

## PROCESO DE ANODIZADO DURO Y DECORATIVO EN ESPONJAS METÁLICAS DE UNA ALEACION 6061 DE ALUMINIO, OBTENIDAS POR MEDIO DE INFILTRACION CON PREFORMA SOLUBLE DE SAL

*Carlos Flor<sup>1\*</sup>, Sofía Torres<sup>1</sup>, Patricia Fernández<sup>2</sup>, Luis Alberto Vélez<sup>1</sup>*

1: Escuela de Ingeniería de Materiales, Universidad del Valle. Cali, Colombia

2: Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín, Colombia

\* Contacto: carlos.flor@correounivalle.edu.co

### RESUMEN

En este trabajo se realizó un proceso de anodizado duro y decorativo en esponjas metálicas, dado que hasta ahora es un tema no abordado en lo que a recubrimientos de materiales celulares se refiere. En este trabajo se utilizaron esponjas de aluminio obtenidas por el proceso de infiltración de preformas solubles. El proceso de electrodeposición sobre la esponja de aluminio se realizó controlando variables tales como: temperatura, intensidad de corriente y concentración de  $H_2SO_4$  en diferentes intervalos. La estructura y la composición química de la capa de alúmina se analizaron por medio del microscopio electrónico de barrido (SEM) y microdureza Vickers. Los resultados muestran el comportamiento de las esponjas de aluminio ante un proceso de electrodeposición e indican que el recubrimiento en esponjas puede ser altamente prometedor para la aplicación en la industria y en ambientes agresivos.

**Palabras Clave:** *Anodizado, Esponjas metálicas, Electrodeposición*

### ABSTRACT

Since is a topic not addressed as far as cellular material coatings are concerned, in this work, a hard and decorative anodizing process on metal sponges was done. In this study were used aluminum sponges obtained by the soluble preform infiltration process. The electrodeposition process on the aluminum sponge was done controlling variables such as temperature, current and  $H_2SO_4$  concentration at different time intervals. The structure and chemical composition of the alumina layer was analyzed by the scanning electron microscope (SEM) and Vickers hardness. The results show the behavior of aluminum sponges during an electrodeposition process and indicate that the coating sponges can be highly promising for use in industry and under aggressive environments.

**Keywords:** *Anodized, Metal sponges, Electrodeposition*

## 1 INTRODUCCIÓN

Los metales celulares, esponjas y espumas, son sólidos altamente porosos que actualmente se encuentran en auge gracias a que proporcionan una combinación de propiedades que les permiten tener un enorme potencial de aplicación en diversos sectores industriales. Entre ellos, resaltan especialmente las esponjas de aluminio, debido a que su punto de fusión relativamente bajo facilita la obtención por métodos económicos como la infiltración de preformas solubles además de la excelente combinación de propiedades mecánicas con baja densidad. Durante esta

investigación, se intentó indagar en el desarrollo de la técnica convencional de anodizado de aluminio en materiales novedosos como las esponjas de aluminio, en busca de la posibilidad de aplicación en ambientes agresivos y una mayor durabilidad que puede ser proporcionada por la capa anódica que presenta el aluminio tras este proceso electroquímico.

## **2 DESARROLLO EXPERIMENTAL**

El proyecto aborda las diferentes etapas del tratamiento superficial de anodizado observando la respuesta de las esponjas en cada una de ellas, a continuación una breve descripción.

### **2.1 Muestras**

Las muestras fueron obtenidas mediante Infiltración de Preformas Solubles de NaCl con morfología esférica, usando aluminio 6061 como metal de matriz. La fundición se realizó en moldes de acero al bajo carbono, cilíndricos de una pulgada de diámetro. El material obtenido fue seccionado a 1cm de altura. La cantidad de probetas está relacionada con las variables de entrada a tener en cuenta: Tiempo de inmersión, concentración de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y los procesos de coloración por inmersión y por corriente impresa, para cada una de estas variables se trabajaron muestras por triplicados.

### **2.2 Pretratamiento**

El pre tratamiento es fundamental para que la película de recubrimiento tenga buenas propiedades de adhesión y homogeneidad. Para ello, se realizó un desengrase usando carbonato de sodio 5-15 g/l, fosfato trisodico 5 g/l a una temperatura entre 80 y 95°C, seguido por un decapado, luego del cual se examinó la efectividad de la limpieza y la respuesta de las esponjas, frente a la concentración de NaOH utilizando 2, 3 y 5%. Finalmente, se realizó un proceso de neutralizado sumergiendo las esponjas durante un minuto en una solución de ácido sulfúrico al 15%.

