

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 554 111**

51 Int. Cl.:

C03B 27/044 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.03.2004 E 04723236 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.09.2015 EP 1608597**

54 Título: **Temple de láminas de vidrio curvas**

30 Prioridad:

28.03.2003 EP 03425197

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

16.12.2015

73 Titular/es:

**PILKINGTON GROUP LIMITED (100.0%)
European Technical Centre Hall Lane, Lathom
Nr. Ormskirk, Lancashire L40 5UF, GB**

72 Inventor/es:

CARLOMAGNO, GIOVANNI, MARIA

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 554 111 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Temple de láminas de vidrio curvas

5 La presente invención se refiere a un aparato y método para templar láminas de vidrio curvas, y más particularmente a un aparato y un método en el que una lámina de vidrio curva se temple por enfriamiento con chorros de gas de enfriamiento. El aparato comprende un medio de transporte de la lámina a lo largo de una trayectoria predeterminada a través del aparato, y un par de cabezales de chorro de aire para enfriar la lámina con chorros de gas de enfriamiento, comprendiendo los cabezales de chorro de aire cabezales de chorro de aire superior e inferior
10 dispuestos en relación opuesta por encima y por debajo de la trayectoria predeterminada, comprendiendo cada cabezal de chorro de aire una pluralidad de cámaras alargadas para suministrar gas de enfriamiento a una serie de boquillas de enfriamiento desde las que emanan los chorros de gas de enfriamiento. Las láminas de vidrio templadas y curvas producidas con el aparato y método de la invención se pueden emplear como cristales de vehículos, particularmente como cristales de automóviles.

15 El documento WO 99/26890 divulga un aparato y método para formar láminas de vidrio calientes, que incluye un puesto de enfriamiento. En la medida en que esta memoria descriptiva y el documento US 5.917.107 relacionado describen el puesto de enfriamiento, los mismos se refieren principalmente a un cargador del puesto de enfriamiento para la instalación de un conjunto de módulos de enfriamiento superiores e inferiores.

20 El documento US 5.273.568 divulga un puesto de enfriamiento para enfriar una lámina de vidrio caliente transportada sobre un transportador de rodillos. La patente plantea dificultades que surgen del efecto de obstrucción de los rodillos transportadores en los chorros de gas de enfriamiento y de las configuraciones de enfriamiento diferentes que esto causa en las superficies orientadas hacia arriba y hacia abajo de la lámina de vidrio.

25 El documento WO 00/23387 (que corresponde al documento US 6.295.842) divulga una unidad de enfriamiento de láminas de vidrio y el método para enfriar las láminas de vidrio formadas mediante chorros de gas de enfriamiento que definen un patrón de incidencia del chorro de gas que se repite de manera uniforme. Dicho patrón es un patrón triangular equilátero que proporciona células de enfriamiento que se repiten uniformemente con forma hexagonal equilátera distribuidas sobre la lámina de vidrio formada. El producto resultante es una lámina de vidrio templada en la que las tensiones del vidrio se distribuyen de manera uniforme en su espesor. Los chorros de gas se distribuyen a partir de tiras de metal perforadas que se forman en rollos en la forma curva deseada.

30 Por desgracia, los chorros de gas producidos por este aparato no están bien definidos, y no proporcionan una buena transferencia de calor a menos que las tiras de metal perforadas se coloquen muy cerca de las láminas de vidrio, lo que produce una distorsión óptica y da problemas prácticos durante la operación. Además, se ha encontrado que las tensiones uniformes producidas por el patrón de enfriamiento uniforme producen estrías excesivamente largas en la fractura, lo que da como resultado una lámina de vidrio templada que no cumple con los estándares de seguridad requeridos para las ventanas de vehículos.

35 El documento US 4.515.622 divulga un aparato de enfriamiento para templar tanto láminas de vidrio planas como curvas, siendo este último utilizado para ventanas de vehículos. El aparato comprende cabezales de chorro de aire opuestos, cada uno incluyendo carcasas de cámaras alargadas provistas de aberturas separadas que se orientan para suministrar chorros angulares de gas de enfriamiento hacia una lámina de vidrio caliente. Las realizaciones
45 destinadas para láminas de vidrio curvas (ilustradas en las Figuras 5, 6 y 8) comprenden un sistema de templado y curvatura de vidrios que incluye un horno, un puesto de curvatura y un puesto de enfriamiento. El puesto de curvatura (designado como 62 en la Figura 5) es del tipo de "salida lateral", es decir, las direcciones de movimiento de una lámina de vidrio, al entrar y salir del doblado de curvatura, están en ángulo recto entre sí. Además, a partir de la consideración de la vista en alzado de la Figura 6 en relación con la Figura 5 en la que se basa, es evidente que
50 las carcasas de cámaras alargadas designadas con 34 se orientan en paralelo a la dirección en la que las láminas de vidrio avanzan desde el puesto de curvatura 62 hasta el puesto de enfriamiento 14'.

Sin embargo, una serie de inconvenientes se relacionan con esta disposición. Durante el enfriamiento, el gas de enfriamiento agotado se canaliza, en parte, hacia el puesto de curvatura por las cámaras. Esto tiene el efecto
55 indeseado de refrigerar la lámina de vidrio y el aparato de curvatura durante una etapa en el proceso donde es crítico mantener la temperatura elevada que se imparte a la lámina de vidrio en el horno para lograr la curva y temple satisfactorios. De hecho, el efecto de refrigeración del gas de enfriamiento puede incluso extenderse a las secciones finales del horno, reduciendo la eficiencia térmica del sistema. Además, como se puede observar en la Figura 6 del documento US 4.515.622, las cámaras convergen en una dirección ascendente, de modo que hay
60 considerablemente menos espacio entre las cámaras del cabezal de chorro de aire superior que las del cabezal de chorro de aire inferior. Además, la cantidad de espacio disminuye en una dirección ascendente lejos de la lámina de vidrio. Esta disposición de cámaras significa que la dispersión del gas de enfriamiento agotado (en lo sucesivo "liberación de aire" para abreviar, puesto que el gas de enfriamiento es normalmente aire) en el lado superior de la lámina de vidrio está restringida, lo que da como resultado una operación menos eficaz.

65 Por otra parte, es inevitable que de vez en cuando una lámina de vidrio se rompa en el puesto de enfriamiento, y los

fragmentos resultantes de vidrio rotos ("polvo de vidrio") se deben retirar para reducir el riesgo de rayar las láminas de vidrio posteriores que pasan por el puesto de enfriamiento, y la eventual obstrucción del aparato. En el aparato del documento US 4.515.622, el acceso para la retirada de polvo de vidrio entre las cámaras solo es posible a lo largo de la línea, es decir, desde el lado de aguas arriba a través del puesto de curvatura, o desde el lado aguas abajo desde el puesto de enfriamiento, donde un puesto de descarga u otro aparato estaría normalmente presente. En cualquier caso, el acceso está restringido, y esto hace que la retirada del polvo de vidrio sea lenta y laboriosa.

Las desventajas anteriores seguirían siendo aplicables al aparato de enfriamiento de las Figuras 5, 6 y 8 del documento US 4.515.622 aun si se re-dispone de manera que el horno, el puesto de curvatura y enfriamiento queden en línea con los demás.

Es importante tener en cuenta que los fabricantes de vehículos siguen esforzándose en reducir el peso de los vehículos, en aras de una mejor economía de combustible, por lo que el interés continúa en la reducción del grosor de los vidrios de vehículos. Esto a su vez requiere que el fabricante de vidrio desarrolle técnicas para templar láminas de vidrio curvas cada vez más finas que cumplan con las normas de seguridad internacionales requeridas.

Sería deseable proporcionar una línea de producción para templar láminas de vidrio curvas, que no solo alivien las desventajas de los aparatos conocidos señaladas anteriormente, sino que también permitan templar eficazmente láminas más finas.

