

PROTECCIÓN DE MATERIALES

ANODIZADO DE ALUMINIO

Carlos A. Giudice y Andrea M. Pereyra

Índice

Introducción	3-4
Perfiles que se fabrican con aluminio	5
Anodizado	6-9
Sistemas de Anodizado	10-13
Ejemplo practico	14-20
Conclusión	21
Bibliografía	22

Introducción

El aluminio es uno de elementos más abundantes en la naturaleza, pero no está puro, sino que forma parte de numerosos minerales, su peso atómico es 26,97. Es un metal trivalente, de fácil de pulir, tenaz, duro maleable y dúctil.

Es el más ligero de todos los metales corrientes ($D= 2,7$). Se puede reducir a hojas muy finas, como el oro y plata, y estirar hasta formar alambres finos. Después de la plata y el cobre, es el mejor conductor de la electricidad y calor, resiste a la corrosión en condiciones ordinarias. Posee una gran capacidad calorífica y se funde a 650°C . A altas temperaturas se une vivamente con el oxígeno (aluminotermia), en que se emplea el calor elevadísimo de la combustión del aluminio en polvo, mezclado con un óxido metálico. Este método se emplea para la obtención de metales y aleaciones difíciles de lograr por otros medios, así como también para la soldadura. Esta propiedad se debe a que el óxido de aluminio tiene un calor de formación mayor que los demás óxidos metálicos.

El aluminio, para protegerse de la acción de los agentes atmosféricos, se recubre de forma natural de una delgada película de óxido, esta capa de Al_2O_3 tiene un espesor más o menos regular del orden de 0,01 micras sobre el metal recientemente decapado y puede llegar a 0,2 o 0,4 micras sobre metal que haya permanecido en un horno de recocido. Para poder soldar es necesario eliminar previamente, por procedimientos químicos o mecánicos, dicha capa.

Se pueden obtener películas de óxido artificialmente mucho más gruesas y de características distintas a las de la capa natural, más protectoras, por procedimientos químicos y electrolíticos. El proceso de anodizado permite formar capas en las que el espesor puede, a voluntad, ser de algunas micras a 25/30 micras en los tratamientos de protección o decoración, llegando a las 100 micras y más por procesos de endurecimiento superficial, esto es el anodizado duro.

Formas en que se presentan

Su mineral más importante es la bauxita, cuyos yacimientos más productivos se encuentran en Guayana con casi la mitad de la cantidad total extraída en el mundo entero. Existe también en los silicatos (feldespato, mica, hornablenda, arcilla y caolín), sulfatos (alumbres), óxidos (corindón) y fluoruros de aluminio y de sodio (criolita)

Propiedades (Físicas, Químicas y Mecánicas)

Propiedades físicas

El aluminio comercialmente puro (riqueza no inferior al 99%) posee las características siguientes:

Densidad; 2.7

Coefficiente de dilatación lineal entre 20 y 100°C : 24×10^{-6}

Punto de fusión: 658°C

Punto de ebullición: 2.450 °C

Propiedades mecánicas

Modulo de elasticidad: 6.700kg/mm²

Modulo de torsión: 2.700kg/mm²

Recocido: 8kg/mm²

Carga de rotura agrio: 18kg/mm²

Recocido 20 brinell duraza agrio 47 brinell recocido 35%

Alargamiento duro 5%

Propiedades químicas

El aluminio posee una gran afinidad por el oxígeno recubriéndose espontáneamente de una delgada capa de óxido que lo protege del exterior

El aluminio ocupa en la serie electroquímica de metales una posición que le confiere un marcado carácter electronegativo frente a la mayoría de los metales industriales, concretamente el hierro y el cobre, por lo que es posible la corrosión en presencia de la humedad sino toman las precauciones necesarias. El aluminio es sensible a la acción de los componentes alcalinos (soscarbonato, cementos, etc.) de los derivados sulfurados en general de diversos compuestos orgánicos e inorgánicos.

Formas de obtención

Actualmente, la materia prima para la obtención del aluminio es exclusivamente la Bauxita. Ese mineral tiene que ser previamente purificado en el horno rotatorio. Para ello se calienta la bauxita con una disolución concentrada de hidróxido sodio y el óxido de aluminio se disuelve, mientras que el óxido férrico que lo impurifica permanece insoluble. Al diluir la disolución se precipita el hidróxido de aluminio que se convertirá en óxido al desecarse. A esta alúmina., obtenida de la bauxita purificada, se le agrega criolita para la obtención del aluminio, el cual se obtiene por el método de hall

Perfiles que se fabrican con aluminio

El procedimiento para la fabricación de los perfiles de aluminio consta de dos operaciones: Fundición del material base, y Extrusión del mismo.

Fundición

Los lingotes de aluminio puro se funden con otros minerales, generalmente Silicio, Magnesio, Manganeso, Cobre y Hierro, esto en pequeñas proporciones, homogeneizándose esta aleación. Una vez comprobada la composición química de la misma, lo que se realiza por un análisis espectrografico, se solidifica en barras cilíndricas llamadas tochos.