### **2.3 Tratamiento de anodizado**

Se llevó a cabo un proceso de anodizado decorativo utilizando como variables una corriente eléctrica de 5A, una temperatura de 22°C, una concentración de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> de 15% y un tiempo de inmersión de 15 minutos. A partir de este punto se realizaron dos procesos de coloración, el primero por medio de inmersión utilizando un tinte colorante de marca *Tinte Hogar* y partículas cerámicas de marca *Mingrac Rojo Bayer*. El segundo es un proceso de coloración por medio de corriente impresa con diferentes óxidos metálicos. Por otra parte se llevó a cabo, el proceso de anodizado duro utilizando como variables: 7 amperios de corriente, 3°C de temperatura, 30% de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y un tiempo de inmersión de 25 minutos.

### **2.4 Sellado**

El proceso de anodizado finalizó con el sellado de la pieza. Este se realizó sumergiendo la probeta en un recipiente con agua destilada a 90°C de temperatura; **Error! No se encuentra el**

**origen de la referencia.**, promoviendo la formación de óxido de aluminio hidratado. El tiempo de sellado fue de 20 minutos para el anodizado duro y 5 minutos para el decorativo.

### 3 RESULTADOS

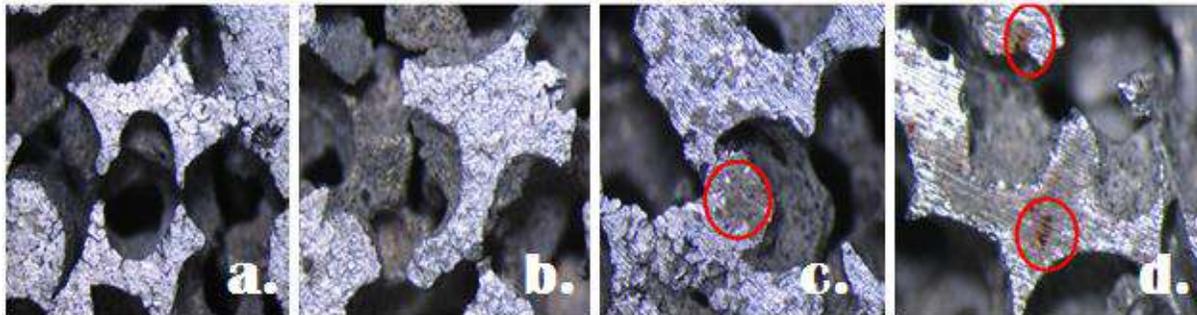
#### 3.1 Comportamiento de la esponja en la etapa de decapado

Cabe mencionar que el decapado es una limpieza química en la cual se remueven óxidos disolviéndolos. Para cada tipo de concentración se evaluó el comportamiento de la esponja a una temperatura de 50 °C con un tiempo de inmersión de 4 minutos. En la tabla 1, se observa que, con las diferentes concentraciones de NaOH la esponja pierde masa luego del decapado, siendo mayor esta pérdida con una concentración de 5%, en la cual los bordes de celda se ven empobrecidos y pierde consistencia la esponja, razón por la cual es descartada para continuar el proceso.

**Tabla 1.** Pérdida de peso en gramos en el proceso de decapado.

<i>NaOH</i>	<i>Probeta 1</i>	<i>Probeta 2</i>	<i>Probeta 3</i>	<i>Promedio</i>
5%	2,278	1,44	1,96	1,89
3%	1,10	0,97	1,14	1,07
2%	0,63	0,47	0,51	0,53

La eliminación de las grasas y óxidos superficiales son fundamentales para la realización de un buen anodizado, por lo que se inspeccionó con el microscopio estereoscópico la calidad de limpieza obtenida, en la figura 1 se muestran imágenes de las probetas decapadas al 3 y 2 %.



**Figura 1.** Imágenes de la limpieza superficial obtenida con NaOH al 3% (a y b) y al 2 % (c y d).

El decapado con comportamiento óptimo para las esponjas que van a ser anodizadas fue el obtenido a una concentración del 3% de NaOH, presentando una pérdida de masa promedio de 1,07 gramos y sin óxidos apreciables en la superficie.

