

13 FEB 1965

300325

P - 28.436

AJH/2395



13 FEB 1965

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 ALUMINIUM LABORATORIES LIMITED, entidad canadiense, establecida en 1, Place Ville Marie, Montreal, Quebec, Canadá, por:

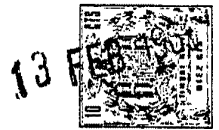
"UN PROCEDIMIENTO DE COLADA CONTINUA DE UN LINGOTE METALICO"

La presente invención se refiere a la colada o fundición continua de lingote metálico por el método de enfriamiento directo, en el cual sobre la superficie del lingote se proyecta agua refrigerante directamente proyectada sobre ella, inmediatamente por debajo del margen inferior del molde, abierto por el fondo, en el cual se moldea el lingote.

5

Al comienzo del proceso de colada, el fondo del molde está cerrado por medio de un soporte o tabla, vertiéndose en el molde el metal suficiente para formar una masa

10



flúida de una profundidad determinada, antes de comenzar a bajar el soporte; y después, la velocidad de vertido del metal en el molde es adaptada a la velocidad con la cual se hace bajar la tabla o soporte, para así mantener en el molde un nivel más o menos constante de metal.

En los lugares en que el metal toca con el soporte y con las paredes laterales del molde, se solidifica formando una envolvente dentro de la cual está contenida la masa de metal en fusión, y el calor se extrae del metal inundado con agua la superficie de éste, inmediatamente debajo del borde inferior del molde.

En la fusión o colada de lingotes de aluminio por el método de colada continua con enfriamiento directo, tal como se suele ejecutar, los extremos inferiores, puntas o bases de los lingotes son planos cuando se solidifican por primera vez. Sin embargo, tan pronto como se producen 2,5 - 5 cm. de base o punta, los extremos toman curvatura convexa, adquiriendo aproximadamente la forma de un segmento de esfera. Este fenómeno de curvatura continúa a medida que aumenta la longitud de la base y que se sigue enfriando y da lugar a un efecto de contracción, teniendo el lingote una sección recta ligeramente disminuída en las inmediaciones (justamente encima) de la base o extremidad inferior arqueada.

En muchos casos, esta curvatura o combadura permite que escapen del molde en la zona de la contracción unas corrientes de metal en fusión; el agua refrigerante solidifica estas corrientes convirtiéndolas en "carámbanos" y rebabas.

Al laminar el lingote de punta, esto es, con la

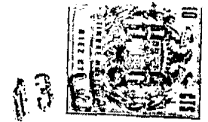
3 09325



base por delante, los defectos de combadura y de contrac-
ción de ésta (que están directamente relacionados entre sí)
son causa de que se produzca un desperdicio considerable
en el llantón o producto de desbaste, en la laminación en
5 caliente. Ambos defectos se reflejan en el llantón la com-
badura da lugar a una cola larga y estrecha en la extremi-
dad del llantón y la muesca de contracción de la base pro-
duce una reducción o un estrechamiento en la anchura del
producto de desbaste. En los lingotes de 22,8 cm de grueso,
10 estos defectos exigen normalmente cortar hasta 1,20 m de la
extremidad del llantón resultante, reducido a un espesor de
12,7 mm. La longitud perdida es tanto mayor cuanto más grue-
so es el lingote. Los defectos de combadura y contracción
de la punta en los llantones en laminadoras de inversión
15 producen además daños en el revestimiento de los rodillos de
laminación, por contacto local de la cara curva de la punta
o base durante las pasadas de desbaste, y en muchos casos
se quitan hasta 30 cm. de metal de la punta a causa de estos
defectos. Los "carámbanos" y rebabas son causa de pérdidas
20 de tiempo, al tener que quitarlos de la punta del lingote.
Además, en los casos de combadura pronunciada se tropieza
con dificultades para retirar los lingotes de la tabla o
soporte, surgiendo problemas de limpieza del pozo de recogida
del lingote.

25 Es objeto de esta invención el control del proce-
dimiento de colada continua, para obtener lingotes de alumi-
nio cuya extremidad inferior (base o punta) es esencialmen-
te plana.

