

436928'

10 JUN. 1979

P.- 60.127
Case No. 5662
File No: F-5662-G1
División: Glass
"Apparatus"

Int. Cl.:	C03B

MEMORIA DESCRIPTIVA

para solicitar PATENTE DE INVENCION

A nombre de PPG INDUSTRIES, INC.

entidad norteamericana

establecida en One Gateway Center, Pittsburgh, Pensil-
vania 15222, Estados Unidos de América.

por:

" PERFECCIONAMIENTOS INTRODUCIDOS EN UN APARATO
PARA FABRICAR VIDRIO "

ANTECEDENTES DEL INVENTO

Este invento se refiere a la fabricación de vidrio plano por conformación del mismo mientras va soportado sobre metal fundido. Más en particular, este invento se refiere a un aparato mejorado para controlar el enfriamiento por convección del vidrio fundido, en particular inmediatamente a continuación de la entrega sobre el metal fundido para conformación.

Hay varias formas bien conocidas para fabricar vidrio plano por conformación del mismo a partir de una masa de vidrio soportada sobre metal fundido. El vidrio fundido puede ser entregado sobre un charco o baño de metal fundido, tal como de estaño fundido, y enfriado y hecho avanzar a lo largo de la superficie del metal para formar una hoja o cinta continua de vidrio de acuerdo con los principios de la Patente para los EE.UU. Número 710.357 de Heal; de la Patente para los EE.UU. Número 789.911 de Hitchcock; o bien de las Patentes para los EE.UU. Número 2.911.159, Número 3.083.551 y Número 3.220.816 de Pilkington.

Desde la más antigua de estas exposiciones se ha apreciado que se puede controlar la temperatura del vidrio mientras está soportado el vidrio sobre el metal fundido. De acuerdo con Heal, "variando la temperatura en las cámaras de calentamiento se puede acelerar

o retardar el flujo de la hoja en proporción al grado variable de fluidez del vidrio". La descripción de Hitchcock se refiere principalmente a la división de un baño de metal fundido de soporte de vidrio en charcos o baños separados, de modo que se pueda facilitar el enfriamiento controlado del vidrio. Hitchcock describe además el uso de quemadores para calentar un techo en arco que se extiende sobre el vidrio fundido que está soportado por, y conformado sobre, el metal fundido.

De acuerdo con Patentes recientes, los investigadores en esta técnica han coordinado el control de la temperatura con la aplicación de fuerzas de tracción al vidrio que está siendo conformado, a fin de producir vidrio plano de grueso variable. Por ejemplo, en la Patente para los EE.UU. Número 3.352.657 de Charnock se describe un método para fabricar vidrio plano en el cual el vidrio, al ser entregado sobre el metal fundido en la cámara de conformación, es enfriado inmediatamente a un régimen rápido y permanece después a una temperatura sustancialmente constante durante un período de tiempo prolongado, mientras se aplican fuerzas de tracción longitudinal al vidrio en dos posiciones y se permite que los bordes del vidrio estén lateralmente sin contención. De acuerdo con esta Patente, se puede fabricar vidrio plano de grueso menor que el de equilibrio, de la manera descrita. El vidrio del grueso de equilibrio es vi-

drio plano que tiene el grueso que alcanzaría si se permitiese que descansase como vidrio fundido sobre un charco de metal fundido hasta que dejase de extenderse hacia fuera sobre el metal fundido. De acuerdo con la Patente de Charnock, el vidrio caliente que es soportado sobre metal fundido para conformación tiene su temperatura controlada por reguladores de temperatura no definida situados por encima y por debajo del vidrio en posiciones bastante aguas abajo del extremo de entrada de la cámara de conformación.

En la Patente de Charnock y en la Patente para los EE.UU. Número 3.589.886 de Montgomery, se han representado barreras o puertas para radiación que se extienden a través de cámara de conformación por flotación. Estas barreras se usan para apantallar los rodillos de canto, o dispositivos de estiramiento de borde situados en una región particular, contra la radiación del calor procedente de otras regiones en una cámara de conformación. Estas apantallan tales dispositivos del calor radiado desde las partes de techo de la cámara de conformación que se extienden tanto aguas arriba como aguas abajo desde la región protegida. Estas barreras permiten el movimiento libre de gases a lo largo de la superficie superior del vidrio, a lo largo de toda su longitud en la cámara.

En las Patentes para los EE.UU. Número 3.248.197 y Número 3.615.315, de Michalik y Misson, se ha representado que el espacio superior, por encima del vidrio fundido que se está conformando mientras va soportado sobre un charco de metal fundido en una cámara de conformación, puede ser subdividido en su final disponiendo para ello barreras que están conectadas a un techo que está por encima de la parte inferior de la cámara. Esto se ha representado con referencia, en particular, a métodos para proporcionar zonas de presiones diferentes a la atmosférica dentro de una cámara de conformación, a fin de efectuar el control del grueso del vidrio que se produce; por consiguiente, se usan tales dispositivos juntamente con el suministro de gas al espacio superior bajo presiones sustancialmente superiores a la atmosférica y dirigido al vidrio que se está conformando.

El vidrio plano producido por las técnicas de Pilkington (incluida la variación de Charnock) o por técnicas que son mejoras de los procedimientos básicos de Heal o de Hitchcock, así como por técnicas tales como las descritas en las Patentes de Michalik y Misson, tiene en general buena calidad óptica. Tales vidrios son en general ópticamente más planos que los vidrios planos producidos por los procedimientos denominados de

fabricación en hoja, tal como el procedimiento de Pitts
burgh, el procedimiento de Colburn o el procedimiento de
Fourcault. Es decir, que estos vidrios no se caracteri
zan por una distorsión óptica tan intensa como la que ca
5 racteriza a los vidrios en hoja. No obstante, el vidrio
plano producido soportándolo sobre metal fundido durante
la conformación se caracteriza por una cierta distorsión
óptica. Esto es más evidente en los vidrios delgados
que en los vidrios gruesos, especialmente en el vidrio
10 que tiene el grueso de equilibrio, y es más evidente cuan
do se observa el vidrio con un pequeño ángulo mediante
luz reflejada, en vez de con un ángulo de unos 90° median
te luz transmitida. La distorsión óptica se denomina de
diversos modos: "distorsión de ondulación", "distorsión
15 en línea quebrada" y "distorsión de reflexión".

