

26 JUN 1956

P.- 14.541.-

A. 16.688.

Case 2027-M

2027-A-23 LJR:PBW:ta

229464



229464

MEMORIA DESCRIPTIVA

para solicitar

P A T E N T E D E I N V E N C I O N

en

E S P A Ñ A

por VEINTE años

a nombre de PITTSBURGH PLATE GLASS COMPANY., entidad norteamericana, establecida en One Gateway Center, Pittsburgh, Pensilvania, Estados Unidos de América, por:

"UN PROCEDIMIENTO PARA EL RECOCIDO CONTROLADO DE UNA CINTA DE VIDRIO"

=====

5

Esta invención se refiere en general al recocido del vidrio y más específicamente a un método para el control sustancialmente uniforme de la temperatura del vidrio que se enfría a medida que atraviesa la zona de recocido con objeto de obtener las características de vidrio deseadas.

10

Una aplicación específica de la invención se expone en relación con una máquina de estirado vertical de vidrio para ventanas en la que el recocido del vidrio se mejora controlando una porción del cambio



229464

de temperatura en el vidrio, a medida que éste pasa del estado fundido al producto terminado, de la manera controlada que enseña la invención. La aplicación de la invención a un horno de recocido dispuesto horizontalmente se presenta también por una modificación de la exposición principal.

Es cosa admitida que el arte de recocer el vidrio es antiguo por lo cual se encuentran muchas descripciones de métodos y aparatos en las patentes de la técnica anterior empleadas con el fin de intentar recocer el vidrio en diversas condiciones. Las curvas de recocido óptimas teóricas para varias composiciones y formas de vidrio se calculan fácilmente, pero hasta ahora se han encontrado grandes dificultades para obtener en la práctica los resultados deseados. Estas dificultades aumentan grandemente al intentar obtener los resultados deseados en una máquina de estirado del vidrio para ventanas en la que el control exacto de la temperatura es entorpecido por las necesarias características estructurales de tales máquinas. Esto es particularmente así debido a la necesidad de completar el recocido en el corto recorrido del vidrio a través de la máquina.

La finalidad del control mejorado de la velocidad de enfriamiento de la lámina u hoja de vidrio durante el estirado y el recocido del mismo es producir un vidrio que posee un mínimo de curvatura transversa, características ópticas óptimas resultantes de un espesor



más uniforme de la lámina, un diagrama de tensiones residuales general sustancialmente uniforme y mejoras características de cortado.

5 Se ha encontrado que la tensión residual presente en el vidrio recocido es función del tiempo que el vidrio se mantiene dentro de su zona de temperatura de recocido y de la manera en que el vidrio se enfría en dicha zona. Existe una zona óptima de tensiones residuales en el vidrio que hace a éste más adecuado para el corte. Los valores de tensión altos tienden a aumentar las dificultades del cortado al aumentar la tendencia de una fractura corrediza a apartarse de una línea de señal hecha por una herramienta cortante. Los valores de tensión que son demasiado bajos indican que el vidrio está demasiado bien recocido y se dice que está muerto y es igualmente difícil de cortar.

10 Aunque es conveniente mantener el vidrio estirado durante por lo menos un periodo mínimo dentro de la zona de recocido, la velocidad de enfriamiento del vidrio tanto encima como debajo de la zona de recocido no afecta sustancialmente a los valores de la tensión residual presentes en el vidrio recocido. Se ha demostrado que la lisura del vidrio recocido se mejora reduciendo los gradientes de temperatura en el vidrio que se va a estirar, tanto de borde a borde como de superficie a superficie y que las tensiones debidas al enfriamiento del vidrio que se recuece se reducen al mínimo controlan-



229464

do el gradiente de temperatura del centro a la superficie.

5 Un objeto primordial de la presente invención es recocer vidrio por un control mejorado de la velocidad a la cual se enfría el vidrio a varias temperaturas y especialmente, en la zona de recocido, para proporcionar el vidrio recocido una tensión óptima para el cortado.

10 Otro objeto de la presente invención es proporcionar una sección de recocido para uso en la fabricación de vidrio en la que la velocidad de enfriamiento del vidrio se controla de manera que el vidrio se enfría muy rápidamente desde su estado fundido hasta una temperatura sustancialmente en el límite superior de la zona de recocido, se mantiene en la parte superior de la zona durante un corto tiempo, luego se enfría lentamente, pero a un ritmo incrementado a través de la zona, y después se enfría con relativa rapidez bajo la zona, para producir vidrio recocido que posee un diagrama de tensiones residuales convenientes.

20 De acuerdo con la presente invención, se proporciona un proceso para el recocido controlado de una cinta de vidrio que consiste en formar una cinta continua de vidrio procedente de un baño de vidrio fundido, mover la cinta de vidrio a través de una zona de enfriamiento antes de que el vidrio se enfríe a la zona de temperatura de recocido, controlar la temperatura en

12

**229464**

dicha zona de enfriamiento por paso de un fluido refrigerante sobre cada lado de la cinta de vidrio móvil en relación de cambio térmico indirecto con la cinta de vidrio y proporcionando selectiva y controlablemente calor adyacente a porciones transversalmente opuestas a través de la cinta y sobre cada lado de la misma cuando sea necesario para contrarrestar el efecto del exceso de refrigerante y con ello enfriar uniformemente las superficies de la cinta de vidrio a través de la anchura de la misma hasta el límite superior de su zona de recocido, pasar la cinta enfriada a través de una zona igualatoria al tiempo que se mantienen las porciones de la superficie de la cinta de vidrio en cada lado a una temperatura de recocido sustancialmente al límite superior de la zona de recocido para reducir sustancialmente el gradiente de temperatura entre el centro y las superficies del vidrio y pasar la cinta a través de una zona de recocido para enfriar las superficies de ambos lados de la cinta de vidrio a un ritmo progresivamente creciente de enfriamiento mientras se mantiene la igualación de las temperaturas superficiales a través y entre los dos lados, con lo que las superficies de vidrio son enfriadas simultáneamente al límite inferior de la zona de recocido y el gradiente de temperatura entre el centro y las superficies se incrementa en las porciones intermedias de una cantidad uniforme.

La presente invención se comprenderá



229464

por el estudio de la siguiente descripción de una incorporación estructural típica de la presente invención considerada en unión de los dibujos anejos.