El tocho tiene normalmente unos 400mm. De largo y unos 150 mm. de diámetro, y pesa alrededor de 14 kg., pero pueden ser también de otras dimensiones. La aleación mas corriente es la que responde a la norma AA 6063, (Aluminium Association), y cuya composición química es la siguiente: silicio, 0,2 a 0,6 % Magnesio 0,45 a 0,90 % Manganeso 0,1 % Hierro 0,35 % y Aluminio el resto hasta completar 100

Extrusión

Es el proceso por el que fabrica el perfil propiamente dicho. El tocho se calienta en horno aproximadamente a unos 500°C y una vez dicha temperatura esta estabilizada, pasa a la extrusora donde, empujado por un cilindro hidráulico de capacidad de empuje que varia entre 900 y 2.500 toneladas, pasa a la matriz apropiada.

Como el material a esa temperatura esta en estado semi liquido, adopta la forma de la matriz, dando origen al perfil. El perfil es tomado por un estirador, que lo endereza y lo mantiene a su medida.

De un tocho de dimensiones standard sale unos 16 metros de perfil. Posteriormente el perfil es cortado en los largos requeridos para el envejecimiento. el envejecimiento es un tratamiento térmico en el que el perfil se pone rígido, y dicho tratamiento se realiza en hornos apropiados a unas temperaturas de 270-300°C durante aproximadamente unas 6 horas. Es te perfil puede ser usado tal como sale del horno de envejecimiento (en laminación), o puede ser tratado con otros procedimientos de acabado: **anodizado, lacado o electrolacado.**

Anodizado

Generalidades

Indudablemente, la aplicación más importante del aluminio anodizado es bajo la forma de perfiles extruídos para arquitectura y construcción. A pesar de haber sido comercialmente desarrollado hace ya más de 50 años, su difusión se acentúa en las últimas décadas. Se considera que la aplicación del anodizado ha sido instrumental para que el sector de perfiles arquitectónicos se haya convertido en el sector más dinámico y de más alta tasa de crecimiento del mercado de semiproductos de aluminio. La delgada capa anódica aumenta en forma notable la dureza y resistencia natural del metal a la acción agresiva y corrosiva de los agentes atmosféricos. Así se conserva inalterable por muchos años el brillo y la vistosidad característica del aluminio. Su aplicación es recomendable en todas circunstancias, sin importar cuan modesta parezca la aplicación. Obviamente el anodizado es de especificación obligatoria. Del mismo modo, la especificación del aluminio anodizado es generalizada para los grandes proyectos edilicios (oficinas, hoteles, hospitales, escuelas, etc.) donde rige el concepto de costo global, es decir de instalación y mantenimiento.

Principio del anodizado

Si se llena una cuba con agua hecha conductora por la adición de una pequeña cantidad de ácido, de base o de sal y si en este electrolito, se dispone de un cátodo (polo negativo), inatacable (níquel o plomo) y un ánodo de aluminio, se observa un desprendimiento de hidrógeno en el cátodo y ningún desprendimiento en el ánodo.

Se observa, por otra parte, que el ánodo de aluminio, se ha recubierto de una película de alúmina. El oxígeno procedente de la disociación electrolítica del agua ha sido utilizado para oxidar el aluminio del ánodo; de aquí la expresión «**Oxidación anódica**» anteriormente utilizada y sustituida actualmente por el término «**Anodizado**». La naturaleza del electrolito tiene una importancia capital sobre los fenómenos que se desarrollan en la superficie anódica.

Se pueden señalar dos tipos de reacciones anódicas, que presentan variantes:

1° En los electrolitos que no tienen acción disolvente sobre la capa de óxido, se forma una película muy adherente y no conductora. El crecimiento de la película se realiza hasta que su resistencia eléctrica es tan elevada que impide la circulación de la corriente hacia el ánodo. Se forma entonces una capa llamada «capa barrera».

2° En los electrolitos que tienen una acción disolvente sobre la capa de óxido, si el metal mismo es disuelto y si los productos de reacción son solubles en el electrolito, no se forma capa de óxido.

Varios electrolitos son usados para producir la oxidación del metal. Los mas corrientes son el acido sulfúrico, H_2SO_4 y acido crómico, $HCrO_3$, aunque con diversas concentraciones que determinan procesos diferenciados.

El procedimiento de anodizado, en medio sulfúrico es el más utilizado debido a las condiciones económicas de explotación, a los resultados satisfactorios que se obtienen y a los medios a utilizar para obtenerlos.

La naturaleza del metal base (aluminio no aleado de diversas purezas y aleaciones) tiene una importancia capital sobre los resultados que se consiguen y los medios a utilizar para obtenerlos.

