

TRABAJO DEL VIDRIO

El vidrio es la primera sustancia sintética creada por el hombre. El vidrio se compone de un vitrificante, que es el material que le da la característica vidriosa (sílice, boro, plomo), un fundente para bajar el punto de fusión del vitrificante (potasa, sosa) y un estabilizante (cal) para conseguir un vidrio no soluble.

Una de las cualidades del vidrio es su estado amorfo. Es decir, se trata de un sólido que no es cristalino, sino que tiene una estructura molecular más aproximada a un líquido. Su propiedad que más nos interesa es su fusión pastosa, que permite su termo conformado y la realización del fusing.

El fusing es una soldadura de vidrios realizada en un plano horizontal, utilizando un horno y con el objetivo de obtener una pieza final estable y duradera. "Fusing" es una palabra anglosajona que podría traducirse como fusión o fundición, pero nos llevaría a confusiones. Podríamos utilizar: collage, vitrofusión y soldadura de vidrios en plano.

A partir de unos diseños se realiza una composición con vidrios específicos. Estos vidrios deben de ser compatibles, es decir, no generar tensiones una vez se han soldado, que harían que la pieza se rompiera. Podemos incluir otros materiales en vidrio, si son compatibles.

Los vidrios pueden recortarse, tallarse, pulverizarse y estirarse a fin de realizar la preparación o montaje inicial para ser fundida en el horno.

Cuando el vidrio se reblandece tiene una gran capacidad para engancharse al material que esté en contacto, por lo que debemos preparar una superficie que sea antiadherente con el objetivo de obtener una pieza de vidrio limpia. Normalmente se utilizan productos químicos como el caolín aplicado a brocha sobre la placa de cocción. Estas placas suelen estar fabricadas con refractarios de alta densidad. La fibra de alúmina también es excelente. En definitiva, materiales que soporten la temperatura de trabajo, que sean lisos y lo suficientemente porosos para aceptar el separador húmedo. Una vez la placa está imprimada y seca, podemos depositar la preparación de vidrios para ser fundida.

Cerramos el horno y nos disponemos a cocer el vidrio. La fusión se produce en el punto más alto de la cocción, como referencia unos 800° C. La curva de cocción tiene cierta complejidad y para construirla intervienen varios factores, como el tipo de fusión deseada, el tipo de vidrio, la preparación, lo lleno que esté el horno y el tipo de horno. Un esquema de la cocción típica sería:

1. Calor Inicial. Es la velocidad de calentamiento hasta un poco por encima del punto de transformación del vidrio. Este punto es cuando el vidrio deja de ser sólido para convertirse en líquido, aunque aparentemente no lo parezca.
2. Vamos a la fusión. Desde el punto de transformación al punto más elevado de temperatura.
3. Homogeneización de la fusión. Un mantenimiento arriba para igualar la temperatura en todo el horno.
4. Enfriamiento rápido. Hasta un poco por encima del punto de transformación, (punto superior de recocido) y normalmente se acelera abriendo la puerta del horno. En invierno se agradece.
5. El recocido. Éste es un proceso que diferencia la cocción de la cerámica de la del vidrio. Éste necesita cierta lentitud en el enfriamiento cerca del punto de transformación para no acumular tensiones que supongan rotura una vez la pieza esté fría. El tamaño de la pieza es uno de los factores fundamentales para calcular cuánto tiempo es necesario en este tramo.
6. Enfriamiento final. Una vez superado el recocido podemos apagar el horno y esperar que el horno alcance la temperatura ambiente.

Una vez fundida tendremos en nuestras manos una pieza donde se han soldado los trozos del puzzle de la preparación. Deberá estar libre de tensiones para que sea estable y tenga cierta durabilidad. Puede aplicarse como una vidriera, un cuadro o montarse en un soporte, dependiendo de nuestra imaginación. También podemos volver a cocerla, bien sea para conseguir determinados efectos de color o para darle forma sobre un molde mediante calor: termoformado. El termoformado es otra disciplina que estudiaremos un poco más adelante y que pertenece a las posibilidades del trabajo del vidrio dentro de un horno.