30 Como resultado de trabajos experimentales, se ha
descubierto que la combadura de la extremidad inferior o



punta es producida por tensiones internas debidas al gra-
diente térmico existente en el sentido longitudinal, en la
región superficial del lingote. Para reducir el gradiente
térmico es necesario, según se ha visto, extraer el calor
5 con menos rapidez, de la punta del lingote descendente, de
manera que la parte del lingote en contacto con la tabla o
soporte pueda mantenerse a una temperatura más alta durante
la iniciación del descenso del lingote.

Al enfriar la superficie de un lingote mediante
10 proyección de un caudal turbulento o pulverización de agua
contra él, la velocidad efectiva de extracción del calor
no depende mucho de la masa de agua. Naturalmente, una re-
ducción en el caudal del refrigerante conducirá a cierta re-
ducción en la velocidad de remoción del calor, y el refrige-
15 rante se calentará más de lo normal.

Ahora bien, es muy difícil lograr un control de
la velocidad de extracción del calor por restricción del pa-
so de refrigerante. Sin embargo, los presentes inventores
han descubierto que la velocidad de la extracción o remoción
20 de calor puede regularse de manera muy sencilla mediante
pulsación del caudal de refrigerante, esto es, cortando y
dando paso al refrigerante a intervalos frecuentes desde que
incide sobre el lingote. El agua puede hacerse pasar a im-
pulsos por el procedimiento de abrir y cerrar una válvula
25 intercalada en la alimentación de agua, o bien mediante unos
tabiques o deflectores móviles que dirijan chorros de agua
sobre la superficie del lingote o la desvíen de la superfi-
cie, según su posición, o por otros medios semejantes. Me-
diante la pulsación, o circulación a impulsos, del refrige-
30 rante aplicado a la superficie exterior del lingote durante

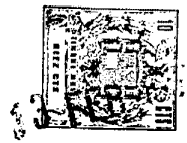
3 0 9 3 2 5



5 el descenso de la extremidad inferior de éste en una distancia apreciable, tan poco como 10 cm., pero más usualmente unos 15 a 20 cm, la combadura de esta extremidad inferior puede reducirse dejándola en una magnitud pequeña respecto a la producida cuando el lingote es obtenido de modo usual. Si se continúa haciendo pasar el refrigerante a impulsos durante todo el proceso de la colada se obtienen, por lo menos en algunos casos, algunas ventajas en las propiedades metalúrgicas del lingote.

10 La circulación e impulsos del refrigerante durante el descenso inicial de la punta o extremidad de base del lingote da por resultado que la parte del lingote en contacto con el soporte se mantiene durante este período a mayor temperatura que en el caso de un procedimiento usual y, por
15 consiguiente, con una apreciable disminución en el efecto de embocadura. El procedimiento normal de refrigeración mediante aplicación de una inundación continua de agua puede adoptarse cuando la longitud de lingote sobresaliente del molde ha llegado a ser de 10 cm, porque para entonces la base del
20 lingote se ha solidificado toda ella, y el riesgo de combadura ha dejado de existir sensiblemente. Se prefiere continuar el enfriamiento pulsado hasta que sobresalga del molde al menos 15 -20 cm y como más arriba se ha señalado, puede ser ventajoso continuar con la pulsación del refrigerante durante todo el proceso de colada del lingote.
25

El ciclo de pulsación ha de ser naturalmente bastante corto para obtener los mejores resultados, habiéndose visto que es satisfactorio un ciclo de pulsación de 1 a 6 segundos. El agua puede ser cortada y alimentada de modo
30 sensiblemente instantáneo en cada impulso o alternativamente



el caudal puede ser progresivamente incrementado hasta un máximo a partir del cual se hace disminuir hasta cero en cada impulso.

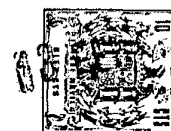
5 La relación óptima de la duración del intervalo de "corte" a "paso" del agua en cada ciclo, viene regulada por diversos factores, entre los que se hallan en particular las dimensiones del lingote y la composición de la aleación en colada, factores ambos que afectan al gradiente longitudinal de temperaturas. En el caso de ciertas aleaciones de aluminio se produjeron grietas en la base, al aumentar el período de "corte" del agua, en un esfuerzo para obtener una magnitud mínima de combadura en la base.