La distorsión óptica en el vidrio plano se
puede evaluar cualitativamente, observando para ello una
proyección de sombras del vidrio usando un manantial de
luz puntual dirigido perpendicularmente a una pantalla de
20 blanco y situando el vidrio según un cierto ángulo con
respecto a la pantalla de blanco, de modo que se proyec
te sobre la pantalla una imagen del vidrio. También se
puede observar la distorsión óptica en las fotografías
de Schlierin del vidrio. El diseño o modelo de distorsión
25 óptica es regular, reiterativo e isótropo en el vidrio

5 producido por métodos como el de Pilkington, en el cual el vidrio cae sobre el metal fundido y se extiende hacia fuera y luego se tira del mismo de nuevo hacia dentro. En el vidrio producido según el modo de Hitchcock a continuación de la entrega horizontal sobre metal fundido, mientras se mantiene su anchura sustancialmente sin variación, el diseño de distorsión es regular, reiterativo y anisótropo. En ambos tipos de vidrio la distorsión puede ser lo suficientemente intensa (es decir, la varia
10 ción de claridad a oscuridad en una sombra proyectada es la suficientemente grande) como para poder ser fácilmente observada, incluso por un observador no adiestrado, cuando el vidrio está recubierto con un recubrimiento re
flectante y es observado mediante luz de reflexión.

15 Se admite que la distorsión óptica que apa
rece en el vidrio plano es un efecto que puede ser originado por variaciones en las superficies del vidrio. Si las superficies no son perfectamente planas, sino que, por el contrario, se caracterizan por una pluralidad de elevaciones y depresiones, un haz de luz que pase a tra-
20 vés del vidrio será curvado o distorsionado. Esta dis
torsión óptica en el vidrio puede ser detectada durante la producción, usando un dispositivo tal como el descrito y reivindicado por Simko en la Patente para los EE.UU.
25 Número 3.799.679, o bien determinando la variación en la

superficie de una hoja de vidrio a partir de sus caracte-
rísticas ópticas, de la manera descrita en la Patente pa-
ra los EE.UU. Número 3.792.930 de Obenreder. El presen-
te invento proporciona un método para fabricar vidrio de
5 calidad óptica mejorada que tiene una distorsión de inten-
sidad disminuida.

RESUMEN DEL INVENTO

Dentro de una cámara de conformación de
vidrio hay montadas una serie de barreras similares a hojas
10 que se extienden transversalmente a través del espacio
superior por encima de un charco de metal fundido en la
cámara de conformación. El fondo de cada barrera está
situado ligeramente por encima de la superficie superior
del metal fundido. El vidrio que pasa por debajo de la
15 barrera mientras está soportado, para conformación, so-
bre el metal fundido, pasa lo suficientemente próximo al
fondo de la barrera como para que el movimiento de los
gases en el espacio superior de la cámara, entre la ba-
rreira y el vidrio, sea sustancialmente eliminado. Las
20 barreras dividen o separan la cámara de conformación en
una serie de cámaras o zonas más pequeñas. En cada una
de estas zonas se establece una pequeña célula de flujo
de gas de convección.

Las barreras se extienden preferiblemente a
25 través de la cámara de conformación desde su techo hasta

justamente por encima de la superficie superior del metal fundido, de modo que cada una proporciona una barrera sustancialmente completa a través del espacio superior, desde el techo de la cámara hacia abajo, hasta la posición en que tiene lugar el movimiento del vidrio. Como alternativa, las barreras pueden extenderse desde las proximidades del vidrio hacia arriba, dentro del espacio superior solamente en una corta distancia, estando la parte superior del espacio superior en libre comunicación a través de la cámara por encima de la barrera. Se puede proporcionar una combinación de barreras, siendo las barreras que están más próximas al extremo de entrada de la cámara de conformación preferiblemente barreras que se extienden por completo a través del espacio superior y por completo desde las proximidades del techo de la cámara hacia abajo, hasta una posición justamente por encima de la superficie superior del metal fundido y siendo las de menor tamaño las barreras que están en posiciones más alejadas aguas abajo en la cámara de conformación, más próximas a su extremo de descarga.

Las barreras están situadas lo suficientemente próximas entre sí como para que el número de Nusselt característico, descriptivo del régimen de transferencia de calor por convección desde el vidrio a la atmósfera en cada célula de convección, sea mantenido en un valor sen-

siblemente inferior al valor característico para un número de Nusselt descriptivo del enfriamiento por convección para la cámara de conformación como un conjunto, si no se hubiesen previsto barreras.

5

A medida que es conducida una capa de vidrio fundido a lo largo de la superficie de un charco de metal fundido para conformarlo en una cinta de vidrio continua dimensionalmente estable, es expuesta sucesivamente a zonas de enfriamiento por convección individuales. En cada una de estas zonas de enfriamiento por convección individuales se establece un flujo de convección, el cual es independiente del flujo de convección en la región de enfriamiento inmediatamente adyacente, al menos en el espacio inmediatamente adyacente al vidrio. El tamaño de cada una de las zonas de enfriamiento individuales es tal que el número de Nusselt, descriptivo de la célula de flujo de convección que se desarrolla en cada zona, es mantenido en un valor sustancialmente inferior al valor de un número de Nusselt que sería descriptivo del enfriamiento por convección en toda la longitud de la cámara de conformación si la misma no estuviese dividida o separada en zonas o regiones de enfriamiento por convección individuales.

10

15

20

25

Las zonas de enfriamiento por convección más próximas al extremo caliente de una cámara de conformación

mación (es decir, el extremo por donde se recibe el vidrio fundido en la cámara de conformación y sobre el metal fundido para conformación) son más pequeñas que las zonas de enfriamiento por convección que están en las proximidades del extremo frío o de salida de la cámara de conformación por donde se retira del metal fundido la hoja de vidrio continua conformada.

Las células de flujo por convección en las zonas de enfriamiento del baño que se extienden, en general, desde la posición por donde es descargado vidrio fundido sobre el metal fundido, en al menos aproximadamente del 10 al 30 por ciento de la longitud total de la cámara de conformación, están caracterizadas preferiblemente por números de Nusselt que son inferiores a los que caracterizan a las células de flujo de convección en las zonas de enfriamiento que van del tercio a la mitad central de la longitud de la cámara de conformación, las cuales, a su vez, se caracterizan preferiblemente por números de Nusselt que son inferiores a los números de Nusselt descriptivos de las células de flujo en las zonas de enfriamiento en el tercio final de la cámara de conformación.