La estructura y características de la capa anodizada pueden modificarse en función de diferentes parámetros:

- Naturaleza del electrolito
- Composición
- Temperatura electrolito
- Tiempo de tratamiento
- Voltaje de aplicación

El mecanismo de oxidación-disolución.

Es necesario recordar de la teoría de formación de capas de óxido porosas, los dos factores esenciales siguientes:

Primer factor:

Crecimiento de la capa de óxido del exterior al interior como consecuencia de un fenómeno electro-químico puro, de donde resulta una cierta velocidad de oxidación V_o .

Segundo factor:

Disolución de la capa de óxido a la medida que se forma por un fenómeno puramente químico (naturalmente, relacionado con el fenómeno eléctrico), de donde resulta una cierta velocidad de disolución V_d .

Formación de capas porosas

Por estudios de microscopia electrónica se ha observado que la película de anodizado esta formada por dos capas. Una capa interna fina, densa y dielectricamente compacta, llamada capa barrera o capa dieléctrica, que corresponde entre 0.1-2% del espesor total del film anódico. Su espesor depende de la composición del electrolito y de las condiciones de trabajo: voltaje, tiempo, temperatura, etc.

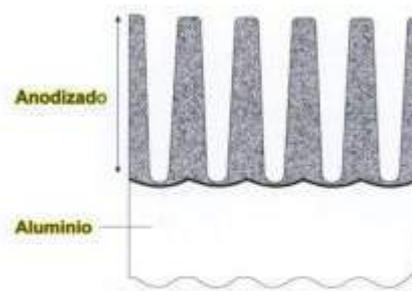


Figura 10.49. Sección esquemática de la capa barrera

La figura 10.49, muestra la constitución de la capa de anodizado que describimos.

Esta capa barrera se forma en los primeros minutos del proceso de anodizado a una elevada tensión. Su espesor varía directamente con el voltaje de trabajo e inversamente con la velocidad de disolución del óxido en el electrolito. Esta capa barrera no es porosa y conduce la corriente a causa de su delgadez y los fallos de su microestructura.

Sobre la capa barrera va formándose una capa porosa o capa exterior, observándose que el punto de crecimiento tiene lugar en la parte inferior de los poros, siendo el ion aluminio el que migra a través de la capa barrera. Los poros que se van formando son en forma de celdillas paralelas y normales a la superficie del metal.

La porosidad de la capa exterior, así como su espesor, varían con la velocidad de disolución por parte del electrolito y con la velocidad de crecimiento en el proceso de oxidación, dependiendo ambos factores del tipo de electrolito y condiciones de trabajo.

El número de poros y su volumen dependen en gran medida del voltaje de formación y el tipo de electrolito.

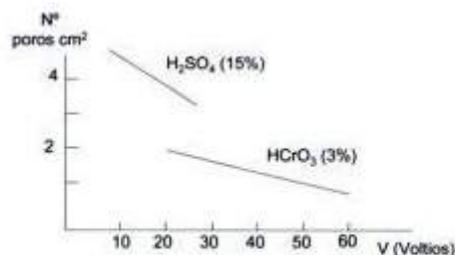


Figura 10.50. Correlación entre la densidad de poros y voltaje de operación del anodizado.

En la figura 10.50 se observa la correlación entre la densidad de poros y las condiciones de operación.

Como los poros son siempre un camino más fácil para los procesos corrosivos, la completa protección anódica requiere la eliminación de los poros. En el caso del aluminio se logra en la operación del sellado, consistente básicamente en la hidratación de la alumina por inmersión en agua caliente.

Si se oxida una pieza de aluminio en una solución que tenga una acción disolvente sobre la capa de alúmina, se observa que la intensidad de la corriente, para una tensión determinada, disminuye muy rápidamente pero se estabiliza en seguida a un nivel más elevado. Después de los primeros segundos de la electrólisis, se forma una verdadera capa barrera, la cual tiende hacia el valor límite de 14 A/V.

El óxido formado en este estado consiste en una alúmina anhidra, en estado amorfo (Al_2O_3) habiéndose descubierto en los últimos tiempos que esta capa está constituida por un apilamiento de células hexagonales yuxtapuestas, en las que, precisando más, el centro será de alúmina amorfa poco resistente a los ácidos, mientras que la periferia está formada por alúmina cristalina muy resistente a los ácidos. Aparecen entonces en la superficie de la capa barrera, una multitud de puntos de ataque como consecuencia del efecto de disolución de la película por el electrolito que se produce en el centro de las células de alúmina y que constituye el comienzo de los poros.

Cada punto de ataque puede ser considerado como una fuente de corriente a partir de la cual se va a desarrollar un campo de potencial esférico; los iones que se presentan a la separación óxido, suministran el oxígeno nascente que transforma en óxido la porción de esfera de metal correspondiente; simultáneamente, la acción de disolución continúa manifestándose en la base del poro, tendiendo a disminuir el espesor de la capa barrera en que se prolonga; el poro se ahonda, los iones penetran preferencialmente, producen calor y tienden a favorecer la disolución, produciendo así un frente de avance hemisférico de la célula que se desarrolla, por lo tanto, del exterior al interior del metal a partir del fondo de los poros.