10 La figura adjunta representa, esquemáticamente, una forma preferida de realización del equipo de moldeo para poner en práctica el procedimiento continuo de colada conforme al presente invento.

15 En el aparato representado en el dibujo, el aluminio fundido procedente de un horno de fusión se vierte en un canalón 1 que conduce a un tubo de inmersión 2, a través del cual entra en un molde 3 de colada continua, el cual coopera con una tabla o soporte de sustentación 4, movible por medio de un dispositivo hidráulico de gato 5.

20 Al empezar la colada de un lingote, el soporte 4 cierra el extremo inferior del molde 3. En el molde 3 se vierte aluminio fundido, a través del tubo de inmersión 2, hasta que el nivel sube lo bastante para cubrir el extremo del tubo de inmersión 2, impidiéndose que el metal líquido en el molde suba por encima de un nivel prefijado, mediante el empleo de un flotador 6 adaptado para cerrar el extremo del tubo de inmersión 2. En cuanto el nivel del metal

3 09325



ha subido dentro del molde por encima del extremo del tubo de inmersión, el soporte 4 se hace bajar por medio del gato 5 a una velocidad apropiada para la aleación y el tamaño de lingote que en cada caso particular se esté fundiendo, y el caudal de llegada de metal fundido desde el horno de fusión se ajusta para mantener un nivel adecuado de metal en el interior del molde 3. El aluminio fundido se solidifica en la periferia de la masa líquida, donde está puesto en contacto con la pared del molde 3. Este molde 3 está provisto de una caja de agua 7, en la cual entra el agua por uno o más tubos de alimentación 8, y desde la cual pasa el agua a través de una serie de aberturas 9 uniformemente repartidas, entrando en un espacio anular 10 que circunda la pared del molde 3. En el fondo del espacio 10 se dispone, en 12, una serie de aberturas anulares o más comunmente una abertura anular contigua para obtener un enfriamiento directo del lingote que se está formando, mediante proyección del refrigerante directamente en su superficie y justamente debajo del margen inferior o de fondo del molde 3, alternativamente, el agua dirigida sobre la superficie del lingote puede tomarse de la que pasa a través de la caja de agua 7. El descenso del soporte 4 se realiza preferiblemente del modo más rápido posible, sin que al mismo tiempo se dé lugar a "exudaciones", producidas por que el metal fundido procedente de la masa 14 de metal líquido que hay encima del lingote se abra paso a través de la delgada periferia solidificada en el interior del molde, en la región protegida de todo contacto directo con los chorros de agua. Es común hacer bajar el soporte o tabla a velocidades comprendidas entre 2,5 y 15 cm por mi-



nuto, siendo la de 7,5 a 9 cm por minuto la velocidad corrientemente utilizada en la práctica para muchos casos de colada de lingotes de aleación de aluminio.

5 Según se ha visto, la combadura de la base es producida por esfuerzos o tensiones diferenciales de fatiga, térmicamente inducidos en el lingote durante el rápido enfriamiento que de ordinario se produce en la extremidad inferior o base del lingote, según va asomando del molde. En el procedimiento de esta invención, en enfriamiento de la
10 extremidad o base que asoma está controlado de modo que se reduce el gradiente térmico a lo largo del lingote, en la región superficial. Reduciendo la velocidad de enfriamiento de la superficie del lingote al asomar éste en algunos centímetros, la extremidad del lingote en contacto con el
15 soporte 4 permanece más caliente y, por tanto, el gradiente de temperaturas se reduce en la región superficial, a lo largo del lingote.

 A la caja de agua 7 se le suministra agua refrigerante procedente de un manantial de alimentación 15, por
20 medio de una válvula de control 17, que puede ser accionada (abierta y cerrada) de modo pulsatorio bajo el control de un regulador programado 18, para obtener diferentes periodos relativos de "paso" y "corte" en distintas etapas de la colada de un lingote. Según lo determina la composición
25 de la aleación de aluminio, el área de sección recta y la relación de anchura a espesor, se mantiene a una velocidad fija el movimiento de descenso del soporte 4.

