cantidad de esfuerzos de tracción lleva al agrietamiento del recubrimiento, mientras los esfuerzos compresivos pueden suprimir la formación y propagación de grietas. No obstante, una gran cantidad de esfuerzos de compresión pueden causar delaminación de la capa.

Es importante aclarar que el tipo y magnitud de las tensiones residuales producidas en el sustrato y en la capa obtenida suelen ser diferentes, ya que las condiciones térmicas tanto del sustrato como de la capa formada varían en el espesor de cada uno de ellos, por lo que en la realidad lo que se produce es un estado de tensiones como el mostrado en la *figura 1*.

Existen métodos que pueden ser utilizados para determinar el tipo y magnitud de los esfuerzos residuales como: difracción de rayos X, procedimientos de indentación, el método del hoyo ciego y el método de la curvatura, entre otros [14]. Este último es el más utilizado para calcular los esfuerzos que se producen durante la elaboración de recubrimientos mediante proyección térmica [15,16].

Los esfuerzos inducidos en el sustrato a causa de su calentamiento y los producidos por las dilataciones térmicas que experimenta el sistema sustrato-recubrimiento durante el proceso de proyección térmica generan deflexiones en el sustrato recubierto, de tal forma que [16], si el sistema está

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/5436716>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/5436716>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)