

Acción del calor en la sílice libre

Variedades alotrópicas de la sílice (SiO₂)

A la presión atmosférica, la sílice se puede presentar bajo tres especies químicas que responden a la fórmula SiO₂ denominadas **cuarzo**, **tridimita** y **crystalita**. A su vez cada especie posee varias modificaciones estructurales que se diferencian con las letras griegas α , β .

Acción del calor en la sílice.

Los cambios entre las diferentes especies de la sílice debidos a la temperatura pueden ser de dos tipos ⁽¹⁾:

- Reacciones de conversión.
- Reacciones de inversión.

Se denominan **reacciones de conversión** a las reacciones de transformación de especies diferentes, por ejemplo de cuarzo en tridimita o de tridimita en cristobalita. Estas reacciones implican la ruptura de enlaces Si-O-Si y reestructuración de los tetraedros de Si-O. Las reacciones de conversión son todas reversibles e implican una reorganización estructural importante, modificando su densidad. La velocidad a la que transcurren es extremadamente lenta.

Se denominan **reacciones de inversión** a las reacciones de transformación entre las variedades cristalinas α y β de cada especie, que corresponden respectivamente a las formas de baja y alta temperatura de cuarzo tridimita y cristobalita. Estas reacciones implican solo pequeños cambios estructurales sin ruptura ni formación de nuevos enlaces, por lo que transcurren de manera casi instantánea y son reversibles. También modifican la densidad de la especie pero de forma mucho menos intensa que las reacciones de conversión.

En la figura 1 tienes un resumen de las más importantes transformaciones alotrópicas de las variedades cristalinas de la sílice ^{(1) (2)}.

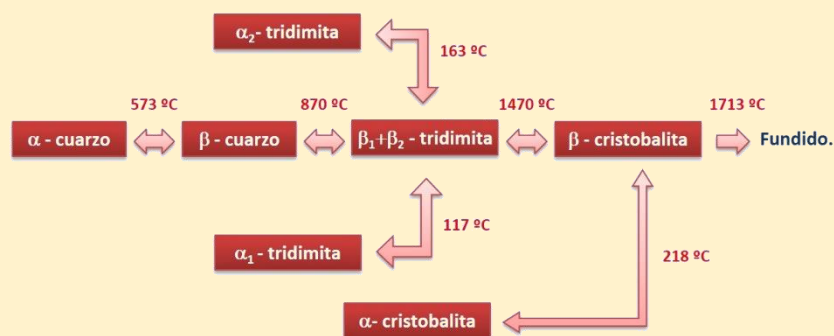


Figura 1. Transformaciones alotrópicas de la sílice.

Imagen: Rafa Galindo.

Importancia de la acción del calor en la sílice.

El conocimiento de estas transformaciones resulta de especial interés por las fuertes variaciones dimensionales que estas fases registran en función de su temperatura: el cuarzo experimenta una dilatación regularmente creciente hasta su temperatura de transformación a 573°C, (a presión atmosférica) a la que súbitamente se produce una expansión lineal del 0,2 %. La tridimita presenta dos bruscas dilataciones a 117°C y 160°C, con un aumento total de longitud del 0,3 %, y la cristobalita presenta la más importante variación dimensional de las tres fases consideradas, con un aumento lineal del 1,1 % a 230 °C ⁽²⁾.

Estos cambios dimensionales desempeñan un papel especialmente importante en la fabricación de productos cerámicos conformados, especialmente el del cuarzo (conversión $\alpha - \beta$) ya que condiciona el ciclo de cocción, especialmente el enfriamiento. Esta transformación resulta particularmente crítica durante el primer calentamiento de los hornos de fusión de fritas en los que se hayan empleado ladrillos de sílice, ya que la transformación del β cuarzo ($\rho = 2,65 \text{ g/cc}$) en α cristobalita ($\rho = 2,21 \text{ g/cc}$) transcurre con una fuerte disminución de densidad que corresponde a un aumento de volumen de aproximadamente un 16 %. Ello exige que el calentamiento, durante la puesta en marcha, se efectúe gradualmente.

La formación de cristobalita también puede constituir un serio inconveniente durante el proceso de fusión de las fritas. Los granos de cuarzo reaccionan fácilmente con los componentes de la mezcla vitrificable, pero, si eventualmente llegan a transformarse en cristobalita, su incorporación a la masa fundida resulta mucho más difícil, ya que al tener menor densidad que esta, tienden a acumularse en su superficie ⁽²⁾.