El número de Nusselt característico, el cual se emplea convenientemente para definir los tamaños preferidos de las células de flujo de convección en una cámara de conformación, se define de acuerdo con la si-

guiente relación aceptada usualmente para la transferencia de calor relativa por convección y conducción en un medio gaseoso.

$$N_u = \frac{h H}{K}$$

5 El número de Nusselt en este ambiente se considera ahora que es función del número de Grashof, del número de Prandtl y de una relación de aspecto descriptiva del espacio superior en la cámara de conformación por encima del vidrio fundido sobre el metal fundido. La forma de esta relación se expresa convenientemente como sigue:

10

$$N_u = a(Gr)^b(Pr)^c(A)^d$$

En esta ecuación, el número de Grashof tiene su significado usual y acostumbrado, es decir,

$$Gr = \frac{\rho^2 g \beta \Delta T H^3}{\mu^2};$$

15

el número de Prandtl tiene también su significado usual y acostumbrado, es decir,

$$Pr = \frac{\mu c_p}{K};$$

20

y la relación de aspecto descriptiva del espacio superior de la cámara de conformación tiene el siguiente significado:

$$A = H/L.$$

En estas relaciones, los términos individuales tienen los siguientes significados:

25

ρ es la densidad de masa media de los gases

- 5 en el espacio superior de la cámara de con
formación; puesto que estos gases son gases
protectores, principalmente nitrógeno con
una pequeña cantidad de hidrógeno, se dis-
pone de la densidad en tablas normalizadas
para un margen completo de temperaturas;
- g es la constante de la gravedad;
- β es el coeficiente de dilatación volumétri-
ca para los gases;
- 10 ΔT es la diferencia de temperaturas de gases
entre el extremo caliente y el extremo frío
de una zona de enfriamiento por convección,
o bien entre el extremo caliente y el extre-
mo frío de una cámara de conformación, se-
gún sea el caso;
- 15 H es la altura de la cámara de conformación o
zona de enfriamiento, según sea el caso;
- μ es la viscosidad media de los gases;
- C_p es la capacidad calorífica de los gases;
- 20 K es la conductividad térmica de los gases;
- h es el coeficiente de transferencia de ca-
lor por convección entre el vidrio y los
gases en el espacio superior;
- L es la longitud de una zona de enfriamiento
o de la cámara de conformación, según sea
25 el caso;

a, b, c y d son constantes determinadas experimentalmente, todas ellas positivas, siendo b mayor que d.

Las relaciones individuales que son números sin dimensiones conocidos usualmente, característicos de la transferencia de calor, se han estudiado extensamente en general en el siguiente texto:

TRANSPORT PHENOMENA, de R. B. Bird; W. E. Stewart y E. N. Lightfoot, J. Wiley and Sons, Inc., New York, N.Y. (EE.UU.) (1960, 62) Library of Congress Catalog Card No. 60-11717 (Ficha de Catálogo de la Biblioteca del Congreso Número 60-11717).

En la práctica de este invento se prefiere que el número de Nusselt sea mantenido por debajo de aproximadamente 1.200 y más preferiblemente por debajo de aproximadamente 900, en particular cuando se fabrica vidrio que es sensiblemente más delgado que el vidrio que tiene el grueso de equilibrio, especialmente vidrio de un grueso del orden de 3,17 mm o más delgado.

El presente invento se lleva preferiblemente a la práctica mediante el uso de barreras de convección que son convenientes para instalación en una cámara de conformación y que comprenden elementos que pueden ser convenientemente ajustados dentro de la cámara de conformación a fin de alterar de modo controlable el enfria-

miento por convección dentro de la cámara.

Se prefieren dos tipos de barreras o cortinas para uso cuando se lleva a la práctica este invento. Un tipo de barrera es una barrera que se extiende desde la región del techo de una cámara de conformación hacia abajo, hasta una elevación igual o justamente por encima de la elevación prevista para la superficie superior de una capa de vidrio que está soportada por, y conformada en una hoja continua sobre, un charco o baño de metal fundido en la cámara de conformación. Tales barreras se extienden preferiblemente a través de toda la anchura de la cámara de conformación. Deberán extenderse al menos más allá de los bordes marginales de una capa de vidrio que esté siendo conformado. Pueden extenderse se hacia abajo lo suficiente como para aplicarse a la superficie superior del vidrio, en cuyo caso se hacen preferiblemente de material flexible. No obstante, se prefiere con mucho que se extiendan hasta una elevación justamente por encima de la superficie del vidrio, de modo que no haya posibilidad de que se marque el vidrio debido al contacto con la barrera.

Las barreras preferidas comprenden material flexible, tal como tela de amianto, tela de fibra de vidrio o similar. Tales barreras pueden estar soportadas sobre monturas fijas o bien pueden estar montadas

de modo enrollable sobre rodillos giratorios, de modo que puedan ser ajustadas hacia arriba o hacia abajo, dependiendo de las necesidades particulares de producción. Un conjunto de soporte preferido comprende una tubería alrededor de la cual se puede enrollar la barrera de tela. El conjunto puede ser introducido en una cámara de conformación a través de una u otra de sus paredes laterales, proporcionándose para ese fin pequeñas aberturas susceptibles de cierre hermético. Una vez introducido en la cámara de conformación, se puede hacer rotar el conjunto de modo que se pueda bajar la barrera o cortina a una posición adecuada para la puesta en práctica del invento.

También se pueden emplear convenientemente barreras cortas en la práctica de este invento. Estas son especialmente útiles en posiciones bastante aguas abajo desde el extremo caliente de una cámara de conformación. Son también útiles en la inmediata proximidad del extremo caliente de una cámara de conformación, especialmente debajo de un dintel o arco plano en la entrada de una cámara de conformación. Estas barreras acortadas se extienden desde una posición situada a una distancia del orden de 0,6 a 0,9 metros por encima del estaño fundido hacia abajo hasta una posición justamente por encima del metal fundido, de modo que sus superficies inferiores no

establezcan aplicación con el vidrio que pasa por debajo de ellas. Por conveniencias de instalación, cada una de estas barreras comprende una barra transversal u otro miembro de soporte, tal como una tubería, a la cual está conectada la propia barrera. Cada una puede extenderse dentro de una cámara de conformación haciéndola pasar a través de una junta lateral abierta que conecta una parte superior suspendida de una cámara de conformación con su parte inferior que contiene metal fundido y haciéndola luego rotar a posición de modo que la barrera se extiende hacia abajo desde el miembro de soporte mientras que se extiende transversalmente a través de la cámara de conformación. Esto divide el espacio superior de la cámara de conformación inmediatamente por encima del metal fundido, mientras que el espacio superior que hay por encima de la junta lateral en las proximidades del techo de la cámara es mantenido en comunicación en toda su longitud sobre las barreras. Una barrera corta preferida comprende una tubería enfriada por agua sobre la cual hay montada una barrera de hoja metálica, por ejemplo una barrera de acero inoxidable.

