

I.N.-



ESPAÑA

10 ES	11 451.057	10 AI
21	FECHA DE PRESENTACION	
27	27-8-1.976	

PATENTE DE INVENCIÓN

60 PRIORIDADES:		
61 NUMERO	62 FECHA	63 PAIS
35769/75	29-8-1.975	Inglaterra
35770/75	29-8-1.975	Inglaterra
24123/76	10-6-1.976	Inglaterra
43 FECHA DE PUBLICIDAD	51 CLASIFICACION INTERNACIONAL	64 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	C 03 B	
65 TITULO DE LA INVENCIÓN		
METODO PARA TRATAR TERMICAMENTE VIDRIO		
71 SOLICITANTE (S)		
PILKINGTON BROTHERS LIMITED		
DOMICILIO DEL SOLICITANTE		
Prescot Road, St. Helens, Merseyside WA10 3TT, Inglaterra		
72 INVENTOR (ES)		
Raymond Peter Cross y Derek Edward Thomas, ambos de nacionalidad britanica, los cuales han cedido sus derechos a la entidad solici tante.		
73 TITULAR (ES)		
El mismo solicitante		
74 REPRESENTANTE		
DON BERNARDO UNGRIA GOIBURU		

**POOR
QUALITY**

El invento se refiere al tratamiento térmico del vidrio, y más particularmente al templado térmico de artículos de vidrio, por ejemplo placas de vidrio planas o curvas. Estas placas de vidrio templadas térmicamente pueden estar destinadas a ser empleadas separadamente como parabrisas de un vehículo a motor, o a formar parte de un parabrisas de vehículo a motor constituido por varias hojas superpuestas, o a constituir un cristal de ventana o un cristal trasero para vehículo a motor, o a ser utilizadas en la construcción de conjuntos de parabrisas para aeronaves y locomotoras de ferrocarril, o en la construcción de ventanas para barcos, o bien para usos arquitectónicos. Otros artículos de vidrio tales como artículos de vidrio moldeado o soplado pueden templarse térmicamente utilizando el método según el invento.

La resistencia a la tracción admisible de un artículo de vidrio puede ser aumentada mediante un proceso de templado térmico en el cual se calienta el vidrio a una temperatura que se acerca a su punto de ablandamiento, después de lo cual se efectúa un enfriamiento rápido de las superficies de vidrio para crear unos gradientes de temperatura entre el centro y la superficie a través del espesor del vidrio. Estos gradientes de temperatura se mantienen cuando se enfría el vidrio por el punto de deformación plástica. Se obtiene así una fuerza de compresión en las capas superficiales de

la hoja de vidrio con una fuerza de tracción compensatoria en el núcleo central del espesor de la hoja de vidrio.

Usualmente, este proceso de templado térmico se realiza utilizando aire de refrigeración dirigido uniformemente en ambas superficies de la hoja de vidrio pero resulta difícil obtener un elevado grado de templado utilizando corrientes de aire, en particular cuando se efectúa el templado de hojas de vidrio de espesor igual o inferior a 3 mm. Los intentos de aumentar el grado de templado de una hoja de vidrio mediante la elevación de la velocidad de circulación del aire de refrigeración pueden dar lugar a una reducción de la cavidad óptica de las superficies del vidrio y a una deformación de la forma de la hoja de vidrio en razón de la acción de impacto del aire de refrigeración.

En otro proceso de templado térmico, se templea en un líquido de refrigeración la hoja de vidrio sometida a una temperatura próxima a la de su punto de ablandamiento. Este método puede dar lugar a la formación de tensiones internas elevadas. Las hojas de vidrio han de ser limpiadas después del templado.

Igualmente se ha propuesto realizar el templado térmico de una hoja de vidrio por un método en el cual se sumerge la hoja de vidrio caliente en lo que en la práctica es una capa fluidizada de partículas sólidas tales como arena en estado de libre agitación.

Este procedimiento no ha sido puesto en práctica comercial hasta ahora.

El problema principal que se presenta cuando se intenta utilizar una capa de este tipo para el templado térmico del vidrio es la elevada frecuencia de rotura de las hojas de vidrio durante su tratamiento en la capa fluidizada. Se piensa que la rotura de una hoja de vidrio mientras se somete al tratamiento de templado en una capa fluidizada en estado de libre agitación es producida por la creación de fuerzas de tracción destructivas en el borde delantero de la hoja de vidrio debido a la refrigeración desigual cuando el borde delantero penetra en la capa de partículas en estado de fluidización libre o total.

La pérdida de las hojas de vidrio en razón de la rotura es particularmente importante cuando se intenta templar hojas de vidrio finas, por ejemplo con un espesor incluido entre 2,3 y 4,0 mm., obteniendo un valor de tensión elevado, y estas pérdidas son tales que el proceso no puede ser aceptado para la fabricación comercial de hojas de vidrio templadas destinadas a ser utilizadas por ejemplo como para-brisas de un vehículo a motor. El problema de la rotura se produce también un grado inferior pero todavía importante desde el punto de vista comercial cuando se templan hojas más gruesas, por ejemplo de hasta 8 mm de espesor.

Se ha igualmente comprobado que una capa en estado

de fluidización global con libre situación produce desperfectos en las hojas de vidrio caliente sumergidas en ella. Esto se debe a las fuerzas irregulares a las cuales está sometido el vidrio en una capa en estado de libre agitación.

5 Este fenómeno puede dar lugar a cambios en la forma en general y a desperfectos superficiales más localizados, ocurriéndose el primer fenómeno particularmente con hojas de vidrio más finas, de espesor incluido por ejemplo entre 2 y 3 mm. Estos desperfectos que se manifiestan bajo la forma
10 de cambios de forma pueden producir dificultades en la superposición de las hojas, y los desperfectos superficiales pueden producir una caída óptica inaceptable cuando la hoja se utiliza como ventana o como componente de una hoja constituida por varias hojas de vidrio.

15 El presente invento está basado en el descubrimiento de que la utilización de una capa fluidizada por un gas en estado estable uniformemente expandida de fluidización de las partículas produce de manera imprevista unas tensiones adecuadas en las hojas de vidrio templadas en ella y disminuye sustancialmente la pérdida de hojas de vidrio debida
20 a la rotura en la capa o al cambio de forma o a los desperfectos superficiales, de tal manera que se consigue un rendimiento comercialmente aceptable.

De acuerdo con el invento, se proporciona un método
25 para el tratamiento térmico del vidrio, en el cual el gas

se pone en contacto con un material en forma de partículas fluidizadas por un gas que está en estado de fluidización de partículas estable y uniformemente expandido, para producir la transferencia del calor entre las superficies del vidrio y el material fluidizado.

El invento aporta además un método para tratar térmicamente el vidrio, que consiste en calentar el vidrio hasta una temperatura superior a su punto de deformación plástica y sumergir el vidrio en una capa fluidizada por un gas de material en forma de partículas el cual, antes de dicha sumersión está en un estado de fluidización de partículas estable y uniformemente expandido.

El invento está relacionado particularmente con el templado térmico de hoja de vidrio y proporciona un método para templar térmicamente una hoja de vidrio que consiste en calentar la hoja de vidrio y a continuación introducir la hoja de vidrio caliente en la tapa estable uniformemente expandida de material en forma de partículas. Preferentemente, la capa se mantiene a una temperatura incluida en la gama de 30 a 150° C. Esta temperatura se elige de acuerdo con las características de fluidización de las partículas y el nivel deseado de las fuerzas que se desean obtener en las hojas templadas.

La capa fluidizada de material en forma de partículas en estado estable uniformemente expandido de fluidi-

zación de las partículas, que se utiliza para llevar a la práctica el invento, puede ser definido en función de la velocidad de la circulación del gas a través de la capa y de la altura de la capa en estado de expansión. El estado estable uniformemente expandido de fluidización de las partículas existe entre un límite inferior de velocidad del gas en el comienzo de la fluidización, es decir la velocidad a la cual las partículas empiezan justo a estar suspendidas en la circulación de gas ascendente uniformemente distribuída, y un límite superior de velocidad del gas a la cual la expansión máxima de la capa se produce mientras se mantiene una superficie libre en la parte superior de la capa.

El límite superior de la velocidad del gas de fluidización puede rebasar en una pequeña cantidad la velocidad a la cual se ve que la primera burbuja fácilmente reconocible, por ejemplo de 5 mm de diámetro, explota en la superficie tranquila de la capa. Una o dos de dichas burbujas pueden observarse a esta velocidad del gas.

Una velocidad del gas más elevada da lugar al desarrollo de un burbujeo extenso en la capa y al producirse este burbujeo, se produce un aplastamiento parcial de la capa.

Pensamos que templando la hoja en una capa fluidizada por un gas que está en un estado estable de expansión

uniforme de fluidización de las partículas, cualesquiera fuerzas de tracción transitoria inducidas en el borde delantero de la hoja de vidrio que penetra en la capa fluidizada no tienen una importancia suficiente para poner en
5 peligro la hoja de vidrio y producir su rotura.

Igualmente, la naturaleza sustancialmente exenta de burbujas de la capa segura que el vidrio caliente no estará sometido a fuerzas irregulares tales como las que pueden dar lugar a su rotura o a un cambio en la forma de la
10 hoja de vidrio durante el templado, o incluso a desperfectos superficiales.

Anteriormente se pensaba que para obtener un elevado coeficiente de transferencia de calor entre una capa fluidizada y un artículo sumergido en ella, era conveniente
15 mantener un estado de burbujeo libre, de modo que el movimiento rápido y continuo de las partículas pueda producir la transferencia del calor entre el artículo y la masa de la capa. Esto, según se pensaba, no podía producirse en una
20 capa estable en la cual el movimiento de las partículas es más reducido. Sin embargo, se ha comprobado ahora que pueden obtenerse coeficientes de transferencia de calor sorprendentemente elevados entre un artículo de vidrio caliente y una capa más fría de material en forma de partículas fluidizadas en estado estable de expansión uniforme y que presenta
25 determinadas características.