En los dibujos:

5 La figura 1 es una vista en alzado lateral, parcialmente esquemática, que muestra una configuración estructural típica de elementos de control utilizados en el control de la temperatura de la lámina de vidrio a medida que una lámina de vidrio es estirada verticalmente hacia arriba;

10 La figura 2 es una vista en sección transversal tomada en ángulo recto con respecto a la vista de la figura 1;

15 La figura 3 es una vista en sección transversal detallada de un medio refrigerante utilizado para enfriar rápidamente el vidrio laminar estirado verticalmente desde su temperatura de baño fundido a la región superior de la zona de recocido y que constituye un elemento estructural nuevo en una incorporación típica de la presente invención;

20 La figura 4 es un cuadro que muestra una curva de enfriamiento ideal para lámina de vidrio estirado verticalmente en la que la temperatura de las superficies de la lámina de vidrio estirado verticalmente se compara con su posición vertical en un horno de recocido dispuesto verticalmente durante su ascensión en el horno;

La figura 5 es un diagrama esquemático de



229464

un circuito eléctrico de un circuito de control eléctrico, típico, útil con la presente invención;

5 La figura 6 es una vista parcialmente simbólica de porciones de un horno horizontal provisto de elementos de control de la temperatura para controlar la temperatura de una lámina de vidrio transportada horizontalmente a medida que el vidrio atraviesa varios puntos de comprobación dentro del horno de recocido de acuerdo con lo que enseña la presente invención;

10 La figura 7 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de las líneas 7-7 de la figura 6;

Para lograr los objetos de la presente invención, el enfriamiento del vidrio estirado se controla de forma que el vidrio se enfríe rápida y uniformemente desde el estado fundido al límite superior de la zona de recocido y luego se enfríe en a través de su zona de recocido de tal manera que el vidrio se recueza adecuadamente al grado requerido para que el vidrio se corte fácilmente en una operación posterior.

20 La temperatura de una lámina de vidrio se enfría rápida y uniformemente al límite superior de la zona de recocido mediante una pluralidad de refrigerantes y refrigerantes diferenciales, describiéndose éstos más adelante como constituidos por tubos enfriados por agua y elementos de calentamiento. El efecto refrigerante de éstos se regula mediante circuitos eléctricos. Cada circuito utiliza un elemento sensible al calor dispuesto en



229464

una porción de la superficie de la lámina de vidrio ascendente para controlar el flujo de corriente en un calentador por resistencia mediante un dispositivo que puede incluir un reactor saturable y un circuito de reacción.

5                   Se disponen elementos de calentamiento adicionales en la región en que la temperatura del vidrio está dentro de la zona de recocido. El funcionamiento de cada elemento de calentamiento adicional se controla por la acción de un circuito que comprende un medio interruptor sensible a la temperatura, un reactor saturable  
10 y un circuito de reacción. Cada medio sensible a la temperatura se dispone en una zona superficial diferente del plano que define la trayectoria de la lámina de vidrio y se ajusta para proporcionar la temperatura deseada para  
15 la superficie de la lámina de vidrio en dicha zona. Por tal dispositivo la lámina de vidrio se puede mantener a una temperatura fija, tal como la superior de su zona de recocido (por ejemplo 551°C.), durante un período deseado que permita la igualación de la temperatura del vidrio en todo su espesor. Luego la lámina se enfría en  
20 y bajo su zona de recocido de conformidad con la curva de enfriamiento óptimo a medida que continúa su ascensión. El enfriamiento por bajo de la zona de recocido se puede acelerar proporcionando más elementos de refrigeración  
25 con o sin un calentador asociado para modificar el efecto refrigerante. La tensión final del vidrio para ventanas recocido de esta manera se reduce a aproximadamente

12



229464

20% a 30% de la tensión presente en el vidrio para ventanas fabricadas en máquinas no controladas.

Refiriéndonos a las figuras 1, 2 y 3, en las que se expone un horno de recocido vertical, una lámina de vidrio 10 se estira hacia arriba desde un baño de vidrio fundido 11 contenido en un horno de estirado de acuerdo con los actuales métodos de estirado corrientes. Inmediatamente encima del baño de vidrio fundido se disponen medios de enfriamiento corrientes, tales como refrigerantes 12, refrigerantes pequeños 13 y bandejas de recogida 14, enfriadas por agua.

También se incluye una serie de refrigerantes diferenciales originales 15 que comprenden una serie de tubos enfriados por agua 16 y una serie de elementos de calentamiento 18 para proporcionar un enfriamiento suficiente para que la lámina de vidrio estirado verticalmente alcance una temperatura deseada, por ejemplo, la superior de su zona de recocido, 551°C., a una altura deseada, por ejemplo, entre el primer par de rodillos de estirado 21 y el segundo par 22 de una serie de rodillos de estirado emparejados 21 a 27, inclusivos, y para asegurar un gradiente de temperatura mínimo a través del ancho y a través del espesor de la lámina de vidrio 10 a dicha altura.

Los elementos de calentamiento 18 contenidos en los refrigerantes diferenciales 15, indicados generalmente en las figuras 1, 3 y 4, por 18 y 18', se



229464

5 disponen en dos series de tres circuitos controlados in-  
dependientemente. En la figura 2, se muestran los terce-  
ros elementos de calentamiento 18a, 18b y 18c de los cir-  
cuitos de la serie 18. Cada una de las dos series de  
circuitos se sitúa frente a una superficie opuesta de la  
lámina ascendente 10. Cada uno de los elementos de calen-  
tamiento de cada uno de los tres grupos controlados inde-  
pendientemente se intercalan entre elementos o tubos 16  
alternativos enfriados por agua que se enfrían mediante  
10 agua que fluye constantemente. La corriente en los diver-  
sos elementos de calentamiento 18a, 18b y 18c se suminis-  
tra en respuesta a elementos de control sensibles al ca-  
lor tales como elementos sensibles al calor 30a, 30b y  
30c, respectivamente, que se dirigen hacia la superficie  
15 del vidrio y proporcionan medios interruptores sensibles  
al calor para la transmisión de corriente a través de los  
varios elementos calentadores.