 Según se ha visto, el resultado deseado se logra de manera efectiva ajustando la válvula 17 de modo que dé
30 un caudal constante de agua a todo "paso" y haga variar de

3 09325



de modo cíclico la relación de intervalos de "paso" a "corte" de agua. La duración del intervalo de "paso" de agua en el ciclo completo viene determinada por la velocidad de enfriamiento necesaria para llegar a un gradiente vertical de temperaturas apropiado para producir un lingote de extremidad inferior sensiblemente plana. Para los lingotes de los actuales tamaños comerciales, se ha descubierto que con intervalos de "paso" total de agua a "corte" total de agua aproximadamente comprendidos entre 5:1 y 1:5 se obtienen resultados satisfactorios. En la producción de grandes lingotes se prefiere utilizar intervalos de "paso"/"corte" de agua aproximadamente comprendidos entre 2:1 y 1:2 y particularmente entre aproximadamente 2/1 y 1/1 y tiempos totales de ciclo de alrededor de 1 a 6 segundos, preferiblemente de 2 a 5 segundos.

ILUSTRACION

Se estudió la combadura obtenida en un aparato comercial de colada continua, utilizando un molde de 7,6 cm de profundidad como el representado en el dibujo.

A) En una serie de ensayos realizada, se produjeron lingotes de 22,8 por 81 cm de sección transversal. Se midió la magnitud de la combadura, como distancia perpendicular desde la superficie más baja del lado de 22,8 cm del lingote al punto más bajo del lingote. La superficie de la extremidad inferior o base combada era de curvatura más o menos uniforme.

1) En el procedimiento comercial normal para la fundición o colada de aluminio de pureza comercial, el agua procedente de la abertura anular 12 se hizo chocar con la superficie del lingote en crecimiento, en forma de corrien-



te continua, inmediatamente de aparecer la extremidad inferior o base del lingote por debajo del molde (en una distancia aproximada de centímetro y medio), a un caudal normal de 409 litros por minuto. La temperatura del agua subió en unos 30°C, debido al contacto con la pared del molde 3. El agua refrigerante se estuvo dirigiendo continuamente, con este caudal, durante todo el tiempo de producción del lingote. El movimiento de descenso era de 7,6 cm/min, y la combadura resultante fue de 4,45 cm.

10 2) En este ensayo, se disminuyó el caudal de agua a 91 l/min, y se mantuvo así durante los primeros 25,4 cm del descenso del soporte 4; después, se aumentó el caudal a 409 l/min. La combadura resultante fue de 2,28 cm.

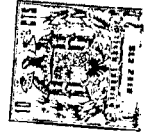
15 3) En este ensayo, se hizo pasar el agua a impulsos con ciclos de 3 segundos, por medio de una válvula de acción rápida que daba un intervalo de 2 segundos de paso total y 1 segundo de corte total, durante los primeros 15 cm de descenso del émbolo. El caudal de agua era de 409 l/min. La circulación del refrigerante se hizo de modo continuo una vez que hubieron asomado del molde los 15 cm de la base del lingote. La combadura fue de 0,95 cm.

20 En este ensayo 3, no se produjo estrechamiento o contracción de las bases, ni se formaron "carámbanos" ni rebabas. La inspección con ultrasonidos demostró que los lingotes eran buenos. No hubo apreciables diferencias de macroestructura en los lingotes de los tres ensayos.

25 B) Se realizó otra serie de ensayos en la fabricación de lingotes de 19 por 130 cm. de sección de aluminio de pureza comercial.

30 4) Utilizando el método del ensayo 1 precedente,

3 09325



se produjo una combadura de 6,35 cm.

5) Utilizando un caudal de pleno paso de agua de 246 l/min y 30 ciclos por minuto, con una relación de "paso"/"corte" de agua de 1/2, se redujo la combadura a 1,9 cm (la circulación de agua se cambió a continua en cuanto hubieron asomado 18 cm de lingote del molde, y el resto del molde fue enfriado con un caudal de agua de 409 l/min). En este ensayo 5 no hubo contracción del lingote ni formación de rebabas.