Se ha comprobado que se produce una agitación térmica del material en forma de partículas uniformemente fluidizadas en las superficies de vidrio caliente cuando se temple una hoja de vidrio caliente en la capa y que se produce una mayor rapidez de movimiento y de turbulencia de las partículas fluidizadas en la región de las superficies de la hoja de vidrio que en la masa principal de la capa. Esto da lugar a un elevado grado de transferencia de calor a partir de las superficies de vidrio. Se ha pensado que las partículas que se calientan debido a su paso en la proximidad de las superficies del vidrio se alejan a continuación rápidamente de la hoja de vidrio y pierden calor en el aire de fluidización contenido en la masa de la capa.

Un método preferido según el invento incluye la regulación de la circulación del gas para mantener este estado estable de la capa fluidizada mediante la creación de una elevada pérdida de carga en la circulación del gas de fluidización a través de una membrana que da paso al gas de fluidización que penetra en la capa.

Igualmente de acuerdo con el invento, el material en forma de partículas puede estar constituido por partículas de una densidad incluida entre $0,3 \text{ g/cm}^3$ y $3,97 \text{ g/cm}^3$ con un tamaño medio de partículas incluido entre $5 \mu\text{m}$ y $120 \mu\text{m}$, eligiéndose el material de modo que se fluidice en di-

cho estado estable uniforme por medio de la circulación del gas de fluidización de manera uniforme en la capa a una velocidad incluida entre 0,045 cm/s y 5,61 cm/s.

La densidad de las partículas y los tamaños medios de las partículas son dos factores importantes para determinar la conveniencia de un material en forma de partículas para constituir la capa fluidizada en estado estable uniformemente expandido que se utiliza en el método según el invento. De manera general, un material en forma de partículas adecuado para la fluidización en estado estable uniformemente expandido mediante aire de fluidización, cuando se utiliza la capa en condiciones ambientales normales de temperatura y de presión es un material en el cual el producto numérico de la densidad de las partículas en gramos/cm³ y del tamaño medio de las partículas en μm no rebasa 220, aproximadamente.

El grado de templado de una hoja de vidrio que se obtiene gracias al método según el invento depende del coeficiente de transferencia de calor entre el material en forma de partículas fluidizadas y la hoja de vidrio caliente sumergida en él. Como se ha dicho anteriormente, existe una agitación térmica en las superficies de vidrio caliente que produce la rápida transferencia del calor a partir de estas superficies. Sin embargo, las propiedades de las mismas partículas afectan también la magnitud del coeficiente de trans-

ferencia térmica.

Para templar térmicamente vidrio plano a base de sosa-cal-sílice de un espesor incluido entre 2,3 y 12 mm, el método del invento puede consistir en calentar el vidrio a una temperatura incluida en la gama de 610°C a 680°C, sumergir el vidrio en la capa fluidizada en dicho estado estable que presenta una capacidad térmica por unidad de volumen con la fluidización mínima incluida en la gama de 0,02 cal/cm³°C a 0,37 cal/cm³°C, y mantener la capa fluidizada a una temperatura de hasta 150°C para crear en el vidrio una resistencia a la tracción en el centro, incluida en la gama de 22 MN/m² y 115 MN/m².

La magnitud máxima de la resistencia a la tracción media en el centro que puede conseguirse varía con el espesor del vidrio y el coeficiente de transferencia térmica. Eligiendo un material adecuado, puede obtenerse un coeficiente de transferencia térmica suficiente para fabricar hojas de vidrio templadas dotadas de una resistencia a la tracción en su centro de hasta 40 MN/m² en un vidrio de 2 mm de espesor, una resistencia a la tracción en su centro de hasta 50 MN/m² en un vidrio de 3,0 mm de espesor, y una resistencia a la tracción en su centro de hasta 104 MN/m² en un vidrio de 12 mm de espesor. Sin embargo, se han conseguido resistencias a la tracción todavía más elevadas, como puede verse en algunos de los ejemplos.

El invento incluye además un método para templar térmicamente el vidrio, que consiste en calentar el vidrio y sumergir el vidrio caliente en una capa fluidizada de partículas de estructura particular no compactada tal que la densidad aparente de las partículas sea inferior a la densidad real del material constitutivo de las partículas y de tal manera que las partículas flotantes constituyan una capa fluidizada por un gas en estado estable de expansión uniforme de fluidización de las partículas, eligiéndose el material que forma las partículas así como la temperatura de la capa de tal manera que el coeficiente de transferencia térmica de la capa fluidizada sea suficiente para producir las fuerzas de templado deseadas en el vidrio mientras se enfría en la capa.

La utilización de partículas de estructura no compactada permite elegir para las partículas un material que facilita una capa fluidizada dotada de una capacidad térmica por unidad de volumen suficientemente elevada con la fluidización mínima para producir un elevado grado de fuerza de templado en el vidrio, evitando sin embargo que se produzcan dificultades en la fluidización de dicho material en un estado estable de expansión uniforme de fluidización de las partículas.

El grado de fuerza de templado producida en el vidrio utilizando una capa fluidizada constituida por partí-

POOR
QUALITY

culas de material en forma de partículas no compactado puede ser controlado mediante la elección de la densidad de las partículas. Las partículas de reducida densidad y de tamaño particular dan lugar a la producción de un grado
5 reducido de fuerza de templado en el vidrio, y la magnitud de la fuerza de templado producida aumenta cuando se aumenta la densidad de las partículas hasta la densidad máxima de las partículas que pueden todavía fluidizarse en dicho estado estable.

10 El invento proporciona además un método para templar térmicamente una hoja de vidrio, que consiste en sumergir una hoja de vidrio caliente en una capa fluidizada en dicho estado estable, estando dicha capa constituida por unas partículas de tamaño medio incluido entre 5 μm y 120 μm y
15 con una densidad aparente de las partículas incluida en la gama de $0,3 \text{ g/cm}^3$ y $2,35 \text{ g/cm}^3$, estando la capacidad térmica por unidad de volumen de la capa con la fluidización mínima incluida en la gama de $0,02 \text{ cal/cm}^3\text{ }^\circ\text{C}$ a $0,37 \text{ cal/cm}^3\text{ }^\circ\text{C}$.

20 La densidad aparente de las partículas en una gama del tipo indicado más arriba es la densidad real medida del material en forma de partículas, teniendo en cuenta las cavidades formadas entre las partículas, y debe ser distinguida de la verdadera densidad del material propiamente dicho. Eligiendo el tamaño medio de las partículas con relación a
25 la densidad aparente de las partículas, es posible determi-

nar la conveniencia de las partículas de material no compactado para constituir la capa fluidizada estable uniformemente expandida. Preferentemente, el valor numérico del producto de la densidad aparente de las partículas, en g/cm^3 , y el tamaño medio de las partículas en μm , no ha de ser superior a 220 aproximadamente.

Las partículas pueden ser partículas porosas de alumina gamma con un tamaño medio de partículas de $64 \mu\text{m}$ y una densidad aparente de partículas de $2,2 \text{ g/cm}^2$, siendo la capacidad térmica por unidad de volumen de la capa con la fluidización mínima de $0,21 \text{ cal/cm}^3 \text{ }^\circ\text{C}$.

En otro modo de realización del invento, las partículas tienen la forma porosa de un material a base de aluminosilicato con un tamaño medio de partículas incluido entre $60 \mu\text{m}$ y $75 \mu\text{m}$ y una densidad de partículas aparente incluida entre $1,21 \text{ g/cm}^3$ y $1,22 \text{ g/cm}^3$, estando incluida la capacidad térmica por unidad de volumen de la capa con la fluidización mínima, en la gama de $0,11 \text{ cal/cm}^3 \text{ }^\circ\text{C}$ y $0,19 \text{ cal/cm}^3 \text{ }^\circ\text{C}$.

Además, las partículas pueden ser partículas de níquel pulverizado poroso con un tamaño medio de partículas de $5 \mu\text{m}$ y una densidad aparente de las partículas de $2,35 \text{ g/cm}^3$, siendo la capacidad térmica por unidad de volumen de la capa con la fluidización mínima, de $0,37 \text{ cal/cm}^3 \text{ }^\circ\text{C}$.

En otro modo de realización del invento, las partículas son esferas de vidrio huecas con un tamaño medio de

partículas incluido en la gama de 77 μm a 120 μm y con una densidad aparente de las partículas de 0,38 g/cm^3 , estando la capacidad térmica por unidad de volumen de la capa con la fluidización mínima, incluida en la gama de 0,05 $\text{cal}/\text{cm}^3\text{ }^\circ\text{C}$ a 0,06 $\text{cal}/\text{cm}^3\text{ }^\circ\text{C}$.

En otro modo de realización, las partículas son esferas de carbono huecas con un tamaño medio de partículas de 48 μm y una densidad aparente de las partículas de 0,3 g/cm^3 , siendo la capacidad térmica por unidad de volumen de la capa con la fluidización mínima de 0,02 $\text{cal}/\text{cm}^3\text{ }^\circ\text{C}$.

En otro modo de realización suplementario las partículas pueden ser partículas de alumina pulverizadas no porosas con un tamaño medio de partículas incluido entre 23 μm y 54 μm , y con una densidad de partículas de 3,97 g/cm^3 siendo la capacidad térmica por unidad de volumen de la capa con la fluidización mínima de 0,32 $\text{cal}/\text{cm}^3\text{ }^\circ\text{C}$.