Espesores

Hay distintos espesores de anodizado según las aplicaciones, que van de 10 a 20 micrones (de interiores e intemperies no agresivas a ambientes marinos y ambientes agresivos).

Pre-tratamientos

El anodizado natural, y particularmente el anodizado color, constituye un elemento de protección y decoración de ilimitadas posibilidades arquitectónicas, que se multiplican cuando se considera la aplicación de tratamientos superficiales adicionales como el pulido mecánico o el satinado químico.

En nuestro país, las texturas superficiales habituales son las siguientes:

- Pulidos brillantes mecánicos o electroquímicos
- Pulido mecánico (arenado, con bandas, cepillado, etc.)
- Satinado químico. El satinado químico resulta interesante en tanto permite borrar gran parte de los testigos o rayas de extrusión. Por otra parte matea el brillo, lo que da una presentación más agradable.

Sistemas de Anodizado

Entre los diferentes sistemas de anodizado seleccionamos los más comerciales y estos son:

Anodizado de protección.

El esquema de un proceso de anodizado partiendo de un perfil o una chapa podríamos representarlo siguiendo los siguientes pasos:

1° *Preparación superficial del material a base de:*

- a/ Pulido con cepillo de algodón
- b/ Lijado con bandas de lija
- c/ Gratado con cepillo metálico
- d/ Otros tipos de pulido

2° *Desengrase:*

- a/ ácido para el esmerilado, gratado, etc.
- b/ alcalino para el pulido

3° *Lavado con agua en circulación y con continua regeneración.*

- 4° *Decapado de limpieza* (con sosa cáustica al 5% en agua a 45-50oC)
 - o decapado para acabado mate directo
 - o pulido químico
 - o pulido electrolítico.

5° *Lavado con agua en circulación y con continua regeneración*

6° *Neutralizado* (ácido nítrico 60oBe al 50% en agua a temperatura ambiente)

7° *Lavado con agua en circulación y con continua regeneración.*

8° *Oxidación anódica* (ácido sulfúrico al 20% en agua con temperatura a 19-20oC y corriente continua a 1,5 A/dm²)

9° *Lavado con agua en circulación y con continua regeneración.*

10° *Coloración.*

Por su estructura porosa, la capa de óxido formada en medio sulfúrico se asemeja a las fibras textiles y puede, al igual que estas, ser teñida por medio de colorantes especiales derivados de los colorantes de la industria textil. Como la capa es transparente, el brillo del metal base se transmite y pueden obtenerse aspectos que ningún otro tratamiento por pintura o barniz es susceptible de igualar. Los colorantes utilizados para el coloreado del aluminio pueden ser orgánicos o minerales.

a/ Coloración orgánica, para este tratamiento pueden ser utilizados numerosos tipos de colorantes. Difieren especialmente en el mecanismo de absorción. La mayor parte son absorbidos por capilaridad. Son estos en particular, los grupos de colorantes ácidos y de colorantes llamados sustantivos, como los de alizarina y los colorantes de índigo.

Otros dan lugar a una combinación química con el aluminio, como los colorantes a base de complejos metálicos, los colorantes diazo y los colorantes básicos. Estos últimos exigen ser tratados con sustancias colágenas y son poco utilizados porque su resistencia a la luz es débil.

Se emplea para aplicaciones generales que se quieran colorear y que no estén expuestas a la intemperie.

b/ Coloración electrolítica, para este tratamiento se utilizan óxidos metálicos, que se fijan en las porosidades de la capa de óxido y son muy resistentes a la luz y al calor.

Empleada en aplicaciones generales que requieran colores sólidos y que vayan a estar a la intemperie.

11° *Lavado con agua en circulación y con continua regeneración.*

12° *Colmatado o Fijado*

La experiencia demuestra que una capa de óxido de 20 micras formada sobre aluminio y no colmatada, desaparece en unas horas en una solución decinormal de ácido nítrico. La misma capa perfectamente colmatada no experimenta ninguna pérdida prácticamente después de 1200 horas de inmersión. En realidad, una de las características principales de la alúmina formada en el colmatado o fijado es su resistencia a los ácidos.

Para aplicaciones en arquitectura, es indispensable colmatar en agua muy pura. Prácticamente con agua desmineralizada y hasta desionizada. El procedimiento más utilizado para la desmineralización es el intercambio aniónico y catiónico con resinas especiales cambiadoras de iones. Se trata de conseguir un doble cambio de iones (instalación de dos cuerpos) y no de un simple ablandamiento del agua que, por transformación de los elementos insolubles en sales solubles, correr el peligro de producir cuerpos nocivos para la calidad del colmatado o fijado. La temperatura del agua viene dada por la temperatura de ebullición (en la práctica 97 a 100°C) con el fin de que se produzca la hidratación de forma muy lenta al contacto con las moléculas de agua a baja temperatura. El pH del baño es aconsejable mantenerlo entre 5,5 y 6,5. El reajuste se hace por medio de sosa, carbonato de sosa o ácidos sulfúricos, acéticos y bóricos.