Este invento se comprenderá mejor con referencia a los dibujos que se acompañan.

BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

La Fig. 1 es una vista en alzado, en corte

longitudinal, de una cámara de conformación de vidrio conectada a un horno de fabricación de vidrio a través de una instalación de entrega o de descarga de vidrio, con la cámara de conformación dividida de acuerdo con este in
5 vento; y

La Fig. 2 es un vista en perspectiva de una barrera corta preferida.

DESCRIPCION DE LAS REALIZACIONES PREFERIDAS

10 Con referencia primeramente a la Fig. 1, se ve en ella un horno 11 de fabricación de vidrio, al cual está conectada una instalación 13 de entrega de vidrio fundido, la cual está conectada, a su vez, a una cámara 15 de conformación de vidrio plano que tiene en su
15 extremo de aguas abajo una instalación 17 de conducción y elevación de hoja de vidrio continua. El que se ha representado es el extremo de salida o de descarga del horno de fabricación de vidrio 11. Este es el extremo de una zona de refinado o acondicionamiento del horno. Dentro
20 del horno de fabricación de vidrio hay un charco o baño de vidrio fundido 19. De este charco de vidrio fundido es de donde se entrega una capa de vidrio fundido a la cámara de conformación 15, para conformación en una hoja de vidrio continua.

25 Dentro de la cámara 15 de conformación de

vidrio plano hay un charco de metal fundido 21, el cual actúa como un líquido de soporte para soportar el vidrio fundido entregado a la cámara de conformación mientras éste es enfriado y conducido a lo largo de la superficie del charco de metal fundido 21 para formar una hoja de vidrio 23 continua dimensionalmente estable, la cual puede ser luego retirada del charco de metal fundido mediante la instalación de elevación 17.

La instalación 13 de descarga o entrega de vidrio fundido incluye un miembro 25 de umbral por debajo de la superficie, el cual soporta vidrio fundido como una capa o corriente de vidrio fundido durante su retirada desde el charco de vidrio fundido 19 y entrega al charco de metal fundido 21. La superficie superior del umbral 25 está en, o justamente por encima de, la superficie superior del charco de metal fundido, de modo que el vidrio entregado sobre el umbral al metal fundido es entregado siguiendo una trayectoria sustancialmente horizontal que es o bien perfectamente horizontal o bien comprende una ligera pendiente hacia abajo. Esta combinación de elementos asegura que el vidrio fundido sea soportado continuamente durante la entrega.

La instalación de entrega de vidrio fundido incluye, además, una parte 27 de techo que se extiende sobre la región de umbral del horno 11 inmedia-

tamente aguas arriba del umbral y la región de la cámara de conformación inmediatamente aguas abajo del umbral. El techo, preferiblemente, es de construcción de arco plano. La instalación de entrega incluye, además, jambas o miembros laterales 29 que definen la anchura de una abertura a través de la cual puede ser retirado vidrio fundido desde el horno y entregado a la cámara de conformación. Estas se extienden hacia arriba desde los extremos del umbral 25 hasta el techo 27. Extendiéndose hacia abajo desde el techo, hacia el umbral, hay un miembro de dosificación ajustable o compuerta 31 que se extiende transversalmente a través de la trayectoria prevista de movimiento del vidrio a través de la instalación de entrega. Esta compuerta se extiende hacia abajo para aplicación con la superficie superior de vidrio fundido en el charco de metal fundido 19 y puede ser ajustada hacia arriba o hacia abajo para variar el espacio entre la parte inferior de la compuerta 31 y la parte superior del umbral 25. Esto controla la profundidad (altura) de la abertura por la cual puede ser entregado vidrio fundido a través del umbral 25. Se puede prever una compuerta 33 de respaldo aguas arriba de la compuerta ajustable usada para fines de control del flujo.

La cámara de conformación 15 comprende una parte superior y una parte inferior. La parte infe-

rior está soportada preferiblemente desde debajo y la parte superior está suspendida desde encima. La parte inferior de la cámara de conformación comprende un fondo 35, paredes laterales inferiores 37 y un labio extremo de salida 39, el cual, juntamente con el umbral 25, constituye un recipiente para contener el charco de metal fundido 21 en la cámara de conformación. La parte de fondo de la cámara de conformación puede estar provista de rodillos de canto 40 ó de otro aparato de aplicación de fuerza para ajustar o controlar la anchura y el grueso del vidrio que se está conformando.

La parte superior de la cámara de conformación incluye paredes laterales superiores 41, las cuales están conectadas a las paredes laterales inferiores 37 por una junta lateral 43, la cual incluye componentes individuales que pueden ser retirados para proporcionar acceso al interior de la cámara de conformación. La parte superior de la cámara de conformación incluye además un techo 45 y un dintel 47 que se extienden transversalmente, a través de la entrada o extremo caliente de la cámara de conformación. Este dintel 47 puede estar diseñado para soportar la parte de aguas abajo del techo 27 de la instalación de entrega.

La instalación 17 de conducción y elevación de vidrio incluye una obturación extrema de salida

que comprende cortinas 49, las cuales están diseñadas para impedir la entrada de materiales no deseados, en particular de oxígeno, en la cámara de conformación. Una hoja continua de vidrio puede ser elevada desde el

5 charco de metal fundido 21 y conducida fuera, o retirada, de la cámara de conformación por los rodillos 51 de elevación, los cuales constituyen parte de la instalación 17 de elevación. Estos rodillos están provistos de juntas 53.

10 La cámara de conformación está provista de una serie de elementos 55 de calentamiento por radiación que tienen conexiones 57 para conexión a una fuente de energía eléctrica (no representada). Estos elementos de calentamiento se usan para controlar el régimen de en

15 friamiento del vidrio en la cámara de conformación. Puesto que el vidrio es enfriado por transferencia de calor a la parte superior de la cámara de conformación, cualquier aumento de la temperatura del techo puede ser usado para disminuir el régimen de transferencia de calor desde el

20 vidrio al mismo y, a la inversa, una disminución de la temperatura del techo puede usarse para aumentar la transferencia de calor al mismo. La estructura de techo incluye tejas 59 de techo, las cuales actúan, en parte, como absorbedores de calor para el calor radiado a la parte

25 de techo de la cámara de conformación y tienden a actuar como un equilibrador térmico, proporcionando un blan

co uniforme para la radiación de calor desde el vidrio fundido.

