

MÉTODO PARA FORTALECER Y CURVAR CAPAS DE VIDRIO

Campo de la invención

5

La presente invención se refiere a un método para reforzar y curvar hojas de vidrio en un mismo paso, y más en particular a un método para reforzar hojas de vidrio por intercambio iónico usando una solución saturada durante un proceso de curvado.

10 Antecedentes de la invención

Durante la fabricación de vidrio, varios procesos tienen que ser realizados en una secuencia específica con el fin de obtener un resultado deseado. Algunos de estos procesos son el proceso de curvado y el proceso de intercambio iónico. En el proceso de curvado, una hoja
15 de vidrio se curva con el fin de adoptar una forma específica permanente mediante el uso de una técnica de curvado, tal como curvado por gravedad, curvado por prensa o curvado en caliente en general.

La técnica de curvado por gravedad es un proceso de curvado en el que la hoja de vidrio se
20 calienta gradualmente en un horno por encima de su punto de deformación y en donde la fuerza de la gravedad actúa sobre la hoja de vidrio, haciendo que se hunda bajo su propio peso sobre un molde cóncavo o convexo dispuesto en posición horizontal en el horno. De manera similar, la técnica de curvado a presión es un proceso de curvado en el que la hoja de vidrio se calienta gradualmente en un horno por encima de su punto de tensión mientras
25 que fuerzas de compresión se aplican a la hoja de vidrio por miembros de prensa que tienen superficies complementarias correspondientes a la forma deseada. En ambas técnicas, después que se obtiene la forma deseada, la hoja de vidrio se enfría de manera controlada.

En lo que respecta al proceso de intercambio iónico, éste se realiza después de que el vidrio
30 se convierte en el producto final, en donde los iones más pequeños en la composición del

- vidrio (por ejemplo, iones de sodio) se sustituyen por iones más grandes en una sal iónica fundida (por ejemplo, iones de potasio) para mejorar/modificar algunas propiedades en la superficie de la hoja de vidrio, tal como la tenacidad. El proceso de intercambio iónico crea una capa fina de alta compresión en la superficie, dando como resultado una capa de máxima tensión en el centro. La técnica convencional de intercambio iónico se lleva a cabo sumergiendo la hoja de vidrio en un baño iónico durante varias horas a temperaturas, usualmente, por debajo del punto de tensión del vidrio. Esta técnica es muy utilizada hoy en día para reforzar hojas de vidrio que se utilizan en teléfonos móviles, televisores y automóviles, entre otros. A fin de hacer este proceso manufacturable, grandes cantidades de sal se funden en un gran contenedor de acero inoxidable, en donde las hojas de vidrio son sometidas a un intercambio iónico de acuerdo a una receta específica de temperatura/tiempo; es decir, el baño iónico, con el vidrio en el interior, debe ser calentado a una determinada temperatura T durante un determinado período de tiempo t .
- Por ejemplo, en un proceso de producción de hojas de vidrio reforzadas químicamente soda-lime, de acuerdo con la técnica de intercambio iónico convencional, una composición de baño iónico se prepara en un contenedor mediante la fusión de la sal iónica KNO_3 con calor. A continuación, las hojas de vidrio se precalientan a $350\text{ }^{\circ}\text{C}$ dentro de un horno por dos horas, y la temperatura de la composición de baño iónico preparada se ajusta a aproximadamente $450\text{ }^{\circ}\text{C}$ para el reforzamiento químico, en donde la temperatura de las hojas de vidrio precalentadas depende de la temperatura a la que se sumergirán las hojas de vidrio en el baño iónico. Posteriormente, las hojas de vidrio se sumergen en la composición de baño iónico por ocho a doce horas para permitir que el intercambio iónico se lleva a cabo. Finalmente, las hojas de vidrio se retiran del contenedor para que se enfrien gradualmente a temperatura ambiente dentro del horno por tres horas.

Usualmente, un proceso de producción de vidrio laminado requiere tanto de un proceso de curvado como de un proceso de intercambio iónico para combinar dos o más hojas de vidrio con al menos un material de capa intermedia que mantiene unidas las hojas de vidrio incluso cuando están rotas. En este proceso, después de cortar las hojas de vidrio a un

tamaño y/o forma deseados, las hojas de vidrio se curvan simultáneamente por un proceso de curvado (por aproximadamente diez minutos). A continuación, las hojas de vidrio se refuerzan químicamente de acuerdo con la técnica de intercambio iónico convencional (por trece a dieciocho horas). Luego, las hojas de vidrio se limpian y, finalmente, las hojas de vidrio se laminan juntas.

