

DEPÓSITO Y CARACTERIZACIÓN DE RECUBRIMIENTOS CERÁMICOS DE Al_2O_3 SOBRE ACERO 1020 POR TERMORROCIADO

Martha Ferrer^{1,3,*}, Mauricio Moreno¹, Fabio Vargas², Gabriel Peña³, Enrique Vera¹,
Yaneth Pineda¹

1. Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Instituto para la Investigación y la Innovación en Ciencia y Tecnología de Materiales – INCITEMA. Tunja, Colombia
2. Grupo GIMACYR, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia
3. Grupo de Investigación en Tecnología Cerámica GITEC, Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Colombia

*Contacto: maryaferr@gmail.com

RESUMEN

Se determinaron los parámetros necesarios para la elaboración de recubrimientos de Al_2O_3 , sobre aceros AISI 1020, utilizando como mecanismo de anclaje entre el sustrato y el cerámico una aleación a base de Ni, los polvos utilizados fueron comerciales y el método de deposición por aspersión con llama oxiacetilénica. Los revestimientos se analizaron por EDS (espectroscopía de dispersión de energías, SEM (microscopía electrónica de barrido), OM (microscopía óptica), la adherencia se cuantificó bajo la norma ASTM C633-08. Los parámetros obtenidos para la proyección de Ni son apropiados ya que producen recubrimientos uniformes con baja porosidad cerrada. Los parámetros para la proyección de la alúmina deben revisarse ya que el recubrimiento obtenido es poco uniforme, poroso y de espesor irregular, esto se debe al alto punto de fusión de la alúmina y a la amplia distribución en la granulometría del polvo. Las pruebas de adhesión dejan ver una buena adhesión entre el sustrato y la aleación de Ni, pero se observa una falla adhesiva entre la alúmina y la capa de Ni.

Palabras Clave: *Recubrimientos Cerámicos, Rociado Térmico, Termorrociado, Alúmina*

ABSTRACT

This paper discusses about the required parameters to fabricate coatings Al_2O_3 , on AISI 1020 steels by thermal spray, using as anchoring mechanism between the substrate and the ceramic an alloy based *Ni*, powders were commercial, and spraying with oxyacetylene flame were the deposition method used. The coatings were analyzed by EDS (energy dispersive spectroscopy, SEM (scanning electron microscopy), OM (optical microscopy), and the adhesion was measured under the ASTM C633-08 standard. The obtained parameters for the Ni projection are suitable because they produce uniform coatings with low closed porosity. The parameters for the projection of the alumina should be reviewed since the obtained coating is not uniform, it has porous and irregular thickness, this is due to the high melting point of alumina and to the wide distribution in the powder granulometry. The results show a good adhesion between the substrate and the Ni alloy, but an adhesive failure between the alumina and the Ni layer.

Keywords: *Ceramic Coatings, Thermal Spray, Alumina*

1 INTRODUCCIÓN

Los recubrimientos obtenidos por proyección térmica, mejoran las propiedades tribológicas de los materiales e incrementan la resistencia a la corrosión de los materiales metálicos que se encuentran sometidos a ambientes agresivos como pueden ser el agua salina, erosión o altas temperaturas [1].

Los revestimientos de óxido de aluminio son excelentes para aplicaciones contra el desgaste y la abrasión, ya que tiene bajo coeficiente de fricción, resistencia eléctrica y térmica por lo que pueden ser utilizados en ambientes a altas temperaturas [2].

Las aleaciones a base de níquel son autofundentes y se utilizan ampliamente en recubrimientos que requieren una combinación de propiedades tales como buena resistencia al desgaste y a la corrosión, tanto a temperatura ambiente como a elevadas [3, 4].

El propósito de éste trabajo es determinar los parámetros necesarios para la elaboración de un recubrimiento con dos capas, una de Ni, que sirve como anclaje y otra de óxido de aluminio con el fin de tener una revestimiento de doble capa resistente a la corrosión y que sirva como barrera térmica.

2 METODOLOGÍA

Se utilizaron sustratos de acero 1020 preparados superficialmente con SandBlasting, con el fin de tener una superficie libre de impurezas y con una rugosidad adecuada que permita una mayor adherencia, importante para un buen recubrimiento.

Se hizo un precalentamiento al sustrato a una temperatura aproximada de $130^{\circ}C$, lo que permite eliminar humedad y mejorar la adherencia. Se hace un primer recubrimiento por *Rociado Térmico*, con una aleación a base de Ni, encima de la cual se deposita una capa de óxido de aluminio.