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un aparato para templar una lámina de vidrio curva, que comprende un medio de transporte de la lámina a lo largo de una trayectoria predeterminada a través del aparato, y un par de cabezales de chorro de aire para enfriar la lámina con chorros de gas de enfriamiento, comprendiendo los cabezales de chorro de aire cabezales de chorro de aire superior e inferior dispuestos en relación opuesta por encima y por debajo de la trayectoria predeterminada, comprendiendo cada cabezal de chorro de aire una pluralidad de cámaras alargadas separadas para suministrar gas de enfriamiento a una serie de boquillas de enfriamiento desde las que emanan los chorros de gas de enfriamiento, estando las boquillas de enfriamiento de cada cámara mutuamente inclinadas para proporcionar chorros de gas de enfriamiento, donde las cámaras se extienden transversalmente a la dirección de transporte de la lámina de vidrio curva y el conjunto de boquillas de enfriamiento se curva en al menos una dirección, caracterizado por que la longitud de las boquillas de enfriamiento es superior a su diámetro.

El conjunto de boquillas de enfriamiento puede considerarse como extendiéndose sobre una superficie curva y comprendiendo filas de boquillas en al menos una dirección.

La disposición de las cámaras permite transversalmente que el gas de enfriamiento agotado se escape hacia los lados de la línea de producción, donde no tiene ningún efecto perjudicial en las otras partes de la línea. Las cámaras se pueden disponer después de forma paralela, lo que permite una mejor liberación de aire. Además, el acceso entre las cámaras puede ser desde los lados de la línea, lo que facilita la retirada del polvo de vidrio. Puesto que la presente invención se refiere exclusivamente a la producción de láminas de vidrio curvadas y templadas (es decir, no láminas de vidrio planas), y es preferible curvar las láminas de vidrio de manera que el plano de curvatura, o la curvatura mayor, según pueda ser el caso, sea transversal a la dirección de transporte, se apreciará que las filas de boquillas de enfriamiento rectilíneas descritas en la técnica anterior ya no son compatibles con la disposición deseada de las cámaras. En consecuencia, un elemento importante de la presente invención es la provisión de filas de boquillas de enfriamiento que se extiendan a lo largo de líneas curvas, y que las líneas curvas se puedan curvar en los planos de las cámaras (incluyendo la dirección del alargamiento de las cámaras) para formar un enfriamiento tridimensional. Adecuadamente, la matriz de boquillas de enfriamiento comprende filas de boquillas de enfriamiento que se extienden a lo largo de líneas que se curvan en la dirección del alargamiento de las cámaras. La invención proporciona de este modo un aparato de enfriamiento capaz de proporcionar un enfriamiento tridimensional adaptado a las láminas de vidrio curvas necesarias para fabricar los cristales de hoy en día.

En la presente memoria descriptiva, el plano de curvatura es considerado como el plano en el que se disponen los radios de curvatura, y las referencias a la dirección u orientación de curvatura se deben interpretar en consecuencia. Curvaturas complejas se pueden resolver en curvaturas en dos planos con ángulos rectos entre sí.

Preferentemente, las filas de boquillas de enfriamiento se extienden a lo largo de líneas que se curvan para coincidir con la curvatura local media de la lámina de vidrio curva en la dirección correspondiente. Se hace referencia a una "curvatura local media", ya que es normal mover una lámina de vidrio curva mientras se está templando, y así el chorro desde una boquilla de enfriamiento dada incidirá sobre un área extendida de la lámina de vidrio, sobre la que la curvatura puede variar en cierta medida.

Como alternativa o adicionalmente, la lámina puede tener una curvatura en la dirección de transporte, y las cámaras sucesivas en la dirección de transporte se pueden disponer de manera que su perfil al nivel de las boquillas se curva en la dirección de transporte. En esta situación, es preferible que el perfil de las cámaras se curve para coincidir con la curvatura local media de la lámina de vidrio curva en la dirección de transporte.

También es preferible que la lámina de vidrio curva se haga oscilar mientras se está templando. Esto da como resultado una lámina de vidrio templada con mejores características de fractura.

5 Se apreciará que para una eficacia de enfriamiento optimizada, las boquillas de enfriamiento deben estar cerca de las superficies de la lámina de vidrio curva. Sin embargo, cuando la lámina de vidrio curva tiene una curvatura importante en su dirección de movimiento, esto puede hacer que sea imposible que pueda entrar entre los cabezales de chorro de aire. Ventajosamente, por lo tanto, los cabezales de chorro de aire se disponen para moverse acercándose y alejándose el uno del otro, de modo que la distancia entre ellos se puede aumentar. Los cabezales de chorro de aire pueden después alejarse para permitir que la lámina pase entre los mismos, acercarse de nuevo 10 uno hacia el otro para lograr la separación deseada para la operación de enfriamiento, y separarse de nuevo para permitir que la lámina salga de entre los cabezales de chorro de aire.

Si se considera que el aparato tiene una línea central paralela a la dirección de transporte, después, ventajosamente, las cámaras sucesivas del cabezal de chorro de aire inferior se conectan entre sí mediante la 15 conexión de las superficies que se inclinan lejos de la línea central. Esta característica ayuda a la retira del polvo de vidrio, puesto que el polvo de vidrio tiende naturalmente a caer hacia fuera desde la línea central hacia los lados del aparato bajo la acción de la gravedad. Preferentemente, las cámaras sucesivas del cabezal de chorro de aire superior se conectan entre sí mediante la conexión de las superficies que están inclinadas hacia la línea central, es decir, en la dirección opuesta, de modo que, si se considera una sección transversal de la línea, las superficies de 20 conexión opuestas de los cabezales de chorro de aire superior e inferior divergen lejos de la línea central y hacia los lados de la línea. El gas de enfriamiento agotado se escapa más fácilmente con esta disposición, ya que reduce la contrapresión que de otro modo se acumularía, y alivia la recirculación del gas de enfriamiento agotado caliente cerca de la línea central del aparato.

25 De manera adecuada, las boquillas de enfriamiento se forman como perforaciones en una barra de boquillas, estando las salidas de las boquillas a nivel con una superficie de la barra, estando al menos una de tales barras incorporada en cada cámara en su cara más próxima a la trayectoria de transporte de la lámina de vidrio curva. Preferentemente, las perforaciones de boquillas se forman perforando la barra. Es ventajoso que las salidas de las boquillas estén al mismo nivel que la superficie de la barra, porque la barra presenta entonces una superficie lisa 30 hacia la lámina de vidrio que está siendo enfriada, y es menos probable que el vidrio roto se acumule sobre una superficie de este tipo y afecte a la liberación de aire o raye la lámina. Por otra parte, tales barras de boquillas son menos susceptibles a daños que, por ejemplo, las boquillas tubulares expuestas.

Si bien tales barras de boquillas se pueden fabricar de metal, como se ha hecho comúnmente en el pasado, se ha 35 encontrado, sorprendentemente, que algunos materiales no metálicos también son adecuados, por ejemplo, ciertos materiales plásticos, cauchos o materiales cerámicos mecanizables. Contrariamente a lo esperado, los materiales plásticos y cauchos resistentes al calor sobreviven en este entorno (es decir, a pesar de la proximidad de láminas de vidrio inicialmente a hasta 650°C), ya que son refrigerados por el paso del gas de enfriamiento a través de las boquillas; del mismo modo, los chorros de gas de enfriamiento ofrecen cierta protección contra el efecto abrasivo del 40 polvo de vidrio, ya que tienden a causar que el polvo de vidrio caiga en medio de las cámaras. Los materiales plásticos adecuados son materiales rígidos y mecanizables que son resistentes al calor hasta al menos 120°C, preferentemente 150°C. Los cauchos adecuados tienen un grado similar de resistencia al calor. Los ejemplos incluyen politetrafluoroetileno (conocido como PTFE, para abreviar), caucho de silicio y un nylon modificado comercializado bajo el nombre Eptalon™.

45 Un ejemplo de un material cerámico mecanizable adecuado es el material cerámico de vidrio disponible bajo el nombre Macor™ de Corning, Inc. Nueva York, que comprende aproximadamente 55 % de mica fluoroflogopita y 45 % de vidrio de borosilicato. Se apreciará que la fabricación, hasta ahora desconocida, de boquillas de enfriamiento en tales materiales no metálicos es aplicable independientemente de la orientación de las cámaras y configuración 50 de boquillas, y por tanto representa una invención que es bastante independiente de la invención reivindicada en las reivindicaciones independientes de esta solicitud de patente.

Como alternativa, las boquillas de enfriamiento pueden tomar la forma de tubos que pueden ser cilíndricos pero no 55 tienen porque, siendo los tubos cónicos o con partes cónicas una posibilidad entre otras formas. Tales tubos pueden montarse en una barra, o en la lámina de metal, entre otras formas fijarlos a las cámaras.