5 El vidrio no solamente cede calor al techo de la cámara de conformación por radiación sino que es además enfriado por transferencia de calor por convección a la atmósfera gaseosa dentro del espacio superior definido por la parte superior de la cámara de conformación y la parte inferior de la cámara de conformación que se extiende por encima del vidrio. Esta atmósfera gaseosa es, por supuesto, preferiblemente una atmósfera protectora para impedir la oxidación del metal fundido sobre el cual está soportado el vidrio. En ausencia de cualesquiera barreras de flujo de convección, se desarrolla una gran célula de convección en una cámara de conformación debido a que el extremo de entrada de la cámara está sustancialmente más caliente que el extremo de salida de la cámara. Los gases tienden a subir hacia el techo en el extremo de entrada de la cámara y a descender hacia el vidrio en el extremo de salida de la cámara. Esto origina un flujo de gases a contracorriente con respecto a la dirección del movimiento del vidrio a través de la cámara inmediatamente adyacente al vidrio y en el mismo sentido de la corriente de su movimiento a lo largo del techo.

25 En una cámara de conformación que tiene

una gran diferencia de temperaturas entre su extremo caliente y su extremo frío, la velocidad de los gases adyacentes al vidrio es suficiente para producir un enfriamiento excesivo del vidrio por convección, en su superficie. Este enfriamiento puede ser tan grande que el vidrio desarrolle en la superficie una naturaleza sustancialmente más rígida, más viscosa, que la del vidrio que está inmediatamente debajo de la superficie. Debido aparentemente a ésto, se desarrollan dentro del vidrio fuerzas de compresión cerca de la superficie del vidrio fundido. Estas fuerzas parecen ser una causa principal de la distorsión ondulada en la superficie superior del vidrio. Esta distorsión ondulada se caracteriza por aparecer depresiones y elevaciones periódicas en la superficie superior del vidrio.

Este problema es peor en las cámaras de conformación cortas que en las largas. Cuando la longitud de una cámara de conformación es de menos de unas cincuenta veces su altura, la distorsión ondulada originada por el enfriamiento por convección es apreciable. La calidad del vidrio producido en tal cámara de conformación puede ser mejorada mediante la puesta en práctica de este invento. En una cámara de conformación que tenga una longitud que sea menor que unas veinte veces su altura, la puesta en práctica de este invento parece esencial, si se

ha de producir vidrio de una calidad óptica aceptable co
mercialmente. Por consiguiente, este invento puede con
siderarse como una clave para la producción de vidrio
de alta calidad en cámaras de conformación sensiblemente
5 te más cortas que las que se han considerado prácticas
para uso en el pasado. Llevando a la práctica este inven
to, cámaras de conformación tan cortas como las de 1,5 a
3,0 metros, por ejemplo, resultan prácticas para la pro
ducción de vidrio plano. Tales cámaras de conformación
10 pueden ser construidas y hechas funcionar con unos gas
tos considerablemente menores que para las cámaras de
conformación actuales típicas, que tienen del orden de
60 metros de longitud.

Cuando se emplea una cámara de conforma
15 ción extremadamente corta, es necesario retardar el ré
gimen de transferencia de calor por convección desde el
vidrio a la atmósfera sensiblemente, a fin de evitar el
muy objetable efecto de distorsión ondulada.

De acuerdo con el presente invento, el es
20 pacio superior por encima del charco de metal fundido
en la cámara de conformación está subdividido en una se
rie de regiones o zonas separadas, cada una de las cuales
tiene una longitud del orden de la cuarta parte de la al
tura de la cámara a dos veces de altura de la cámara.
25 Esto rompe el flujo de convección dentro de la atmósfera

gaseosa por encima del charco de metal fundido y permite que la longitud total de la cámara de conformación sea bastante corta. Llevando a la práctica este invento, el vidrio puede ser enfriado adecuadamente para impedir que resulte marcado al retirarlo del charco de metal fundido, sin que la longitud de la cámara de conformación se extienda hasta una longitud que es típica de las cámaras de conformación de vidrio por flotación comercial corriente, las cuales tienen del orden de unos 60 metros de longitud.

Las barreras 61 comprenden tela refractaria flexible, de preferencia tela de amianto o tela de sílice, la cual cuelga desde miembros de soporte que se extienden transversalmente a través de la cámara de conformación. Están montadas por sus extremos a través de las paredes laterales superiores 41 ó bien, como alternativa, están montadas sobre la teja 59 del techo. Un miembro de soporte preferido es simplemente una tubería alrededor de la cual se enrolla la tela de refractario. Esta tubería puede ser hecha rotar para subir o bajar la barrera unida a la misma. Se ha comprobado que es deseable instalar tales barreras en una cámara de conformación y mantener las barreras enrolladas durante la puesta en marcha de la conformación de vidrio en la cámara y bajar las luego, después de haberse conseguido una conformación

estable.

Las barreras 63 se extienden hacia abajo desde la elevación de la junta lateral 43 hasta justamente por encima de la capa de vidrio que se está conformando en una hoja continua de vidrio. Estas barreras comprenden preferiblemente una tubería de soporte 67, la cual tiene una hoja metálica, de preferencia una hoja 65 de acero inoxidable, soldada a la tubería 67. Son introducidas a través de una sección quitada de la obturación lateral 43, con la placa en una posición horizontal, y son luego vueltas hacia abajo de modo que se extiendan transversalmente a través de la cámara de conformación.

Este invento se comprenderá mejor del ejemplo que sigue:

Se conformó un vidrio sódico-cálcico-silíceo de la siguiente composición, en una hoja continua de vidrio plano.

	<u>Constituyente</u>	<u>Inicial</u>
		(Tanto por Ciento en Peso)
20	SiO ₂	72.93
	Na ₂ O	13.63
	K ₂ O	0.02
	CaO	8.64
25	MgO	3.80

Al_2O_3	0.12
SO_3	0.23
Fe_2O_3	0.08

La hornada de vidrio se funde, se refina
5 y se descarga para conformación a un ritmo de aproximadamente 50 a 60 toneladas por día. La cámara de conformación a la cual se entrega el vidrio fundido tiene una longitud interior de unos 12 metros y una altura interior (separación desde la superficie del estaño fundido
10 a la teja del techo) de unos 0,9 metros. El espacio superior de la cámara de conformación contiene nitrógeno e hidrógeno, los cuales son alimentados continuamente al mismo a través del techo de la cámara.