Anodizado Duro

Con el anodizado pueden obtenerse capas considerablemente más duras que las clásicas (y en particular más duras que las que se obtienen en medio sulfúrico-oxálico) en un medio sulfúrico puro, con la condición de que los porcentajes de disolución sean reducidos a un valor extremadamente pequeño, lo suficiente para permitir el paso de los iones en los poros, que se convierten en finísimos canales. Se obtienen estos resultados anodizando a muy baja temperatura (0°C) en un medio electrolítico de 10 a 15% de

ácido sulfúrico, con una densidad de corriente fuerte (3 A/dm²). La tensión, que será al principio de 10 V puede llegar a ser de 80 a 100 V según la naturaleza de la aleación. Es necesario un enérgico agitado con una refrigeración eficaz. Se pueden obtener así capas muy espesas a una velocidad de 50 micras / hora. Las capas que actualmente se consiguen son de alrededor de 150 micras, según el proceso y la aleación. La dureza de estas capas es comparable a la del cromo-duro, su resistencia a la abrasión y al frotamiento es considerable. Su utilización para piezas mecánicas se extiende cada vez más debido al mayor conocimiento del aluminio, de sus características mecánicas y de sus nuevas aplicaciones. Puesto que se trata, en general, de piezas cuyas tolerancias dimensionales son estrechas, es necesario tener en cuenta, en el mecanizado, el crecimiento de las cotas, que llega a ser del 50% del espesor efectivo de la capa.

Todas las aleaciones son susceptibles del anodizado duro, salvo las que contienen cobre, porque éste tiende a disolverse a pesar de la baja temperatura y perturba el tratamiento.

Las capas duras se obtienen a costa de una merma de flexibilidad, que limita en su utilización a aquellas aplicaciones en que no vayan a sufrir choques térmicos importantes, porque la película se rompería bajo el efecto de las dilataciones fuertes.

Estas capas no son susceptibles de ser colmatadas (fijadas) con agua hirviendo por las mismas razones. Pueden, por el contrario, ser impregnadas de cuerpos grasos y lubricantes.

Propiedades del anodizado duro:

- Resistencia a la abrasión ya que la alúmina es un cuerpo extremadamente duro, un poco menos que la del diamante. Lo que permite que tenga una resistencia al desgaste superficial superior a muchos tipos de acero
- Resistencia eléctrica. La alúmina es un aislante eléctrico de calidad excelente, superior a la de la porcelana, este aislamiento depende de la porosidad; además, es muy afectado por la presencia de impurezas en el metal y se caracteriza generalmente por la medida de la tensión de ruptura.
- Resistencia química. La capa anódica protege eficazmente el metal base contra la acción de numerosos medios agresivos. Por este motivo se utiliza cada vez más en ambientes navales e industriales para proteger ciertas piezas contra la corrosión.
- Porosidad secundaria o apertura más o menos acusada en la entrada de los poros debido al efecto de disolución del baño, porosidad que se manifiesta, sobre todo, en la parte exterior de la película y se aprovecha en las técnicas de coloreado e impregnación.

Procedimiento «ANESDUR».

Para conservar toda la capacidad de la alúmina, es necesario utilizar un electrolito de débil actividad química a temperaturas bajas con lo que se limita la redisolución de la película formada. El anodizado duro se aplica normalmente sobre aleaciones con contenidos limitados de aleantes. El sistema «ANESDUR» permite obtener capas superiores a 150 micras con aleaciones de aluminio que contengan:

Hasta un 6% de Mg (Magnesio)

Hasta un 5% de Cu (Cobre)

Hasta un 8% de Zn (Cinc)

Hasta un 13% de Si (Silicio)

Debido a la gruesa capa que se puede conseguir con este procedimiento, a la vez de las características mecánicas de la capa, se pueden recuperar piezas que por algún defecto se hayan desgastado.

Las aleaciones que tienen una buena aptitud para el anodizado están perfectamente definidas en las páginas correspondientes. Es muy importante a la hora de seleccionar el material para un anodizado duro, verificar la pieza que se vaya a mecanizar y seleccionar la aleación también en función de sus características y resistencia mecánica.

Sellado

El sellado es la última operación del proceso, se halla efectuado o no la coloración.

Se realiza por inmersión de las piezas anodizadas en agua desmineralizada en ebullición. Esta operación de sellado es la que permite mantener estable a través del tiempo el proceso de coloreado. Se transforma la alúmina en monohidrato que tiene mayor volumen, se dilata y cierra herméticamente los poros de la capa anódica. Esta operación es indispensable.