Con respecto a las reivindicaciones independientes anexas aquí, la presente invención se refiere también a un 60 método para templar una lámina de vidrio curva, que comprende transportar la lámina a lo largo de una trayectoria predeterminada a través de un aparato de acuerdo con la reivindicación 1 más adelante, y enfriar la lámina con chorros divergentes de gas de enfriamiento, caracterizado por el transporte de la lámina de vidrio curva transversalmente a la dirección del alargamiento de las 65 cámaras, emanando los chorros divergentes el gas de enfriamiento desde una serie de boquillas de enfriamiento que se curvan en al menos una dirección.

De acuerdo con otro aspecto de la invención, se proporciona una línea de producción para la producción de láminas 65 de vidrio curvadas y templadas, que comprende un horno para calentar las láminas de vidrio, un puesto de

curvatura, un aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12 más adelante, un puesto de descarga y un medio de hacer avanzar las láminas a lo largo de una trayectoria predeterminada a lo largo de la línea.

5 La invención se describirá a continuación adicionalmente en términos de las siguientes realizaciones no limitantes específicas, que se ilustran con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

La Figura 1 es una vista en planta esquemática de una línea de producción para curvar y templar láminas de vidrio, que incluye un aparato para templar láminas de vidrio curvas de acuerdo con la invención;

10 La Figura 2a es una vista lateral del aparato de la Figura 1, y la Figura 2b es un detalle de la Figura 2a, que muestra una variación en ciertos aspectos;

La Figura 3 es una vista frontal de una parte del aparato de la Figura 2 que se muestra algo ampliada;

La Figura 4 es una vista esquemática en perspectiva de parte del aparato de las Figuras 2 y 3;

15 La Figura 5 es una sección transversal de una pequeña parte del aparato, la línea de sección que se indica en la Figura 1;

La Figura 6 es una vista en planta de parte de una barra de boquillas para su uso en la invención;

La Figura 7 es una vista frontal de la barra de boquillas de la Figura 6, que muestra algo más de la longitud de la misma;

20 La Figura 8 es una sección transversal muy ampliada de la barra de boquillas de las Figuras 6 y 7, la línea de sección que se indica en la Figura 6;

La Figura 9 es una vista correspondiente a la de la Figura 8; que muestra una realización diferente de la barra de boquillas.

25 Haciendo referencia a la Figura 1, una línea de producción 10 para curvar y templar láminas de vidrio 11 se muestra en forma muy esquemática. La línea comprende un horno 12 para calentar las láminas de vidrio, un puesto de curvatura 13, un puesto de enfriamiento 14 y un puesto de descarga 15. Las láminas de vidrio se hacen avanzar a lo largo de una trayectoria predeterminada a largo de la línea mediante un transportador 19, que puede ser un transportador de rodillos en su totalidad o en parte. Otros medios de transporte de láminas se pueden incluir, por ejemplo, propulsar las láminas mientras se soportan sobre un colchón de gas, o un anillo de lanzadera que se mueve entre el puesto de curvatura y el puesto de descarga. La dirección del movimiento se muestra por la flecha A, y es paralela a la línea central 17 del aparato. Variaciones en la estructura básica de la línea son posibles; por ejemplo, el puesto de curvatura puede tener una o más salidas laterales, de modo que la línea general tiene la forma de una letra "L" o "T", en cuyo caso las referencias a la orientación de las cámaras se deben considerar en relación con la dirección de transporte de la lámina de vidrio a través del propio puesto de enfriamiento.

35 Las láminas de vidrio 11 se hacen avanzar sobre el transportador 19 en el horno 12 donde se calientan a una temperatura a la que se ablandan térmicamente, lo que permite su deformación, por ejemplo, curvarse en una forma determinada, dentro de una escala de tiempo consistente con una producción económica y eficaz.

40 Cada lámina se hace avanzar después al puesto de curvatura 13, que en algunas versiones del aparato se puede situar dentro del horno, o en cualquier caso calentarse para reducir la velocidad a la que la lámina de vidrio caliente se refrigera. Una diversidad de técnicas de curvatura se pueden emplear para curvar la lámina en la forma deseada, tales como flexión por presión, embutición o conformación por caída, o una combinación de éstos, posiblemente incluyendo flexión por combado.

45 Después de la curvatura, la lámina de vidrio curva se transporta al puesto de enfriamiento 14, donde se templea en un aparato 16 de acuerdo con la invención, que se describe con más detalle en lo sucesivo. Por último, la lámina curvada y templada se descarga en el puesto de descarga 15.

50 La Figura 2a ilustra el aparato de enfriamiento 16 con un poco más de detalle. El aparato se observa desde el lado de la línea 10, y comprende un par de cabezales de chorro de aire para enfriar cada lámina con chorros de gas de enfriamiento. Un cabezal de chorro de aire superior 20 y un cabezal de chorro de aire inferior 21 se disponen en relación opuesta por encima y por debajo de la trayectoria de transporte a través del aparato. Cada cabezal de chorro de aire 20, 21 comprende una pluralidad de cámaras alargadas separadas 22 que suministran gas de enfriamiento a filas de boquillas de enfriamiento 23 (mejor ilustrado en las Figuras 4 y 6) desde las que emanan los chorros de gas de enfriamiento.

60 Cada cámara comprende paredes laterales separadas, generalmente paralelas 24 que se extienden en su altura y anchura para las distancias que son grandes en comparación con la profundidad de la cámara (considerándose la profundidad como la dimensión que corresponde a la separación de las paredes laterales de la cámara). En consecuencia, las cámaras tienen la forma general de cuchillas o aletas planas. Las boquillas se sitúan en el extremo más inferior de las cámaras superiores, y en el extremo más superior de las cámaras inferiores, es decir los extremos adyacentes de la trayectoria a través de la que se transportan las láminas de vidrio.

65 Ventiladores (no mostrados) suministran gas de enfriamiento, normalmente aire, a través de conductos (que tampoco se muestran) hasta los cabezales de chorro de aire superior e inferior, el aire se dirige hacia las cámaras.

El aire entra en el cabezal de chorro de aire superior desde la parte superior y al cabezal de chorro de aire inferior desde la parte inferior. A continuación, pasa a través de las cámaras, sale de las boquillas e incide en la lámina de vidrio curva 11 en un patrón predeterminado. La lámina de vidrio curva 11 se soporta normalmente sobre un anillo de enfriamiento durante el templado, pero por razones de claridad, este se ha omitido en la Figura 2a (y también en la Figura 3).

Como ya se ha mencionado, la presente invención se refiere únicamente al temple de láminas de vidrio curvas, y, como los fabricantes de vehículos exigen cristales cada vez más finos por razones de reducción de peso, es cada vez más importante optimizar la eficacia de transferencia de calor del aparato de enfriamiento. Muchos cristales de vehículos se precisan ahora en un espesor inferior a 3 mm, y se requieren altas velocidades de refrigeración para templar tales cristales finos en el nivel requerido, por ejemplo ECE R43. Como es sabido en la técnica, los cristales más finos son más difíciles de templar bajo una normativa dada en comparación con los más gruesos, ya que se necesitan mucho más altas velocidades de refrigeración para crear el diferencial de temperatura requerido entre las superficies de una lámina de vidrio y su centro, cuando estos puntos están de hecho, muy próximos entre sí debido al espesor reducido de vidrio fino.

Diversos factores contribuyen a una mayor eficacia de transferencia de calor en un aparato de enfriamiento. Por supuesto, es posible aumentar la presión a la que el gas de enfriamiento (normalmente aire) se suministra, pero esto requiere ventiladores más potentes, lo que aumenta tanto el capital como los costes de funcionamiento del aparato. Más opciones rentables incluyen la optimización de los diseños de boquillas de enfriamiento, y el control cuidadoso de la distancia recorrida por el gas de enfriamiento entre la salida de la boquilla y la incidencia sobre el vidrio, es decir, la separación entre las boquillas y el vidrio. Otro factor importante es la facilidad con la que el gas de enfriamiento se puede dispersar después de que ha incidido sobre el vidrio y ha abstraído el calor desde la superficie del vidrio. Tal gas de enfriamiento "agotado" se escapa preferentemente del aparato rápidamente, y sin ningún tipo de restricciones que pudieran causar el desarrollo de una contrapresión. Si bien estos factores permiten el endurecimiento de un vidrio más fino que el anterior, son también ventajosos en el endurecimiento de vidrio más grueso, debido a que el aumento de la eficacia de enfriamiento da como resultado ahorros en los costes.