EMISON

c/ Vallirana nº 67 ES 08006 - Barcelona
Telf.: Voz: 932 115 093 Fax: 932 111 838
Internet: www.emison.com Mail: braso@emison.com

Para fusing utilizamos vidrio ya conformado y fundido en formato de plancha, hilo, tubo, varilla, grano, polvo, confetti, etc. y que debe de ser compatible. Además de la compatibilidad existen otras características importantes como la fusibilidad o ablandamiento, capacidad para no cambiar de color y tendencia a la desvitrificación.

2. La compatibilidad

Antes comentamos que la compatibilidad entre vidrios no es sinónimo de igual coeficiente de dilatación, aunque este dato normalmente es una buena guía. El coeficiente de dilatación es un valor que se mide en cm^3/C y se analiza en laboratorios. Se compara al mismo material entre 2 temperaturas y se mide su dilatación lineal. Normalmente esta prueba se realiza entre 20°C y 300°C , pero la dilatación no es lineal cerca de los puntos de transformación del vidrio (paso del estado sólido a líquido) aproximadamente hacia los 500°C , dependiendo siempre del tipo de vidrio. Como en fusing superaremos estas temperaturas y es básico saber cómo responden los vidrios a soldar, deberán testarse los vidrios antes de realizar cualquier proyecto. Con la ayuda del test de compatibilidad crearemos nuestra paleta de colores compatibles y saldremos de dudas con ese nuevo vidrio que está en nuestras manos. Aquellos vidrios que ya vengan testados por el fabricante nos darán garantía absoluta de éxito. Como regla vale que el vidrio que proviene de la misma plancha cambie o no de color, es compatible consigo mismo.

3. La tensión.

El polariscopio es un aparato que nos permitirá observar la tensión que existe en un vidrio. Las tensiones producidas por mal recocido y por incompatibilidad de vidrios son las que nos interesan en esta prueba. El polariscopio está compuesto por dos filtros de carbono "polaroid", convenientemente enfocados, y una cámara de luz. Normalmente en la linterna o cámara de luz hay un filtro fijo. Iremos moviendo el filtro móvil hasta conseguir la visión más oscura, que es cuando vemos sólo un haz de luz polarizada. Esto es el "enfoco de filtros". Podemos montarnos el polariscopio con los filtros fijos y enfocados, pero es interesante tener uno móvil por si debemos analizar una pieza muy gruesa. Sólo un vidrio con tensiones en el cual ocurre un cambio de densidad difractará la luz e iluminará más. Colocaremos la pieza entre los dos filtros e iremos observando, sobretudo en las esquinas entre los diferentes trozos, en busca de unos halos blancos. Más halo, más tensión. Unos vidrios compatibles deberían producir un halo mínimo o ninguno. También miraremos los trozos de vidrio madre sobre sí misma para observar si la pieza presenta tensiones. En el caso de que así sea la prueba no nos servirá de mucho ya que la lectura estará falseada. Las tensiones por mal recocido son un poco diferentes y más tarde se analizarán.

Notas: Para observar con el polariscopio es necesario un poco de experiencia y una referencia real, alguien que nos enseñe cómo utilizarlo.

Un sistema divertido para averiguar si una pieza está bien recocida es hacerla pasar por un lavavajillas 2 o 3 veces. O meterla en el congelador y sacarla bruscamente una vez está bien fría. Si lo soporta tenemos una pieza casi segura.

4. La desvitrificación.

La desvitrificación es un fenómeno que consiste en la cristalización del vidrio. Ya hemos comentado que el vidrio es una sustancia amorfa, es decir su estructura molecular no es cristalina. Aproximadamente y dependiendo del vidrio, cerca de los $700-800^\circ\text{C}$ se activa un primer proceso de desvitrificación: Las redes moleculares amorfas se convierten en cristalinas. El efecto que produce, que es lo que nos importa, es una superficie mate, más o menos sucia, y si se produce entre capas, manchas. Algunas veces podremos observar a simple vista las formaciones cristalinas que se producen, parecidas en esta temperatura a cristales de nieve. La desvitrificación es un fenómeno natural que afecta al vidrio por calentamiento o por incorrecta composición a temperatura ambiente.

4.1. Factores fundamentales que afectan a la desvitrificación.

- Suciedad, normalmente grasas.
- Sustancias extrañas. Algunos materiales aceleran la desvitrificación.
- Tiempo en los puntos críticos de fusión. A mayor tiempo en las temperaturas de fusión más desvitrificación obtendremos.