Como se puede observar, los procesos se realizan de manera secuencial, y el proceso de intercambio iónico es el proceso que consume más tiempo y una cantidad considerable de energía, no sólo debido a las etapas de precalentamiento y calentamiento, que duran varias horas, sino también debido a la etapa de preparación del baño. Esto es especialmente significativo cuando se necesitan diferentes tipos de vidrios, en donde cada tipo de vidrio requiere de una composición de baño iónico diferente. En consecuencia, entre el procesamiento de dos diferentes tipos de vidrio, se requiere remover del contenedor la composición actual de baño iónico, limpiar el contenedor y volver a cargarlo con la siguiente composición de baño iónico, lo que podría tardar varios días. Por lo tanto, el proceso de intercambio iónico se convierte en el cuello de botella de toda la cadena de producción.

Otro problema con esta técnica convencional es que el proceso es potencialmente peligroso por las siguientes razones: (a) produce gran cantidad de óxidos de nitrógeno (o NO_x del inglés *Nitrogen Oxides*) debido a la descomposición de la sal a alta temperatura durante los largos periodos de calentamiento; (b) la sal puede reaccionar violentamente con el agua a alta temperatura (por ejemplo, un vidrio mal secado); y (c) la tasa de corrosión del contenedor es elevada debido a la alta concentración de sal. Otro problema que surge con la técnica convencional es la contaminación cruzada de la sal; esto es, como la sal se utiliza continuamente, el baño se enriquece progresivamente con los iones originales del vidrio. La tasa de intercambio iónico tiende a disminuir, y también lo hace el esfuerzo de compresión; de modo que, en cierto punto, la sal debe ser cambiada.

Como solución parcial a dichos problemas, algunas investigaciones han propuesto métodos

para reforzar vidrio, en donde una solución acuosa, que contiene al menos una sal iónica, es utilizada para proporcionar una película en la superficie del vidrio antes del tratamiento térmico. Por ejemplo, la patente de los Estados Unidos. No. 3,498,773 utiliza una solución acuosa que cambia su concentración de sal en agua debido a la vaporización del agua para proporcionar una película sólida sobre la superficie del vidrio; mientras que, la patente de los Estados Unidos. No. 4,206,253 utiliza una solución acuosa que contiene un tensioactivo y sales de potasio, en donde la temperatura de la solución acuosa es mayor que la del vidrio, depositando de esa forma las sales de potasio sobre la superficie del vidrio.

10 Sin embargo, ambos métodos mencionados tienen restricciones sobre las soluciones saturadas y los tipos de vidrios que se pueden utilizar, en parte debido a la aplicación para la cual fueron concebidas (fabricación de botellas). Además, ninguno de los métodos describe cómo optimizar el proceso de producción de vidrio en el que se requieren procesos de curvado e intercambio iónico.

15

En consecuencia, existe una necesidad en el estado de la técnica de métodos para reforzar hojas de vidrio que sean amplios en el alcance de la aplicación y que optimicen el uso de recursos en la producción de vidrio.

20

Descripción general de la invención

Un objetivo de la presente invención es proporcionar un método para reforzar hojas de vidrio, el mismo que es utilizado durante el cambio de forma de hojas de vidrio para disminuir el tiempo de proceso, el consumo de energía y la cantidad de sal utilizada. Además, es un objetivo de la invención proporcionar un método que no tenga ninguna restricción sobre la solución saturada y los tipos de vidrios a ser utilizados. Adicionalmente, es un objetivo de la presente invención mejorar propiedades adicionales de la superficie del vidrio además de la tenacidad.

30

Estos objetivos pueden ser alcanzados por un método para reforzar una hoja de vidrio mientras se curva, que comprende los pasos de aplicar una solución saturada a una temperatura T_1 sobre una hoja de vidrio a una temperatura T_2 , en donde la solución saturada contiene una sal iónica y un disolvente líquido, y en donde $T_1 > T_2$; permitir que la solución sobre la hoja de vidrio se enfríe, precipitando de ese modo la sal iónica tan pronto como la temperatura de la solución disminuye, dejando una costra de sal adherida a la superficie de la hoja de vidrio; calentar la hoja de vidrio a una temperatura predeterminada T_3 por un período de tiempo predeterminado t_3 para curvar la hoja de vidrio por un proceso de curvado, en donde la temperatura T_3 se extiende desde la temperatura a la cual la viscosidad de la hoja de vidrio es $10^{14.6}$ poises hasta la temperatura a la cual la viscosidad de la hoja de vidrio es $10^{7.6}$ poises, y el tiempo t_3 es suficiente para proporcionar una curvatura seleccionada permanente para la hoja de vidrio; y enfriar la hoja de vidrio.