El invento incluye también una capa fluidizada destinada a ser utilizada como medio de enfriamiento para el templado térmico de una hoja de vidrio caliente, que incluye partículas de un tamaño medio incluido en la gama de 5 μm a 120 μm y que tienen una densidad de partículas en la gama de 0,3 g/cm^3 a 3,97 g/cm^3 , eligiéndose las partículas de modo que la capa esté en un estado estable uniformemente expandido de fluidización de las partículas con una capacidad térmica por unidad volumétrica de la capa con

la fluidización mínima, incluida en la gama de $0,02 \text{ cal/cm}^3\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $0,37 \text{ cal/cm}^3\text{ }^{\circ}\text{C}$.

El invento incluye también vidrio tratado térmicamente producido de acuerdo con el método según el invento; en particular, una hoja de vidrio templada térmicamente obtenida por el método del invento.

Para permitir el entendimiento más claro del invento, se describen algunos modos de realización del mismo, a título de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos en los cuales:

La figura 1 ilustra esquemáticamente una sección vertical tomada a través de un aparato para llevar a la práctica el método según el invento,

La figura 2 es una vista detallada en sección de una parte de la figura 1, y

La figura 3 es un gráfico que ilustra una característica de una capa fluidizada por gas en estado estable de expansión uniforme de fluidización de partículas, que se utiliza para llevar a la práctica el invento.

Haciendo referencia a la figura 1 de los dibujos, un horno de templado vertical indicado generalmente por 1 tiene unas paredes laterales 2 y un techo 3. Las paredes la-

terales 2 y el techo 3 están hechas con el material refrac-
tario usual y el fondo del horno está abierto, estando defi-
nido por un orificio de forma alargada 4 formado en una pla-
ca de base 5 sobre la cual está soportado el horno 1. Un ob-
5 turador móvil, no representado, se utiliza de manera conoci-
da para cerrar el orificio 4.

Una aguja de vidrio 6 que ha de ser encorvada y tem-
plada térmicamente a continuación, está colgada en el horno
1 por unas tenazas 7 que están acopladas con el margen supe-
10 rior de la hoja 6 y están mantenidas cerradas de la manera
acostumbrada por el peso de la hoja de vidrio sujeta entre
las extremidades de la tenaza. Las tenazas 7 están colgadas
a partir de una barra de soporte de de tenazas 8 que cuelga
de un cabrestante convencional, no representado, y que se
15 desplaza en unos carriles de guiado vertical 9 que se ex-
tienden hacia abajo a partir del horno para guiar el des-
censo y la elevación de la barra de soporte de tenazas 8.

Un par de troqueles de encorvamiento 10 y 11 están
situados en cada lado del trayecto de la hoja de vidrio 6
20 en una cámara 12, la cual está calentada por una circulación
de gas caliente a través de los conductos 12a. El interior
de la cámara 12 y los troqueles 10 y 11 están mantenidos a
la misma temperatura que la hoja de vidrio caliente 6 en el
momento en que penetra en la cámara 12.

25 El troquel 10 es un troquel macho macizo montado en

un pistón 13 y que tiene una cara frontal curva que define la curvatura que ha de ser impartida a la hoja de vidrio caliente. El troquel 11 es un troquel hembra anular soportado por unos montantes 14 situados en una placa de repuesto 15 que está montado en un pistón 16. La curvatura del bastidor 11 del troquel se adapta a la curvatura de la superficie del troquel macho 10.

Los carriles de guiado 9 se extienden hacia abajo a través de la cámara 12 en cada lado de los troqueles de encorvamiento hacia un recipiente destinado a una capa 17 fluidizada por un gas de materia refractaria en forma de partículas en el cual debe enfriarse la hoja de vidrio caliente encorvada. El recipiente de la capa fluidizada incluye un depósito rectangular con parte superior abierta 18 que está montado en una plataforma de elevación del tipo de tijeras 19. Cuando la plataforma 19 está en su posición alta, el borde superior del depósito 18 se sitúa justo debajo de los troqueles de encorvamiento 10 y 11.

Una membrana microporosa 20, que se describe más detalladamente con referencia a la figura 2, se extiende a través de la base del depósito 18. Los bordes de la membrana 20 están sujetos entre una brida 21 situada en el depósito y una brida 22 situada en una cámara de pleno 23 que forma la base del depósito. Las bridas y los bordes de la placa 20 están atornillados conjuntamente como se indica en 24. Un conducto

POOR
QUALITY

de entrada de gas 25 está conectado con la cámara de pleno y se suministra aire de fluidización al conducto 25 con una presión regulada. La membrana está construida de tal manera que el aire de fluidización circule uniformemente en la capa fluidizada encima de toda la base de la capa para mantener esta en un estado estable de expansión uniforme de fluidización de las partículas.

El material refractario en forma de partículas contenido en el depósito 18 se mantiene en estado estable de expansión uniforme de fluidización de partículas por medio de la circulación ascendente del aire distribuido uniformemente por la membrana porosa 20. La capa expandida está en un estado estable sustancialmente exento de burbujas y ninguna región de la capa no está fluidizada.

Una concepción preferida de la membrana microporosa se representa en la figura 2 y se describe en la solicitud de patente del Reino Unido número 24124/76. Esta membrana incluye una placa de acero 26 provista de agujeros 27 distribuidos uniformemente. Los márgenes de la placa están perforados para constituir unos pasillos para los tornillos 24. Una junta de estanqueidad 28 está situada entre la cara inferior de los márgenes de la placa y la brida 22 de la cámara de pleno.

Un cierto número de capas 29 de papel resistente microporoso están dispuestas en la placa 26. Por ejemplo pueden utilizarse quince hojas de papel. La membrana está completada

por una malla de hilos tejidos 30, por ejemplo malla de alambre de acero inoxidable situada encima del papel. Una junta de estanqueidad superior 31 está dispuesta entre los márgenes de la malla del alambre 30 y la brida 21 del depósito.

5 Una cesta de recogida de los desperdicios puede situarse cerca de la placa 20, y está prevista de modo que no interfiera con la circulación uniforme del aire de fluidización hacia arriba a partir de la membrana.

Haciendo de nuevo referencia a la figura 1, los
10 carriles de guiado 9 se extienden hacia abajo hasta una posición situada debajo de los troqueles de encorvamiento y se terminan en la región del borde superior del depósito 18. Un bastidor fijo indicado por 32 está montado en el depósito 18 y tiene unas patas 33 orientadas hacia arriba en su base para
15 recibir el borde inferior de una hoja de vidrio que baja en la capa fluidizada cuando la barra de tenazas 8 desciende más allá de los troqueles de encorvamiento por medio del cabrestante.

Estando la mesa de elevación en forma de tijeras 19 en posición baja y estando las tenzas 7 y la barra de tenazas
20 8 en su posición más baja situada en la parte inferior de las guías 9, una hoja de vidrio fría puede ser encorvada y templada mientras está colgada de las tenazas. A continuación el cabrestante eleva la hoja de vidrio colgada en el horno 1 que
25 se mantiene a una temperatura de por ejemplo 850°C, cuando se trata de templar vidrio de sosa-cal-sílice. La hoja de vidrio

se calienta rápidamente a una temperatura próxima a su punto de ablandamiento, por ejemplo a una temperatura incluida entre 610°C y 680°C.

5 Cuando la hoja de vidrio ha alcanzado la temperatura deseada de manera uniforme, se abre el obturador que cierra el orificio 4 y se baja la hoja de vidrio caliente por medio del cabrestante hasta la posición situada entre los troqueles de encorvamiento 10 y 11 que están abiertos. Se accionan los pistones 13 y 16 y los troqueles se cierran para encorvar la hoja. Cuando se ha impartido la curvatura necesaria a la hoja, los troqueles se abren, y la hoja de vidrio encorvada caliente es bajada rápidamente en la capa fluidizada situada en el depósito 18 que ha sido elevado a la posición de enfriamiento mediante el accionamiento de la masa de elevación del tipo de tijeras 19 mientras se calentaba la hoja de vidrio en el horno 1.

10 Cuando es preciso fabricar productos de vidrio de alta calidad constituídos por varias hojas superpuestas, que incluyen hojas de vidrio templadas térmicamente que han sido obtenidas mediante enfriamiento en una capa fluidizada, se ha observado una mejora en la calidad óptica cuando las superficies de la hoja de vidrio se someten a un enfriamiento por aire preliminar justo antes de sumergir el vidrio en la capa fluidizada. Esto puede obtenerse situando justo encima del

20

25

borde superior del depósito 18 unos bastidores de soplado poco profundos que dirigen el aire de enfriamiento hacia las superficies de la hoja de vidrio encorvada cuando sale de los troques de encorvamiento y penetra en la capa fluidizada.

5 El enfriamiento superficial preliminar sirve para "fijar" las superficies de la hoja de vidrio y evitar las pequeñas variaciones que han sido observadas a veces en estas superficies y que pueden ser debidas a la agitación térmica del material en forma de partículas fluidizadas sobre las superficies del vidrio. Sin embargo, este enfriamiento superficial previo se utilizará generalmente tan sólo cuando el vidrio ha de ser utilizado para la producción de conjuntos constituidos por hojas de vidrio superpuestas de elevada calidad óptica.

,15 Se mantiene la capa fluidizada a una temperatura adecuada para producir la resistencia a tracción deseada en el centro del vidrio, por ejemplo una temperatura incluida entre 30° y 150°C, por medio de las camisas de refrigeración por agua 34 situadas en las paredes planas más largas del depósito 18, y mediante el control de la temperatura del aire de fluidización que se suministra a la cámara de pleno 23. Las camisas 34 actúan como disipadores de calor que absorben el calor transmitido a través de la capa a partir de la hoja de vidrio caliente.

