

**Fecha última revisión:** lunes 08 de agosto de 2015

**Solicita:** Departamento Técnico  
**Referencia:** Aluminio Anodizado

**Detalle:** Variación de Tono en el Aluminio Anodizado

### **Introducción**

Con todos los avances en tecnología de acabado de metales durante los últimos diez años, se podría pensar que la variación del color es una cosa del pasado. No es cierto. La variación del color existe todavía en los productos terminados, pero las razones para ello son más complejas que nunca. En este artículo se abordan las causas de la variación de color/tono en el aluminio anodizado.

### **Componentes de la Apariencia**

La apariencia se compone de color, brillo y textura. Los tres factores son importantes en la uniformidad visual de los productos de metal. El color puede ser medido con un colorímetro y el brillo con un medidor de brillo. La textura es un término general. Para los metales, textura incluye factores relacionados con el metal base como la suavidad y el grano.

No hay una manera satisfactoria para incluir todos estos factores en una especificación de acabado o incluso para medir la textura de una manera significativa. Para los efectos de este artículo, vamos a hacer una única referencia rápida a los problemas de textura aunque estos problemas son la fuente de muchas quejas.

El brillo se mide normalmente con un instrumento de medición de la reflectancia a 60 grados. Un espejo perfecto entonces tiene un brillo de 100 y perfectamente plano sería 0. En el lenguaje común, un alto brillo es 80 o superior, medio es 50 - 60, y el mate es 30 - 40. Acabados Kynar son generalmente 35 mientras anodizados mate van desde 5 a 20. Anodizado pulido y abrigantado será mucho mayor.

### **Componentes del Color**

El color se mide normalmente en términos de valores X, Y, y Z. Estos valores son entonces manipulados matemáticamente para producir diferentes escalas de color. Las escalas más comunes son Hunter, CIELAB, y CMC. Estas escalas se componen de tres números, por lo general L, a, b o L, C, H. Las escalas son tridimensionales y la diferencia matemática entre cualesquiera dos puntos se describe como DELTA E. DELTA E es un intento de indicar en un número la diferencia de color entre dos muestras.

Tradicionalmente han existido problemas en confiar en el DELTA E como la representación veraz de la diferencia de color. En algunos de los sistemas más antiguos, un valor DELTA E se mostró diferente dependiendo de donde fue tomada la muestra en la escala L (luz-oscuridad). Los colores más oscuros muestran menos variación de color, por lo que es necesario tomar en cuenta L. Los sistemas más recientes, como la CMC hacen valores Delta E más coherente con lo que se ve visualmente.

AAMA 611 es una nueva especificación de anodizado que tiene límites establecidos para la variación de color. Se espera que AAMA 611 se convierta en un estándar de la industria. La mayoría de fabricantes renuncian a la consistencia del color en el anodizado.

|        | TEST              | PERFORMANCE                                  |  | ADVANTAGE                | COMMENTS |  |
|--------|-------------------|--|--|--------------------------|----------|--|
|        |                   | AAMA 612                                     | AAMA 611                                     |                          |          |  |
|        |                   |  | CLASS I                                      |                          |          | CLASS II   |
| FINISH | Coating Thickness | 0.7 mils<br>(18 microns)                     | 0.7 mils<br>(18 microns)                     | 0.4 mils<br>(10 microns) | None     | The overall thickness of the coating helps to protect the integrity of the finish and the aluminum itself. |
|        | Color Uniformity  | Samples Shall Not Differ More Than 5 Delta E | Samples Shall Not Differ More Than 5 Delta E |                          | None     |  |

Comparación de Estándares de Anodizado según AAMA



Muestra de variación en aluminio champagne



Muestra de variación en aluminio bronce

### Aluminio Anodizado

Muchos especificadores y diseñadores no saben que la razón más importante para la variación de color experimentada en el proceso de anodizado se debe a las variaciones en los metales usados. La mayor parte de aluminio anodizado se puede anodizar, pero la mayoría de las aleaciones no son atractivas después de anodizado. Diferentes aleaciones anodizan diferentes colores. Algunas aleaciones son más adecuadas para la anodización (5005, 6063) que otras (2024, 3003). Incluso cuando se utiliza una aleación de anodizado, hay poca probabilidad de consistencia del color entre diferentes aleaciones. Por ejemplo, 6063 (extrusiones) y 5005 (hojas) se consideran adecuadas para el anodizado. Sin embargo, aparecerá diferente 6063 y 5005 uno del otro cuando anodizado. Además de la aleación es importante considerar el temple. 5005 H14 y 5005 H34 se anodizan a un ritmo diferente. El calor siempre se utiliza en la fabricación de hoja y extrusión así el temple siempre es importante.