Se entrega vidrio fundido a la cámara de
15 conformación como una capa o corriente ancha y delgada sobre un umbral sumergido y por debajo de una compuerta ajustable. El espacio entre la compuerta y el umbral se hace variar para controlar el régimen de entrega de vidrio fundido y se mantiene en general dentro
20 del margen desde aproximadamente 38,1 mm hasta aproximadamente 63,5 mm. La anchura de la abertura a través de la cual fluye la capa de vidrio es de unos 1,8 metros. La anchura de la hoja de vidrio continua producida es también de unos 1,8 metros, variando poco la
25 anchura del vidrio durante la conformación. Se usan

rodillos de canto o máquinas y se aplica suficiente fuerza de tracción al vidrio para producir una hoja continua de un grueso de aproximadamente 3,17 mm.

El vidrio fundido es entregado a la cámara de conformación a temperaturas comprendidas en el margen de unos 1.066°C a unos 1.177°C, siendo la temperatura de entrega usual de unos 1.121°C. El vidrio es enfriado hasta una temperatura dentro del margen desde aproximadamente 566°C hasta aproximadamente 677°C para elevación y retirada desde el charco de estaño fundido en la cámara de conformación.

Durante dos períodos dilatados de funcionamiento (de varios días de duración) se produce vidrio sin barreras de convección en la cámara. Durante otros dos períodos dilatados de funcionamiento se produce vidrio mientras hay dispuestas dos barreras de convección en toda la altura a través de la cámara, cerca de su extremo caliente. Una está situada a través de la cámara a una distancia de aproximadamente 1,2 metros desde la compuerta y el umbral y la segunda a unos 2,4 metros desde la compuerta y el umbral. La calidad del vidrio producido en cada uno de los cuatro períodos se evalúa a simple vista y cuantitativamente. El vidrio producido con las barreras en posición es de calidad sensiblemente mejor que la del producido sin barrera en posición.

Durante estos períodos de funcionamiento se colocaron de vez en cuando en la cámara de conformación reflectores de radiación, tales como el descrito por D. L. Cramer en su solicitud de Patente pendiente de tramitación, cedi-
5 da en común, presentada en igual fecha que ésta. Se observó que sus efectos beneficiosos complementaban los efectos beneficiosos de la puesta en práctica de este invento, así como se mejoró el comportamiento incluso cuando se fabricó vidrio sin barreras en la cámara de
10 conformación.

La transferencia de calor por convección desde el vidrio en los primeros 2,4 metros de la cámara de conformación viene determinada por las temperaturas del vidrio entre las compuertas y en la cámara de confor-
15 mación en posiciones aproximadamente a 1,2 metros aguas abajo de la compuerta y aproximadamente a 2,4 metros aguas abajo desde la compuerta. Se miden las temperaturas de los gases de la atmósfera, del techo, del estaño y de las paredes y el fondo de refractario del horno, para se-
20 parar la pérdida total de calor del vidrio, en sus partes separadas, es decir, la pérdida de calor a través de la superficie inferior del vidrio pasando al estaño, y el calor que pasa a través de la superficie superior del vidrio al techo y a los gases de la atmósfera. Tomando
25 como base la transferencia de calor desde el vidrio y las

propiedades termodinámicas del nitrógeno (el gas principal en la atmósfera de la cámara) se determinan los regímenes de transferencia de calor por convección y por conducción, al igual que el número de Nusselt característico de la región de interés en la cámara de conformación.

Se comprueba que la calidad del vidrio depende en gran medida del régimen de enfriamiento por convección, como se ve en el siguiente resumen de datos para los cuatro períodos de funcionamiento.

<u>Periodo de Tiempo</u>	Sin Barreras		Con Barreras	
	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>
Régimen de transferencia de calor total (cal/hora/cm ²)	3.120	2.900	2.200	1.900
Coefficiente de transferencia de calor por convección = h (cal/hora/cm ² /°C)	13	15	11	9
Número de Nusselt (sin distorsiones)	1.370	1.550	1.135	910
Suma de distorsión	66	56	22	23
Pico de distorsión	35	29	11	12
Angulo de cuadro Zebra (grados)	54	50	60	55

Las mediciones de la distorsión óptica se efectúan a través de la anchura de la hoja de vidrio usan

do un dispositivo de análisis de la distorsión similar al descrito por Obenreder en la Patente para los EE.UU, Número 3.792.930

5 Las unidades de suma de la distorsión son equivalentes a 0,05 dioptrías por 2,5 cm ó 0,13 centímetros por metro, en base a una longitud de exploración de 55,9 cm normal. Las unidades de pico de distorsión son equivalentes cada una de ellas a 0,002 dioptrías.

10 El ángulo de cuadro Zebra es el ángulo con el que se puede colocar una muestra de vidrio con respecto a una superficie plana que tiene sobre la misma una serie de líneas rectas y situadas perpendiculares a la línea de visión del espectador cuando las líneas se distorsionan (se doblan) al mirar a través del vidrio.

15 El vidrio está a mitad de distancia entre la superficie plana y el espectador. Si el vidrio fuese un vidrio plano ópticamente perfecto, podría girarse 90 grados sin originar distorsión. Esta prueba es sencilla y práctica, aunque menos precisa y más subjetiva que la del análisis de

20 la distorsión.

Angulos de Zebra mayores indican vidrio de mejor calidad, y menores picos y sumas de distorsión indican vidrio de mejor calidad. A la vista del observador no entrenado el vidrio de los períodos de tiempo 1 y 2 es

25 evidentemente objetable, mientras que el de los períodos

de tiempo 3 y 4 es de calidad aparentemente excelente.

Las barreras empleadas en este invento pueden ser provistas de canalones, como se ha ilustrado en la Fig. 2, para desviar a los lados de la cámara las impurezas condensadas de material extraño que sedimentan sobre ellos procedentes de la atmósfera. Además se puede configurar la parte inferior de una barrera para proporcionar más espacio debajo de su parte central que debajo de sus partes marginales. Esto permite cerrar muy apretadamente el espacio entre el vidrio y la barrera, con escaso riesgo de que la región central del vidrio establezca contacto con la barrera.

Aunque se ha descrito este invento de acuerdo con realizaciones especialmente preferidas, los expertos en la técnica reconocerán que estas realizaciones son simplemente ilustrativas del invento y no están destinadas a limitar su alcance.