Los elementos sensibles al calor 30 uti-  
lizados para este fin se dirigen o apuntan a la superfi-  
cie de vidrio por una serie de grupos de lumbreras 29  
20 situadas en cada lado del vidrio. El grupo inferior de  
elementos sensibles al calor 30 apunta sobre zonas de la  
lámina de vidrio situadas inmediatamente debajo de los  
rodillos 21 y controla el flujo de corriente en los ele-  
mentos de calentamiento de los circuitos 18.  
25

Dividiendo cada grupo horizontal de ele-  
mentos sensibles al calor en tres circuitos controlados



12 JUL 65

229464

independientemente, la temperatura de la porción central y cada porción terminal de las superficies de lámina verticalmente ascendente puede ser controlada independientemente en cada lado de la lámina estirada verticalmente.

5 De esta forma se mantiene un estrechísimo control de la temperatura del vidrio que se enfría. El gradiente de temperatura de borde a borde y de superficie a superficie de la lámina de vidrio se puede mantener en un mínimo. Asimismo, se regula la altura encima del baño de vidrio fundido a la cual la lámina estirada verticalmente alcanza una temperatura predeterminada correspondiente a la superior de la zona de recocido.

15 Los elementos sensibles al calor se construyen con filtros especialmente diseñados sensibles solamente a la banda de 4 a 8 micrones de longitud de onda de radiación infrarroja. A esta longitud de onda, el vidrio es opaco de manera que el elemento sensible al calor arrastrado en una zona superficial del vidrio "lee" o registra la temperatura radiada por la superficie del vidrio solamente y no es sensible a los elementos de calentamiento situados en el otro lado de la lámina de vidrio estirada verticalmente. Los elementos sensibles al calor comprenden cada uno un espejo, una termopila en el punto focal del espejo y un circuito eléctrico que actúa en respuesta a la termopila para filtrar radiación distinta de 20 la deseada banda de 4 a 8 micrones de longitud de onda. Se emplea un filtro de banda de tipo difusor entre el espejo 25



23464

y la termopila. Estos dispositivos son bien conocidos en la técnica y sus detalles estructurales no constituyen parte de la invención.

5                   Una vez que la lámina de vidrio entra  
en la zona de recocido en cualquier punto entre el primero y el segundo juego de rodillos de estirado, su temperatura se controla mediante seis grupos adicionales de elementos sensibles al calor, alineados horizontalmente, 32, 34, 36, 38, 40 y 42 situados a seis alturas diferentes del horno vertical. Cada grupo, horizontalmente alineado, de elementos termo-sensibles tiene su duplicado 32', 34', 36', 38', 40' y 42' que registra temperaturas en la superficie de vidrio opuesta. Los elementos sensibles al calor controlan la cantidad de calentamiento  
10                   comunicado al vidrio a diferentes alturas por los grupos de elementos de calentamiento 31, 33, 35, 37, 39 y 41, respectivamente. Cada grupo de elementos de calentamiento contiene tres calentadores eléctricos opuestos a cada superficie de la lámina de vidrio ascendente.

15                   El calor comunicado por cada elemento  
de calentamiento se controla mediante un circuito eléctrico independiente que contiene un elemento sensible al calor que se ajusta previamente para que suministre calor cuando la temperatura superficial en la zona sobre la cual se enfoca el elemento termo-sensible asociado  
20                   descienda por debajo de una temperatura deseada. Los elementos sensibles al calor 32a, 32b y 32c contro-



229464

lan la cantidad de corriente suministrada a lo elementos de calentamiento 31a, 31b y 31c situados en una posición de borde, en la porción central y en la otra porción de borde de un lado de la lámina estirada verticalmente, respectivamente, y un dispositivo análogo de elementos termo-sensibles (no representados) y de elementos de calentamiento (no representados) se alinean en el mismo plano en el lado opuesto de la lámina. Los elementos sensibles al calor 34a, 34b y 34c controlan la corriente suministrada a los elementos de calentamiento 33a, 33b y 33c, respectivamente, al nivel superior inmediato de lumbreras, etc.

El control de cada unidad de calentamiento, contenida en el refrigerante diferencial 15 utilizado para enfriar el vidrio rápidamente a la temperatura superior de la zona de recocido o para hacer más lento el enfriamiento del vidrio por la zona de recocido, es independiente del control de cualquiera otra unidad. Así, en cada plano en el cual se controla la temperatura, hay seis circuitos de calentamiento independientes para controlar la temperatura del vidrio que atraviesa dicho plano. Por ajuste cuidadoso de la energía aportada a una serie de elementos de calentamiento mediante reactores saturables en cada plano, puede conseguirse que el vidrio verticalmente estirado se enfríe de estrecha conformidad con la curva de enfriamiento idealizada representada en la figura 4. En esta figura, se representa una



229464

5 curva de enfriamiento idealizada para vidrio de ventanas sobre en y debajo de su zona de recocido. El vidrio se enfría al límite superior de la zona de recocido en una posición vertical correspondiente a la posición de la segunda serie, horizontalmente alineada, de elementos termo-sensibles 32 y 32' situados entre el primero y el segundo juego de rodillos de estirado. El enfriamiento del vidrio esterida se obtiene mediante los refrigerantes principales 12, los refrigerantes pequeños 13 y las bandejas de recogida 14 enfriadas por agua así como también mediante los refrigerantes diferenciales 15 expuestos detalladamente en la figura 3. Se intenta mantener la temperatura de la lámina de vidrio para ventanas estirada verticalmente cerca del límite superior de la zona de recocido hasta aproximadamente la posición del tercer juego de rodillos de estirado 23 para permitir que los gradientes de temperatura en el vidrio sean mínimos a dicha temperatura.

10

15

Para el vidrio que tiene un grosor de 0,3048 cm., solamente se precisan 4,45 segundos para reducir una diferencia de temperatura de 55°C. entre la superficie y el centro de una lámina de vidrio a 2,8°C. a una temperatura de 551°C. Este tiempo es mucho menor que el consumido en el recorrido vertical del vidrio a través de la porción del horno utilizado para la igualación de la temperatura.

20

25

Por encima del tercer juego de rodillos,



229464

la velocidad de enfriamiento del vidrio aumenta gradualmente hasta que la temperatura de la lámina ascendente cruza la temperatura mínima de la zona de recocido a aproximadamente el nivel del sexto juego de rodillos de estirado 26. La velocidad de enfriamiento del vidrio en la zona de recocido se controla cuidadosamente mediante los ajustes de los diversos elementos termo-sensibles.