La producción de metal en circunstancias idénticas con una aleación idéntica (receta) y estructura metalúrgica es casi imposible en días diferentes. Metal de la misma aleación puede variar debido a:

1. Componentes de aleación tales como zinc, magnesio y silicio dentro de las tolerancias de estándares para cada aleación
2. Estructura metalúrgica tales como tamaño de grano, líneas de calor, líneas de flujo, etc., son impresas al metal a medida que se convierte de lingote a un producto acabado como hoja o extrusión.
3. Temple

---

Estas tres variables se efectúan a través de:

1. Prácticas de fabricantes diferentes. (Diferentes fabricantes utilizan métodos de fabricación ligeramente diferentes)
2. Fecha de procesamiento. (Las condiciones de procesamiento cambian de un día a otro)
3. El horno en el en el cual se realiza la aleación
4. Cada empresa de aluminio primario probablemente tendrá más de una ubicación de fabricación
5. El método utilizado para hacer el producto (laminación, extrusión y moldeo)
6. El método utilizado para templar el metal, incluyendo cualquier proceso de fabricación que implica calor

Extrusiones son complicadas de comprar en grandes lotes porque diferentes extrusiones probablemente provienen de diferentes lotes de tocho. Un tocho es una fundición de aluminio que se empuja a través de la matriz (como plastilina) para hacer una extrusión de aluminio. Extrusoras normalmente compran su materia prima en el mercado abierto y diferentes formas. Algunas extrusoras compran la mayor parte de su materia prima de un solo proveedor. La consistencia del color del anodizado será probablemente mejor en una extrusora de este tipo, pero aún no es perfecto porque el tocho puede ser creado bajo condiciones ligeramente diferentes, incluso de la misma planta de fundición.

Otros procesos realizados al aluminio que causan variación de color en anodizado son variación de calor de extrusión y soldadura. Flexión por calor es un proceso donde un dado de extrusión se calienta usando una antorcha y envuelto alrededor de una plantilla de acero. Este proceso cambia el carácter de la extrusión y el color puede ser muy diferente.

Si se aplica calor en cualquier momento, se corre el riesgo de cambiar el aspecto resultante de anodizado. Esto es especialmente cierto con la soldadura. Aluminio soldado es casi imposible de homologar. La soldadura también crea un halo en el metal que rodea porque el temple se cambia por el calor.

Incluso cuando el metal es idéntico todavía hay variación aportada por el proceso de anodización en sí mismo. Esta fuente de variación es algo sobrevalorada porque la mayoría de las variaciones dentro de metal no son visibles cuando está con el acabado de fábrica. Desafortunadamente, no hay manera para que un anodizador pueda cambiar la estructura metalúrgica del metal y a veces no hay manera de superar las diferencias de aleación en color por lo que las diferencias de tonalidad serán inevitables.

Las variables que causan variación de color anodizado que son imputables al proceso de anodizado en sí son:

1. Espesor del revestimiento anódico.
2. Los procesos de anodización, tales como:
3. Colorante utilizado, la saturación vs insaturado.
4. Bobina vs. anodizado en lotes
5. Tipo de soluciones utilizadas. Por ejemplo, diferentes soluciones de 2 a paso.
6. Temperatura de todas las soluciones.
7. Concentración de las soluciones.
8. Tipo de ataque químico utilizado
9. Tiempo en cada proceso
10. Tamaño de la carga (pie por carga)
11. Método trasiego (pulgadas cuadradas de área de trasiego de transporte de corriente real).
12. Variación de la densidad de la corriente causada por la configuración de la pieza, haciendo huecos y zonas blindados en el acabado.

El espesor del revestimiento para uso arquitectónico normalmente se especifica ya sea como Clase 1 y Clase 2. Recubrimientos gruesos (Clase 1) son generalmente más oscuros que los revestimientos más delgados para una aleación dada, incluso con anodizado natural o claro. Es sorprendente la cantidad de gente no es consciente de que el anodizado claro puede variar.

---

Hay varias maneras de colorear aluminio. Si usted está tratando de fabricar aluminio bronce, existen por lo menos tres formas de hacerlo. Son de dos pasos, color integral y teñido. Con el proceso de 2-pasos, hay soluciones estaño-sal a base de cobalto y base, así como otros. La única manera de minimizar la variación del color es tener un anodizador que realice todo el acabado de un proyecto determinado.

Con el teñido de aluminio, es posible conseguir diferentes tonos de aluminio en la misma solución con diferentes longitudes de tiempo. A medida que el tiempo aumenta, se llega a un punto de los rendimientos decrecientes y, finalmente, el aluminio se tiñe por saturación. Para minimizar la variación de color, se recomienda teñir siempre a la saturación.

### **Instalación**

Otra consideración en la variación de color es la instalación. Debido a que los recubrimientos anodizados son translúcidos, su apariencia varía con el ángulo de visión. Incluso unos pocos grados de desviación pueden causar una diferencia en la apariencia o la no uniformidad. No se debe esperar que los productos que provienen de diferentes fabricantes se adapten perfectamente.

### **Fuentes y Referencias**

[http://www.linetec.com/ANODIZE/Anodize\\_Color\\_Variation.html](http://www.linetec.com/ANODIZE/Anodize_Color_Variation.html)  
<http://www.fot.de/uploads/docs/fehlermoeglichkeiten.pdf>  
<http://www.aamanet.org/general/2/351/aluminum-finishes>  
[http://www.aec.org/designresources/spotlight\\_anodizing.pdf](http://www.aec.org/designresources/spotlight_anodizing.pdf)  
<http://www.usglassmag.com/USGlass/2003/0304/AlumCitings.html>

Depto. Técnico y Dibujo | EL MUNDO VIDRIO ARQUITECTONICO