25 El borde inferior de la hoja de vidrio caliente se

enfria uniformemente en toda su longitud al penetrar en la superficie horizontal estable de la capa fluidizada expandida y por tanto no existe ninguna posibilidad de que se formen resistencias a la tracción diferentes en distintas zonas de la superficie de este borde de vidrio, las cuales podrían producir una rotura del mismo. Durante su descenso en la capa, el borde inferior está siempre en contacto con el material fluidizado en estado estable de expansión uniforme de fluidización de las partículas, y este tratamiento uniforme del borde inferior, cualquiera que sea la circulación hacia arriba del material en forma de partículas que pueden ser generadas en las superficies calientes del vidrio inmediatamente en el momento de su entrada en la capa fluidizada, evita en gran parte las roturas y los problemas resultantes de la presencia de fragmentos de vidrio en la capa. Esto, conjuntamente con el hecho de que se evitan las pérdidas de las hojas de vidrio debidas a los cambios de forma de las hojas de vidrio y/o a los desperfectos de su caída superficial, permite obtener vidrios templados comercialmente aprovechables.

La agitación térmica localizada de la capa fluidizada se produce en las superficies del vidrio caliente, eventualmente en razón de la rápida expansión del gas de una manera parecida a la ebullición de un líquido. La agitación asegura que se producirá una transferencia térmica adecuada desde las superficies del vidrio y la masa de la capa fluidi-

zada, pudiendo obtenerse por ejemplo coeficientes de transferencia de calor entre la capa y la hoja de vidrio, incluidos entre $0,003 \text{ cal/cm}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$ segundo y $0,02 \text{ cal/cm}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$ segundo. La transferencia de calor continúa bastante tiempo después de que el vidrio se ha enfriado por debajo de su punto de deformación plástica, con una intensidad suficiente para asegurar que los gradientes de temperatura entre centro y superficie se mantienen mientras el vidrio se enfría pasando por su punto de deformación plástica, y se desarrollan unas fuerzas de templado a continuación durante el enfriamiento del vidrio que sigue produciéndose mientras está todavía inmerso en la capa.

La agitación del material fluidizado en las superficies del vidrio establece unas corrientes en la masa de material de la capa, lo que asegura una disipación continua hacia las partes más alejadas de la capa, del calor que ha sido extraído del vidrio por la agitación térmica de la capa en la región que rodea inmediatamente la hoja de vidrio. Las camisas de refrigeración por agua 34, que actúan como disipadores de calor, mantienen frías estas partes más alejadas de la capa.

La hoja entra en contacto con las patas 33 del bastidor 32 en la parte inferior de su descenso, liberando así las tenazas 8. A continuación, la hoja de vidrio descansa en el bastidor 32 mientras que la hoja de vidrio se enfría en

la capa fluidizada. La hoja de vidrio permanece en la capa fluidizada hasta que se haya enfriado en grado suficiente para ser manipulada y se baja el depósito 18 haciendo bajar la plataforma del tipo de tijera para descubrir el bastidor fijo 32 y la hoja de vidrio templada soportada por este, la cual se retira a continuación para continuar su enfriamiento hasta la temperatura ambiente.

La naturaleza del estado estable de expansión uniforme de fluidización de las partículas de la capa fluidizada se ilustra en la figura 3 que es una representación de la presión en la cámara de pleno en función de la altura de la capa en el depósito 18 utilizando particular de alumina, γ , según se describe en el ejemplo 2 que se menciona más adelante, y en las condiciones de tamaño de depósito y de fluidización del ejemplo 2, siendo la temperatura de la capa de 80°C.

Cuando la presión en la cámara de pleno alcanza 15 kN/m^2 , la expansión de la capa empieza, siendo entonces suficiente la velocidad del aire de fluidización a través de la capa para producir el comienzo de la fluidización. Esto quiere decir que en este límite inferior de velocidad del gas las partículas de alumina γ empiezan a suspenderse en el aire que fluye en sentido ascendente.

Debido a la utilización de una elevada pérdida de carga y de una membrana uniformemente microporosa del tipo que

se ilustra en la figura 2, en la cual la pérdida de carga a través de la membrana es superior al 60% de la presión en la cámara de pleno, se produce una distribución uniforme del aire de fluidización que asciende a partir de la cara superior a la membrana. Esta elevada pérdida de carga a través de la membrana permite obtener una regulación sensible de la velocidad de circulación del gas hacia arriba a través del material en forma de partícula, permitiendo así la regulación del estado de fluidización estable de la alumina γ entre el estado de fluidización mínima que se acaba de describir y un estado de expansión máxima de la capa en la cual se mantiene la fluidización en fase fensa.

Esta regulación sensible de la velocidad del gas se consigue mediante la regulación de la presión en la cámara de pleno 23, y cuando la presión de la cámara de pleno aumenta no se produce ningún cambio brusco o discontinuo en el estado de la capa. Por el contrario, el estado estable de expansión uniforme de la capa persiste, según se ilustra en la figura 3, cuando la presión de la cámara de pleno aumenta hasta aproximadamente 25 kN/m^2 , y la capa se expande hasta una altura de aproximadamente 102 cm en el depósito.

A esta presión de la cámara de pleno, puede verse la primera burbuja fácilmente reconocible, con un diámetro de 5 mm aproximadamente, que explota en la superficie de la capa estable, y esta velocidad del aire de fluidización puede ser

considerada como la velocidad de burbujeo mínima.

Debido a la utilización de la membrana 20 que produce una elevada pérdida de carga, ha sido posible observar que esta velocidad de burbujeo mínima no es necesariamente la velocidad del gas que produce la máxima expansión de la capa, y una regulación suplementaria de la presión de la cámara de pleno hasta 27 kN/m^2 ha producido una altura de capa máxima de 105 cm. Aunque este incremento de la presión de la cámara de pleno hasta 27 kN/m^2 haya sido realizada, se observará un mayor número de pequeñas burbujas que explotaban en la superficie de la capa, pero las pequeñas burbujas aleatorias no tenían una importancia suficiente para perjudicar la capacidad de la capa para enfriar las hojas de vidrio calientes, en particular las hojas de vidrio más gruesas.

Cuando se aumenta la presión en la cámara de pleno más allá de 27 kN/m^2 se produce un burbujeo persistente de la capa y una tendencia de la capa a disminuir de altura debajo de su altura máxima de 105 cm. En este estado, la capa no es utilizable para templar hojas de vidrio calientes.

Por tanto, en este ejemplo, el estado uniforme de expansión estable de la capa fluidizada de alumina γ , que era eficaz para templar las hojas de vidrio calientes se representa por la región de la curva de la figura 3 situada entre las presiones de cámara de pleno de 15 kN/m^2 y 27 kN/m^2 , en la cual era posible efectuar un control sensible del estado de

fluidización, con el control resultante de las fuerzas de templado uniforme inducidas en el vidrio

El coeficiente eficaz de transferencia térmica de la capa fluidizada con relación al vidrio caliente se determina por medio de las propiedades del gas de fluidización, generalmente aire, de la velocidad del gas en la capa, de las propiedades del material refractario en forma de partículas especialmente la gama de tamaños de las partículas, el tamaño medio de las partículas, la densidad de las partículas y, cuando las partículas contienen calidades, es decir presentan una cierta porosidad o una estructura hueca, la densidad del material de las partículas. El coeficiente de transmisión térmico depende también de la temperatura del vidrio y de la capa, ya que si existiese solamente una pequeña diferencia entre estas temperaturas, se produciría solamente una pequeña agitación en la superficie del vidrio y el coeficiente de transferencia térmico efectivo sería relativamente bajo.

Otros factores que afectan el coeficiente de transferencia térmica son el calor específico de las partículas y su capacidad térmica media. En cada uno de los ejemplos siguientes, el valor numérico del producto de la densidad de las partículas en g/cm^3 , y del tamaño medio de las partículas en μm , es inferior a 220. Este criterio puede ser utilizado para determinar la conveniencia de un material en forma de partículas, es decir su capacidad de ser fluidizado por aire

en un estado estable de expansión uniforme de fluidización de las partículas, funcionando en las condiciones ambientales de temperatura y presión normales.

Se indican más adelante algunos ejemplos de templado de hoja de vidrio cuyos espesores están incluidos en la gama de 2,3 a 12 mm, utilizando los aparatos representados en las figuras 1 y 2, y una capa estable en estado de expansión uniforme. En cada uno de los siguientes ejemplos 1 a 11, los bordes de la hoja de vidrio se acaban dandoles una forma redonda por medio de una muela revestida de finas partículas de diamante.

Ejemplo 1

El refractario en forma de partícula es una forma γ de alumina porosa cuyas propiedades son las siguientes:

15	Tamaño medio de las partículas (d)	=	64 μm
	Gama de tamaños de las partículas	=	20 a 60 μm
	Densidad de las partículas (ρ)	=	2,2 g/cm^3
	Densidad del material	=	3,97 g/cm^3
	$\rho \times d$	=	141
20	Calor específico del material	=	0,2 $\text{cal/g}^\circ\text{C}$
	Capacidad térmica por unidad de volumen de la capa con fluidización mínima	=	0,21 $\text{cal/cm}^3^\circ\text{C}$
	Velocidad del aire de fluidización en la capa	=	0,54 cm/s
25	Manteniendo la capa a 40°C, el grado de templado		

de las hojas de vidrio con espesor incluido entre 2,3 mm y 12 mm partiendo de una temperatura inicial del vidrio incluida entre 610°C y 670°C ha sido el siguiente:

	Temperatura inicial del vidrio (°C)	Espesor del vidrio (mm)	Resistencia a la tracción media en el centro (MN/m ²)
5	610	2,3	37
	610	10	92
	610	12	93,5
10	630	2,3	42,5
	630	6	72,5
	630	12	96
15	650	2,3	46
	650	4	64
	650	6	75,7
	650	8	92,7
	650	10	96
	650	12	99
20	670	2,3	44
	670	6	75
	670	10	100

El coeficiente eficaz de transferencia térmica entre la capa y las hojas de vidrio está incluido en la gama

0,01 cal/cm²°C segundo a 0,012 cal/cm²°C segundo.