La presente solicitud que corresponde a la presentada en Estados Unidos de América, el 30 de Mayo de 1974, bajo el Nº 474.846, se acoge a los beneficios del Artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

REIVINDICACIONES

Los puntos de invención propia y nueva,
que se presentan para que sean objeto de esta solicitud
5 de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son
los que se recogen en las reivindicaciones siguientes:

1a.- Perfeccionamientos introducidos en
un aparato para fabricar vidrio, que incluye una cámara
de formación de vidrio que tiene un charco de metal fun
10 dido para soportar vidrio durante su formación en la cá
mara y que tiene una parte superior sustancialmente ce
rrada, que define un espacio superior para contener una
atmósfera gaseosa por encima del charco de metal fundi
do, medios para entregar vidrio en fusión sobre el char
15 co de metal fundido, medios para hacer avanzar el vidrio
entregado a lo largo de la superficie del metal fundido,
medios para enfriar el vidrio con el fin de formar una
hoja continua de vidrio a partir del vidrio en fusión y
medios para retirar la hoja continua de vidrio desde la
20 cámara, cuyos perfeccionamientos comprenden al menos una
barrera que se extiende transversalmente a la cámara y
que está lo suficientemente próxima al charco de metal
fundido como para impedir el flujo sustancial de gases
a lo largo de la cámara, en dirección paralela a la di
25 rección proyectada de avance del vidrio.

2a.- Perfeccionamientos de acuerdo con la reivindicación 1a, según los cuales el aparato incluye medios para entregar vidrio en fusión en forma de capa a lo largo de una trayectoria sustancialmente horizontal sobre el charco de metal fundido, y según los cuales dichos medios de entrega de vidrio fundido están conectados a la cámara de formación en un lugar tal que la trayectoria para la entrega de vidrio fundido se encuentra sustancialmente a la misma altura que la superficie del charco de metal fundido.

3a.- Perfeccionamientos de acuerdo con la reivindicación 1a, según los cuales la barrera se extiende desde aproximadamente 3,17-25,4mm. de la superficie del charco de metal fundido, hasta aproximadamente 30-90cm. de la superficie del charco de metal fundido.

4a.- Perfeccionamientos de acuerdo con la reivindicación 1a, según los cuales la cámara comprende un techo, paredes laterales y paredes extremas y la barrera se extiende a través de sustancialmente toda el área definida por el techo, las paredes laterales y la superficie del charco de metal fundido en el lugar de la barrera.

5a.- Perfeccionamientos de acuerdo con la reivindicación 1a, según los cuales están dispuestas una pluralidad de barreras transversalmente a la cámara.

6a.- Perfeccionamientos de acuerdo con la reivindicación 1a, según los cuales la barrera es flexible.

5 7a.- Perfeccionamientos de acuerdo con la reivindicación 1a, según los cuales la barrera está provista de medios para hacer subir y bajar su extremo inferior.

10 8a.- Perfeccionamientos de acuerdo con la reivindicación 1a, según los cuales la barrera está dotada de medios para dirigir las materias extrañas que se apliquen a ella hacia una pared lateral de la cámara.

15 9a.- Perfeccionamientos de acuerdo con la reivindicación 1a, según los cuales una parte central del extremo inferior de la barrera es más alta que las partes extremas de la misma más próximas a las paredes laterales.

10a.- Perfeccionamientos de acuerdo con la reivindicación 1a, según los cuales la longitud de la cámara es menor que aproximadamente 20 veces su altura.

20 11a.- Perfeccionamientos de acuerdo con la reivindicación 1a, según los cuales las barreras, en la región de aguas arriba de la cámara, están lo suficientemente próximas para proporcionar zonas entre barreras adyacentes que tengan longitudes comprendidas en
25 tre la cuarta parte y dos veces la altura de la cámara.

12.- "PERFECCIONAMIENTOS INTRODUCIDOS
EN UN APARATO PARA FABRICAR VIDRIO"

Tal y como se ha descrito en la Memoria
que antecede, representado en los dibujos que se acompa
5 ñan y para los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de treinta y siete ho
jas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid,

10 JUN. 1975

P. A.

Alberto de Ezpeleta
Por Poder. 

FIG. 1

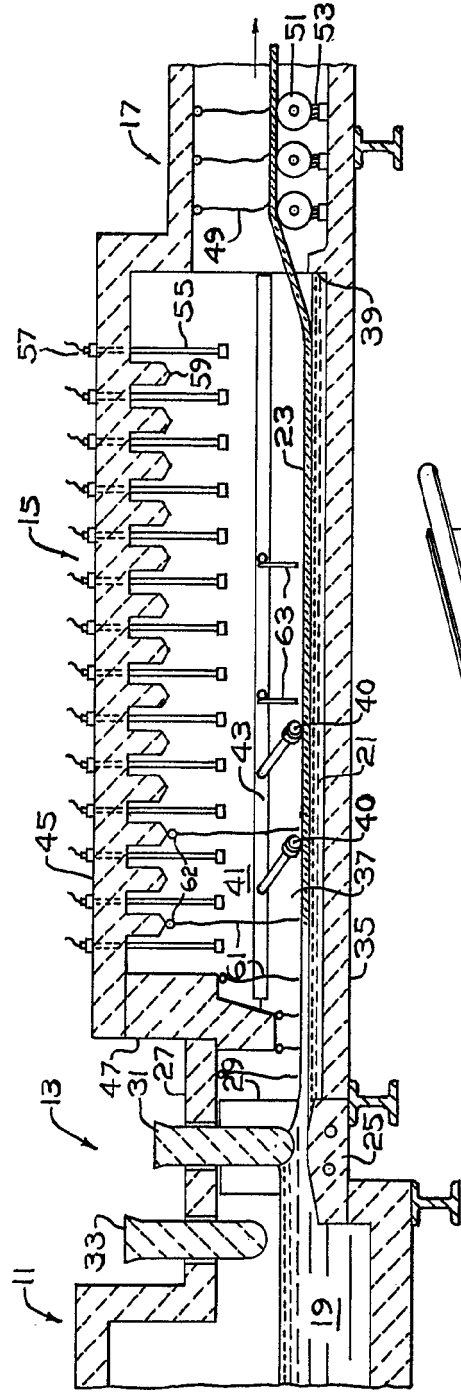


FIG. 2

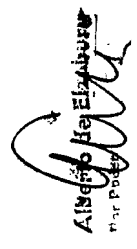
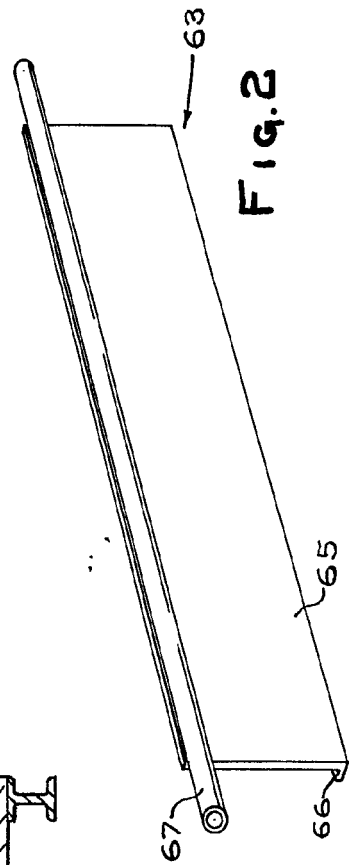