La figura 5 muestra un diagrama esquemático de circuito de un circuito eléctrico adecuado para uso en el control de la temperatura de la lámina de vidrio ascendente en cualquier zona localizada a lo largo del plano vertical de estiramiento del vidrio. Un circuito típico, cuyos detalles específicos no forman parte de la presente invención, comprende un circuito de calentamiento 46 que contiene un elemento de calentamiento 18, una bobina de reacción 51 y una fuente de energía de corriente alterna 52, y un circuito de control 48 que comprende un elemento termo-sensible 30, un interruptor relé 54 sensible a la activación del elemento termo-sensible en respuesta a una variación de temperatura, una fuente de corriente continua 56 (representada en forma de pila seca, pero que puede ser una unidad rectificadora), un reostato controlable a mano 58 y un arrollamiento de control 60.

Cuando no pasa corriente por el circuito de control, la corriente alterna procedente de la fuente 52 que atraviesa los arrollamientos de calenta-

12 JUN



229464

5 miento 18 contenidos en el circuito de calentamiento es-  
tá en un mínimo, puesto que las dimensiones de la bobina  
de reacción 51 son tales que proporciona un potencial má-  
ximo deseado opuesto al voltaje suministrado por la fuen-  
te 52. Cuando la temperatura en la superficie sobre la  
que está el elemento termo-sensible 30 desciende a un ni-  
vel predeterminado, el interruptor relé 54 actúa ocasio-  
nando con ello el que la corriente circule por el circui-  
to de control.

10 La corriente en el circuito de control  
desequilibra el circuito de calentamiento y disminuye el  
efecto de la bobina de reacción 51 sobre el voltaje que  
se está suministrando al circuito de calentamiento des-  
de la fuente 52. Resulta un voltaje incrementado a tra-  
vés del elemento de calentamiento 18 hasta que el calor  
15 comunicado por el elemento de calentamiento hace que la  
temperatura en la zona explorada por el elemento termo-  
sensible 30 sobrepase el nivel deseado. Cuando sucede  
esto se desactiva el interruptor relé 54 y no pasa co-  
rriente alguna por el circuito de control, con lo cual  
20 se produce la vuelta o reanudación del estado del cir-  
cuito de calentamiento 46 que prevalecía antes de la ac-  
tivación del relé 54. El ajuste del potenciómetro 58  
determina el cambio en la cantidad de calor que suminis-  
tra el elemento de calentamiento 18 por activación del  
25 circuito de control, puesto que cuanto mayor es la co-  
rriente que fluye por el circuito de control mayor es

12 JUN



229464

el desequilibrio comunicado al circuito de calentamiento. La operación antes mencionada es típica del funcionamiento de un circuito reactor saturable comercial.

5 Manteniendo un mínimo de seis circuitos de calentamiento, cada uno controlado con independencia de los otros por la temperatura superficial de la lámina de vidrio en seis posiciones diferentes todas en el mismo plano, y colocando cada Rayotube que controla cada  
10 circuito de calentamiento a igual altura para responder a la misma temperatura, la temperatura de lado a lado y entre las superficies de la lámina se mantiene a un nivel constante, con lo que se alcanzan tensiones internas mínimas debido a los gradientes de temperatura dentro de la lámina y, por consiguiente, la producción de  
15 una lámina plana de vidrio para ventanas.

Uno de los factores que determinan la temperatura óptima para el recocido de la lámina de vidrio ascendente lo constituyen las dimensiones de la lámina. Como la anchura de la lámina estirada se mantiene  
20 constante, la única dimensión variable que hay que tener en cuenta es el espesor de la lámina estirada del baño fundido.

La velocidad de estiramiento de la lámina y la temperatura a la cual se estira determina el grosor de la misma. Generalmente, el grosor varía inversamente como función logarítmica de la velocidad y de la  
25 temperatura de estiramiento. Enfriando rápidamente la



223454

lámina inmediatamente encima del baño fundido, una lámina de un grosor determinado se puede estirar a una velocidad más rápida que lo que ha sido posible hasta ahora. La velocidad de estiramiento ha venido siendo un factor limitativo de la cantidad de vidrio para ventanas producido. Por ello, proporcionando medios para acelerar la velocidad de estirado se puede aumentar la productividad de los hornos de fabricación de vidrio para ventanas.

Como el tiempo requerido para recocer una lámina delgada obtenida por un estiramiento relativamente rápido es menor que el requerido para recocer una lámina más gruesa que se obtiene por una velocidad de estiramiento más lenta, la diferencia en distancias vertical recorrida por láminas de vidrio de espesores diversos durante el tiempo mínimo óptimo requerido para el recocido es muy pequeña. Las zonas de temperatura de recocido óptimas de láminas de diversos grosores producidas actualmente son sustancialmente idénticas. Por ello, la situación de la zona crítica en el horno requerida para el recocido óptimo de una lámina de vidrio de grosor medio no varía demasiado de la requerida para las máximas variaciones de grosor del vidrio estirado. Como no se produce ningún daño por mantener la lámina de vidrio en la parte superior de su zona de recocido durante un periodo ligeramente superior al tiempo mínimo requerido para el recocido, es posible ajustar previamente los circuitos reactores del Rayotube en cada juego de circuitos



229464

de calentamiento para proporcionar una curva de temperatura de enfriamiento uniforme en función del nivel de altura dentro de la sección de recocido de la máquina de estirado que corresponde sustancialmente a una curva de enfriamiento teórica destinada a producir una tensión de corte óptima en el vidrio para toda la gama de grosores producidos.

En la práctica, como se ve en la figura 4, el intervalo recocido se describe del mejor modo como la zona rayada 50 bajo la curva de recocido. La zona 50a representa la porción de igualación del intervalo de recocido en el que la temperatura del horno se mantiene constante en la parte superior de la zona de recocido con el fin de reducir al mínimo el gradiente de temperatura entre el centro y las superficies de la lámina ascendente. La zona 50b representa la porción refrigerante de la curva de recocido. La eficacia del recocido es proporcional a la zona o superficie total 50 con la debida consideración tanto para el intervalo igualador preliminar 50a como para la forma de porción refrigerante 50b.

En otras palabras, la cantidad de tensión residual que queda en el vidrio para ventanas recocido es función inversa del tiempo que se mantiene el vidrio dentro de la zona de temperatura de recocido óptima. Además, el tiempo requerido para obtener un diagrama de tensiones óptimo en vidrio recocido aumenta con la diferencia de temperatura existente entre la curva de tempe-



229464

ratura a la que el vidrio se recuece realmente y la curva de temperatura de recocido óptima. Para fines comerciales, la zona 50, como se ve en la figura 4, debe ser la máxima posible obtenible, al menos la mínima requerida para un recocido apropiado, en el intervalo de tiempo más pequeño posible.