Ejemplo 2

En una tanda de fabricación particular utilizando la misma forma γ de alumina porosa que en el ejemplo 1, se templaron hojas curvas de vidrio de 2,3 mm de espesor. Estas hojas se utilizaban a continuación como componente para formar parabrisas de automóviles constituidos por varias hojas superpuestas.

Las propiedades de la alumina γ son las siguientes:

10	Tamaño medio de las partículas (d)	=	64 μ m
	Gama de tamaño de las partículas	=	30 a 150 μ m
	Densidad de las partículas (ρ)	=	2,2 g/cm ³
	Densidad del material	=	3,9 g / cm ³
	$\rho \times d$	=	141
15	Tamaño del depósito conteniendo la capa fluidizada	=	38 cm x 215 cm con 105 cm de profundidad
	Presión en la cámara de pleno	=	24 kN/m ²
	Pérdida de carga a través de la membrana	=	15 kN/m ²
20	Pérdida de carga a través de la membrana	=	60% de la presión en la cámara de pleno
	Caudal del aire de fluidización	=	0,175 m ³ /min
	Velocidad del aire de fluidización en la capa	=	0,36 cm/s
	Temperatura de la capa fluidizada	=	60°C
25	Temperatura del vidrio: borde superior=	=	650 °C a 655°C
	borde inferior=	=	670°C a 675°C

Resistencia a la tracción uniforme resultante en la zona central del vidrio = 38 MN/m² a 40 MN/m²

5 El coeficiente de transferencia térmica eficaz entre la capa y las hojas de vidrio está incluido en la gama de 0,01 cal/cm²°C segundo a 0,012 cal/cm²°C segundo

Ejemplo 3

10 En otra tanda de fabricación, se templaron . hojas de vidrio destinadas a constituir elementos de parabrisas de aeronaves constituidos por hojas superpuestas, con espesores de 3, 4, 6, 8 y 10 mm, en una capa fluidizada estable constituida por partículas de alumina ζ . Se usó la misma forma de alumina porosa tipo γ que en los ejemplos 1 y 2.

	Tamaño del depósito que contiene la capa fluidizada	=	45 x 245 cm x 150 cm de profundidad
15	Presión en la cámara de pleno	=	30 kN/m ²
	Pérdida de carga a través de la membrana	=	19,5 kN/m ²
	Pérdida de carga a través de la membrana	=	65% de la presión de la cámara de pleno
	Caudal del aire de fluidización	=	0,34 m ³ /min
20	Velocidad del aire de fluidización en la capa	=	0,51 cm/s
	Temperatura de la capa fluidizada	=	60°C
	Temperatura del vidrio	=	645°C a 650°C

La resistencia a la tracción resultante uniforme en la zona central del vidrio ha sido la siguiente:

Espesor	Resistencia a la tracción en el centro
3,0 mm	48 MN/m ²
4,0 mm	53 MN/m ²
10,0 mm	80 MN/m ²

5 El coeficiente eficaz de transferencia de calor entre la capa y las hojas de vidrio está incluido en la gama de 0,01 cal/cm²°C segundo a 0,012 cal/cm²°C segundo.

Ejemplo 4

10 El material refractario en forma de partícula es aluminosilicato pulverizado poroso, conteniendo cada partícula 13% en peso de alumina y 86% de sílice. El material pulverizado tiene las siguientes propiedades:

	Gama de tamaño de las partículas	= hasta 150 μm
	Tamaño medio de las partículas (d)	= 60 μm
15	Densidad de las partículas (ρ)	= 1,22 g/cm ³
	Densidad del material	= 2,3 g/cm ³
	ρ x d	= 73
	Calor específico del material	= 0,38 cal/g°C
20	Capacidad térmica por unidad de volumen de la capa con la fluidización mínima	= 0,19 cal/cm ³ °C
	Velocidad del aire de fluidización en la capa	= 0,21 cm/s

25 Manteniendo la capa a 40°C, el grado de templado de las hojas de vidrio de espesor incluido en la gama de 2,3 mm a 10 mm ha sido el siguiente:

Temperatura inicial del vidrio (°C)	Espesor del vidrio (mm)	Resistencia a la tracción media en el centro (MN/m ²)
650	2,3	30,8
650	4	44
5 650	6	62,3
650	8	73
650	10	79

10 El coeficiente de transferencia térmica eficaz entre la capa y las hojas de vidrio está incluido en la gama de 0,007 cal/cm²°C segundo a 0,009 cal/cm²°C segundo.

Ejemplo 5

15 Se utilizó otra forma de material compuesto a base de aluminosilicato pulverizado poroso. Cada partícula es porosa y contiene 29% de alumina y 69% de sílice. Este polvo poroso tiene las siguientes propiedades:

20	Gama de tamaños de partículas	=	hasta 150 µm
	Tamaño medio de las partículas (d)	=	75 µm
	Densidad de las partículas (ρ)	=	1,21 g/cm ³
	ρ x d	=	91
	Densidad del material	=	2,3 g/cm ³
	Calor específico del material	=	0,2 cal/g°C
	Capacidad térmica por unidad de volumen de la capa con fluidización mínima	=	0,11 cal/cm ³ °C
25	Velocidad del aire de fluidización en la capa	=	0,33 cm/s

Manteniendo la capa a 40°C, y la temperatura inicial del vidrio en la gama de 610°C a 670°C, el grado de templado de las hojas de vidrio de espesor incluido entre 2,3 mm y 10 mm es el siguiente:

5

	Temperatura inicial del vidrio (°C)	Espesor del vidrio (mm)	Resistencia a la tracción media en el centro (MN/m ²)
	610	6	51
	610	10	74
10	630	2,3	31,5
	630	6	53
	650	2,3	33,7
	650	4	48,3
	650	6	56
15	650	8	71,3
	650	10	84
	670	2,3	32
	670	6	58
	670	10	81,5

20

El coeficiente eficaz de transferencia térmica entre la capa y las hojas de vidrio está situado entre 0,007 cal/cm²°C segundo y 0,01 cal/cm²°C segundo.

Ejemplo 6

25

Se eligió un polvo llamado "Fillite" constituido por las esferas huecas de vidrio obtenidas a partir de las

cenizas de combustible pulverizadas procedentes de calderas de centrales generadoras, con las siguientes propiedades:

	Gama de tamaños de las partículas	=	20 a 160 μm
	Tamaño medio de las partículas (d)	=	77 μm
5	Densidad de las partículas (ρ)	=	0,38 g/cm^3
	$\rho \times d$	=	29
	Densidad del material	=	2,6 h/cm^3
	Calor específico del material	=	0,18 $\text{cal}/\text{g}^\circ\text{C}$
10	Capacidad térmica por unidad de volumen de la capa con fluidización mínima	=	0,05 $\text{cal}/\text{cm}^3^\circ\text{C}$
	Velocidad de fluidización del aire en la Fillite	=	0,11 cm/s

El grado de templado producido en las hojas de vidrio que han sido templadas térmicamente en esta capa fluidizada puede ser representado por una resistencia a la tracción media en el centro medida de manera convencional y los resultados conseguidos en una gama de espesores de vidrio de 4 a 12 mm, con diferentes temperaturas iniciales del vidrio incluídas en la gama de 610°C a 670°C y siendo la temperatura de la capa fluidizada de 40°C, son los siguientes:

20	Temperatura inicial del vidrio ($^\circ\text{C}$)	Espesor del vidrio (mm)	Resistencia a la tracción media en el centro (MN/m^2)
	610	10	40
	610	12	41
	630	6	30
25	630	12	45

	650	4	22,4
	650	6	32
	650	8	37
	650	10	39
5	650	12	48,5
	670	6	35
	670	10	50

El coeficiente de transferencia de calor eficaz entre la capa y las hojas de vidrio está incluido en la gama de 0,003 cal/cm² segundo a 0,004 cal/cm²°C segundo.

Ejemplo 7

Se utilizó otra calidad de material "fillite" con las siguientes propiedades:

	Tamaño medio de las partículas (d)	=	120 μm
15	Densidad de las partículas (ρ)	=	0,38 g/cm ³
	Densidad del material	=	2,6 g/cm ³
	ρ x d	=	45
	Calor específico del material	=	0,18 cal/g°C
20	Capacidad térmica por unidad de volumen de la capa con fluidización mínima	=	0,06 cal/cm ³ °C
	Velocidad del aire de fluidización en la capa	=	0,27 cm/s

Con temperaturas iniciales del vidrio en la gama de 630°C a 670°C y siendo la temperatura de la capa de 40°C aproximadamente, las resistencias a la tensión inducidas en las hojas de vidrio de espesor incluido entre 6 mm y 10 mm han

sido las siguientes:

	Temperatura inicial del vidrio (°C)	Espesor del vidrio (mm)	Resistencia a la trac- ción media en el cen- tro (MN/m ²)
	630	6	42
5	630	8	49
	650	6	45,5
	650	8	51
	650	10	63
	670	6	48
10	670	8	53

El coeficiente eficaz de transferencia térmica entre la capa y las hojas de vidrio está incluido entre 0,005 y 0,006 cal/cm³°C segundo.