La presente invención pretende aumentar la eficacia de transferencia de calor de un aparato de enfriamiento mediante la explotación ventajosa de los factores anteriores, como se explicará en la siguiente descripción. Como ya se ha mencionado, las cámaras se disponen para extenderse transversalmente a la dirección de transporte de las láminas de vidrio curvas para mejorar la dispersión del gas de enfriamiento agotado. Por otra parte, se han tomado medidas para reducir la separación entre las boquillas y la lámina de vidrio.

Una lámina de vidrio curva se puede curvar en una sola dirección (curvatura cilíndrica) o en dos direcciones en ángulos rectos entre sí (curvatura compleja), donde la curvatura en una dirección puede ser mayor que en la otra dirección. En cualquier situación, la lámina de vidrio curva se puede transportar con su curvatura, o la mayor de sus curvaturas, según pueda ser el caso, orientada en la dirección de transporte. Las cámaras sucesivas en la dirección de transporte se disponen de manera que su perfil en el plano de las boquillas se curva en la dirección de transporte. Por ejemplo, se puede observar en la Figura 2a que las cámaras varían en altura, de modo que los extremos de las cámaras que son adyacentes a la lámina de vidrio curva siguen su curvatura. La distancia entre las boquillas de enfriamiento 23 y la lámina de vidrio curva 11 puede, por tanto, reducirse tanto como sea posible sin dejar de obtener el patrón de incidencia deseado en la lámina. Los pares de cabezales de chorro de aire se pueden fabricar para coincidir con la curvatura de cada cristal a producir.

Se apreciará a partir de consideraciones puramente geométricas que, si la curvatura en la dirección de transporte de una lámina de vidrio curva supera la distancia entre los cabezales de chorro de aire, será imposible que la lámina pase entre los cabezales de chorro de aire. Una característica deseable adicional del aparato es que los cabezales de chorro de aire se dispongan para moverse acercándose y alejándose uno del otro. En la práctica es más sencillo disponer el cabezal de chorro de aire superior para ser móvil con respecto al inferior, y por tanto un mecanismo de elevación y descenso 25 se indica esquemáticamente en la Figura 2a.

En la Figura 2a, un pequeño número de líneas 50 se han dibujado para representar la posición y la dirección de algunos de los chorros de gas de enfriamiento. Las cámaras 22 de los cabezales de chorro de aire superior e inferior 20, 21 de la Figura 2a se disponen para estar directamente una frente a la otra, y los chorros de enfriamiento opuestos inciden directamente uno frente al otro en las caras opuestas de la lámina de vidrio 11. Sin embargo, en la Figura 2b se muestra una disposición de cámaras alternativa para su comparación con la Figura 2a, que tiene ciertas ventajas debido a la configuración de boquillas resultante.

La Figura 2b muestra partes de un par de cámaras 22 junto con un fragmento de la lámina de vidrio 11. Las cámaras de los cabezales de chorro de aire superior e inferior son ahora escalonadas, de modo que los chorros de enfriamiento opuestos representados por las líneas 50 se alinean entre sí para ser colineales, como son las boquillas correspondientes. Una vez más, los chorros opuestos inciden directamente uno frente al otro en las caras opuestas de la lámina, pero este sigue siendo el caso incluso si la lámina se desvía ligeramente en la dirección vertical desde su posición prevista entre los cabezales de chorro de aire, haciendo por tanto que el aparato de enfriamiento sea más tolerante a pequeñas variaciones en la forma o espesor del vidrio.

La Figura 3 es una vista frontal de la mitad izquierda del aparato de enfriamiento 16, como se observa cuando se mira a lo largo de la línea central 17 de la línea en la dirección de la flecha A en la Figura 1. El aparato tiene simetría especular de izquierda a derecha alrededor de la línea central, por lo que la mitad derecha corresponde a la mitad izquierda. Se puede observar claramente cómo se curvan las cámaras 22 en su dirección del alargamiento, es decir, en una dirección transversal o de izquierda a derecha. Cada cámara soporta una fila de boquillas de enfriamiento 23 que se extienden a lo largo de una línea que se curva de manera similar en la dirección del alargamiento de las cámaras. Una fila de boquillas puede comprender boquillas de diferentes orientaciones (inclinaciones), o una cámara puede tener dos filas de boquillas, comprendiendo una fila boquillas inclinadas en una dirección, y comprendiendo la otra fila boquillas inclinadas en otra dirección. Como es deseable por razones de liberación de aire para mantener el espacio ocupado por cada cámara en un mínimo, las filas deben estar muy juntas cuando se utilizan dos filas de boquillas separadas por cámara.

Es frecuente la práctica hacer oscilar la lámina de vidrio curva mientras se temple; la amplitud de oscilación puede equivaler a 1½ veces el paso de las cámaras, por ejemplo. Esto significa que cada chorro de gas de enfriamiento incide sobre un área alargada de la lámina de vidrio, a lo largo de la que puede variar la curvatura. Preferentemente, la curvatura local media de la línea, a lo largo de la que se extiende la fila de boquillas, coincide con la curvatura local media de la lámina de vidrio curva en la dirección correspondiente. La oscilación rectilínea de la lámina durante el enfriamiento genera tensiones de endurecimiento en la lámina curvada y templada que no son uniformes. En la fractura, tales tensiones no uniformes resultan en una mayor proporción de líneas de fractura que se cruzan entre sí, evitando la formación de estrías largas objetables que no cumplen con las normativas de seguridad.

La posición y la dirección de los chorros de gas de enfriamiento se indican de nuevo esquemáticamente en la Figura 3 con las líneas 50. Se puede observar que las boquillas y, por tanto, los chorros de cabezales de chorro de aire superior e inferior se alinean entre sí también cuando se observan en la dirección de transporte de las láminas de vidrio. Las cámaras de cada cabezal de chorro de aire se conectan mediante superficies de conexión inclinadas 26 que se indican en la Figura 3, pero se describen con más detalle en conexión con la Figura 4 a continuación.

Con referencia ahora a la Figura 4, se muestra una vista esquemática en perspectiva de parte del cabezal de chorro de aire inferior 21. Las partes superiores de las cámaras 22 son visibles, como lo son las filas de boquillas 23, constituyendo tales filas sucesivas la matriz de boquillas a la que se ha hecho referencia anteriormente; parte de la matriz 40 se indica en la Figura 4. Se puede observar cómo las cámaras sucesivas se conectan entre sí mediante superficies de conexión 26 que están inclinadas en la dirección hacia abajo lejos de la línea central 17. Las superficies de conexión puentean los vacíos que de otro modo existirían entre pares de cámaras adyacentes. La inclinación de las superficies de conexión 26 mejora la dispersión del gas de enfriamiento agotado y ayuda a la retirada del polvo de vidrio, ya que la gravedad hace naturalmente que el polvo de vidrio tienda a caer hacia el exterior de la línea. De hecho, la combinación del flujo de gas de enfriamiento agotado a lo largo de las superficies 26, junto con la separación relativamente amplia de las cámaras y el efecto de la gravedad, puede dar como resultado tal retirada eficaz del polvo de vidrio de modo que se puede decir que el cabezal de chorro de aire se auto-limpia. Cuando se selecciona la separación entre cámaras, se deben tener en cuenta también las consideraciones de transferencia de calor, puesto que una separación excesiva entre cámaras afectaría adversamente a la transferencia de calor. Las superficies de conexión 26 pueden ser planas o curvas.

Las cámaras sucesivas del cabezal de chorro de aire superior se conectan entre sí mediante una disposición similar de superficies de conexión 26 (indicada con línea discontinua en la Figura 3), de modo que las superficies de conexión del cabezal de chorro de aire superior corresponden generalmente a las del cabezal de chorro de aire inferior cuando se invierten. Esto se puede observar en la Figura 3, donde se muestran partes de las superficies de conexión de ambos cabezales de chorro de aire en contorno. Las cámaras sucesivas del cabezal de chorro de aire superior se conectan, por consiguiente, entre sí mediante la conexión de las superficies que están inclinadas hacia la línea central 17. A partir de la Figura 3, es evidente que las superficies de conexión opuestas de los cabezales de chorro de aire superior e inferior divergen en una dirección generalmente horizontal lejos de la línea central 17 y hacia los lados de la línea. El volumen disponible para que el gas de enfriamiento agotado se escape aumenta, por tanto, hacia los lados de la línea, lo que asegura una reducción de la contrapresión. Liberación de aire, es decir, la dispersión del aire de enfriamiento agotado, se mejora correspondientemente.