Es también bastante importante que haya un mínimo de gradiente de temperatura tanto a lo ancho, como un mínimo de diferencia de temperatura para las superficies de la lámina de vidrio, puesto que la presencia de todo gradiente de temperatura se manifiesta por si misma en tensiones internas que conducen a una distorsión del vidrio. Así, pues, para obtener vidrio plano, es imperativa la reducción al mínimo de las variaciones de temperatura a la temperatura de igualación a lo ancho y a través del grosor de la lámina de vidrio.

Se ha determinado que es innecesario mantener el gradiente de temperatura del centro a la superficie obtenido en la zona de igualación 50a de la figura a en un valor constante durante el subsiguiente enfriamiento del vidrio en la zona de recocido, según se ve en la zona 50b. Este descubrimiento permite enfriar de modo controlable la cinta de vidrio a través de su zona de recocido mientras que el vidrio recorre una distancia mucho más corta que lo que sería necesario para enfriar el vidrio en igual zona de temperatura al tiempo que se mantiene un gradiente de temperatura constante entre el



229464

5 centro y la superficie de la cinta de vidrio. Al mismo tiempo, virtualmente no se producen efectos perjudiciales tales como incremento de las tensiones, cuando se permite que el gradiente centro a superficie aumente dentro de límites controlados a medida que el vidrio se enfría en su zona de recocido.

10 Este resultado se cree que se obtiene porque la importancia de la porción superior de la zona de recocido en la producción de diagramas de tensiones residuales en el vidrio es mayor que la de la porción inferior de la zona de recocido debido al rápido incremento en la viscosidad del vidrio desde el límite superior al límite inferior de la zona de recocido. Esta velocidad de incremento en la viscosidad a través de la zona de recocido es una función exponencial. Por ejemplo, en vidrio plano típico y vidrio para ventanas típico de composiciones químicas como se indica en el cuadro siguiente, la viscosidad en poises en los límites superior e inferior de la zona de recocido es como sigue:

20		<u>Vidrio plano típico</u>	<u>Vidrio para ventanas típico</u>
	SiO <sub>2</sub>	71,57 %	72,65 %
	Na <sub>2</sub> O	13,13 %	13,18 %
	CaO	11,62 %	8,47 %
	MgO	2,54 %	3,64 %
25	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,72 %	0,49 %
	NaCl	0,12 %	0,12 %
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,12 %	0,12 %
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,20 %	1,33 %



229464

	Límite superior de la zona de recocido	557°C.	551°C.
	Viscosidad en el límite superior	$10^{13,0}$ poises	$10^{12,9}$ poises
5	Límite inferior de la zona de recocido	501°C.	493°C.
	Viscosidad en el límite inferior	$10^{15,4}$ poises	$10^{15,2}$ poises

De la tabla anterior se deduce claramente que la viscosidad aumenta en un factor de 200 a 300 entre los límites superior e inferior de la zona de recocido. Como las distorsiones que ocasionan tensiones residuales se producen más fácilmente en los vidrios de viscosidad inferior que en el vidrio de viscosidad superior, resulta evidente la importancia relativa de los gradientes de temperatura en el vidrio a las diferentes temperaturas comprendidas en la zona de recocido.

Aun cuando el gradiente de centro a superficie obtenido en la zona de igualación de la curva de enfriamiento controlado representada en la figura 4 varía con el espesor del vidrio formado, se sigue necesariamente el mismo principio utilizado en el control del incremento del gradiente de temperatura de un vidrio de un grosor en el enfriamiento controlado de vidrio de espesores y composiciones diferentes en sus zonas de recocido. Las cifras que siguen son un ejemplo de un grosor de vidrio típico para vidrio de ventanas estirado. Para vidrio para ventanas de 0,3175 cm. de espesor que tiene un gradiente de centro a superficie de 2°C. so-



229464

bre la zona de recocido, el gradiente de centro a superficie se reduce en la zona 50a a entre  $1,112^{\circ}$  y  $1,668^{\circ}\text{C}$ . Este gradiente se mantiene cuando el vidrio se enfria lentamente en la porción superior de la zona recocido, y luego aumenta gradualmente al aumentar la rapidez cuando la temperatura se reduce al límite inferior de la zona de recocido. El gradiente de temperatura se controla de manera tal que en el límite inferior de la zona de recocido, el gradiente de centro a superficie no excede de  $16,6^{\circ}\text{C}$ .

La determinación de los gradientes de centro a superficie en el vidrio se ha hecho midiendo la temperatura superficial y la temperatura media del vidrio. Estos valores se utilizan para calcular la temperatura en el centro del vidrio mediante ecuaciones diferenciales que se han desarrollado y que no forman parte de la presente invención.

Se sobrentiende que la eliminación completa de un gradiente de temperatura a través del grosor de la lámina de vidrio desde una superficie a la otra no es práctica, especialmente cuando se intenta estirar la lámina hacia arriba desde el baño fundido hasta una posición en la cual la temperatura de recocido óptima del vidrio se alcanza en la mínima distancia posible. Sin embargo, manteniendo una temperatura superficial uniforme de un lado de la lámina de vidrio al otro en ambas superficies de la misma, se simplifica la labor de proporcionar un efecto refrigerante sobre el vidrio de tal modo



229464

que las tensiones internas tienden a producir alabeos y faltas de homogeneidad mínimas del vidrio, y el cálculo de esta curva de enfriamiento óptimo para los diversos espesores del vidrio a estirar pueden lograrse con relativa facilidad. Una vez establecida esta curva, el problema de obtener el ajuste apropiado de los diversos elementos sensibles del Rayotube para proporcionar un efecto refrigerante adecuado al vidrio se logra fácilmente.

Refiriéndonos a las figuras 6 y 7, se representa en ellas un horno de recocido horizontal, típico, provisto de elementos de control de la temperatura para controlar la temperatura de una cinta de vidrio transportada horizontalmente 10. Se dispone una pluralidad de rodillos transportadores 100 para sostener la superficie inferior de la cinta de vidrio transportada horizontalmente 10. Los rodillos llevan la cinta horizontalmente a través de una primera sección del horno en donde la temperatura excede la de la zona de recocido del vidrio, la de una segunda sección del horno donde la temperatura está dentro de la zona de recocido y, finalmente, la de una tercera sección en la que la temperatura es inferior a la zona de recocido.