EMISON

c/ Vallirana nº 67 ES 08006 - Barcelona
Telf.: Voz: 932 115 093 Fax: 932 111 838
Internet: www.emison.com Mail: braso@emison.com

-Composición del vidrio. En este caso referida no a temperatura ambiente, sino cuando el vidrio se ve sometido a calor. Bullseye cuida extremadamente sus composiciones para limitar al máximo la desvitrificación en la fusión.

Antes de fundir deberemos limpiar cuidadosamente los vidrios para evitar cualquier sustancia extraña que producirá manchas y acelera el proceso de la desvitrificación.

Cada vidrio tiene sus puntos críticos de desvitrificación. Más tiempo en esas temperaturas, mayor cantidad de desvitrificación. Como referencia general, entre los 700 a 800°C deberíamos pasar lo más rápidamente posible. En la subida esta rapidez vendrá dada por la potencia y carga del horno, pero en la bajada podemos abrir la puerta para enfriar más rápidamente.

El vidrio float tiene un punto crítico sobre los 650°C (sólo en la cara flotada) y luego en los 850°C. Los efectos no siempre son desagradables o no deseables. En el vidrio float se produce un halo mate muy interesante debido al estaño que se encuentra presente en una de sus caras.

No siempre se puede evitar la desvitrificación con las precauciones comentadas anteriormente. Generalmente el vidrio transparente incoloro es el que menos desvitrifica. Por eso Spectrum aconseja que los montajes realizados tengan el trozo de vidrio incoloro por encima, tapando toda la pieza.

4.2. Overglazes

Para evitar la desvitrificación se utilizan los *overglazes*. El *overglaze* o esmalte digamos "abrillantador", es un vidrio pulverizado que tiene un punto de fusión más bajo que las temperaturas críticas de nuestros vidrios. Normalmente se pulveriza en la superficie del proyecto, aplicando una película uniforme. Esta pulverización se realiza mediante pistola o aerógrafo. Los puntos más importantes suelen ser los "cantos" de los trozos de vidrio, que sobretodo si llegamos a *fullfusing* nos quedarán en la superficie de la pieza. Cantidad excesiva de *overglaze* producirá manchas blancas. Poca cantidad no hará efecto. Deberíamos realizar un test de compatibilidad con el *overglaze*, colocando una montaña de 1 cm. de *overglaze* sobre un trozo de vidrio madre y una vez cocido leer el resultado en el polariscopio. También es conveniente realizar un test de pruebas de vidrios con y sin *overglaze*, ya que algunos colores cambian de tono, o producen efectos interesantes. Incluso diferentes *overglazes* producen efectos diferentes.

Desgraciadamente los *overglazes* habituales contienen plomo en cantidades importantes, así que debe utilizarse con precaución. Las piezas que contengan *overglaze* con plomo es mejor no utilizarlas para servicios de alimentación. Afortunadamente existen *overglazes* sin plomo, que son adecuados para estos menesteres y que cada vez son más fáciles de encontrar.

4.2.1. Aplicación del *overglaze*.

La aplicación del *overglaze* se realiza adecuadamente con un aerógrafo o pistola de aire comprimido. Podemos utilizar pulverizadores manuales de boca, de los utilizados en dibujo para la aplicación del fijador, pero debido al contenido alto en plomo del esmalte hay que actuar con sumo cuidado. Mascarilla de protección, guantes, extractor y cortina de agua son muy recomendables. Mientras, al menos, hacer las aplicaciones de *overglaze* en el exterior si es posible. La distancia hacia las piezas debe de ser media, aprox. 20-30 cm. según el pulverizador y aplicando un poco inclinados para que llegue a los bordes de los trozos, que suele ser lo que más desvitrifica. Siempre es mejor comenzar con poca cantidad y repartirlo bien. Una vez aplicado, montaremos las piezas con cuidado para que no nos lo llevemos con los dedos.

Puede ocurrir que algún vidrio necesite más cantidad de *overglaze* que otro. Spectrum y los vidrios opales tienden a desvitrificar más y necesitan mayor cantidad. Pero si aplicamos mucha cantidad obtendremos una superficie lechosa, muy blanda y rallable fácilmente.