10 C) Se produjo otra serie de lingotes de 19 por 130 cm utilizando una aleación del aluminio. En las condiciones de trabajo de los ensayos 4 y 5 precedentes, la combadura se redujo desde 7,6 cm, valor obtenido normalmente en la práctica usual, a 1,9 cm por el procedimiento del ensayo 5.

15 D) Se realizó otra serie de ensayos de fabricación de lingotes de aleación, de 20 por 71 cm.

6) Utilizando un procedimiento comercial normal, se aplicó agua al lingote continuamente a razón de 272 l/min, a partir del momento en que el extremo inferior del lingote comenzó a asomar por debajo del molde. La combadura fue mayor de 2,5 cm.

7) Se aplicó refrigeración por agua a impulsos, a los primeros 18 cm del lingote que asomaron, y para el resto del lingote se aplicó refrigeración continua con agua. Durante la refrigeración pulsatoria, la válvula se hizo funcionar manualmente con ciclos de tres partes: en un tercio del ciclo se aumentó el caudal de agua desde cero a 272 l/min; en otro tercio del ciclo se redujo el caudal de agua nuevamente a cero; y el agua estuvo totalmente cortada du-



rante el otro tercio del ciclo, siendo la duración total de los ciclos de 2 segundos. Los primeros 18 cm del lingote tardaron en salir 2 minutos. La combadura producida en esta operación fue menor de 0,64 cm.

5

Ensayo 8

10

En otras pruebas de la aplicación de la refrigeración controlada, por medio del método de circulación pulsatoria de agua en el procedimiento de colada continuo con enfriamiento directo, se utilizaron ciclos de pulsación de tres partes, con una duración total de cada ciclo de unos 2 segundos; el agua estaba cortada completamente durante un tercio de ciclo, subía a un máximo de caudal durante el tercio siguiente, y se volvía a cortar pasado el último tercio. El caudal de agua se regulaba por medio de una válvula de diafragma, con funcionamiento semejante al de un grifo de usos domésticos; con la válvula completamente abierta, el caudal de paso era de unos 284 l/min.

15

20

Este ciclo se utilizó durante toda la colada de un lingote de aleación de 19 por 84 cm, de alrededor de 61 cm de longitud. La colada se inició con un caudal de agua de 284 l/min, a una velocidad de émbolo (descenso del lingote) de 5 cm/min; en cuanto la extremidad inferior del lingote asomó del molde y se puso en contacto directo con el agua, momento indicado por el chirrido producido al hervir el agua, se dió comienzo a los ciclos de pulsación, y se aumentó la velocidad del émbolo a 10 cm/min, durante un período aproximado de medio minuto. El enfriamiento por aplicación de agua a impulsos se prolongó durante toda la colada del lingote, y al final de ella se siguió haciendo circu-

25

30

3 0 9 3 2 5



lar el agua a impulsos hasta que el lingote se solidificó por completo.

5 De varios puntos en todo el espesor del lingote se tomaron muestras para examen metalográfico. Se vió que este lingote tenía por todas partes una estructura bastante uniforme; el tamaño de células dendríticas era similar al de un lingote producido por colada usual con enfriamiento directo, pero había muchos más elementos constituyentes intermetálicos en los límites de las células, siendo la proporción semejante, por lo que pudo juzgarse dado lo mucho
10 más pequeño que era el tamaño de las células, a la de un lingote obtenido en molde permanente. Esta asociación de fina estructura dendrítica con constitución de cuasi-equilibrio es, por cuanto hasta ahora se sabe, única en un lingote tal como sale de colada; con un enfriamiento continuo
15 de tipo usual, una velocidad lo bastante lenta para producir la constitución próxima a la de equilibrio, quitando por frotamiento el refrigerante de la superficie del lingote en una posición próxima al punto de aplicación da por
20 resultado una estructura basta, mientras que una velocidad lo bastante rápida para dar una estructura fina da lugar a sobresaturación.