Como se puede observar, en el caso de una solución saturada como la del método descrito anteriormente, no se requiere tanta sal como en el caso del método convencional de intercambio iónico en donde se necesita sal fundida. Además, puesto que el intercambio iónico no se produce dentro de un contenedor con la solución iónica, dicha solución no llega a contaminarse. Por lo tanto, la sal que queda en la solución saturada podría ser reutilizada de manera eficiente para próximos revestimientos de sal iónica y procesos de intercambio iónico. Adicionalmente, puesto que la hoja de vidrio no requiere ser precalentada antes de la aplicación de la solución y la etapa de calentamiento dura mucho menos que en el método convencional de intercambio iónico, el tiempo y la energía consumida son mejorados significativamente.

Además, puesto que la solución saturada es preparada conforme se necesita, y el tiempo de calentamiento es reducido considerablemente, no se produce tanto NO_x como con otros métodos. Asimismo, puesto que la solución es una solución saturada, no existe probabilidad de que la sal reaccione violentamente con el agua como en el método convencional. Adicionalmente, cuando se necesitan diferentes tipos de soluciones saturadas, cada una de ellas puede ser preparada en un tiempo corto, incluso una solución saturada anterior puede

ser reutilizada para preparar nuevas soluciones.

- Finalmente, no existen limitaciones particulares sobre la sal iónica, el disolvente y el tipo de vidrio que pueden ser utilizados en la presente invención y, por lo tanto, es posible
- 5 modificar otras propiedades de la superficie del vidrio, además de la tenacidad.

Breve descripción de las figuras

- 10 Estas características y ventajas de la presente invención se harán evidentes a partir de la descripción detallada de las siguientes realizaciones junto con las figuras adjuntas, en los que:

- FIG. 1 muestra un proceso de aplicación de una solución saturada, de acuerdo con una
- 15 realización de la presente invención.

FIG.2 muestra una realización de la presente invención en donde el proceso de curvado se lleva a cabo mediante la técnica de curvado por gravedad.

- 20 FIG. 3 muestra una realización de la presente invención en donde el proceso de curvado se lleva a cabo mediante la técnica de curvado a presión.

- FIG. 4 muestra un primer ejemplo de una configuración de paquete de vidrios, de acuerdo con una realización de la presente invención.

25

FIG. 5 muestra un segundo ejemplo de una configuración de paquete de vidrios, de acuerdo con una realización de la presente invención.

- 30 **Descripción detallada de la invención**

En referencia ahora a las figuras, se muestran realizaciones preferidas del método, de acuerdo con la presente invención.

5 FIG. 1 muestra medios de rociado **1** aplicando una solución saturada **2** sobre una hoja de vidrio **3**. La solución saturada **2** se prepara previamente por disolución de sal iónica en un disolvente líquido (por ejemplo, agua desionizada) a una temperatura T_1 , en donde la solubilidad de la sal es mayor a medida que T_1 aumenta, de acuerdo con la curva de solubilidad de dicha sal, la misma que representa los cambios en la solubilidad de una sal a
10 diferentes temperaturas en un disolvente. La sal iónica es una sal con la fórmula genérica ANO_3 , o una sal iónica mixta $(A, B)NO_3$, O una mezcla de las mismas; en donde tanto A como B son un metal alcalino (por ejemplo, $NaNO_3$, KNO_3 y $LiNO_3$, entre otros). La solución saturada **2** a la temperatura T_1 se aplica en la hoja de vidrio **3** a la temperatura T_2 , en donde T_1 es mayor que T_2 . Luego, la solución **2** en la hoja de vidrio **3** se
15 deja enfriar a una tasa de enfriamiento entre $1\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ a $100\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$, preferentemente entre $1\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ a $50\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$, precipitándose de ese modo la sal iónica tan pronto como la temperatura de la solución disminuye a lo largo de la curva de solubilidad de dicha sal iónica; es decir, conforme la temperatura disminuye se precipita tanta sal iónica como la que corresponde al cambio de temperatura en la curva. Como resultado, la hoja de
20 vidrio **3** queda recubierta uniformemente con una sal recristalizada, formándose una costra de sal en la superficie de la hoja de vidrio **3**. Luego, la hoja de vidrio **3** se calienta dentro de una fuente de calor **8** (Fig. 2) a una temperatura predeterminada T_3 por un período de tiempo predeterminado t_3 para curvar la hoja de vidrio por un proceso de curvado, en donde la temperatura T_3 se extiende desde la temperatura a la cual la viscosidad de la hoja de vidrio es $10^{14.6}$ poises hasta la temperatura a la cual la viscosidad de la hoja de vidrio es
25 $10^{7.6}$ poises, y el tiempo t_3 es suficiente para proporcionar una curvatura seleccionada permanente a la hoja de vidrio **3**. Por último, la hoja de vidrio **3** se enfría dentro de la fuente de calor de forma controlada, evitando que la hoja de vidrio se rompa debido al cambio brusco de temperatura.