### 3.2 Comportamiento de la etapa de anodizado

#### 3.2.1 Concentración del electrolito

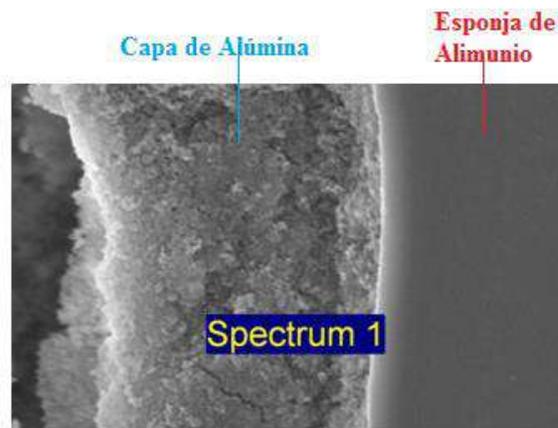
La concentración del electrolito promueve la conductividad facilitando la electrodeposición de la capa anódica. Las probetas al 15% de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> presentaron menor dureza y espesor que las probetas al 30%, además, de acuerdo a esta investigación, en los poros de la esponja se atrapa solución que se ve empobrecida con el tiempo y la reacción, generando una capa no homogénea. Cuando el H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> se agita y se enriquece con burbujas de oxígeno la solución, se obtienen capas de mayor tamaño y homogéneas.

#### 3.2.2 Tiempo de inmersión

El tiempo de inmersión es la variable encargada del crecimiento de la capa de alúmina, en las esponjas, de acuerdo a ensayos de microdureza realizados en esta investigación reportados en la tabla 2, tiempos superiores a 25 minutos resultan nocivos manejando intensidades de corrientes superiores a 7 Amperios, sin embargo este factor puede ser controlado por medio de la variación de la corriente imprimida al material ya que son inversamente proporcionales, es decir, que se puede trabajar tiempos superiores a 25 minutos con intensidades de corrientes bajas.

**Tabla 2.** Microdureza esponjas de aluminio anodizadas.

Concentración 30%			
Tiempo 25 minutos		Tiempo 15 minutos	
Ensayo	HV	Ensayo	HV
1	804,5	1	524,4
2	789,1	2	500,7
3	814,2	3	519,1
4	799,9	4	515,9
5	797,9	5	508,5
6	812,1	6	510,4
<b>Promedio</b>	802,95	<b>Promedio</b>	512,62
$\sigma$	9,3735	$\sigma$	9,2836



**Figura 2.** SEM capa superficial de Alúmina.

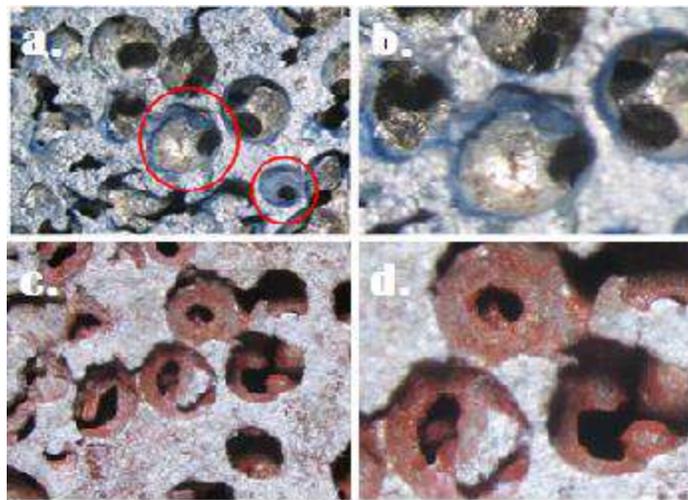
### 3.3 Comportamiento de la etapa de coloración

Para obtener un anodizado decorativo se efectúa un paso antes del sellado, este paso puede ser coloración por inmersión en tintes comerciales para ropa o partículas cerámicas; o coloración por corriente impresa como sigue:

### 3.3.1 Coloración por inmersión

Durante la investigación, se procedió a realizar el proceso de coloración a través del tinte comercial llamado *Tinte Hogar*, usándolo a una temperatura de 50°C en una cantidad de 5g durante 1 hora, como lo recomienda el fabricante. El resultado muestra una impregnación en el borde de celda de la esponja y no en su interior.

También, se realizó una coloración en la cual se utilizaron partículas cerámicas de 1 micrómetro de marca *Mingrac Rojo Bayer* de la compañía *GamaQim LTDA*, en una cantidad de 10 gramos y con un tiempo de inmersión de 30 minutos a una temperatura de 50°C, recomendado por el fabricante. El resultado de la coloración mediante este método se localiza principalmente en el interior de la esponja, como lo muestra la figura 3 (c y d).



