

Pegado por escurrimiento

Descripción

El defecto (figura 1) se produce cuando el esmalte fundido se desliza por las paredes de la pieza hasta llegar a las placas de enhornamiento. Tras el enfriamiento el objeto esmaltado queda sólidamente adherido a la placa, siendo imposible separarlo sin ruptura.

A veces, sin llegar a alcanzar las placas de enhornamiento, puede formarse un cordón de mayor espesor en la base, y en las partes angulares un menor espesor de esmalte, llegando a transparentar el soporte ⁽¹⁾ (Ver asas en la figura 1).



Figura 1. Ecurrido de un esmalte con muy baja viscosidad en fundido. Fotografía: Rafa Galindo.

El defecto puede darse en piezas artesanales con paredes verticales o inclinadas y en algunos productos industriales, como por ejemplo los sanitarios, alfarería, vajillas, etc.

En algunas ocasiones, si es conocida la baja viscosidad del esmalte, pueden lograrse algunos interesantes efectos estéticos dejando sin esmaltar, o con muy poca capa de esmalte, la parte inferior de la pieza y aprovechando el escurrido del esmalte, tal como se muestra en la figura 2.



Figura 2. Efecto estético en el esmaltado de una jarra de gres aprovechando el escurrido del esmalte por baja viscosidad en fundido. Fotografía: Rafa Galindo.

Causas del defecto

El defecto se debe a una **baja viscosidad en fundido** del esmalte agravado por la aplicación de este en capas gruesas.

Puede provocarse este defecto también por una **excesiva temperatura de cocción** o por un **tiempo de permanencia a la temperatura de cocción demasiado largo**.

En esmaltes fritados puede producirse una **segregación de la parte fritada** durante la aplicación ya que esta tiene un mayor peso específico y esto provocar durante la cocción escurrimientos parciales del esmalte ⁽²⁾.

¿Cómo solucionarlo?

La causa principal del esmalte es su **baja viscosidad en fundido**, por lo que puede corregirse con cualquiera de la siguientes acciones:

- Aumentar la proporción de sílice en la composición del esmalte.
- Aumentar la proporción de alúmina en la composición del esmalte hasta llegar a una relación molar 1:10 con la sílice.
- Disminuir la proporción de alcalinos o de CaO en la composición aumentando la de sílice y/o alúmina ligeramente.

Cualquiera de estas acciones supone un cambio en la composición del esmalte, por lo que es probable que cambien algunas características de este, por lo que es necesario probar el esmalte resultante.

Si el escurrido se produce por segregación de componentes fritados, puede corregirse aumentando la cantidad de caolín empleado como suspensionante en el esmalte y molturar este lo más finamente posible. Debe considerarse que una molienda excesiva puede variar el aspecto del esmalte y causar el defecto de retirado, por lo que debe probarse primero.

¿Quieres saber más?**¿Qué es la viscosidad en fundido de un esmalte?**

La viscosidad es una propiedad de los fluidos y expresa su resistencia u oposición al deslizamiento entre sus moléculas cuando actúa una fuerza ⁽³⁾. Los esmaltes en fundido se comportan como fluidos, por lo tanto, cuando se hace referencia a su resistencia a la deformación se expresa como "**viscosidad en fundido del esmalte**".

En general, la viscosidad (η) de un fluido es una medida del rozamiento interno o la resistencia al deslizamiento que existe entre sus moléculas. Se expresa como la **relación** existente entre la fuerza por unidad de superficie necesaria para deformar el fluido -llamada **esfuerzo cortante** (τ)- y la deformación obtenida o **gradiente de velocidades** (γ) (velocidad por unidad de longitud) (*).

En el Sistema Internacional de unidades la viscosidad se expresa en Pascales por segundo: $1 \text{ Pa}\cdot\text{s} = 1 \text{ N}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}$ que equivale a 10 ps (10 poises). No obstante, con frecuencia se utiliza el submúltiplo dPa·s, que equivale a un Poise que es la unidad de medida de la viscosidad en el sistema cegesimal.