30

FIG. 2 muestra una realización en la que el proceso de curvado se lleva a cabo mediante la técnica de curvado por gravedad. En esta técnica, entre el paso de permitir que la solución sobre la hoja de vidrio se enfríe y el paso de calentar la hoja de vidrio, una hoja de vidrio adicional **4** se coloca debajo de la hoja de vidrio **3**, formándose un paquete de vidrios **5**, de modo que la costra de sal en la superficie inferior **6** de la hoja de vidrio **3** se mantiene en contacto con dicha superficie inferior **6** durante la etapa de calentamiento (paso de calentar la hoja de vidrio). El paquete de vidrios **5** se apoya sobre un molde para curvar **7**, y luego se coloca en la fuente de calor **8** para llevar a cabo la etapa de calentamiento, en donde la fuerza de gravedad actúa sobre el paquete de vidrios **5**, haciendo que se hunda bajo su propio peso sobre el molde para curvar **7**.

FIG. 3 muestra una realización en la que el proceso de curvado se lleva a cabo mediante la técnica de curvado a presión. En esta técnica, entre el paso de permitir que la solución sobre la hoja de vidrio se enfríe y el paso de calentar la hoja de vidrio, la hoja de vidrio **3** se dispone entre dos hojas de vidrio adicionales **9**, formándose un paquete de vidrios **10**, de modo que la costra de sal tanto en la superficie superior **11** como en la superficie inferior **12** de la hoja de vidrio **3** se mantiene en contacto con dichas superficies **11-12** durante la etapa de calentamiento. El paquete de vidrios **10** se calienta dentro de una fuente de calor y luego se le aplican fuerzas de compresión mediante miembros de presión **13-14** que tienen superficies complementarias correspondientes a la forma deseada.

En ciertas aplicaciones, en donde se requiere curvar dos o más hojas de vidrio simultáneamente (por ejemplo, proceso de producción de un vidrio laminado), las hojas de vidrio se disponen una encima de la otra, formándose un paquete de vidrios. Por lo tanto, dependiendo de la configuración del paquete de vidrios, algunas de esas hojas de vidrio se pueden utilizar como hojas de vidrio adicionales. Por ejemplo, de acuerdo con la presente invención, en un proceso de producción de dos vidrios laminados, en donde la técnica de curvado seleccionada es curvado por gravedad y el vidrio laminado requerido tiene la siguiente composición:

30

Vidrio laminado I: una hoja de vidrio químicamente reforzada de aluminosilicato alcalino y una hoja de vidrio de borosilicato; y

Vidrio laminado II: dos hojas de vidrio químicamente reforzadas de aluminosilicato alcalino;

5

el paquete de vidrios **15**, en el primer caso, comprende una hoja de vidrio de borosilicato **16** en la parte inferior y una hoja de vidrio de aluminosilicato alcalino **17** en la parte superior (FIG. 4), en donde la hoja de vidrio de aluminosilicato alcalino **17** tiene una costra de sal adherida a su superficie, de modo que la hoja de vidrio de borosilicato **16** actúa como una hoja de vidrio adicional, la cual mantiene en contacto la costra de sal en la superficie inferior **18** de la hoja de vidrio de aluminosilicato alcalino **17** con dicha superficie **18** durante la etapa de calentamiento.

10

En el segundo caso, el paquete de vidrios **19** comprende una hoja de vidrio de aluminosilicato alcalino **20** dispuesta entre una hoja de vidrio de sacrificio **21** (por ejemplo, hoja de vidrio de borosilicato) en la parte inferior y una hoja de vidrio de aluminosilicato alcalino **22** en la parte superior (FIG. 5), en donde ambas hojas de vidrio de aluminosilicato alcalino **20**, **22** tienen una costra de sal adherida a su superficie. A pesar de no ser parte de la composición del vidrio laminado, la hoja de vidrio de sacrificio **21** se requiere como una hoja de vidrio adicional durante la etapa de calentamiento para mantener en contacto la costra de sal en la superficie inferior **23** de la hoja de vidrio intercalada de aluminosilicato alcalino **20** con dicha superficie **23**.