Ejemplo practico

Elementos:

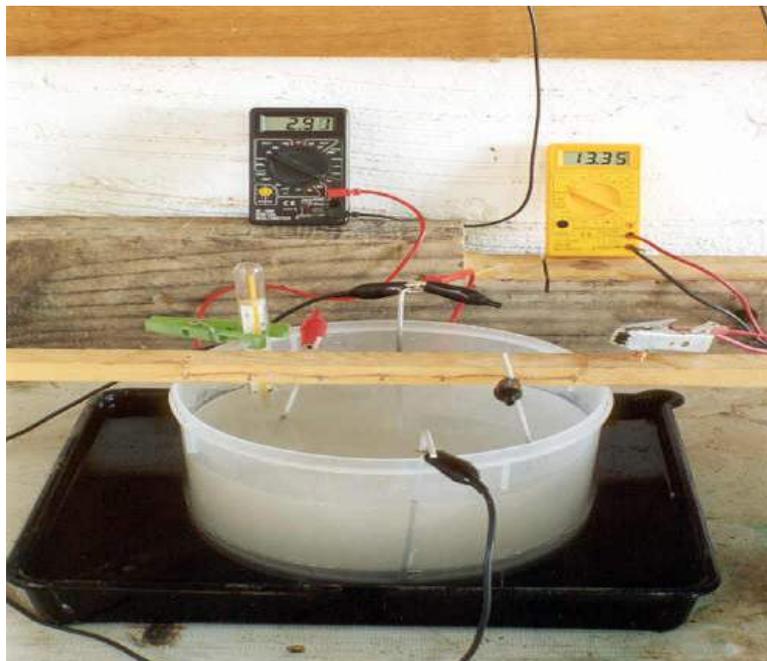
Se deberá contar con un recipiente de plástico, en este caso un "Taperware" donde quepan las piezas a tratar, estas deben quedar totalmente sumergidas en la solución y sin tocarse entre si. También se tendrá que colocar dentro del mismo un termómetro que nos permita controlar la temperatura del electrolito.

El baño debe mantenerse a unos 20° C. de temperatura, como el mismo proceso genera calor es que necesitamos una bandeja con agua donde poder refrigerar el recipiente de anodizado. En algunos casos se necesitara colocar algo de hielo en el agua para mantener la temperatura.

Para sostener las piezas dentro del electrolítico utilizaremos un listón de madera en el que hemos colocado algunos clavos en sus laterales, unimos estos mediante un cable de cobre para que estén conectados eléctricamente entre si. Las piezas, denominadas **ÁNODO**, y que conectaremos al (+ **positivo**), estarán sostenidas de los mismos mediante unos cocodrilos "ver foto".

Ahora necesitamos construir un **CÁTODO**, el cual conectaremos al polo (- **negativo**), este ira sumergido en el fondo electrolito y estará formado por un aro de plomo con un diámetro un poco menor al del recipiente, clavamos en el una barra de aluminio que salga fuera del liquido para que podamos enviarle corriente a través de ella.

Solo falta una fuente de corriente que puede ser un cargador de baterías de 12 volts., algunos cables, cocodrilos y tester.



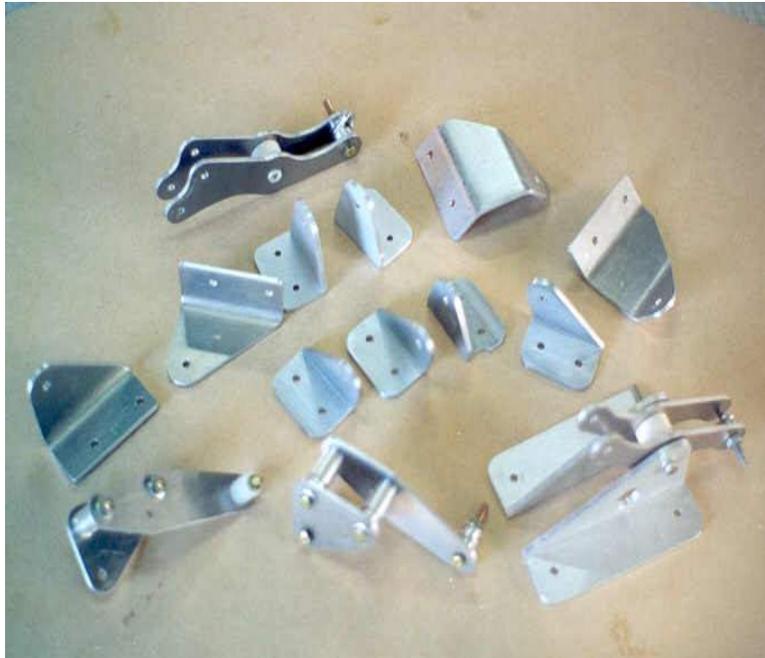
El proceso de anodizado es muy simple, cuando tenemos todos los elementos lo primero que debemos hacer es preparar el electrolito, el mas común consiste de una solución de Ácido Sulfúrico al 20 % en agua a una temperatura de 20°, "se deberá ser muy

cuidadoso en la preparación de este, siempre debe agregarse el ácido en el agua lentamente, notaran que el mismo se ira calentando lo cual es normal. Nunca, pero nunca al revés, (agua al ácido) ya que esto produciría una explosión ", Es muy aconsejable trabajar durante todo el proceso con anteojos y guantes protectores.

