

## Adecuación de Parámetros para la Utilización de Adhesivo Comercial en los Ensayos de Resistencia a la Adhesión de Recubrimientos Termorrociados

Liscano, Sugehis, Gil, Linda y Palomo, Andreina.

sliscano@unexpo.edu.ve

UNEXPO, Vicerrectorado Puerto Ordaz

**Resumen**—El presente trabajo, detalla el procedimiento realizado para determinar los parámetros óptimos que permitan la realización del ensayo de adhesión de recubrimientos Termorrociados, de acuerdo a lo establecido en la norma ASTM C633-0. Para tal fin, fueron fabricados sustratos cilíndricos de acero ASTM A36, unidos entre sí, mediante el empleo del adhesivo epoxico, perteneciente a la marca comercial americana Gorilla®. Los especímenes de prueba, fueron sometidos a ensayos de tensión hasta su rotura, variándose los parámetros de rugosidad del sustrato, espesor del adhesivo y el tiempo de curado. Como resultado se obtuvo que el mejor comportamiento a la adhesión se tiene para una rugosidad del sustrato de esmerilado, un espesor del adhesivo de 0,30mm y con un tiempo de curado de 72 hrs.

**Palabras clave**—Adhesión, EPOXY, ASTM C633-0, recubrimientos Termorrociados.

### I. INTRODUCCIÓN

El comportamiento de un recubrimiento termorrociado depende de la sinergia de los elementos que constituyen el material de alimentación y de los parámetros de deposición<sup>[1]</sup>. El ajuste adecuado de estas variables, da lugar a la obtención de propiedades específicas como: porosidad, dureza, tensiones residuales y adherencia. La adherencia es el resultado de mecanismos de anclaje entre las partículas semi-fundidas proyectadas hacia el sustrato y las irregularidades del mismo<sup>[2]</sup>. Debido a los fenómenos mecánicos y metalúrgicos, que generan ese anclaje, la resistencia a la adhesión es una propiedad crítica, pues la generación de grietas, poros, o zonas sin adherencia revela la necesidad de rediseño de alguna de las etapas involucradas en el proceso de producción del mismo, ya que estos defectos, influyen directamente en las propiedades del material, disminuyen la dureza superficial, aumentan la rugosidad de la superficie, etc.<sup>[3]</sup>.

Dado que el agrietamiento y la pérdida de adherencia, son las principales causas de falla de un recubrimiento<sup>[4]</sup>, es de vital importancia la

evaluación de su integridad. Una forma de evaluar la adherencia de los recubrimientos, consiste en aplicar el procedimiento descrito por la norma ASTM C633 (Standard Test Method for Adhesion or Cohesive Strength of Flame-Sprayed Coatings)<sup>[1]</sup>, en el cual, un recubrimiento es depositado por Termorrociado sobre la cara de un sustrato cilíndrico y este es unido a otro espécimen sin recubrir con una resina epoxi de alta resistencia. El conjunto, es sometido a una prueba de tensión a fin de medir la carga de tracción necesaria para separar el revestimiento del sustrato. Para los mejores recubrimientos, el fallo ha de ocurrir en el adhesivo.

El adhesivo utilizado en la prueba de tensión es un parámetro sumamente importante, pues la fuerza cohesiva del mismo, determinará en gran medida la resistencia de la unión<sup>[4,5]</sup>. La capacidad de adhesión de los mismos, está determinada por una serie de factores como rugosidad, espesor del adhesivo, y tiempo de curado, ancho de la adhesión<sup>[6]</sup>. La carga a partir de la cual un sustrato comenzará a deformarse plásticamente depende de su rigidez y grosor. Por su parte, la rugosidad, favorece el anclaje mecánico, debido al incremento de la superficie real de contacto. Sin embargo, este parámetro ha de controlarse, pues grandes rugosidades pueden producir pequeños volúmenes de aire atrapado evitando el mojado completo entre las superficies a unir.<sup>[6]</sup>

Basado en lo anterior, el trabajo que se presenta a continuación, describe el procedimiento realizado para determinar los parámetros óptimos en cuanto a rugosidad del sustrato, espesor y tiempo de curado que debe tener el epoxi utilizado para la evaluación de la adherencia de recubrimientos cerámicos depositados por termorrociado.