La presencia de sílice libre en la composición de la pasta aumenta el coeficiente de dilatación lineal del soporte y su refractariedad, y obliga a realizar un enfriamiento lento entre 600 y 500 °C para evitar rupturas debidas a la contracción provocada por la transformación de cuarzo β en cuarzo α . Esta ruptura se denomina desventado (figura 2).



Figura 2. Plato con grieta de enfriamiento. Fotografía: M^a Dolores Notari

La inversión térmica alfa-beta del cuarzo a 573°C, constituye no solamente un elemento identificador, sino que se ha convertido en un patrón de temperatura para ATD.

¿Quieres saber más?

El enfriamiento en los ciclos de cocción rápidos de las baldosas cerámicas.

La composición de las pastas cerámicas empleadas para la fabricación de baldosas cerámicas en las que se emplean arcillas con medianos y altos contenidos en sílice libre; y los cortos ciclos de cocción, mayoritariamente inferiores a 60 minutos, obligan a dividir el enfriamiento del ciclo de cocción de estos productos, que suele ocupar un 40 % de la longitud del horno ⁽³⁾, en tres etapas (figura 3):

- **Primer enfriamiento forzado.** Se realiza por inyección de aire mediante tubos de soplado instalados arriba y abajo del plano de rodillos que transporta las baldosas, entre la temperatura máxima de cocción y unos 600 °C.
- **Enfriamiento natural.** Se reduce la inyección de aire (o incluso se anula) disminuyendo la velocidad de enfriamiento del producto entre 600 y 450 °C. (estas temperaturas son

temperaturas de la atmósfera del horno. La temperatura real en la superficie de las baldosas es de 700 a 500 °C ⁽³⁾. Esta zona es una de las más críticas del horno ya que en ella tiene lugar la transformación del cuarzo β en cuarzo α , con la consiguiente contracción asociada. Esta transformación debe realizarse a una velocidad lo suficientemente lenta como para que no se produzcan tensiones en la pieza

- **Segundo enfriamiento forzado.** Se realiza también por inyección de aire o, según el modelo de horno, combinando la inyección de aire con ventiladores directos sobre las piezas, entre unos 500 °C y la salida. En esta etapa, en muchos modelos de horno, un ventilador impulsa el aire al interior del horno mediante tubos de soplado y otro ventilador se encarga de extraerlo mediante bocas de aspiración también situadas en el interior de los módulos que componen esta sección del horno.

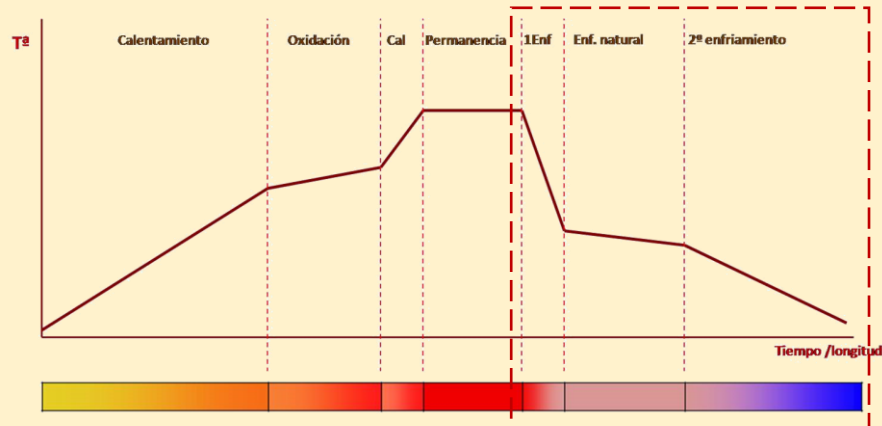


Figura 3. Ciclo de cocción estándar de baldosas cerámicas. Imagen: Rafa Galindo.

Bibliografía

- (1) AMORÓS ALBARO, J.L. BARBA, A.; BELTRÁN, V. "Estructuras cristalinas de los silicatos y óxidos de las materias primas cerámicas". 1ª Ed. Pgs.110-115. AICE-ITC. Castelló, 1994.
- (2) FERNANDEZ NAVARRO, J.M. "El vidrio". Pgs. 127-129. CSIC. 2ª Edición. Madrid, 1991.
- (3) SACMI-ATC. "Tecnología cerámica aplicada. Vol.2". Pg. 224. Faenza Editrice Ibérica S.L. Castelló, 2004.