Luego de un tiempo la solución se enfría y esta listo para su utilización, lo vertimos dentro del recipiente de anodizado "taperware", a continuación sumergimos el **CÁTODO**, colocamos el termómetro de manera que podamos controlarlo sin tener que moverlo, apoyamos el listón de madera con los clavos sobre este y listo.

Si contamos con tester los conectamos de manera que podamos medir el voltaje y amperaje que circula por todo el circuito (esto ayudara mucho a la hora de calcular el tiempo que necesita cada una de las piezas para su anodizado).

El proceso



El primer paso consiste en tener ya listas todas las piezas que vallamos a anodizar, si queremos que la pieza quede con una terminación brillante tipo laca, esta deberá pulirse antes de ser tratada; por el contrario si queremos que tenga una terminación mate, esta deberá arenarse o esmerilarse.

En este caso se mantuvo la superficie original de los perfiles, (satinada).



Algo muy importante es la forma en que se conecta la pieza al conductor de electricidad del cual suspendemos dentro del electrolítico, este debe ser también de aluminio (puede utilizar el alambre redondo de aluminio que se adquiere en las casas especializadas en soldaduras y es muy maleable y económico).

Lo importante de este paso radica en que si la unión de la pieza con el alambre no es bien firme (tipo cuña) el alambre se oxida produciéndose en el una capa aislante que no permite la circulación de corriente hacia la pieza y la electrolisis se detiene.



Una vez que tenemos las piezas firmemente unidas al conductor procedemos a desengrasarlas sumergiéndolas en una solución alcalina compuesta de Hidróxido de Sodio (soda cáustica) al 5% en agua, a una temperatura de 50 o 60° C. Mantenemos las

piezas dentro por 2 a 3 minutos, luego las retiramos y lavamos en abundante agua, pero sin tocarlas, ya que volveríamos a ensuciar la superficie de las mismas.

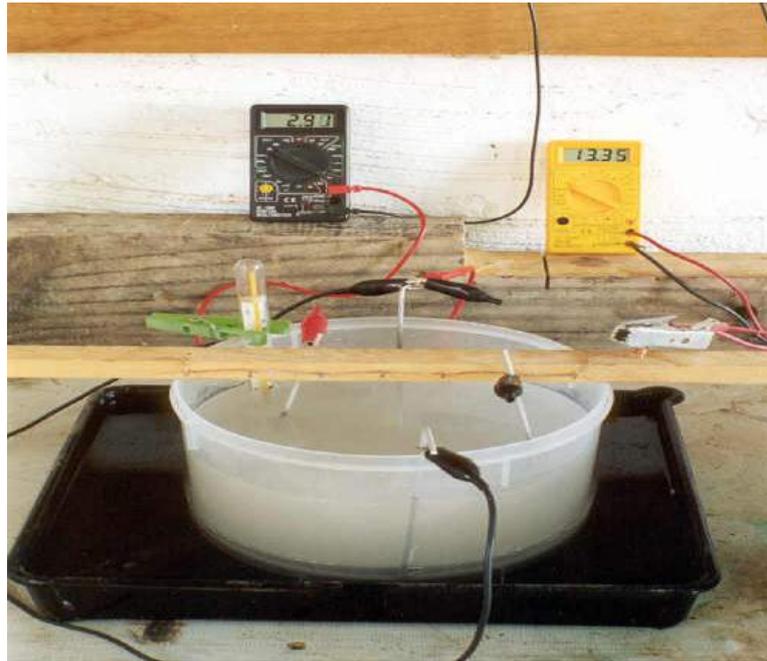
A partir de aquí es conveniente trabajar con un par de guantes de látex y tomar las piezas solo del conductor que instalamos antes.

Nota: Si mantenemos la pieza sumergida en exceso, la solución comenzara a comerse el aluminio quedando las piezas como si le hubiéramos hecho un arenado muy fino. "esto puede usarse para dar a las piezas una terminación mate"



Luego del lavado las piezas deben sumergirse en una solución ácida para neutralizar cualquier vestigio que pudiera haber quedado del baño anterior, esta solución la preparamos con Ácido Clorhídrico (ácido muriático) al 50 % en agua a temperatura ambiente, (puede ser también Ácido Nítrico), sumergimos las piezas solo unos 2 a 5 segundo solamente y volvemos a lavarlas en abundante agua limpia.