Haciendo referencia a la Figura 5, se muestra una sección transversal de dos cámaras adyacentes del cabezal de chorro de aire inferior para ilustrar ciertos detalles más claramente. Como antes, la posición y dirección de los chorros de gas de enfriamiento se indican mediante las líneas 50. Estos chorros emanan de las boquillas de enfriamiento 23 (Figuras 4 y 6) que se proporcionan en una barra de boquillas curva 51 (Figura 7). Como será evidente a partir de las Figuras 8 y 9, las boquillas de enfriamiento se inclinan mutuamente, por lo que los chorros de gas de enfriamiento divergen como se indica por las líneas 50. La barra de boquillas 51 se puede mover entre las paredes laterales 24 de la cámara, en el extremo adyacente la trayectoria de transporte de la lámina de vidrio (es decir, en la parte superior de las cámaras del cabezal de chorro de aire inferior, y en la parte inferior de las cámaras del cabezal de chorro de aire superior). La barra de boquillas se puede situar totalmente entre las paredes laterales, como se muestra en la Figura 5, o puede estar provista de un reborde en cada uno de sus lados largos, de modo que se localiza en las paredes laterales de las cámaras (Figuras 8 y 9); la última construcción es preferible cuando la barra de boquillas se compone de un material no metálico, especialmente de plástico. Una junta razonablemente

hermética es deseable entre la barra de boquillas y las paredes laterales para evitar la pérdida sustancial de gas de enfriamiento. La barra de boquillas se puede fijar a las paredes laterales por soldadura, encolado o remachado, prefiriéndose este último; los remaches 52 se muestran, por consiguiente, en la Figura 5.

5 La Figura 6 muestra parte de la barra de boquilla 51 en vista en planta desde arriba. Las boquillas de enfriamiento 23 se forman mediante la perforación de perforaciones en la barra. Preferentemente, una sola barra de boquillas se extiende por toda la anchura de cada cámara, pero por razones de fabricación un número de secciones más cortas de la barra se puede utilizar para expandir la cámara, siempre que se consiga una junta razonablemente hermética donde las secciones adyacentes de barra colindan entre sí. Las salidas de boquilla se indican mediante círculos continuos, mientras que las entradas de boquilla, que están en la cara inferior de la barra, se indican con círculos de trazos algo más grandes, que están ligeramente desplazados con respecto a las salidas. Esto se debe al achaflanado de las entradas, que se describe con más detalle con respecto a la Figura 8.

15 La Figura 7 es una vista frontal de un poco más de la mitad de la longitud de una barra de boquillas típica 51. Es simétrica alrededor de la línea central 17, por lo que se corresponde con la otra mitad. La barra de boquillas se curva para coincidir con la curvatura de la cámara sobre la que se monta. Dos boquillas 23 se muestran en líneas de trazos, aunque, obviamente, la barra real está provisto de boquillas separadas a lo largo de toda su longitud.

20 La barra de boquillas se puede fabricar de metal, en cuyo caso la barra se corta preferentemente de un bloque de metal y se mecaniza a la curvatura apropiada, después de lo que se perforan las boquillas. Como alternativa, la barra se puede fabricar de un material no metálico adecuado, es decir, uno que sea resistente al calor y a la abrasión, y que sea mecanizable, tal como PTFE o nylon modificado comercializado como Eptalon™. Tales materiales son ventajosos, y lo que no es menos importante, se pueden curvar fácilmente para adaptarse a la forma de curvatura de cada cámara. Los costes de mecanizado se reducen de este modo considerablemente. Como se ha mencionado anteriormente, ciertos materiales cerámicos mecanizables son también adecuados, al igual que ciertos cauchos resistentes al calor.

30 La Figura 8 muestra una sección transversal muy ampliada de la barra de boquillas de las Figuras 6 y 7, pasando la línea de sección a través de una boquilla 23, teniendo una entrada 83 y una salida 84. La posición y las direcciones de los chorros de gas de enfriamiento se muestran de nuevo con las líneas 50, que corresponden a los ejes de las respectivas boquillas; indicando la línea derecha, como se ilustra, el chorro que sale de la boquilla real que se muestra, e indicando la línea izquierda un chorro de otra boquilla, que está inclinada en la dirección opuesta a la mostrada. Preferentemente, las boquillas alternas se inclinan en direcciones opuestas, y las boquillas de las barras de boquillas adyacentes se alinean, de modo que se consigue el denominado patrón "dominó 5", es decir, los puntos de incidencia de los chorros sobre la lámina de vidrio se corresponden con los puntos sobre la ficha de dominó número cinco, repitiéndose sobre la lámina. Es decir, los puntos de incidencia de chorros se sitúan en las intersecciones de una rejilla cuadrada, con un punto de incidencia más en el centro de cada cuadrado, formando estos puntos adicionales una segunda rejilla cuadrada que se superpone a la primera. Este patrón, junto con la oscilación adecuada de la lámina durante el enfriamiento, se ha encontrado que produce un patrón de fractura optimizado para el vidrio templado. Se requiere un cálculo cuidadoso de la posición de las boquillas en términos del paso, distancia de la lámina de vidrio y el ángulo de inclinación con el fin de producir un patrón de choque que se repite regularmente en el vidrio, a pesar de la curvatura variable del vidrio y, por tanto, de la barra de boquillas. Las barras de boquillas del cabezal de chorro de aire superior tienen radios más ajustados de curvatura y pasos de boquillas más pequeños que las barras del cabezal de chorro de aire inferior.

45 Preferentemente, al menos algunas de las boquillas tienen perforaciones perfiladas. Por ejemplo, las boquillas se pueden achaflanar en su extremos de entrada 83, es decir, mientras que la perforación de cada boquilla 23 tenga una sección cilíndrica 80 que conduce a la salida 84, tenga una sección cónica 81 que va desde la entrada 83, y la transición de una sección a otra pueda ser gradual, por ejemplo, la perforación se puede suavizar para evitar un borde interno agudo. Todas estas medidas reducen las pérdidas de presión a través de las boquillas y, por lo tanto, dan como resultado una mayor eficacia. Una configuración de boquillas alternativa no necesita incluir una sección cilíndrica en absoluto, comprendiendo la perforación una serie de secciones cónicas, en la que el ángulo de conicidad de la perforación (es decir, el ángulo subtendido en el vértice de un cono imaginario que es tangencial a la perforación en el punto en el que se tiene que determinar el ángulo de conicidad) puede variar a lo largo de su longitud, por ejemplo, de una gran conicidad a la entrada a una pequeña conicidad a la salida. Puede haber una variación continua en el ángulo de conicidad a lo largo de la longitud de la perforación. Los rebordes 82 que sitúan la barra en las paredes laterales de la cámara son también visibles en la Figura 8, y las salidas 84 están al mismo nivel que la superficie superior 85 (como se ilustra) de la barra, es decir, no sobresalen de la barra.

60 La longitud de la boquilla (tal como se mide a lo largo del eje de la perforación) es superior a su diámetro en el extremo de salida, y puede acercarse a aproximadamente dos veces el diámetro. Esto proporciona chorros de enfriamiento bien definidos, sin incurrir en pérdidas por fricción excesivas, que aumentan los costes de funcionamiento. Los chorros de enfriamiento bien definidos permiten que los cabezales de chorro de aire se sitúen más lejos de las superficies de la lámina de vidrio sin dejar de alcanzar la velocidad de transferencia de calor deseada y el patrón de enfriamiento. Esto a su vez produce una mejor calidad óptica y facilita la operación diaria de los aparatos.