Del lingote enfriado a impulsos, tal como salió de la colada, se cortaron pequeños lingotes tomados del
25 centro y de los bordes (que incluían la superficie tal como salió de colada). Estos lingotes de ensayo fueron precaldeados durante 16 horas a 550°C, laminados en caliente a 4,80 mm de espesor, laminados en frío a espesores comprendidos entre 2,28 y 0,51 mm, y finalmente recocidos durante
30 1 hora a 400°C. De la lámina recocida se hicieron copas de



ensayo de embutición, para examinar las características de formación de ondulaciones marginales en las probetas.

5 La chapa producida con el lingote hecho a base del método de refrigeración con agua a impulsos no sólo dió muy poca formación de ondulaciones marginales, sino que el nivel general de esta formación (utilizando un método sin recocidos intermedios) fue menor que el obtenido con lingotes de colada continua usual.

10 El recurso de prolongar la refrigeración con agua por impulsos en toda la longitud del lingote parece tener claras ventajas en cuanto al aumento de la uniformidad de estructura y, sobre todo, para la obtención de un lingote a base del cual pueden fabricarse productos de laminación perfeccionados, tales como chapa de embutición para envases.
15 Puede ser conveniente emplear una determinada frecuencia de impulsos para el tramo inicial de lingote que asoma del molde, y otra u otras frecuencias para el resto de la longitud del lingote.

20 Se cree asimismo que la aplicación de una refrigeración controlada por el método de circulación de agua a impulsos conducirá a una reducción en el número de lingotes que se agrietaron debido a tensiones internas excesivas en el caso de aleaciones de aluminio "fuertes", tales como el duraluminio, cuando éstas son producidas por el método de colada continua o semi-continua normalmente usados.
25

La refrigeración controlada efectuada por aplicación de agua a impulsos reduce las tensiones internas de origen térmico originadas en el lingote a consecuencia de la aplicación del agua refrigerante a la superficie externa del lingote durante la colada.
30

3 0 9 3 2 5



Si bien el procedimiento de la presente invención ha sido descrito enteramente en relación con la fabricación de lingote de aluminio, se cree que es aplicable a la producción, por métodos de colada continua o semi-continua, de lingotes de otros metales, especialmente de latón, por lo menos tanto para mejorar la estructura del metal como para reducir la combadura de la extremidad inferior del lingote.

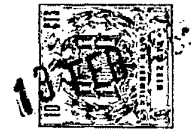
El método de circulación de agua a impulsos permite regular de sencillísima manera la velocidad de extracción de calor en la fabricación de lingotes de cualquier metal, utilizando el método de colada continua con enfriamiento directo.

Esta solicitud que corresponde a la presentada en Estados Unidos de América el 18 de Febrero de 1.964, bajo el número 345.670, se acoge a los beneficios del Artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

N O T A

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en España por VEINTE años son los siguientes.

1.- Un procedimiento de colada continua de un lingote metálico a base de verter una corriente de metal en



el interior de un molde abierto por el fondo y hacer bajar
el lingote que se va formando y que tiene aproximadamente
el área de sección recta de dicho molde, mientras va sos-
tenido sobre el fondo descendente de dicho molde, y dirigir
5 un refrigerante directamente contra la superficie externa
del lingote que se va formando, por debajo de dicho molde;
procedimiento caracterizado por el hecho de que la veloci-
dad de extracción de calor mediante dicha aplicación direc-
ta de refrigeración está regulada durante por lo menos una
10 parte del período de colada, por aplicación del refrigeran-
te por impulsos.

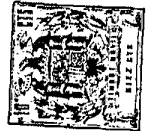
2.- El procedimiento del punto 1, caracterizado
además por el hecho de que el refrigerante es aplicado por
impulsos a la superficie externa de por lo menos los prime-
15 ros 10 centímetros de un lingote, para reducir la combadura
de la base o extremidad inferior del lingote.

3.- El procedimiento del punto 2, caracterizado
además por el hecho de que el refrigerante es aplicado por
impulsos a la superficie externa del lingote en toda su lon-
20 gitud, al ir saliendo éste del molde.

4.- El procedimiento del punto 1, 2 o 3, caracte-
rizado además por el hecho de que dicho refrigerante es apli-
cado por impulsos a base de un ciclo de "paso total/corte
total" de agua aproximadamente comprendido entre 5:1 y 1:5,
25 y la duración total del ciclo es aproximadamente de 1 a 6
segundos.