En la primera sección del horno, se dispone una pluralidad de refrigerantes diferenciales indicados generalmente por 115 encima y debajo de la lámina de vidrio. Los refrigerantes diferenciales 115 son semejantes a los refrigerantes diferenciales 15 representados

12



229464

en el horno vertical y comprenden una serie de tubos enfriados por agua 116 y una serie de elementos de calentamiento eléctrico 118. La finalidad del refrigerante diferencial 115 es la misma que la del refrigerante diferencial 15. La cantidad de corriente suministrada a los elementos de calentamiento 118 se controla por medio de elementos sensibles al calor 130 situados en zonas localizadas de la superficie de vidrio. Esta corriente calienta los elementos 118 para modificar el efecto refrigerante de los tubos de refrigeración 116 en la primera sección del horno.

En la segunda sección del horno, cuando la cinta de vidrio 10 se enfría al extremo superior de la zona de recocido, se comunica suficiente calor adicional mediante elementos termo-sensibles adicionales 130 que controlan elementos de calentamiento adicionales 118 para proporcionar primero una disminución de los gradientes de temperatura en todo el grosor de la lámina de vidrio a una temperatura aproximadamente igual a la del límite superior de la zona de recocido y, segundo para controlar la velocidad de enfriamiento del vidrio en la zona de recocido, de una manera análoga a la descrita anteriormente para el horno vertical. En la práctica, los elementos de calentamiento no calientan en vidrio. Dichos elementos actúan simplemente como barreras térmicas controlables por medio de las cuales se regula con exactitud la pérdida de calor del vidrio.



229464

La cinta de vidrio puede enfriarse rápidamente en la tercera sección del horno horizontal, en donde la temperatura del vidrio es inferior a la de la zona de recocido de la lámina de vidrio móvil.

5                    Los tubos de enfriamiento 116 y los elementos de calentamiento 118 deben estar dispuestos en todo el horno de tal manera con respecto a las superficies superior e inferior de la cinta de vidrio que la velocidad de enfriamiento entre superficies de vidrio opuestas sea uniforme. Así, el efecto refrigerante de los rodillos transportadores rotatorios 100 sobre la temperatura de la lámina de vidrio debe tenerse en cuenta al situar los tubos de enfriamiento y los elementos de calentamiento encima y debajo de la lámina de vidrio.

15                    Incrementando la velocidad de enfriamiento de una cinta de vidrio que se lleva a través de un horno de recocido en las regiones del horno en donde la temperatura es superior e inferior a la de la zona de temperatura de recocido para el vidrio, se reduce sustancialmente la longitud del horno. Esta reducción de la longitud del horno proporciona una economía considerable en la operación y funcionamiento de una fábrica de vidrio, puesto que el espacio está muy solicitado o escasea en la mayoría de los establecimientos industriales.



12 JUN



229464

de vidrio en cada lado a una temperatura de recocido sustancialmente en el límite superior de la zona de recocido para reducir sustancialmente el gradiente de temperatura entre el centro y las superficies del vidrio y pasar la cinta a través de una zona de recocido para enfriar las superficies en ambos lados de la cinta de vidrio a un ritmo progresivamente creciente de enfriamiento mientras se mantiene la igualación de las temperaturas superficiales a su través y entre los dos lados, con lo que las superficies del vidrio se enfrían simultáneamente al límite inferior de la zona de recocido y el gradiente de temperatura entre el centro y las superficies aumenta en las porciones intermedias en una cantidad uniforme.

2º.- Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el calor proporcionado selectiva y controlablemente en la zona de enfriamiento es energía radiante emitida de fuentes separadas en porciones de la zona de enfriamiento opuestas a porciones de la superficie del vidrio a través de la cinta y en cada lado de ella y dirigida hacia la cinta de vidrio, controlándose dichas fuentes separadas de energía radiante midiendo separadamente radiación infrarroja de cada una de dichas porciones de las superficies de la cinta de vidrio.

3º.- Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en el que el calor proporcionado



12 JUN 1958

**229464**

selectiva y controlablemente en la zona de enfriamiento se produce por calentamiento eléctrico.

5 4º.- Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes en el que el calor en la zona de enfriamiento se proporciona junto a porciones laterales transversalmente opuestas y centrales a lo ancho de la cinta.

10 5º.- Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la cinta de vidrio se forma por estiramiento de dicha cinta hacia arriba a partir del baño de vidrio y dicha cinta se pasa hacia arriba por las zonas de enfriamiento, igualación y recocido.

15 6º.- Un procedimiento para el recocido controlado de una cinta de vidrio.