Los útiles utilizados pueden limpiarse con agua, ya que éste es el disolvente habitual. ¡Pero cuidado al tirar residuos de plomo por el desagüe! Mejor tirarlos sobre papel de periódico y depositarlo en la basura.

5. Choque Térmico.

El vidrio en estado sólido es un potente aislante y sufre de choque térmico. El choque térmico es un diferencial de temperatura elevado entre dos puntos de una pieza de vidrio y que producirá rotura. Es decir si calentamos un lado de una hoja y la otra la enfriamos el vidrio se nos romperá por choque térmico. Esta diferencia de temperatura entre los dos puntos será más pequeña conforme sea más

EMISON

c/ Vallirana nº 67 ES 08006 - Barcelona
Telf.: Voz: 932 115 093 Fax: 932 111 838
Internet: www.emison.com Mail: braso@emison.com

grande el coeficiente de dilatación. Por eso los vidrios farmacéuticos que pueden estar en contacto directo con la llama tienen un coeficiente de dilatación muy bajo.

Una vez el vidrio ha pasado a estado líquido no sufre rotura por choque térmico, por lo tanto será en el calentamiento inicial, hasta el punto de transformación del vidrio sólido a líquido, donde deberemos calentar adecuadamente la pieza para que no se rompa. También deberemos esperar, hasta que la pieza final se haya enfriado a una temperatura lo suficientemente baja, para verla. Paciencia.

Los hornos para fusing planos, calientan de una manera más homogénea la superficie del vidrio, pudiendo ir más rápidos en el calentamiento inicial.

6. Recocido.

Uno de los conceptos más importantes a la hora de trabajar con vidrio es el recocido. El recocido coincide con el estadio de transformación de líquido a sólido. Si la transformación no se hace adecuadamente el vidrio generará tensiones. Aunque la pieza esté entera una vez sacada del horno puede tardar horas, días o meses en romperse. Un relámpago, un cambio brusco de temperatura pueden hacer que la pieza se parta.

Para realizar una transformación adecuada del estado líquido a sólido deberemos recocer el vidrio. El punto de transformación líquido-sólido se define en dos momentos: Punto superior de recocido y punto inferior, y dentro de estos márgenes de temperatura ocurre la transformación. El recocido consiste en un mantenimiento sobre el punto superior de recocido y una bajada adecuada hasta el punto inferior de recocido (este es el sistema Corning). Los factores que determinan las temperaturas y tiempos son: Tamaño y forma de la pieza, tipo de horno, soporte y tipo de vidrio. Más información en 3.5. El recocido.

El mal recocido además hace aumentar el choque térmico en la pieza final.

Si incidimos especialmente en el recocido es debido a su importancia. Ya que es una circunstancia que no es visible –excepto con el polariscopio- es fácil restarle importancia.

El recocido es nuestra garantía de calidad indispensable para realizar un proyecto digno, responsable y seguro.

Test de compatibilidad

Existen varios, pero recomiendo el test del polariscopio. Siempre habremos de definir un vidrio madre, que normalmente será un transparente, ya que la prueba tiene como objetivo averiguar qué vidrios son compatibles con él. Cortaremos, por ejemplo, una tira de 4cm. x20cm. para colocar encima unos 8 trozos de 2x2cm. de los vidrios a testar con la base. Es importante cortar las dos esquinas de la base madre y colocarlas encima de sí misma para comprobar si la cocción ha sido correcta, si se recoció bien la prueba. Más adelante hablaremos del recocido y de la importancia básica que tiene en la soldadura de vidrios. Una prueba mal recocida nos falseará los resultados. Fundiremos a la temperatura habitual, por ejemplo 800°C, con el recocido adecuado. Luego analizaremos las tensiones con el

Hay otros datos importantes que nos aporta la prueba de compatibilidad y que la hacen muy recomendable al tener entre nuestras manos un nuevo vidrio:

-Tono fundido: nos informará si existe un cambio de tono en el color al fundirlo. Algunos colores cambian considerablemente de tono una vez fundidos, suele ocurrir con colores cálidos: rojos, naranjas y amarillos, que suelen tener selenio en la composición. Es lo que se llama *capacidad para cambiar de color*, y normalmente se trabaja de una manera más cómoda si los colores no nos cambian una vez se ha fundido el vidrio.