FIG. 1

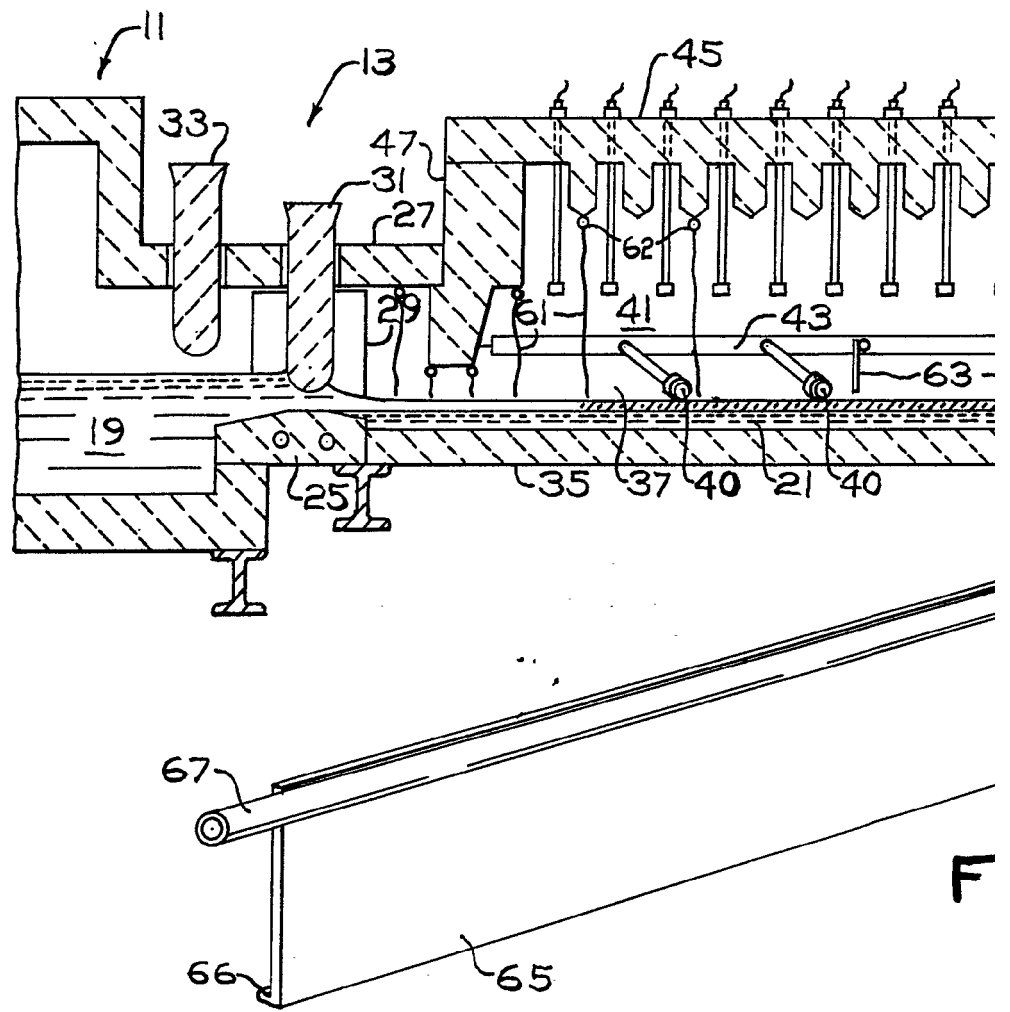


Fig.1

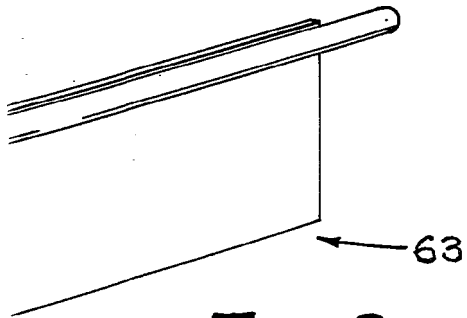
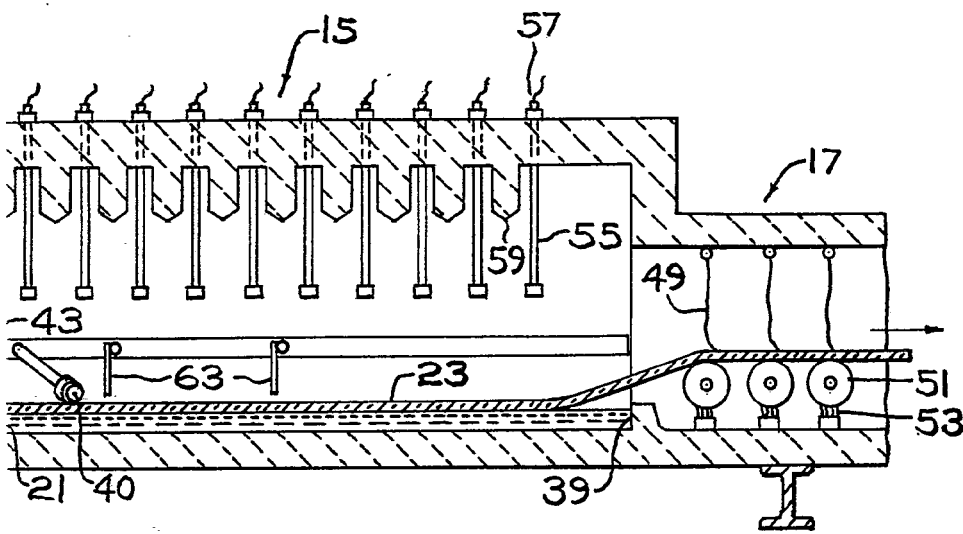


Fig.2

Alfonso de Elizaburu
Ingeniero