## II. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.

Siguiendo lo establecido en la norma ASTM C366-1 para medir la resistencia de adhesión del adhesivo, se fabricaron especímenes de prueba sin recubrir, elaborados en acero ASTM A36, de forma cilíndrica, con 25,4 mm (1") en diámetro por 38,1 mm (1½") de largo. Cada espécimen, fue acoplado a un dispositivo o sujeción o portamuestras.(Fig.1)

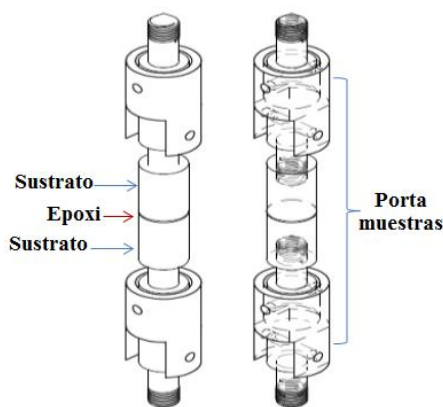


Figura 1: Esquema de montaje de espécimen de prueba

Como adhesivo se utilizó la marca comercial americana Epoxi Gorilla® 2855-13-2, con las especificaciones técnicas mostradas en la Tabla I.

TABLA I  
ESPECIFICACIONES DEL EPOXYGORILLA®

Composición	-Polímero terminado de Mercaptano 60-100% -Isoforona 7-13% (N° Caso 2855-13-2)
Resistencia	>500 Psi

Las variables consideradas para la evaluación del epoxyson: Rugosidad del Sustrato, Espesor de Adhesivo y Tiempo de Curado. Para la rugosidad, se utilizaron las condiciones superficialesde esmerilado ydesbastado con lija de 80 grit. En cuanto al espesor, se tomaron los valores de 0,30 y 0,52 mm y tiempos de curado de 24, 48 y 72 horas. Realizándose finalmente, 10 pruebas de tensión por cada condición.

Las pruebas de tensión fueron realizadas empleándose una máquina ensayos universales, Marca SHIMADZU Modelo UH-300KNI a una velocidad de 1mm/min<sup>[7]</sup>. Ver Fig. 2.



Figura 2: Aplicación del Ensayo de Tracción a) Máquina de Ensayos universales, b) Montaje con portamuestras fabricado.

## III. RESULTADOS.

### A) Evaluación de la rugosidad.

La tabla II, presenta la medición de rugosidad del sustrato preparado con lija 80 y con esmeril. Se realizaron 14 mediciones de rugosidad (Ra) por cada muestra para obtener un valor promedio.

TABLA II.  
PRUEBAS DE RUGOSIDAD DE LOS ESPECÍMENES

Rugosidad (Ra) $\mu\text{m}$	
Lija 80	Esmeril
1,92	2,14
1,58	2,28
1,32	2,28
1,56	2,02
1,36	2,58
1,68	2,70
1,74	2,38
1,98	2,06
1,58	2
1,48	2,76
1,86	2,36
1,94	2,70
1,92	2,36
<b>1,68 <math>\pm</math> 0,23</b>	<b>2,35 <math>\pm</math> 0,26</b>

En la tabla IIse tiene que la condición de esmeril, presenta mayor rugosidad que la obtenida por la lija de 80 grit.

Luego en la tabla III, se tienen los valores de resistencia a la adhesión obtenidos para ambas condiciones rugosidad, manteniendo fijos los valores de espesor y tiempo de curado.

TABLA III.  
EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA ADHESION EN BASE A LA RUGOSIDAD.