-La tendencia a la desvitrificación: algunos vidrios desvitrifican al fundirlos, si es así la superficie presenta un aspecto mate, pierde el brillo. A continuación hablamos de ello.

-La fusibilidad: cómo se integra el vidrio a testar con la base, qué fundidos quedan los bordes y sobretodo en comparación con los demás vidrios de la prueba. La fusibilidad es la capacidad de ablandamiento del vidrio respecto a la temperatura. Puede ser que dos vidrios sean compatibles pero uno se funda y se redondee antes que el otro. O que se integren con la base en diferentes temperaturas (vidrios duros-blandos). Excepto proyectos especiales conviene utilizar vidrios de similar movimiento. Los *overglazes* afectan aumentando el ablandamiento superficial de los vidrios.

EMISON

c/ Vallirana nº 67

ES 08006 - Barcelona

Telf.: Voz: 932 115 093

Fax: 932 111 838

Internet: www.emison.com

Mail: braso@emison.com

Podemos realizar un test de compatibilidad completo repitiéndolo a diferentes temperaturas y con overglaze y sin.

Los hornos merecen un capítulo aparte. Son la parte fundamental. Sin ellos no habría cocciones. Realiza todo el trabajo que nosotros no podemos hacer. Son nuestros aliados y debemos conocerlos muy bien.

8.1. Tipos. Ventajas e inconvenientes.

En un principio se utilizaron los hornos de cerámica, ya que estaban disponibles fácilmente. Pruebas con hornos de esmalte sobre metal confirmaron la necesidad de desarrollar hornos específicos para la técnica. En general un horno de fusing genérico debe cumplir los siguientes requisitos:

-Buena extensión para fundir. Se prefiere el formato plano donde el calor de las resistencias puede atacar al vidrio en toda su extensión.

-Elementos calóricos superiores y potentes. Aunque lo ideal fuera mixto, con elementos también a los lados, la parte más fría del horno. La potencia es necesaria para la velocidad, conveniente en algún punto de la cocción.

-Poca inercia térmica. Se consigue utilizando materiales poco densos y que acumulen poco calor. Esto irá bien para enfriamientos y respuestas rápidas.

-Control del proceso. Un buen procesador de al menos 6 puntos y con memorias nos ayudará mucho.

-Posibilidad de chimenea u orificios de ventilación. Cuando secamos o cocemos líquidos es necesario que salga toda la humedad. En general es bueno ventilar la cocción hasta los 400°C. Para enfriar también nos será útil al generarse una salida de calor. 3.1.2. Tipo de horno.

El horno

Podemos utilizar cualquier horno que llegue a la temperatura de trabajo, pero algunos son más adecuados que otros o tienen más posibilidades. Los más adecuados poseen los elementos calóricos (ya sean resistencias eléctricas o placas de gas) en la parte superior e inciden en toda la longitud y anchura de la pieza de vidrio. Los de cerámica con los elementos alrededor o en las paredes del horno necesitan un tipo de cocción diferente, pero pueden utilizarse con éxito. Serán incluso más adecuados cuando se realicen proyectos mixtos, de considerable grosor y moldes de fundición o *casting*.

Es muy adecuado y a veces fundamental tener un controlador del horno que nos permita hacer el ciclo completo de la hornada sin tener que estar presentes.

Un horno con elementos calóricos superiores puede calentar más rápido el vidrio sin romperse por choque térmico.

Es más adecuado un horno con resistencias en toda la parte superior del horno, ya que transmiten la energía y los infrarrojos en toda la longitud y amplitud de la pieza. Por lo tanto aquí puede ser más rápida la cocción. En un horno de cerámica se calienta antes los bordes del proyecto que el centro y habrá que ir con cuidado, doblando el tiempo del calor inicial en horno especial para fusing.

Los hornos de gas tienen mucha potencia, es decir un poder calorífico en poco tiempo muy alto y han de controlarse muy bien, sobretodo en el calor inicial. Los hornos de Speedburn están pensados especialmente para vidrio fusing, pero los de cerámica no son nada recomendables. Nada es imposible, con las debidas precauciones y experiencia se puede fundir vidrio en cualquier horno que llegue a 800°C.

EMISON

c/ Vallirana nº 67 ES 08006 - Barcelona
Telf.: Voz: 932 115 093 Fax: 932 111 838
Internet: www.emison.com Mail: braso@emison.com