Ejemplo 8

15 El material refractario en forma de partículas que se utilizó estaba constituido por esferas huecas de carbono del tipo conocido bajo el nombre de "carboesferas" teniendo las siguientes propiedades:

	Gama de tamaños de las partículas	=	5 a 150 μm
20	Tamaño medio de las partículas (d)	=	48 μm
	Densidad de las partículas (ρ)	=	0,3 g/cm ³
	ρ x d	=	14,4
	Densidad del material	=	2,3 g/cm ³
	Calor específico del material	=	0,123 cal/g°C
25	Capacidad térmica por unidad de volumen de la capa con fluidización mínima	=	0,02 cal/cm ³ °C

Velocidad del aire de fluidización en la capa = 0,33 cm/s

El grado de templado de las hojas de vidrio enfriadas en esta capa fluidizada mantenida a 40°C aproximadamente son las siguientes:

5

Temperatura inicial del vidrio (°C)	Espesor del vidrio (mm)	Resistencia a la tracción media en el centro (MN/m ²)
610	10	44
630	6	34
650	4	26,3
650	6	32,7
650	8	40
650	10	45
670	6	36
670	10	46

10

15

20

El coeficiente eficaz de transferencia térmica entre la capa y las hojas de vidrio está incluido en la gama de 0,0035 cal/cm²°C segundo a 0,004 cal/cm²°C segundo.

Ejemplo 9

El material refractario en forma de partículas estaba constituido por níquel pulverizado poroso teniendo las siguientes propiedades:

25

Tamaño medio de las partículas (d) = 5 µm

	Densidad de las partículas (ρ)	=	2,35 g/cm ³
	Densidad del material	=	8,9 g/cm ³
	$\rho \times d$	=	12
	Calor específico del material	=	0,106 cal/g°C
5	Capacidad térmica por unidad de volumen de la capa con fluidización mínima	=	0,37 cal/cm ³ °C
	Velocidad del aire de fluidización en la capa	=	0,045 cm/s

Unas hojas de vidrio de espesor incluido entre 2,3 mm y 6 mm presentando una temperatura inicial de 650°C, se enfriaron en una capa fluidizada de este polvo de níquel poroso en estado estable con una temperatura de aproximadamente 40°C. El grado de templado representado por la resistencia a la tracción media en el centro ha sido el siguiente:

15	Espesor del vidrio (mm)	Resistencia a la tracción media en el centro (MN/m ²)
	2,3	77
	3	95
	6	115

20 El coeficiente eficaz de transferencia térmica entre la capa y las hojas de vidrio ha sido de 0,02 cal/cm²°C segundo.

Ejemplo 10

25 El material en forma de partículas estaba constituido por alúmina α pulverizada y no porosa. Se utilizaron un cierto número de materiales a base de alúmina α con diferentes ta-

maños medios de partícula. Todos estos materiales tenían las siguientes propiedades comunes:

	Densidad de las partículas (ρ)	=	3,97 g/cm ³
	Densidad del material	=	3,97 g/cm ³
5	Calor específico del material	=	0,2 cal/g°C

El material a base de alumina α estaba disponible en diferentes tamaños de partículas y se realizaron cuatro capas fluidizadas diferentes de la manera siguiente:

Capa de a. α	Tamaño medio de las partí- culas (μm)	$\rho \times d$	Capacidad tér- mica de las partículas (cal/°C)	Capacidad tér- mica de la ca- pa de mínima fluidización (cal/cm ³ °C)	Velocidad del gas de fluidización (cm/s)
A	23	92	5 X 10 ⁻⁹	0,32	1,02
B	29	116	10 X 10 ⁻⁹	0,32	1,62
C	45	180	38 X 10 ⁻⁹	0,32	3,90
D	54	216	66 X 10 ⁻⁹	0,32	5,61

Se enfriaron en estas capas fluidizadas a una tem-
peratura de 40°C cada una unas hojas de vidrio de espesor
20 incluido entre 2,3 mm y 12 mm. La temperatura inicial de
las hojas de vidrio estaba incluida entre 610°C y 670°C,
y el grado de templado de las hojas está representado por
la resistencia a la tracción media en el centro, en la gama
25 de 42 MN/m² - 104 MN/m².

El coeficiente de transferencia térmica efectiva entre la capa y las hojas de vidrio estaba incluido entre $0,0062 \text{ cal/cm}^2\text{°C}$ segundo a $0,0086 \text{ cal/cm}^2\text{°C}$ segundo.

Ejemplo 11

5 Se fluidizó una capa de pequeñas esferas de vidrio macizas conocidas bajo el nombre de "ballotini". Las propiedades de la capa eran las siguientes:

	Gama de tamaños de las partículas	=	0 a $75 \mu\text{m}$
	Tamaño medio de las partículas (\bar{d})	=	$56 \mu\text{m}$
10	Densidad de las partículas (ρ)	=	$2,5 \text{ g/cm}^3$
	$\rho \times d$	=	145
	Capacidad térmica por unidad de volumen de la capa con fluidización mínima	=	$0,34 \text{ cal/cm}^3\text{°C}$
15	Velocidad del aire de fluidización en la capa	=	$0,41 \text{ cm/s}$

Unas hojas de vidrio de espesor incluido entre 2,3 mm y 10 mm se calentaron a una temperatura inicial incluida entre 630°C y 670°C y se enfriaron en la capa fluidizada mantenida a una temperatura de 40°C aproximadamente.

20 El grado de templado de las hojas de vidrio ha sido el siguiente:

Temperatura inicial del vidrio (°C)	Espesor del vidrio (mm)	Resistencia a la tracción media en el centro (MN/m^2)
25 630	2,3	38

	630	6	72
	630	8	87
	650	2,3	40
	650	6	74,5
5	650	8	87
	650	10	90
	670	2,3	43
	670	6	80
	670	8	90

10 El coeficiente de transferencia térmica eficaz medio entre la capa y las hojas de vidrio ha sido de 0,011 cal/cm²°C segundo.

15 Para ilustrar el elevado rendimiento obtenido con las hojas de vidrios no rotas y no deformadas utilizando una capa fluidizada con un gas de acuerdo con el invento en estado estable de expansión uniforme de fluidización de las partículas, en comparación con el rendimiento obtenido utilizando una capa en estado de fluidización burbujeante, se sometieron a tratamiento un cierto número de hojas similares

20 de vidrio de 30 x 30 cm con espesores de 2 mm, 6 mm y 12 mm. Las hojas de vidrio tenían un acabado de borde en el cual los bordes de las hojas de vidrio se biselaron utilizando una muela de carburo de silicio aglomerado. Se obtuvo así un acabado marginal más basto que el de las hojas de vidrio de los

25 ejemplos 1 a 11 las cuales habían sido acabadas con una muela

recubierta de partículas de diamante. El invento permite obtener un rendimiento elevado incluso con este acabado de los bordes más basto y más económico.

5 Cada hoja se calentó a una temperatura indicada más arriba y se sumergió en una capa fluidizada de alumina porosa de la forma α descrita en el ejemplo 1.

10 Para realizar estas pruebas de rendimiento, se sumergieron algunas hojas de vidrio caliente en una capa fluidizada en estado estable según se describe en el ejemplo 1. A continuación se produjo un estado burbujeante de fluidización de la capa aumentando la velocidad del gas de fluidización por encima del valor que produce la expansión máxima de la capa, y se sumergieron en la capa burbujeante un número igual de hojas de vidrio caliente.

15 El rendimiento de las hojas de vidrio no rotas dimensionalmente aceptables, bajo la forma del porcentaje del número total de hojas tratadas, ha sido el siguiente:

Espesor del vidrio = 2 mm

20	Temperatura del vidrio °C	Rendimiento	
		CAPA ESTABLE	CAPA BURBUJEANTE
	645	95%	52%
	660	100%	80%

Espesor del vidrio = 6 mm

25

Temperatura del vidrio °C	Rendimiento	
	CAPA ESTABLE	CAPA BURBUJEANTE
640	80%	40%
645	100%	60%

5

Espesor del vidrio = 12 mm

Temperatura del vidrio °C	Rendimiento	
	CAPA ESTABLE	CAPA BURBUJEANTE
635	80%	40%
645	100%	75%

10

Aunque los ejemplos que anteceden han sido obtenidos utilizando hojas cuadradas de vidrio de 30 cm x 30 cm, se obtienen rendimientos todavía más bajos con relación a rotura y deformación cuando se efectúa el tratamiento de grandes hojas de vidrio tales como las hojas del tamaño de parabrisas de vehículos a motor en una capa fluidizada burbujeante. Por el contrario, los rendimientos obtenidos cuando se tratan estas hojas de vidrio más amplias en una capa fluidizada estable son por lo menos tan favorables como los de los ejemplos mencionados más arriba.

15

20

El valor de las resistencias a la tracción obtenidas en el vidrio disminuye cuando la temperatura de la capa aumenta y en el valor límite, que puede ser de 300°C o más, las resistencias a la tracción en el vidrio son tales que se produce un recocido del vidrio en lugar de su templado. Unos ele-

25

mentos de calentamiento y/o enfriamiento pueden situarse en las paredes laterales del depósito 18 para controlar la temperatura de la capa fluidizada. En todos los ejemplos, las hojas de vidrio estaban constituidas por hoja comercial a base de sosa-cal-sílice del tipo utilizado en la fabricación de parabrisas para aeronaves, parabrisas para automóviles, ventanas de barco y cristales utilizados en aplicaciones arquitectónicas. Es posible templar o recocer vidrio de otras composiciones de la misma manera utilizando el método según el invento. Igualmente, otros artículos distintos de placas de vidrio, por ejemplo artículos de vidrio moldeado tales como aisladores o piezas destinadas a formar lentes, o artículos de vidrio soplado, pueden ser templados o recocidos utilizando el método según el invento.