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

20 La presente Memoria consta de veintinueve hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid,

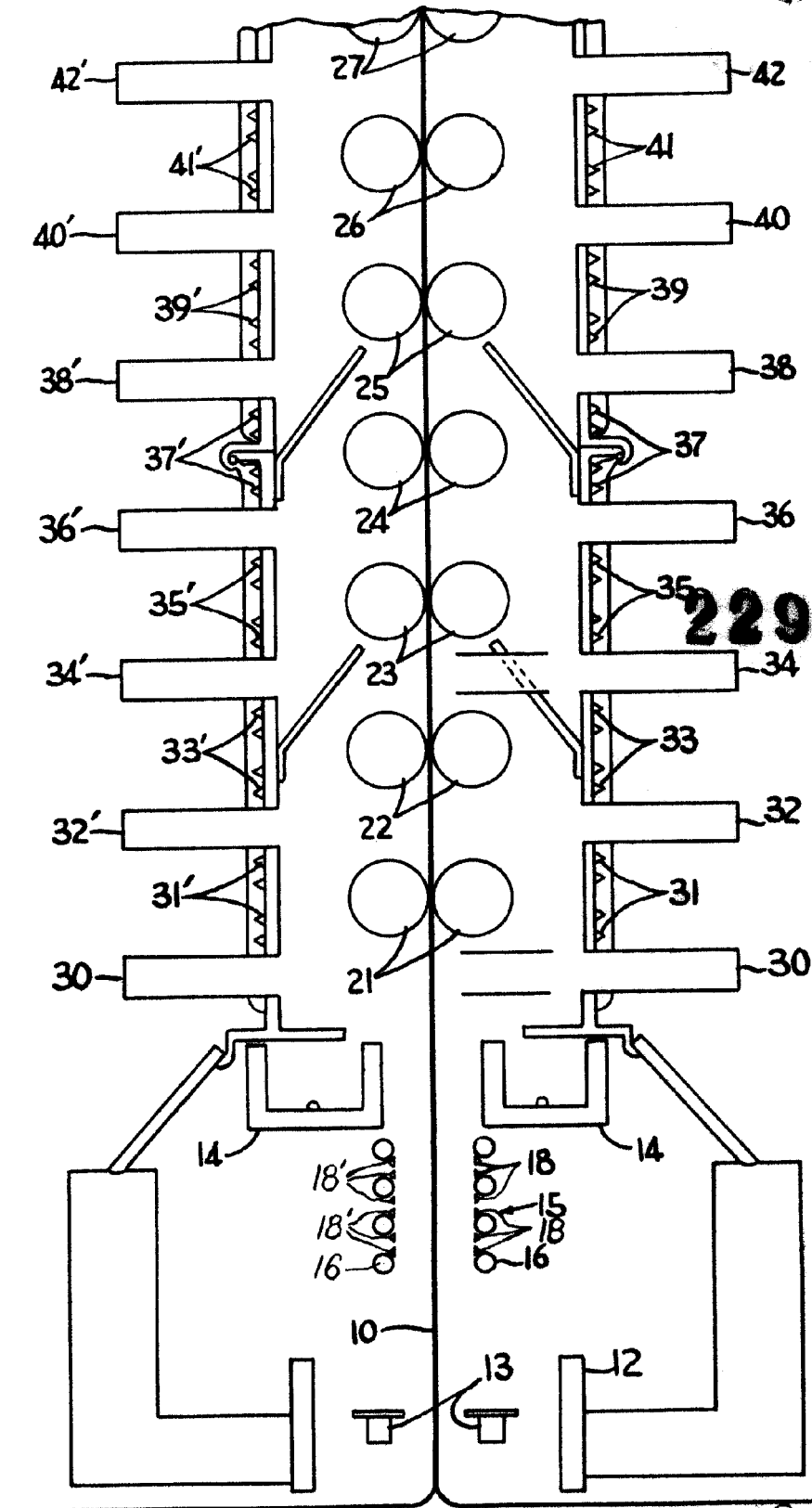
**26 JUN 1958**  
P. A.

Alberto de Elizaburu  
Por Poder.