5.- El procedimiento del punto 1, 2 o 3, caracte-
rizado además por el hecho de que dicho refrigerante es apli-
cado por impulsos a base de un ciclo de paso/corte de agua
aproximadamente comprendido entre 2:1 y 1/2, y la duración
30

3 093 25



del ciclo es aproximadamente de 1 a 6 segundos.

6.- Un procedimiento de colada continua de un lingote metálico.

5 Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en el dibujo que se acompaña y para los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de diecisiete hojas escritas a máquina por una sola cara.

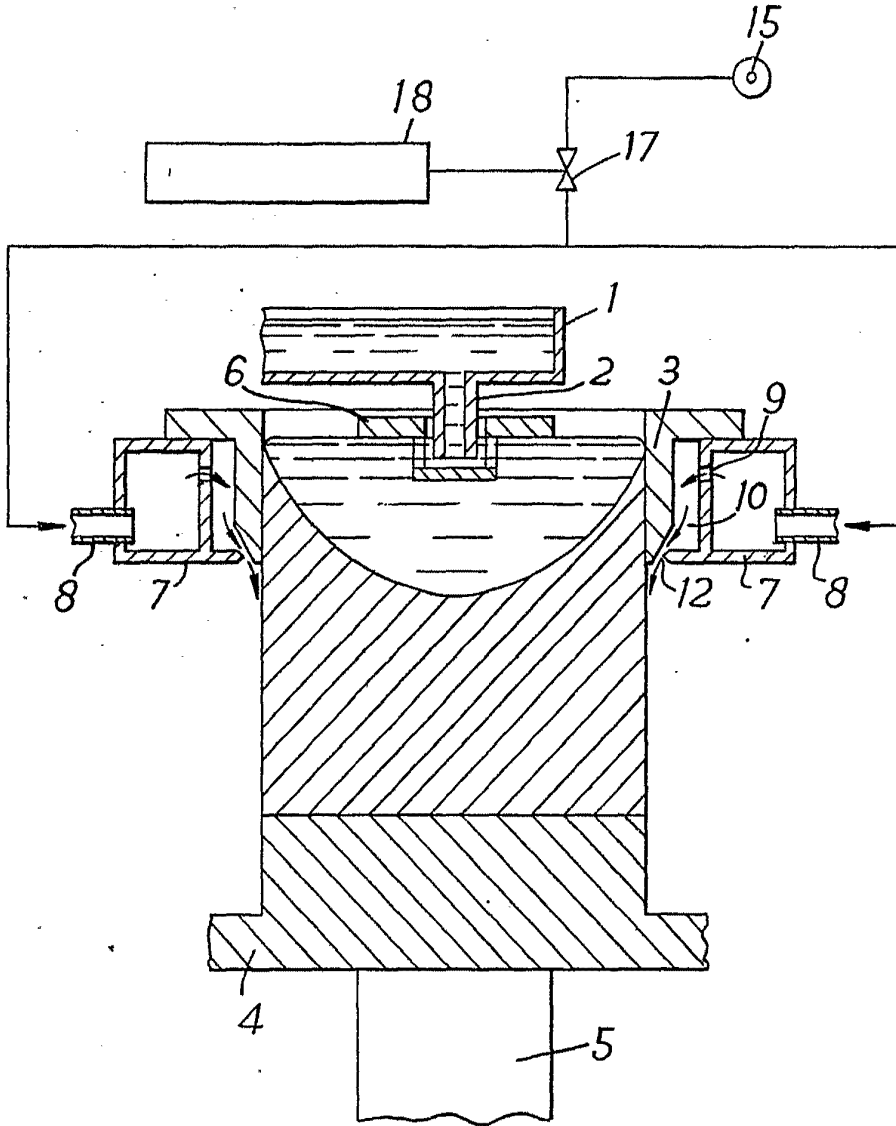
Madrid,

P. A.

13 FEB. 1935
Alberto de Eizabeta
Por Poder.

11 04

309325



Alimento do Elzavite
Per Power