Una capa fluidizada según el invento puede ser empleada para otros tratamientos térmicos de vidrio, por ejemplo para el calentamiento de un artículo de vidrio relativamente frío antes de otra fase del proceso, efectuándose la transferencia del calor desde el material fluidizado hasta el vidrio sumergido en la capa sin que se produzcan desperfectos en el vidrio, incluso cuando el vidrio ha alcanzado una temperatura en la cual es propenso a ser deteriorado por fuerzas irregulares.

El invento puede también ser utilizado para el templado térmico o de hojas de vidrio que han sido calentadas y

dobladas mientras estaban soportadas en posición casi vertical, y que se desplazan a lo largo de un trayecto horizontal, según se describe en la solicitud de patente del Reino Unido número 34703/73 (Memoria número 1.442.316). En el aparato

5 descrito en esta solicitud de patente, los troqueles de encorvamiento están contenidos en una cámara calentada que bascula desde una posición inclinada hasta una posición en la cual la hoja de vidrio encorvada entre los troqueles de encorvamiento es vertical y puede ser bajada verticalmente

10 en el interior de una capa fluidizada estable del tipo descrito más arriba.

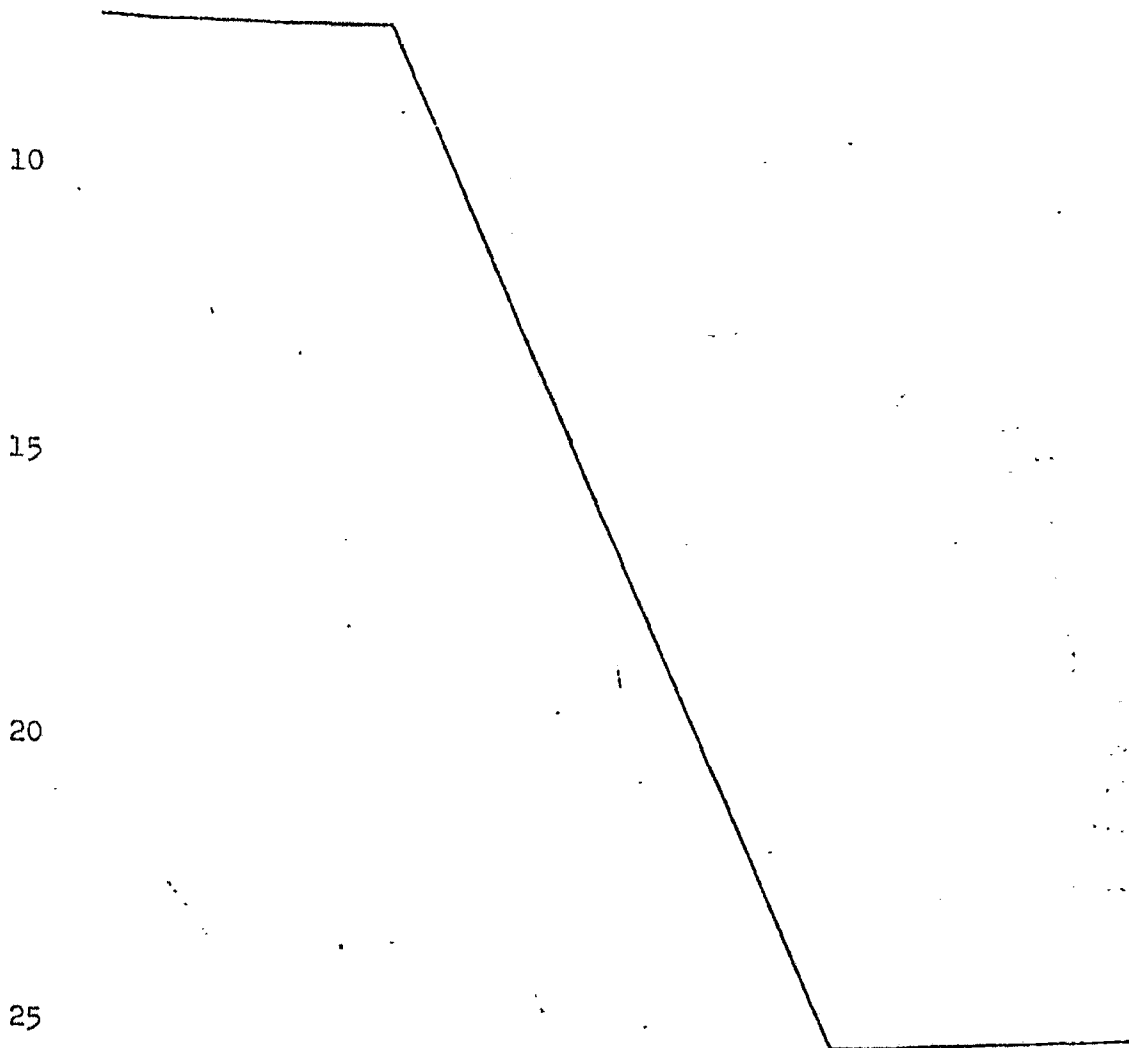
En otro proceso utilizando el invento, una hoja de vidrio puede ser calentada mediante la inmersión de la hoja en una capa fluidizada a una temperatura suficientemente elevada para calentar el vidrio hasta la temperatura de pre-

15 encorvamiento. Después de retirarla de la capa caliente se encorva la hoja, y la hoja encorvada se temple a continuación sumergiendo el vidrio en una capa fluidizada en estado estable de expansión uniforme de fluidización de partículas

20 según se describe más arriba. La hoja de vidrio podría estar soportada por el mismo conjunto de tenazas durante las operaciones de calentamiento, encorvamiento y templado, estando las tenazas montadas de modo que se desplacen para seguir la forma curva del vidrio. En otra disposición, cada hoja

25 de vidrio está colgada de unas tenazas no ajustables para

su calentamiento y es transferida a un soporte que la sostiene por su borde inferior durante su encorvamiento de la manera descrita en la Memoria de Patente del Reino Unido No. 1.442.316, después de lo cual la hoja de vidrio encorvada esta mantenida
5 por un segundo conjunto de tenazas que estan dispuestas de acuerdo con la forma curva del vidrio y que la hacen bajar en la capa estable fluidizable para su enfriamiento .



En resumen, la Patente de Invención que se solicita deberá recaer sobre las siguientes

REIVINDICACIONES

5

1. Método para tratar térmicamente vidrio, en el cual el vidrio está en contacto con un material en forma de partículas fluidizadas por un gas para producir la transferencia térmica entre las superficies del vidrio y el material fluidizado, caracterizado porque el material fluidizado está en un estado estable de expansión uniforme de fluidización de partículas.

2. Método según la reivindicación 1, caracterizado porque el vidrio se calienta a una temperatura superior a su punto de deformación plástica y se sumerge en un material fluidizado, caracterizado porque se sumerge el vidrio en una capa de material en forma de partículas fluidizadas con un gas el cual, antes de dicha inmersión está en un estado estable de expansión uniforme de fluidización de las partículas.

3. Método según la reivindicación 2, para templar térmicamente una hoja de vidrio, caracterizado porque se hace bajar la hoja de vidrio caliente en la capa estable en estado de expansión uniforme de material en forma de partículas.

4. Método según la reivindicación 3, caracterizado porque la capa se mantiene a una temperatura incluida en la gama

25

de 30° a 150°C,

5. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque se regula la circulación del gas para mantener dicho estado estable de la capa fluidizada creando una elevada pérdida de carga en la circulación del gas de fluidización a través de una membrana por la cual el gas de fluidización penetra en la capa.

6. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque el material en forma de partículas está constituido por partículas de densidad incluida entre 0,3 g/cm³ y 3,97 g/cm³ y el tamaño medio de las partículas está incluido entre 5 µm y 120 µm, eligiéndose el material de modo que se fluidice en dicho estado estable uniforme por medio del gas de fluidización que fluye uniformemente en la capa a una velocidad incluida en la gama de 0,045 cm/s a 5,61 cm/s.

7. Método según la reivindicación 6, para templar térmicamente vidrio plano a base de sosa-cal-sílice de espesor incluido entre 2,3 mm y 12 mm que está calentado a una temperatura incluida entre 610°C y 680°C, caracterizado porque se sumerge el vidrio en una capa fluidizada en dicho estado estable que tiene una capacidad térmica por unidad de volumen con fluidización mínima incluida entre 0,02 cal/cm³°C y 0,37 cal/cm³°C, y se mantiene la capa fluidizada a una temperatura de hasta 150°C, para inducir en el vidrio una resis-

tencia a la tracción media en el centro incluida en la gama de 22 MN/m^2 a 115 MN/m^2 .

8. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque se sumerge el vidrio en una
5 capa fluidizada de partículas de estructura no compactada tal que la densidad aparente de las partículas sea inferior a la densidad real del material que constituye las partículas y las partículas flotantes constituyen dicha capa fluidizada por el gas en estado estable de expansión uniforme de fluidi-
10 zación de las partículas, eligiéndose el material que forma las partículas y la temperatura de la capa de tal manera que el coeficiente de transferencia térmica de la capa fluidizada sea suficiente para producir las resistencias de templado deseadas en el vidrio mientras se enfría en la capa.

15 9. Método según la reivindicación 8, para templar térmicamente una hoja de vidrio, caracterizado porque la capa fluidizada está constituida por partículas que tienen un tamaño medio incluido entre $5 \mu\text{m}$ y $120 \mu\text{m}$ y porque la densidad aparente de las partículas está incluida entre $0,3 \text{ g/cm}^3$ y
20 $2,35 \text{ g/cm}^3$, estando la capacidad térmica por unidad de volumen de la capa con fluidización mínima incluida entre $0,02 \text{ cal/cm}^2\text{°C}$ y $0,37 \text{ cal/cm}^2\text{°C}$.