Los polvos se caracterizaron utilizando XRD (difracción de rayos X), Fluorescencia de rayos X y su granulometría se obtuvo con dispersión láser. Los revestimientos se analizaron por los siguientes métodos: EDS (espectroscopía de dispersión de energías), SEM (microscopía electrónica de barrido), OM (microscopía óptica).

2.1 Materiales y Métodos

Los parámetros utilizados para la proyección del Ni y el Al_2O_3 , se encuentran consignados en las tablas 1 y 2. Los procesos de recubrimiento se llevaron a cabo en el laboratorio de Materiales Cerámicos de la Universidad de Antioquia.

Tabla 1 Parámetros de proyección aleación de Ni

Tabla 2. Parámetros de proyección de Al_2O_3

PARÁMETROS	CANTIDAD
Flujo de Polvo	27.36 ^{gr} / _{min}
Distancia de Proyección	14cm
Presión O ₂	58psi
Presión C ₂ H ₂	10psi
Presión N ₂	40psi
Presión Aire	30psi
Escala de flujo O ₂	34
Escala de flujo C ₂ H ₂	55
Escala de flujo N ₂	17 ^l / _{min}
Boquilla	SMN 10
Velocidad Antorcha	10%
Velocidad Portamuestras	10%
Pases de Pre calentamiento	3
Pases de Proyección	2

PARÁMETROS	CANTIDAD
Flujo de Polvo	15,3 ^{gr} / _{min}
Distancia de Proyección	10cm
Presión O ₂	58psi
Presión C ₂ H ₂	10psi
Presión N ₂	40psi
Presión Aire	20psi
Escala de flujo O ₂	56
Escala de flujo C ₂ H ₂	62
Escala de flujo N ₂	17 ^l / _{min}
Boquilla	SMN 30
Velocidad Antorcha	10%
Velocidad Portamuestras	10%
Pases de Pre calentamiento	2
Pases de Proyección	8

Los materiales utilizados fueron sustratos de acero AISI 1020, con superficies preparadas por SandBlasting, para lo que se utilizó alúmina malla +16. Se obtuvo una rugosidad Ra de $4.5 \pm 0.45 \mu\text{m}$. Los polvos empleados fueron comerciales: *UltraBond 50000 de Eutectic-Castolin* [7], que consiste en una aleación a base de Ni utilizado como base de anclaje entre el sustrato y el cerámico y *MetaCeram 25010 de Eutectic-Castolin* [8] como, polvo de óxido de aluminio.

Los resultados de las fases y el análisis químico de los mismos se encuentran en la Tabla 3.

Tabla 3. Composición química, fases y granulometría de los polvos

Polvo	Composición Química		Análisis de Fase		Granulometría	
			Fase	wt%	d ₁₀ (μm)	d ₉₀ (μm)
UltraBond 50000	NiO	99,75	Al _{0,94} Mo _{0,06} Ni ₃	100	49.1	106.2
	Cr ₂ O ₃	0,060				
	PtO	0.057				
MetaCeram 25010	Al ₂ O ₃	99.57	α -Al ₂ O ₃	100	22.8	46.3
	SiO ₃	0.268				
	Br	0.132				

Para la proyección se utilizó una llama *Oxiacetilénica* obtenida en una antorcha *CastoDyn Ds 8000* de *Castolin-Eutectic*.

Las superficies fueron limpiadas abrasivamente con SandBlasting, utilizando alúmina hasta obtener una superficie a metal blanco, luego lavadas en un baño ultrasónico con alcohol para eliminar las impurezas. La temperatura de pre calentamiento para la deposición del Ni fue de 130°C para eliminar la humedad y disminuir el choque térmico. Los parámetros para el proceso

de deposición de los recubrimientos se encuentran consignados en las tablas 1 y 2, utilizando una relación de gases 1:2 y 1:3 para el Ni y la Al_2O_3 , respectivamente, con el fin de encontrar la temperatura de fusión de los polvos [4]. La cantidad de material depositado es consecuencia de las características del sistema. El espesor depende del flujo másico del polvo, de las velocidades relativas entre la antorcha y el portamuestras y del número de pases. El espesor del revestimiento final varió entre 8 a 16 pases, lo que permitió tener espesores de 300, 400 y 500 μm de espesor. Se midió la capa depositada sobre las muestras recubiertas y cuantificó la adherencia siguiendo la norma ASTM C633-08.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Composición química y granulométrica de los polvos

Los polvos utilizados son producidos comercialmente. Para el UltraBond 50000, se encontró que es una aleación a base de níquel, con una granulometría irregular y de tamaño no homogéneo [$d_{10}= 49.1 - d_{90}= 106.2 \mu m$]. El MetaCeram 25010, está compuesto principalmente por una fase de $\alpha -Al_2O_3$ 99,57 wt % y una granulometría [$d_{10}= 22.8 - d_{90}= 46.3 \mu m$]. Los polvos tiene una amplia distribución de granulométrica lo que dificulta encontrar los parámetros para obtener un buen recubrimiento, especialmente para la alúmina que tiene una temperatura de fusión de $2072^\circ C$, mientras que el níquel tiene un bajo punto de fusión $1455^\circ C$.