La Figura 9 es una sección transversal de una realización alternativa de la barra de boquillas 90, correspondiendo la vista a la de la Figura 8. La superficie superior 91 de esta barra se dispone, en la medida de lo posible, para ser perpendicular a los ejes 50 de las boquillas mutuamente inclinadas 92. Es decir, la propia superficie superior comprende dos superficies mutuamente inclinadas que se reúnen en un vértice a lo largo de la línea central 93 de la barra de boquillas 90. Esto permite que la pared de la sección cilíndrica 94 sea de idéntica altura alrededor de prácticamente la totalidad de la circunferencia de la perforación, proporcionando de este modo una mejor definición del chorro de enfriamiento. La sección cónica 95 no se modifica, y las salidas de boquilla están todavía a nivel con la superficie superior 91 de la barra en el sentido de que no sobresalen de la misma.

- 5
- 10 Teniendo en cuenta las observaciones formuladas en relación con la Figura 8 anterior en cuanto a la necesidad de posiciones de boquilla calculadas con precisión, se ha comprobado en la práctica que los parámetros calculados para geometrías de boquilla adecuadas se encuentran dentro de los siguientes intervalos paramétricos:

Inclinación de boquilla (con respecto a la vertical):	7° - 20°, preferentemente 10° a 16°.
Diámetro de salidas de boquilla:	4 - 10 mm, preferentemente 6 - 8 mm.
Paso de boquilla a lo largo de la barra:	15 - 30 mm, preferentemente de 20 - 25 mm.
Separación entre cámaras (desde los centros):	30 - 60 mm, preferentemente de 40 - 50 mm.
Longitud de la boquilla (sobre el eje):	6 - 16 mm, preferentemente 9 - 13 mm.

- 15 Ya se ha explicado que la lámina de vidrio curva que se va a templar puede tener una curvatura en una sola dirección, o en dos direcciones en ángulos rectos entre sí. Si bien el aparato de enfriamiento de la invención se puede adaptar para manipular láminas de vidrio curvas en cualquier orientación generalmente horizontal, es más simple alinear las láminas con su curvatura, o curvatura mayor según pueda ser el caso, en ángulos rectos con respecto a la dirección de transporte o línea central de la línea de producción. La lámina será después plana, o solo
- 20 tendrá una curvatura menor, en la dirección de transporte. Muchos cristales de vehículos son alargados en una dirección, y es de hecho el caso de ciertos cristales, por ejemplo, ventanas traseras, en los que la curvatura es importante en la dirección del alargamiento, siendo la denominada curvatura "envolvente". Por consiguiente, para tales cristales es preferible que los medios de transporte de láminas se adapten para transportar la lámina en una dirección perpendicular a su dirección del alargamiento, y que la dirección del alargamiento de las cámaras 22 sea
- 25 paralela a la dirección del alargamiento de la lámina 11, como se ilustra en la Figura 1. El aparato se puede adaptar también fácilmente a otros cristales tales como cristales laterales o cristales de techo donde la curvatura no es necesariamente importante en la dirección del alargamiento.

- 30 La invención es aplicable tanto a las líneas de producción en las que se utiliza un anillo de lanzadera para transportar la lámina de vidrio curva a través del puesto de enfriamiento como también en líneas en las que la lámina de vidrio curva se transporta a través del puesto de enfriamiento sobre rodillos. En este último caso, se debe tener en cuenta la presencia de los rodillos dentro de la matriz de boquillas de enfriamiento, especialmente su efecto sobre la liberación de aire.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato (16) para templar una lámina de vidrio curva (11), que comprende un medio (19) de transporte de la lámina a lo largo de una trayectoria predeterminada a través del aparato, y un par de cabezales de chorro de aire (20, 21) para enfriar la lámina con chorros de gas de enfriamiento, comprendiendo los cabezales de chorro de aire cabezales de chorro de aire superior (20) e inferior (21) dispuestos en relación opuesta por encima y por debajo de la trayectoria predeterminada, comprendiendo cada cabezal de chorro de aire una pluralidad de cámaras alargadas separadas (22) para suministrar gas de enfriamiento a una matriz (40) de boquillas de enfriamiento (23, 92) desde la que emanan chorros de gas de enfriamiento, estando las boquillas de enfriamiento de cada cámara mutuamente inclinadas para proporcionar chorros de gas de enfriamiento divergentes, donde las cámaras se extienden transversalmente a la dirección de transporte de la lámina de vidrio curva y la matriz de boquillas de enfriamiento se curva en al menos una dirección, **caracterizado por que** la longitud de las boquillas de enfriamiento es superior a su diámetro.
2. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 1, donde la matriz de boquillas de enfriamiento comprende filas de boquillas de enfriamiento que se extiende a lo largo de líneas que se curvan en la dirección del alargamiento de las cámaras.
3. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 2, donde las filas de boquillas de enfriamiento se extienden a lo largo de líneas que se curvan para coincidir con la curvatura local media de la lámina de vidrio curva en la dirección correspondiente.
4. Un aparato de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, donde cámaras sucesivas en la dirección de transporte se disponen de manera que su perfil en el plano de las boquillas se curva en la dirección de transporte.
5. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 4, donde el perfil de las cámaras se curva para coincidir con la curvatura local media de la lámina de vidrio curva en la dirección de transporte.
6. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 4 o la reivindicación 5, donde los cabezales de chorro de aire se disponen para moverse acercándose y alejándose unos de otros.
7. Un aparato de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, donde el aparato tiene un eje (17) paralelo a la dirección de transporte, y las cámaras sucesivas del cabezal de chorro de aire inferior se conectan entre sí mediante superficies de conexión (26) que se alinean hacia abajo lejos de la línea central.
8. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 7, donde las cámaras sucesivas del cabezal de chorro de aire superior se conectan entre sí mediante superficies de conexión que se inclinan hacia abajo, hacia la línea central, de modo que las superficies de conexión de los cabezales de chorro de aire superior e inferior divergen lejos de la línea central.
9. Un aparato de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, donde las boquillas de enfriamiento se forman como perforaciones en una barra de boquillas (51, 90), estando las salidas (84) de las boquillas a nivel con una superficie (85, 91) de la barra, estando al menos una de tales barras incorporada en cada cámara en su extremo más cercano a la trayectoria de transporte de la lámina de vidrio curva.
10. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 9, donde las perforaciones son en parte cilíndricas (80, 94) y en parte cónicas (81, 95), estando la parte cónica en el extremo de entrada (83).
11. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 10, donde la longitud de la parte cilíndrica de la perforación es igual o mayor que la longitud de la parte cónica.
12. Un aparato de acuerdo con una cualquiera de la reivindicación 9 a la reivindicación 11, donde la barra es no metálica, por ejemplo, está compuesta de politetrafluoroetileno.
13. Un método para templar una lámina de vidrio curva, que comprende transportar la lámina a lo largo de una trayectoria predeterminada a través de un aparato de acuerdo con la reivindicación 1, y enfriar la lámina con chorros de gas de enfriamiento divergentes, **caracterizado por** el transporte de la lámina de vidrio curva transversalmente a la dirección del alargamiento de las cámaras, emanando los chorros de gas de enfriamiento divergentes desde una matriz de boquillas de enfriamiento que se curva en al menos una dirección.
14. Un método para templar una lámina de vidrio curva de acuerdo con la reivindicación 13, que comprende alejar los cabezales de chorro de aire para permitir que la lámina pase entre los mismos, moviendo los cabezales de chorro de aire uno hacia el otro para la operación de enfriamiento, y alejando de nuevo para permitir que la lámina salga de entre los cabezales de chorro de aire.

15. Un método de acuerdo con la reivindicación 13 o 14, donde la lámina de vidrio curva se alarga en una dirección, comprendiendo transportar la lámina con su dirección del alargamiento perpendicular a la dirección de transporte y paralela a la dirección del alargamiento de las cámaras.
- 5 16. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 13 a 15, donde los chorros de gas de enfriamiento están dispuestos para incidir en la lámina de vidrio en un patrón de "dominó 5".
17. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 13 a 16, donde las tensiones de endurecimiento generadas en la lámina de vidrio curvada y templada no son uniformes.
- 10 18. Una línea de producción (10) para la producción de láminas de vidrio curvadas y templadas (11), que comprende un horno (12) para calentar las láminas de vidrio, un puesto de curvatura (13), un aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, un puesto de descarga (15) y un medio para hacer avanzar las láminas a lo largo de una trayectoria predeterminada a lo largo de la línea.
- 15

Fig. 1.