10. Método según la reivindicación 9, caracterizado porque las partículas son partículas porosas de alumina γ con un tamaño medio de partícula de $64 \mu\text{m}$ y una densidad aparente de partículas de $2,2 \text{ g/cm}^2$, siendo la capacidad térmi-
25

ca por unidad de volumen de la capa con fluidización mínima de $0,21 \text{ cal/cm}^3 \text{ } ^\circ\text{C}$.

5 11. Método según la reivindicación 9, caracterizado porque las partículas están constituidas por una forma porosa de material aluminosilicatado con un tamaño medio de las partículas incluido entre $60 \mu\text{m}$ y $75 \mu\text{m}$ y una densidad aparente de las partículas incluida entre $1,21 \text{ g/cm}^3$ y $1,22 \text{ g/cm}^3$ estando la capacidad térmica por unidad de volumen de la capa con fluidización mínima incluida entre $0,11 \text{ cal/cm}^3 \text{ } ^\circ\text{C}$ y $0,19$
10 $\text{cal/cm}^3 \text{ } ^\circ\text{C}$.

12. Método según la reivindicación 9, caracterizado porque las partículas son partículas de níquel poroso pulverizado con un tamaño medio de partículas de $5 \mu\text{m}$ y una densidad aparente de las partículas de $2,35 \text{ g/cm}^3$, siendo la capacidad
15 térmica por unidad de volumen de la capa con fluidización mínima de $0,37 \text{ cal/cm}^3 \text{ } ^\circ\text{C}$.

13. Método según la reivindicación 9, caracterizado porque las partículas son esferas de vidrio con un tamaño medio de partículas incluido entre $77 \mu\text{m}$ y $120 \mu\text{m}$ y con una
20 densidad aparente de las partículas de $0,38 \text{ g/cm}^3$, estando la capacidad térmica por unidad de volumen de la capa con fluidización mínima incluida entre $0,05 \text{ cal/cm}^3 \text{ } ^\circ\text{C}$ y $0,06$
25 $\text{cal/cm}^3 \text{ } ^\circ\text{C}$.

14. Método según la reivindicación 9, caracterizado por
que las partículas son esferas de carbono huecas con un ta-

maño medio de partículas de 48 μm y una densidad aparente de partículas de 0,3 g/cm^3 , siendo la capacidad térmica por unidad de volumen de la capa con fluidización mínima de 0,02 $\text{cal}/\text{cm}^3\text{°C}$.

5 15. Método según la reivindicación 8, caracterizado por-
que las partículas son partículas de alumina no porosa
pulverizada con un tamaño medio de partículas incluido en-
tre 23 μm y 54 μm y con una densidad de partículas de 3,97
10 g/cm^3 , siendo la capacidad térmica por unidad de volumen
de la capa con fluidización mínima de 0,32 $\text{cal}/\text{cm}^2\text{°C}$.


16. Se reivindica por último como objeto sobre el que
ha de recaer la Patente de Invención que se solicita: METO-
DO PARA TRATAR TÉRMICAMENTE VIDRIO.

15 Todo conforme queda descrito y reivindicado en la pre-
sente memoria descriptiva que consta de cincuenta y tres -
páginas mecanografiadas y dibujos que se acompañan.

Madrid, 27 de Agosto de 1.976

BERNARDO UNGRIA

P.P.



20

25

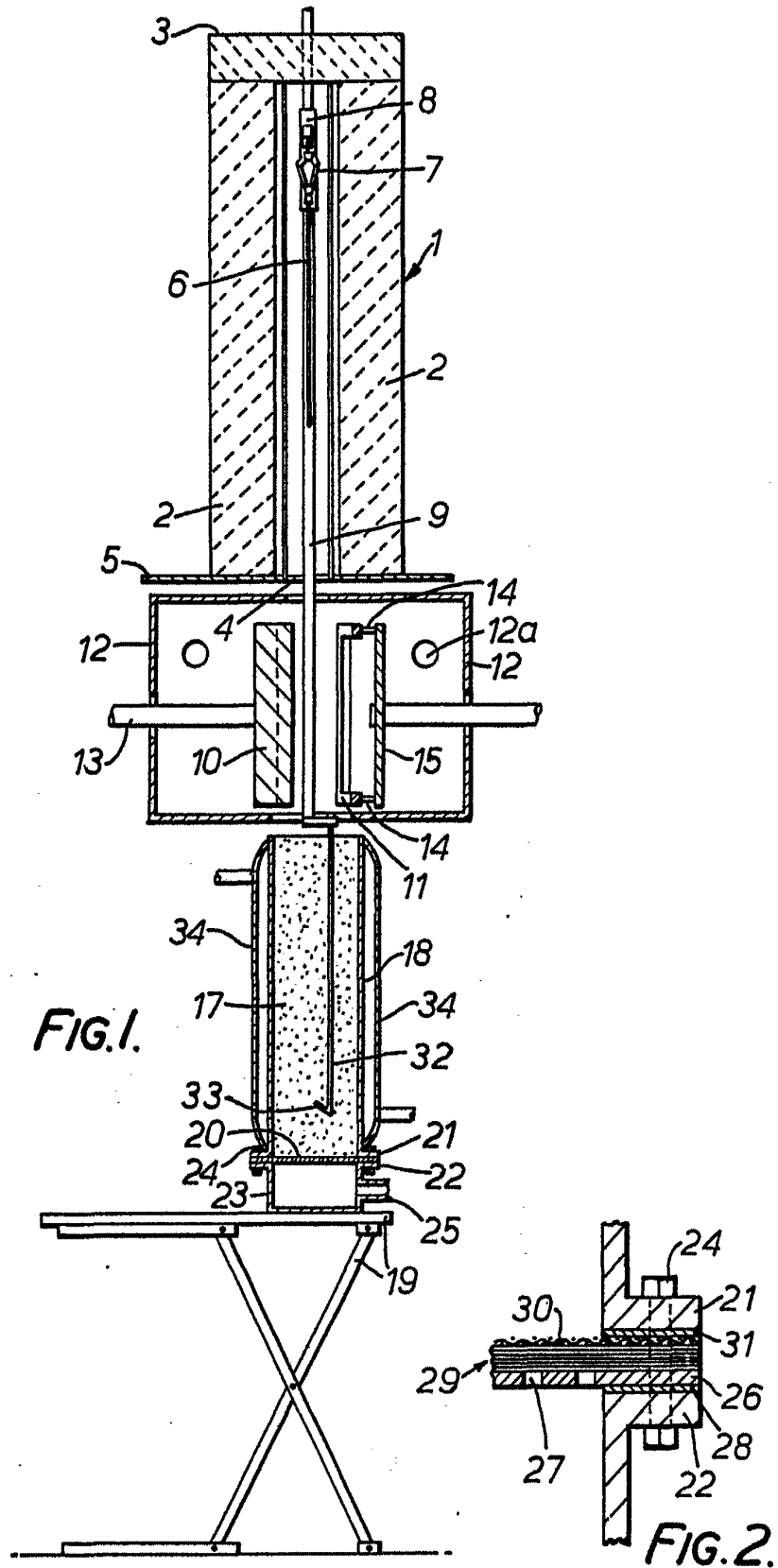


FIG. 1.

FIG. 2.

ESCALA VARIABLE
 Madrid, 27 de Agosto de 1.976
 BERNARDO UNGRIA
 P. P.

Handwritten signature

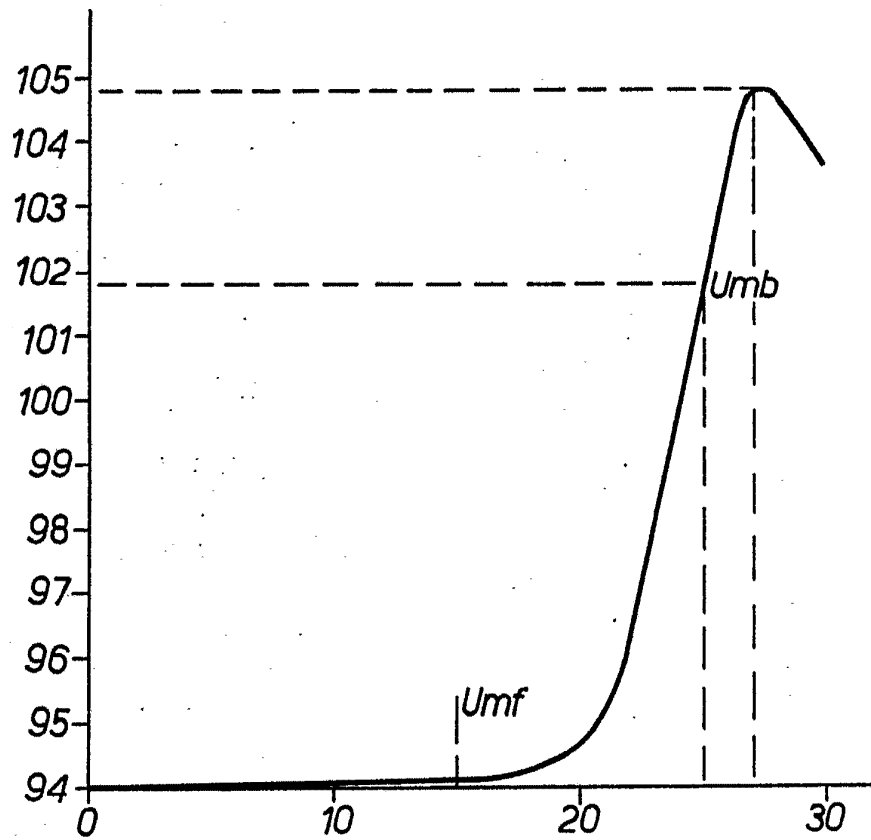


FIG.3.

ESCALA VARIABLE
Madrid, 27 de Agosto de 1.976
BERNARDO INGRIA
p.p.