¿Qué influencia tiene la viscosidad en fundido del esmalte?

En general la viscosidad en fundido influye en las siguientes características de los esmaltes:

- Influye en la reactividad del esmalte con:
 - o el soporte y por tanto en la formación de interfase entre ambos.
 - o Las partículas cristalinas presentes en el esmalte fundido (pigmentos, materias primas, cristales formados, etc.).
- A medida que aumenta la temperatura del esmalte aumenta su reactividad.
- La viscosidad en fundido controla la uniformidad del espesor de la capa de vidriado y su estirado. Una baja viscosidad en fundido puede producir el escurrido de esmaltes aplicados en vertical.
- Una baja viscosidad en fundido favorece la aparición de cristales (cristalización) en esmaltes de cinc y/o de calcio.

- Una baja viscosidad en fundido favorece la eliminación de las burbujas y el cierre de cráteres que se puedan generar en el vidriado.

¿Qué influye en la viscosidad en fundido del esmalte?

El valor de la viscosidad en fundido depende de la temperatura y de la composición del esmalte.

- Influencia de la temperatura:

La viscosidad en fundido **disminuye al aumentar la temperatura**.

Es posible calcular la viscosidad a una temperatura determinada, o interpretar, de forma general el comportamiento viscoso real de los esmaltes mediante el uso de diversas fórmulas empíricas. De todas ellas la más frecuentemente empleada es la de Vogel-Fulcher-Tamman ⁽³⁾ ⁽⁴⁾:

$$\log \eta = -A + \frac{B}{T - T_0}$$

Las tres constantes A, B y T_0 , de esta expresión son independientes de la temperatura. Su medida para cada vidriado requiere conocer tres parejas de valores viscosidad-temperatura, para lo cual se suele recurrir a la determinación de tres puntos fijos de viscosidad o pueden utilizarse las ecuaciones propuestas por sus autores y recogidas por Fernández Navarro ⁽³⁾:

$$A = 1,455 - 1,4778 \cdot a_{Na_2O} + 0,8350 \cdot a_{K_2O} + 1,603 \cdot a_{CaO} + 5,4936 \cdot a_{MgO} - 1,5183 \cdot a_{Al_2O_3}$$

$$B = 5736,4 - 6039,7 \cdot a_{Na_2O} - 1439,6 \cdot a_{K_2O} - 3919,3 \cdot a_{CaO} + 6285,3 \cdot a_{MgO} + 2253,4 \cdot a_{Al_2O_3}$$

$$T_0 = 198,1 - 25,07 \cdot a_{Na_2O} - 321,0 \cdot a_{K_2O} + 544,3 \cdot a_{CaO} - 384,0 \cdot a_{MgO} + 294,4 \cdot a_{Al_2O_3}$$

Los valores de a_i se expresan en moles de cada componente por cada mol de SiO_2 en la composición del esmalte.

- Composición del esmalte:

La composición de los esmaltes determina su viscosidad en fundido, de manera que pequeños cambios en un componente pueden generar fuertes variaciones de la viscosidad en fundido del esmalte (**).

1. En general, la viscosidad del esmalte es tanto mayor cuanto mayor sea la proporción de formadores de red (SiO_2) o de estabilizadores (Al_2O_3) respecto a la de los modificadores (alcalinos, alcalinotérreos, ZnO , PbO , etc.). Sin embargo, el B_2O_3 , que es también formador de red, reduce marcadamente la viscosidad a elevadas temperaturas y, en cambio, a bajas temperaturas la aumenta si se encuentra en el esmalte en contenidos inferiores al 20 %. Este efecto es conocido como "**anomalía del boro**" ⁽³⁾.
2. Si se aumenta la proporción de **óxidos alcalinos** en el esmalte, se debilita la estructura vítrea y, por tanto, disminuye la viscosidad en fundido del esmalte. Esta disminución es más sensible a bajas concentraciones de alcalinos, aproximadamente a valores inferiores al 12 % ⁽³⁾ en moles, no siendo tan acusada a partir de este valor. En las mismas condiciones, la viscosidad de un esmalte disminuirá en el siguiente orden:

Mayor viscosidad $K^+ > Na^+ > Li^+$menor viscosidad

Esta relación se invierte en vidriados con una proporción molar de alcalinos superior al 40 % ⁽³⁾.