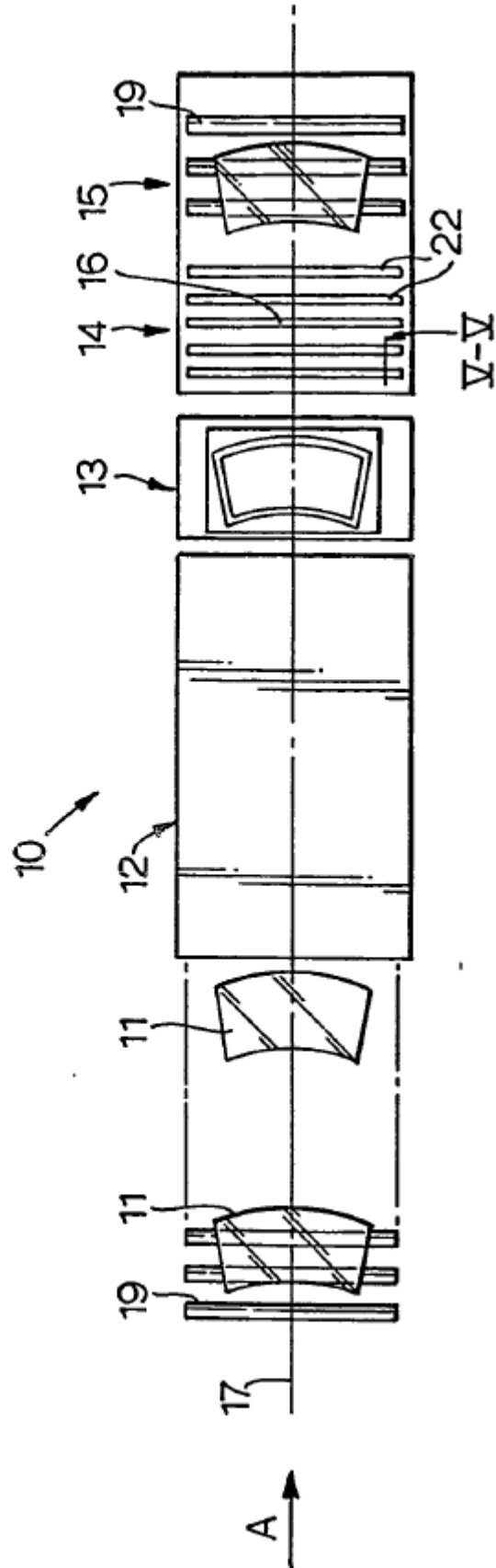


Fig.2a.

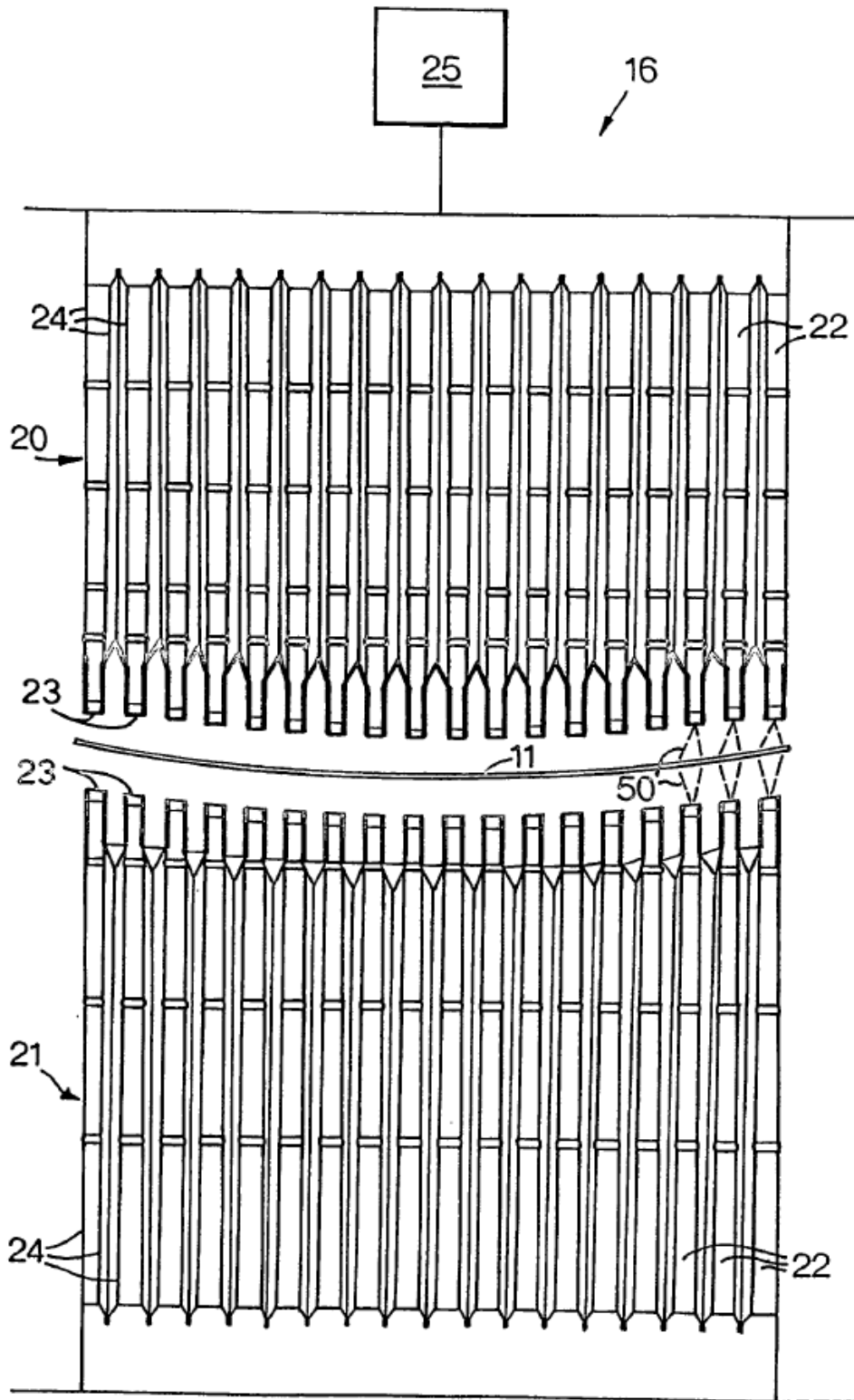


Fig.2b.

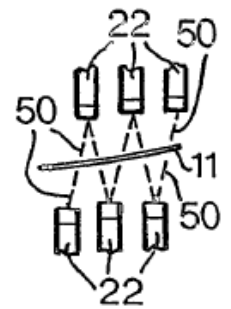


Fig.3.