15

20

En las realizaciones representadas en las FIGS. 1-5, la fuente de calor es un horno. En todas las realizaciones, la fuente de calor está provista con al menos un mecanismo de transferencia de calor seleccionado del grupo que consiste en convección, radiación y conducción.

25

Por otra parte, en las realizaciones representadas en las FIGS. 1-5, el espesor de la costra se encuentra entre 20 y 60 μm . Sin embargo, en otras realizaciones, el espesor de la costra se

30

encuentra entre 16 y 600 μm , preferentemente entre 20 y 400 μm , y más preferentemente entre 20 y 200 μm .

Además, en la realización ilustrada en la FIG. 1, la solución saturada se atomiza en la hoja de vidrio. Sin embargo, en otras realizaciones, la solución saturada se aplica a la hoja de vidrio por otros medios. En una realización, el paso de aplicar la solución se realiza sumergiendo la hoja de vidrio en la solución saturada. En una realización alternativa, la solución saturada se aplica a la hoja de vidrio pintando la solución saturada a través de medios de aplicación de pintura.

10

Como se puede observar, la presente invención no está limitada a una forma, geometría o tamaño particular de la hoja de vidrio. Además, la invención se puede usar independientemente del tipo y/o composición del vidrio utilizado, siempre que la hoja de vidrio contenga álcalis o metales de transición en su composición. Asimismo, la presente invención es capaz de aprovechar el proceso de reforzamiento químico para modificar otras propiedades de la superficie del vidrio, tales como luminiscencia, índice de refracción, propiedades antimicrobianas y propiedades antibacterianas, entre otros. En ese sentido, en las realizaciones en las que al menos una de estas propiedades sea requerida, la sal iónica es una sal iónica mixta de la forma $(C, D)\text{NO}_3$; en donde C es un metal alcalino y D es seleccionado del grupo que consiste de metales de transición y metales de tierras raras.

20

Alternativamente, en algunas realizaciones, la sal iónica contiene al menos una sal seleccionada del grupo que consiste de sulfuros, cloruros, haluros o hidratos.

25

En varias realizaciones, las hojas de vidrio están hechas de soda-lime, aluminosilicato alcalino, aluminosilicato de litio, aluminosilicato alcalino alcalinotérreo u otro silicato.

En todas las realizaciones, el disolvente líquido es agua o al menos un disolvente orgánico (por ejemplo, amoníaco y glicerol, entre otros). En algunas realizaciones, en donde el

disolvente líquido es agua, el disolvente líquido se selecciona del grupo que consiste de agua desionizada, agua destilada y agua potable.

Aunque, en esta sección, solo se ejemplificaron dos técnicas de curvado, un experto en la materia entenderá que la presente invención se puede realizar con otras técnicas de curvado conocidas en el estado de la técnica (por ejemplo, técnicas híbridas).

A continuación, se expondrá un ejemplo práctico para clarificar los efectos de la presente invención.

Ejemplo

Una mezcla de partes iguales de KNO_3 y agua deionizada se mezclaron a 80°C . La solución saturada se pintó con una brocha sobre una hoja de vidrio fría de aluminosilicato alcalino (o AAS del inglés *alkali aluminosilicate*). El KNO_3 se precipitó casi inmediatamente después de entrar en contacto con la superficie de la hoja de vidrio. La hoja de vidrio pintada se dispuso entonces entre una hoja de vidrio soda-lime en la parte inferior y una hoja de vidrio de borosilicato en la parte superior, formándose un paquete de vidrios. El paquete de vidrios se ingresó a un horno de formación por gravedad preconfigurado a 625°C y se mantuvo por 420 seg. Durante ese tiempo, el paquete de vidrios disminuyó la temperatura a 576°C . Luego, el horno se dejó enfriar por aproximadamente 300°C , antes de retirar los vidrios curvados. El tiempo total del paquete de vidrios dentro del horno y por encima del punto de fusión del KNO_3 fue de 16 min. El resultado de la hoja de vidrio pintada se reporta de la siguiente manera:

TABLA 1

Tipo de vidrio	Esfuerzo de Compresión – CS (MPa)	Profundidad de la Capa – DOL (μm)
AAS	507	20

En el ejemplo, los valores obtenidos para el esfuerzo de compresión y la profundidad de la capa (TABLA 1) son típicamente los que se han reportado en la literatura para el método convencional de intercambio iónico.

- 5 Debe ser entendido que esta invención no está limitada a las realizaciones descritas e ilustradas anteriormente. Un experto en la técnica entenderá que pueden ser llevadas a cabo numerosas variaciones y/o modificaciones sin que se aparten del espíritu de la invención, que sólo se define por las siguientes reivindicaciones.