Espesor (mm)	Tiempo (h)	Condición	Ra(μm)	Resistencia (PSI)
0.69	24	Lija 80	1,68	1042
		Esmerilado	2,35	1831

Los resultados presentados en la tabla anterior, demuestran que la condición de esmerilado ofrece mayor resistencia a la adhesión en comparación con la obtenida para la condición de rugosidad aportada por la lija 80, lo que era de esperarse ya que una mayor rugosidad ofrece una mayor área de anclaje del adhesivo en la superficie del sustrato.

#### B) Evaluación del espesor

La tabla III, muestra los valores de resistencia a la adhesión obtenidos en función del espesor, manteniendo fijos los valores de tiempo de curado y rugosidad. Como puede notarse, la mayor resistencia de adherencia se obtuvo para el espesor de 0,30 mm.

TABLA III.  
EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA ADHESION BASE AL ESPESOR.

Rugosidad	Tiempo (h)	Espesor (mm)	Resistencia (PSI)
2,35	24	0,30	2196
		0,52	1792

#### C) Evaluación del tiempo de curado

En la tabla IV, se presentan los resultados obtenidos para el epoxi, basado en la variación de tiempo de curado.

TABLA IV.  
EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA ADHESION EN BASE

AL TIEMPO DE CURADO.

Espesor (mm)	Rugosidad (μm)	Tiempo de curado (h)	Resistencia (PSI)
0.30	2,35	24	2176
		48	2308
		72	3565

De acuerdo con la tabla anterior, se obtiene una mayor resistencia para un tiempo de curado de 72 h., a pesar de que la recomendación del fabricante es de 24 h.

Basado en estos resultados se evidencia que, controlando las variables de ensayo, es posible superar la resistencia de adhesión técnica establecida por el fabricante, que para este caso es de 500 PSI (ver tabla I).

El uso delepoxico comercialGorilla® como adhesivo para la aplicación de la Norma ASTM C633, será viable para recubrimientos termorrociados cuyo valor de adhesión reportado en la literatura no supere la resistencia máxima obtenida en este trabajo<sup>[7]</sup>.

## V. CONCLUSIONES.

Las condiciones para realizar el ensayo de adhesión de acuerdo a la norma ASTM C633, con el adhesivo epoxi reseñado en esta investigación están dadas por una rugosidad del sustrato de 2,35 μm(Esmerilado), espesor del adhesivo de 0,3mm y un tiempo de curado 72hrs.

El valor máximo de resistencia a la adhesión, para el adhesivo epoxico evaluado se encuentra en 3565 PSI.

## VI. REFERENCIAS

- [1] NORMA ASTM C633-01 (2008). Standard test method for adhesion or cohesion strength of thermal spray coatings
- [2] C. Camello, R. Da Exaltação. Ensaios de AdesãoemRevestimentos Metal-cerâmicosObtidos por AspersãoTermica a Plasma. Revista de Ciência&Tecnologia. Vol 13. P.51-62. 1999.
- [3] N. E. Quaranta, G. PelozoJ. Recubrimientos Cerámicos Mixtos sobre Acero Comercial Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> por Spray Térmico

- y  $\text{SiO}_2$  -  $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$  por Sol-Gel. Universidad Tecnológica Nacional. Argentina, Septiembre 2007.
- [4] M. Jalali, H.Mohammadi, M. Jalali, H.Fasihi. Adhesion Strength Evaluation Methods in Thermally Sprayed Coatings. World Academy of Science, Engineering and Technology 61 2012.
- [5] H. Melero, J. Fernández, S. Dosta, J.M. Guilemany. Caracterización de Nuevos Recubrimientos Biocompatibles de Hidroxiapatita- $\text{TiO}_2$  Obtenidos mediante Proyección Térmica de Alta Velocidad. Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio Vol 50, 2, P. 59-64, Marzo-Abril 2011.
- [6] M. Madrid. Tecnología de la Adhesión. Departamento Técnico Loctite España.
- [7] A. Limarga. Mechanical Properties And Oxidation Resistance Of Plasma-Sprayed Multilayered  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{ZrO}_2$  Thermal Barrier Coatings. Surface & Coatings Technology. Vol 97, p. 93-102, 2005