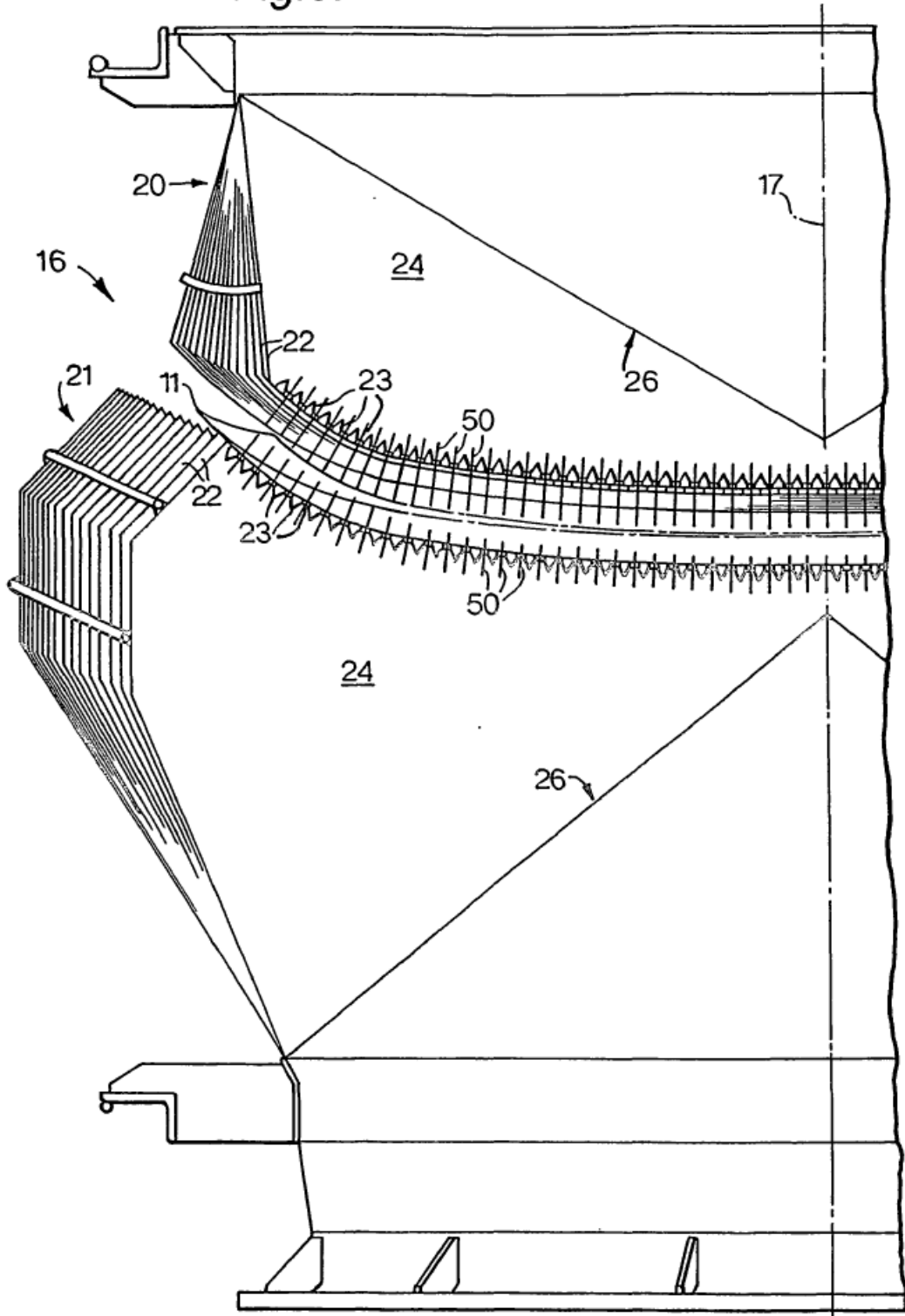


Fig.4.

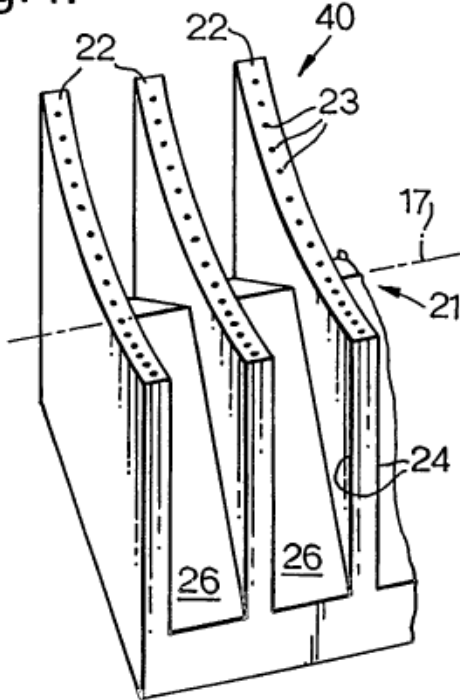


Fig.5.

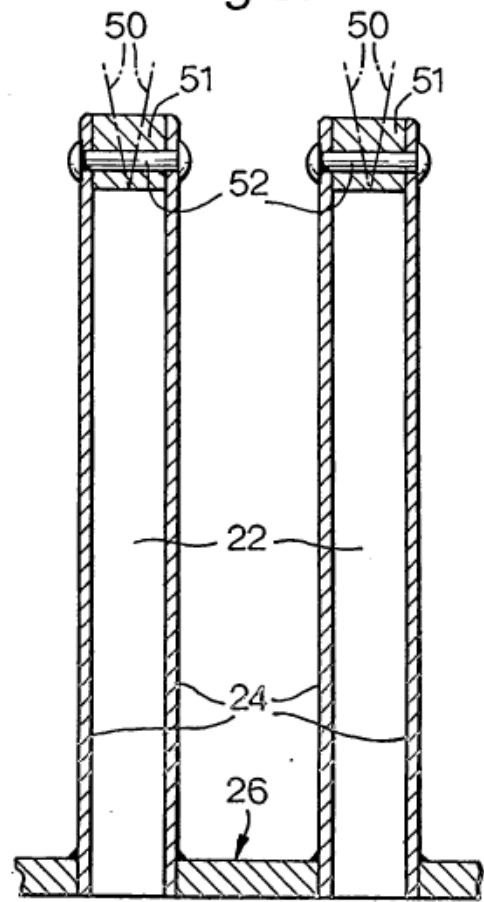


Fig.6.

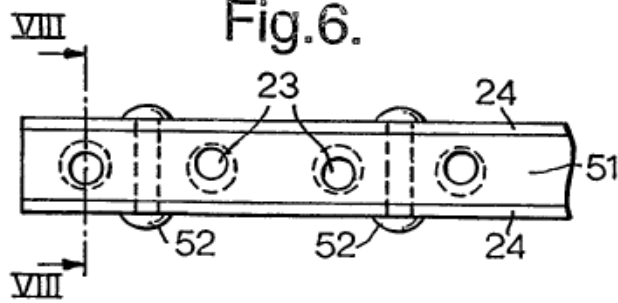


Fig.7.

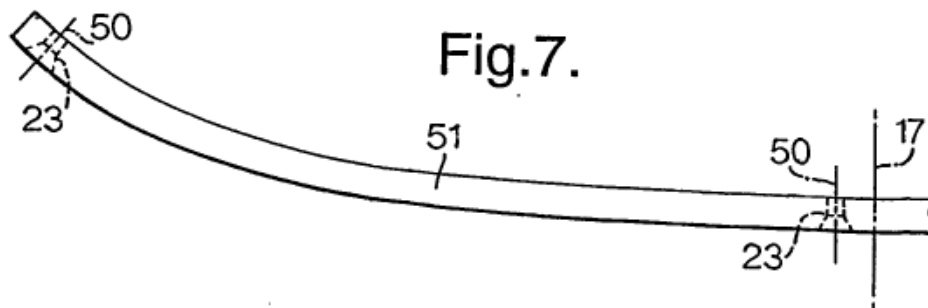


Fig.8.

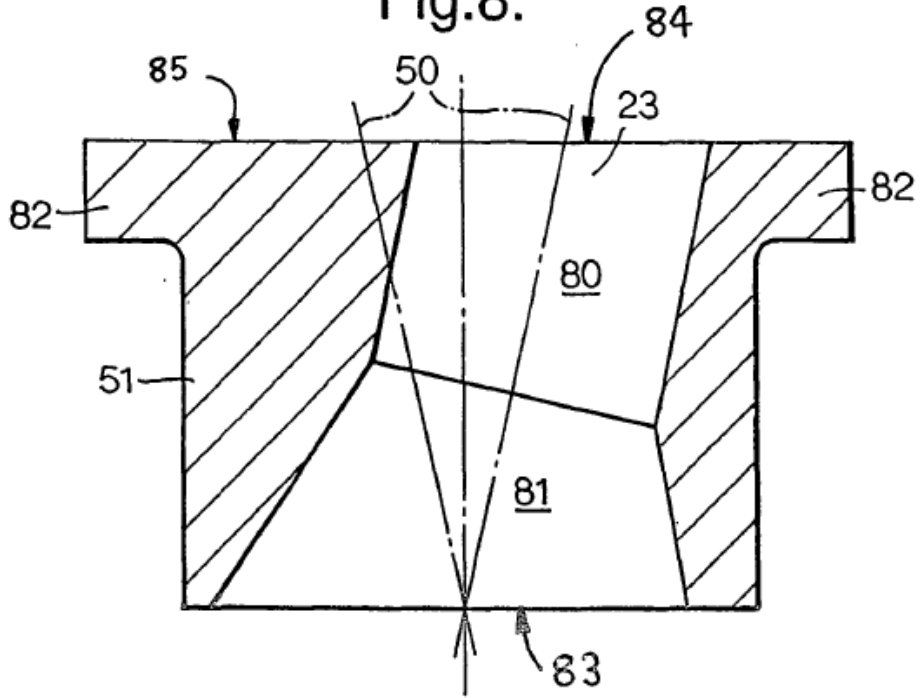


Fig.9.