1200



FIG. 1



229464

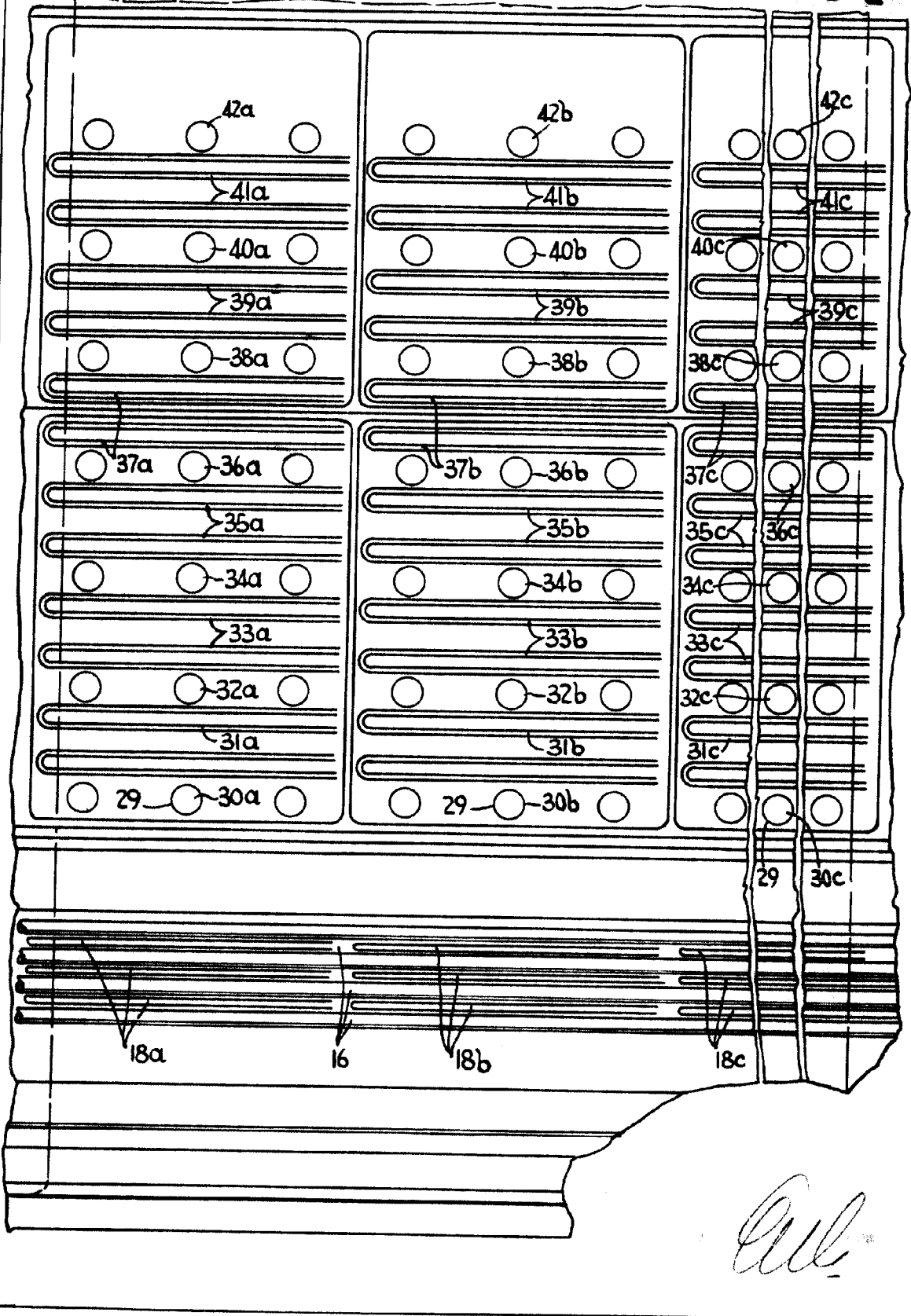
11



Alberto de ...  
*[Signature]*

FIG. 2

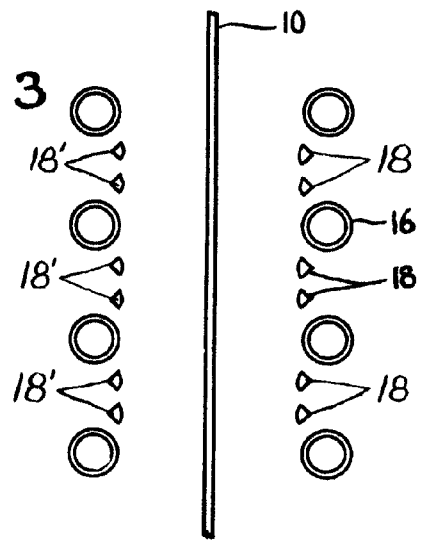
22-404



*12/11/51*

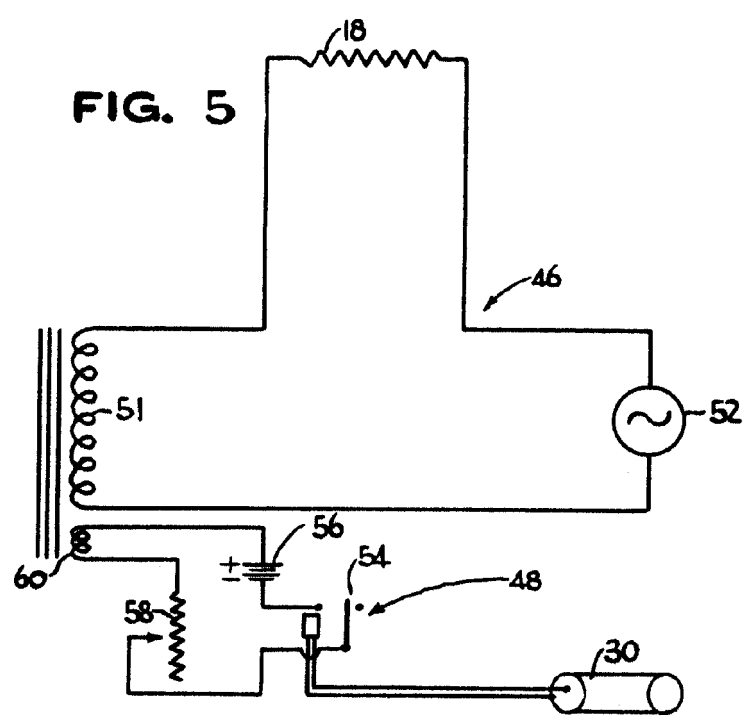


**FIG. 3**



**229464**

**FIG. 5**



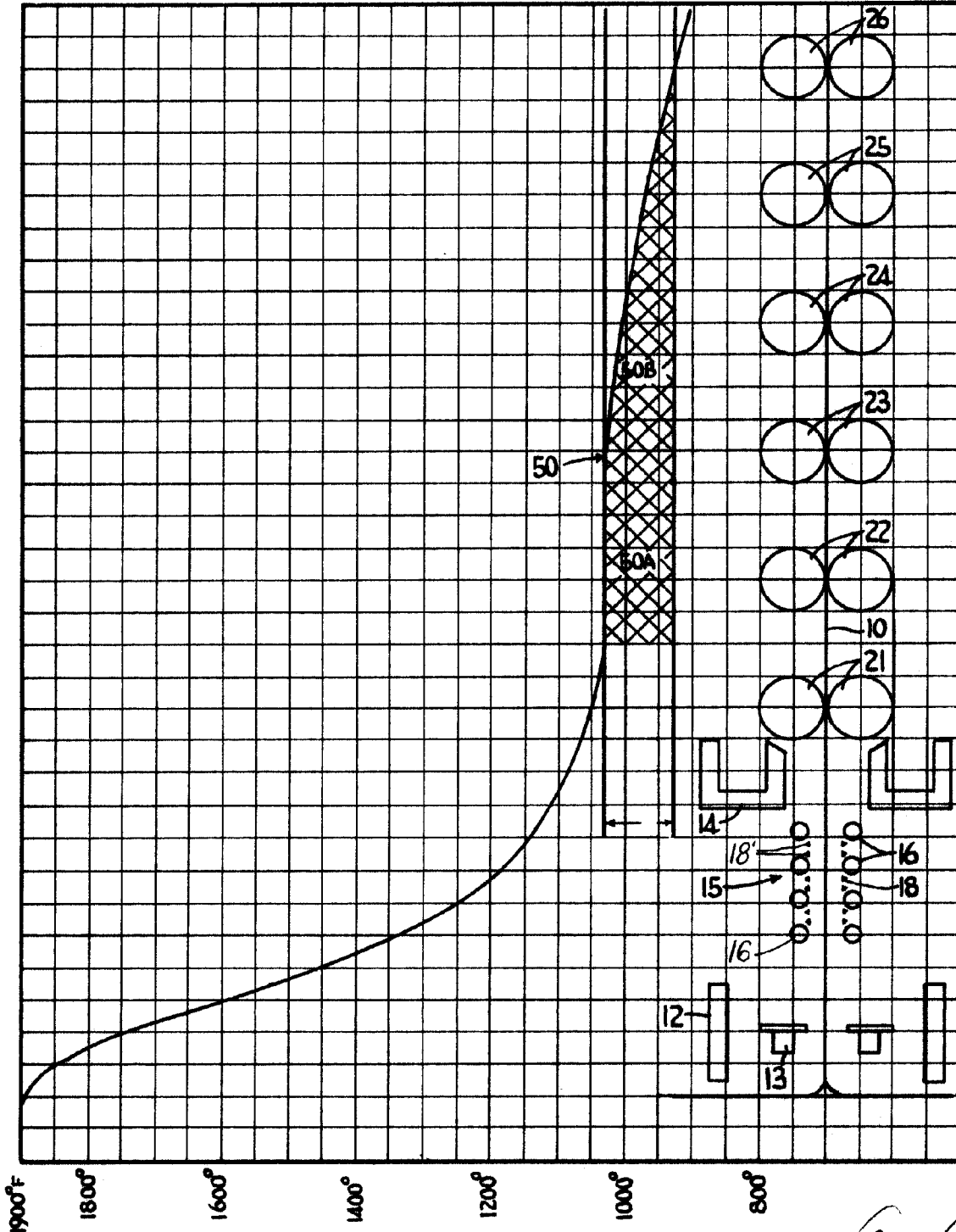
*LLL*



12

FIG. 4

220464



*Call*