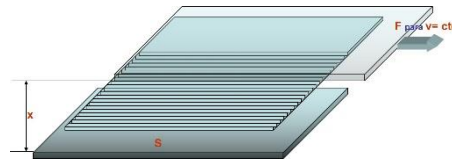
3. Los óxidos alcalinotérreos disminuyen la viscosidad en el siguiente orden ⁽³⁾:

Mayor viscosidad $Ba^{2+} > Sr^{2+} > Ca^{2+} > Mg^{2+}$menor viscosidad

El Ca^{2+} disminuye la viscosidad de los esmaltes a elevadas temperaturas, en cambio temperaturas próximas a la temperatura de reblandecimiento la aumenta ⁽³⁾.

4. El Zn^{2+} tiene un comportamiento semejante al calcio. Disminuye la viscosidad a temperaturas elevadas mientras que la aumenta a temperaturas próximas a la temperatura de reblandecimiento ⁽³⁾.
5. El Pb^{2+} reduce siempre y de forma muy apreciable la viscosidad en fundido de los esmaltes.

(*) Si se considera el fluido contenido entre dos grandes láminas planas y paralelas de superficie S , separadas entre sí por una distancia muy pequeña x y se mantiene en movimiento, una de las dos láminas según se muestra en la figura, con una velocidad constante v , se establece, en régimen estacionario, un perfil de velocidades en el fluido.



Para que esta situación se permanezca, es necesario mantener la misma fuerza (F) sobre la lámina inferior en la dirección indicada en la figura. Esta fuerza, referida a la unidad de superficie (F/S) se denomina “**esfuerzo cortante**” (τ) viene dada por la expresión:

$$\frac{F}{S} = \eta \cdot \frac{v}{x}$$

En la que:

- F: Fuerza aplicada (N)
- S: Superficie de las láminas (m^2)
- η : Viscosidad del medio (Pa.s)
- v: Velocidad (m/s)
- x: Distancia entre placas (m)

En esta ecuación η es la constante de proporcionalidad y representa la fricción interna del material, que es una medida de la resistencia al flujo, y se denomina **viscosidad**. Esta expresión puede representarse también de la siguiente forma:

$$\tau = \eta \cdot \gamma$$

en la que τ representa esfuerzo cortante o fuerza de cizalla y γ el gradiente de velocidades o velocidad de cizalla.

(**) La influencia de los distintos componentes del esmalte no suele ser uniforme no, a veces, del mismo signo a lo largo de todo el rango de temperaturas. Tanto en esmaltes como en vidrios se distingue el comportamiento de sus componentes por arriba y por debajo de la temperatura de relajación ⁽⁴⁾.

Bibliografía

- (1) FORTUNA, D. “*Tecnología cerámica. I sanitari*”. Pg. 307. Faenza Editrice S.p.A. Faenza, 1990.
- (2) HEVIA, R. et al. (Editado, Alicia Durán). “*Introducción a los esmaltes cerámicos*”. Pg. 193. Faenza Editrice. (sf).
- (3) FERNANDEZ NAVARRO, J. M. “*El vidrio*”. Colección Textos Universitarios. Vol VI. 2ª Ed. Pg. 337 a 361 Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Madrid, 1991.
- (4) ENRIQUE NAVARRO, J.E.; NEGRE MEDALL, F. “*Tecnología cerámica. Vol. 5. Esmaltes cerámicos*”. Pgs. 918 a 924. Universidad de Valencia. València, 1985.