3.2 Microestructura y espesor de los recubrimientos

La estructura de los revestimientos de Ni y Al_2O_3 se presenta en la Figs 1, 2 y 3. Las interfaces sustrato- Ni y $Ni-Al_2O_3$, deja ver que el Ni se distribuyó uniformemente en la superficie rugosa del acero, y que la alúmina fluyo sobre la superficie irregular del Ni , sin difundirse en él. Los recubrimientos están formados por laminillas micrométricas con porosidades no conectadas, partículas sin fundir o parcialmente fundidas y se aprecian defectos como grietas en el recubrimiento de Al_2O_3 .

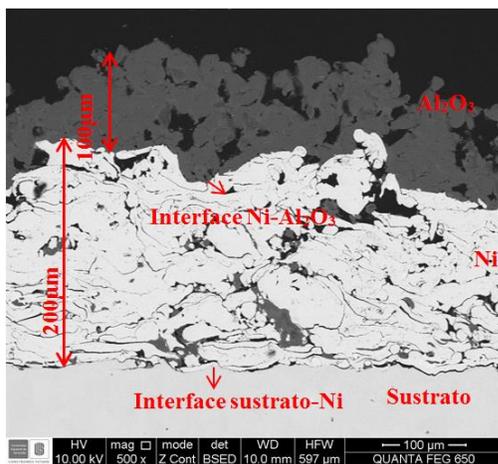


Figura 1. Recubrimiento de Ni y Al_2O_3

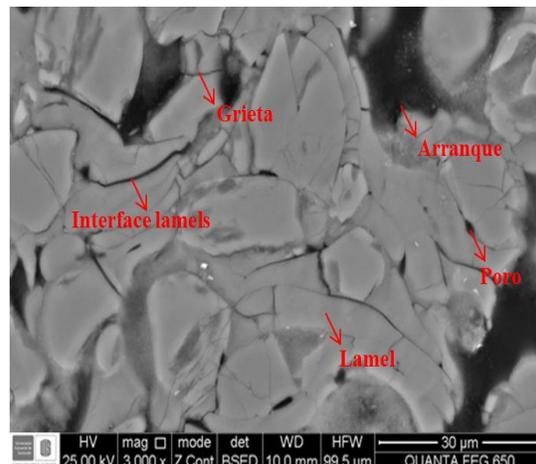


Figura 2. Morfología recubrimiento de Al_2O_3

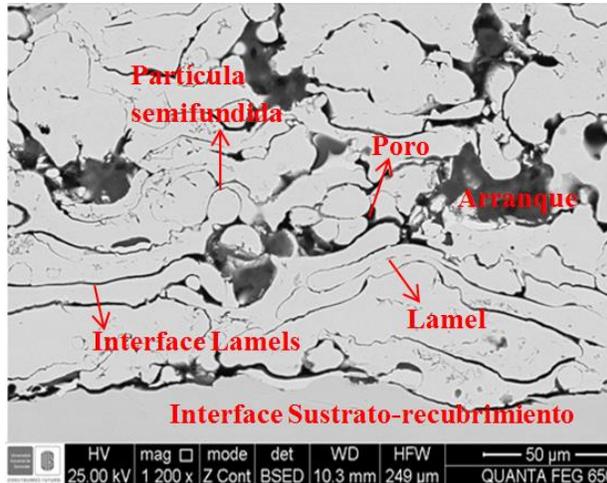


Figura 3 Morfología recubrimiento de Ni

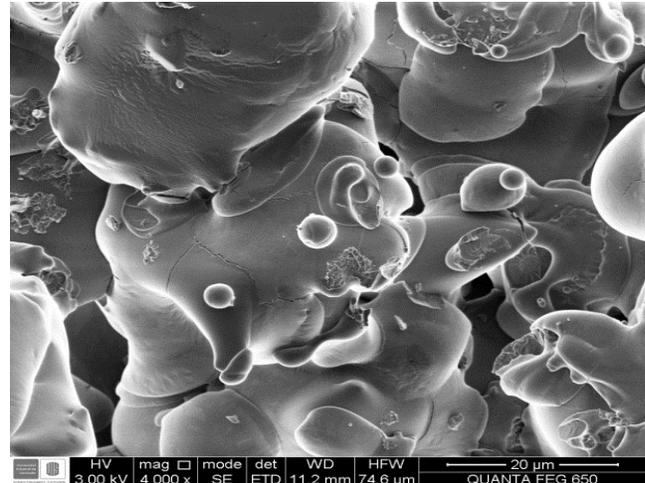


Figura 4 Superficie del recubrimiento Al_2O_3

La porosidad en el revestimiento de Al_2O_3 , se ve aparentemente mayor que la del Ni , sin embargo parte de ella se debe a arranques del recubrimiento producidos en los procesos de corte o lijado, Fig 2. La porosidad se debe principalmente al punto de fusión de los polvos, ya que si la llama no alcanza la temperatura suficiente para fundir las partículas éstas quedan sin fundir o semifundidas lo que reduce la fluidez en la pulverización, provocando dificultad en la formación de splats y se van acumulando en forma inhomogénea. La presencia de grietas es más evidente en los recubrimientos de Al_2O_3 , como se observa en la Fig 2, debido a un mayor nivel de esfuerzo producido por las partículas más gruesas, esto se debe a que el punto de fusión de la alúmina es alto y la granulometría de los polvos no es homogénea. El recubrimiento de alúmina está formado por splats en forma de disco, con una rugosidad debida al proceso de formación y a la rugosidad del sustrato, ver en la Fig 4.

3.3 Adherencia de los recubrimientos

Las pruebas de adherencia se realizaron bajo la norma ASTM C633-08, los resultados muestran una falla adhesiva entre la capa de Ni y la alúmina, con un esfuerzo en promedio de $5.28 \pm 0.49 MPa$.

4 CONCLUSIONES