**Figura 3.** Coloración por Inmersión, a y b corresponde a tinte hogar, y, c y d a partículas cerámicas.

### 3.3.3 Coloración por corriente impresa

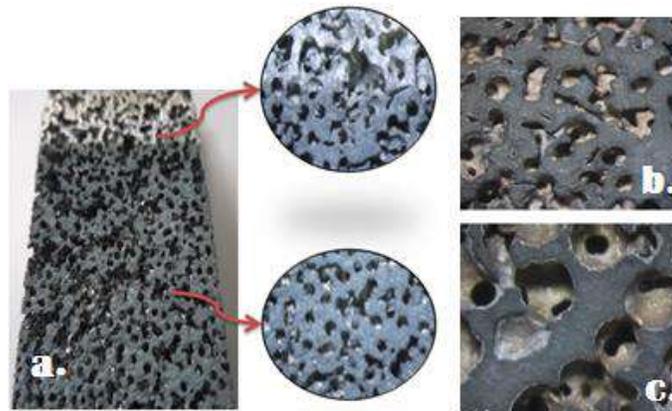
Este tipo de coloración se realizó en una celda electroquímica aparte de la utilizada para el proceso de anodizado, utilizando como cátodo la esponja metálica y como ánodo inerte una estructura de aluminio. Se manejaron como variables una concentración de  $H_2SO_4$  de 10% en la cual se diluyeron diferentes cantidades de óxido de zinc, con el fin de obtener diferentes coloraciones. El proceso se llevó a cabo con una corriente de 5A, una temperatura de 25°C y un tiempo de inmersión de hasta 6 minutos.

**Tabla 3.** Variables coloración por corriente impresa

	Cantidad (gr)	Tiempo (min)	Coloración
Óxido de Zinc	180	6	Gris
	100	4	Azul

La cantidad de óxido de zinc y el tiempo durante el cual se realiza la coloración mostrado en la tabla 3, son los responsables de la intensidad del color que se obtenga, por medio de este método se obtuvo una coloración homogénea que se evidencia en la figura 4.

Dar color a un anodizado es un proceso superficial y el color obtenido por medio de corriente impresa se encuentra principalmente en la superficie, como no se conoce este tipo de procesos en materiales espumados, se puede decir que por medio de procedimiento utilizado la coloración resulta aceptable a pesar de no encontrar dicho color al interior de los poros de manera homogénea.



**Figura 4.** Coloración por corriente impresa.

#### **4 CONCLUSIONES**

Mediante los procesos llevados a cabo en este trabajo, se vislumbró la posibilidad de obtener esponjas de aluminio con tratamiento de anodizado de características duras y decorativas. Por otra parte, el decapado a las condiciones generalmente utilizadas (5%) resulta muy agresivo para los bordes de celda, dado que las debilita. En el mismo sentido, en porcentajes menores de soda caustica, con 2% no se obtiene buena limpieza mientras que con 3% la pérdida de masa no deteriora el espécimen y presentó una adecuada limpieza superficial.

Las esponjas de aluminio al momento de ser anodizadas, encapsulan parte del electrolito en sus cavidades, por lo tanto, es necesario agitar y enriquecer de oxígeno la solución. La concentración de ácido sulfúrico es directamente proporcional a la dureza que se obtiene en el recubrimiento, sin embargo, al 30% de concentración no es posible prolongar el ensayo más de 25 minutos lo cual presentó un deterioro estructural de la esponja. Por lo pronto, se está estudiando la influencia de la interacción de las variables bajo estudio sobre la dureza del recubrimiento. La coloración es más efectiva mediante corriente impresa, la coloración por inmersión resulta deficiente por que las partículas no se localizan homogéneamente.

## 5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Yévenes, J., “Formación y control del crecimiento de películas de óxido de aluminio”, Chile, Gustavo Gili, 2000.
2. Fernández, P., “Obtención y evaluación de esponjas de aleación de aluminio fabricadas mediante infiltración de preformas soluble bajo presión de vacío”; Tesis doctoral, Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, 2009.
3. John E. Zúñiga, Julio M. Quintero fabricación de un dispositivo que permita la obtención de esponjas de aleación de aluminio-silicio (con gradiente de porosidad) fabricadas mediante infiltración de preformas de sal bajo presión de vacío.