Luego de esto están listas para el proceso de anodizado, recordemos que no se deben tocar ni siquiera con los guantes, ya que de hacerlo las piezas presentaran unas manchas en su acabado final.



Luego del lavado y aún húmedas las sujetamos de los clavos mediante unas pinzas cocodrilos teniendo la precaución de que estas no se toquen entre si ni el recipiente, cuando tenemos todas en su lugar, conectamos el **negativo** del transformador al aro de plomo (**CÁTODO**), y el positivo a las piezas (**ÁNODO**), y damos corriente.

El tiempo necesario para la electrolisis la tendremos que calcular en base a la superficie de las piezas, para que la película de oxido se desarrolle de manera adecuada, manteniendo una porosidad que nos permita teñirla, debemos suministrarle un flujo de corriente comprendido entre 1 y 1,5 amperios por Dm^2 con un voltaje de entre 13 y 17 Volts aproximadamente.

Veremos en seguida como comienzan a desprenderse burbujas del **CÁTODO**, estas son de hidrogeno procedentes de la descomposición electrolítica del agua, por lo que se debe trabajar en un lugar bien aireado, preferiblemente cerca de una ventana.

A medida que pasa el tiempo observaremos como el amperaje que consume el proceso va decayendo, (comprobamos así las propiedades no conductoras de la capa de oxido) esto nos indica que todo esta correcto. Cuando transcurrió el tiempo que establecimos anteriormente, cortamos la corriente, retiramos las piezas y las lavamos otra vez en agua limpia sin tocarlas.



En este momento las piezas están listas para el teñido final, por su estructura porosa, la capa de óxido formada en este medio sulfúrico se asemeja a la textil y puede, ser teñida por medio de colorantes formulados para estas industrias. Existen también, tinturas especiales y más adecuadas para este proceso en sí.

Comenzamos con agua a la cual le agregamos anilina de la que se utiliza para teñir tela o ropa, la proporción en que se diluye es la indicada por cada fabricante, le damos una temperatura suave de aproximadamente 30 a 40° C. y sumergimos las piezas dentro, el tiempo necesario lo damos observando el grado de color que van tomando las piezas.



Una vez teñidas solo falta dar el sellado final; La capa anódica de aluminio coloreado es todavía una estructura porosa de óxido y debe ser sometida a un tratamiento de

eliminación de su propiedad absorbente que garantice la estabilidad química y de color frente a la luz solar, (si no hacemos esto el coloreado se ira perdiendo con el paso del tiempo o se nos manchara al contacto con otro agente liquido).

El sellado es tan simple como todo el proceso en si y consiste en sumergir las piezas en agua destilada hirviendo, (100° C.) por el término de 2 a 3 minutos. Lo que logramos con esto es cerrar los poros de la capa anódica mediante un proceso hidrotermal con lo cual evitamos el ataque o la modificación de esta por cualquier agente externo.



Aquí puede verse el resultado final en color y natural.

Cuestiones a tener en cuenta

- a) Que no todas las aleaciones son predisuestas al coloreado (si al anodizado).
- b) Si no mantenemos la temperatura del electrolítico entre 20 y 22° C., se forma la capa anódica pero este exceso de temperatura va cerrando la estructura porosa de la misma, por lo que no penetra ninguna tintura.
- c) El exceso de corriente y la falta de voltaje producen el mismo efecto.
- d) La unión de la pieza al conductor de aluminio que la sostiene debe ser muy firme, si no es así este se comienza a oxidar en el punto donde hace contacto y deja de conducir corriente hacia pieza, la cual no se anodiza.
- e) No todos los colores de anilina son propicios para el teñido de aluminio.
- f) La limpieza de las piezas es muy importante para un buen resultado

Conclusión

El anodizado de aluminio poseen múltiples ventajas que lo hacen atractivo en el mercado.

La capa de anodizado es más dura que la capas obtenidas pintando con resina sintéticas. Esta propiedad la hace más útil en zonas donde hay un gran tráfico por lo que es sometida a un abuso físico y en donde se utilicen limpiadores abrasivos.

El anodizado no puede ser pelado ni escamado por cuanto la capa forma parte del metal base.

Posee un costo de mantenimiento nulo.

El anodizado le da al aluminio una apariencia de superficie metálica muy superior a la que se puede lograr con pinturas orgánicas.

El anodizado no es afectado por la luz solar. Sin embargo, todos los recubrimientos orgánicos pueden eventualmente fallar debido a la exposición a los rayos ultravioletas

En decoración, permite la realización de acabados decorativos, especialmente en color. El carácter metálico de las piezas no se oculta y se conserva gracias a la transparencia de la capa.

Bibliografía

Tecnología de materiales

Autor: Carlos Ferrer Giménez, Vicente Amigó Borrás

Año: 2003

Metales resistentes a la corrosión

Autor: Pere Molera Sol

Año: 1989