Los parámetros obtenidos para el recubrimiento de Ni son apropiados pues producen recubrimientos uniformes con baja porosidad no conectada, mientras que los parámetros para rociado de la alúmina deben revisarse ya que el recubrimiento obtenido es poco uniforme, poroso y de espesor irregular, esto es debido al alto punto de fusión de la alúmina y a la amplia distribución en la granulometría del polvo.

5 AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al grupo GIMACYR y al Laboratorio de Materiales Cerámicos de la Universidad de Antioquia, por su colaboración en el proceso de obtención de los recubrimientos.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Martínez, G. M, Olaya J.J, Morales J.A. “Recubrimientos depositados con la técnica de proyección térmica por llama sobre sustratos de piezas navales” AVANCES Investigación en Ingeniería Vol. 8, No. 1, 54-66, 2011
2. Cadenas.P, Rodríguez M, Staia M.H. “Efecto del tratamiento térmico posterior sobre la resistencia al desgaste por deslizamiento de un recubrimiento base níquel depositado por HVOF” METAL. Madrid, 43 (1), enero-febrero, 50-62, 2007, ISSN: 0034-8570
3. Habib. K, Cervera.I, Damra.M. I. “Influencia de los elementos reactivos en el deterioro mecánico por desgaste y a alta temperatura de recubrimientos $Al_2O_3/NiCrAlY$ obtenidos por proyección térmica” XIX Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica, 2006
4. Vargas. F, Ageorges. H, Fournier. P, Fauchais. P, López. M.E. “Mechanical and tribological performance of $Al_2O_3-TiO_2$ coatings elaborated by flame and plasma spraying” Surface & Coatings Technology 205 (2010) 1132–1136
5. Sá Brito V.R.S, Bastos I. N, Costa H.R.M. “Corrosion resistance and characterization of metallic coatings deposited by thermal spray on carbon steel”. Materials and Design 41 (2012) 282–288
6. Pombo. R, Paredes. R, Wido. S, Calixto. A. “Comparison of aluminum coatings deposited by flame spray and by electric arc spray” Surface & Coatings Technology 202 (2007) 172–179
7. Aruna .S.T, Balaji. N, Jyothi Shedthi, William. G. “Effect of critical plasma spray parameters on the microstructure, microhardness and wear and corrosion resistance of plasma sprayed alumina coatings” Surface & Coatings Technology 208 (2012) 92–100
8. Ficha Técnica . *UltraBond 50000*. s.l. : Castolin Eutectic.
9. Ficha Técnica. *MetaCeram 25010*. s.l. : Castolin Eutectic.
10. Davis, J.R. *Handbook of Thermal Spray Technology*. s.l. : Davis & Associates, 2004. www.asminternational.org.