



35 3635

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

a favor de CENTRE DE RECHERCHES DE PONT-À-MOUSSON, entidad francesa, domiciliada en Maidières (54 Pont-à-Mousson, Francia), por "PROCEDIMIENTO DE TRATAMIENTO DE LA FUNDICIÓN LÍQUIDA".

- . -

MEMORIA DESCRIPTIVA

La presente invención se refiere al tratamiento de la fundición y, más particularmente, a la introducción en la fundición líquida de un metal de inoculación con vistas a la obtención de fundición de grafito esferoidal.

5. Es sabido que la reacción de un metal de inoculación muy volátil, tal como el magnesio, con la fundición en la que es introducido, es muy rápida y muy violenta y de escaso rendimiento si no se toman precauciones para controlarla.

10. Diferentes procedimientos conocidos tienden pre-



cisamente a controlar esta reacción, a atenuar la violencia y a aumentar el rendimiento.

5. Así, por ejemplo, se conoce un procedimiento que consiste en introducir magnesio puro en un crisol herméticamente cerrado y sometido interiormente a una cierta presión de aire o de gas neutro. Este procedimiento resulta ventajoso y se buenos resultados, pero conviene más particularmente al tratamiento de pequeñas cantidades de fundición, de 500 a 1500 kg por ejemplo.

10. Son igualmente conocidos los procedimientos que consisten en utilizar aleaciones con tenor variable de magnesio, del orden de 5 a 30% en lugar del magnesio puro. Se utiliza en general ferrosilicomagnesio. El inconveniente de estos procedimientos es que, para una cantidad igual

15. de magnesio, el precio de coste de una tal aleación es mucho más elevado que el de magnesio puro. Además, desde el punto de vista metalúrgico, si la cantidad de silicio que contiene la aleación es demasiado importante, puede resultar perjudicial en ciertos casos, ya que no siempre resulta aconsejable introducir el silicio en la fundición, más allá de una cierta cantidad.

20.

25. La invención tiene por objeto un procedimiento perfeccionado de tratamiento de la fundición, el cual solventa los inconvenientes citados y que es conveniente para el tratamiento de cualquier cantidad de fundición. Este procedimiento, del tipo en el que por lo menos un producto metálico de inoculación tal como el magnesio puro, cerio, sodio, calcio y otro metal o una aleación metáli-



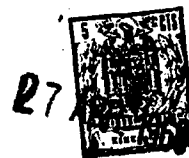
ca, es introducido en el fondo de un baño de fundición con ayuda de una campana sumergida, se caracteriza especialmente por el hecho de que el indicado producto metálico de inoculación es introducido en el baño de fundición bajo forma de por lo menos un trozo de dicho producto, recubierto por una capa de una substancia refractaria.

5. Gracias a este procedimiento, no se produce ninguna reacción violenta en el momento de la introducción del trozo o de los trozos de magnesio o producto similar recubierto en la fundición, lo que permite utilizar crisoles de tratamiento de modelo corriente o que no se necesiten mas que adaptaciones poco costosas, y la duración de la reacción de la que depende el rendimiento del tratamiento se prolonga en función de la duración del consumo del trozo o de los trozos recubiertos, lo que permite obtener un rendimiento satisfactorio, con poco gasto.

10. La invención tiene igualmente por objeto un producto destinado a la puesta en práctica del procedimiento perfeccionado citado. Este producto se caracteriza por consistir en un pan formado por un trozo metálico recubierto por una capa de un material refractario.

15. Otras características y ventajas se desprenderán en el curso de la descripción que sigue.

20. En los dibujos anexos, establecidos únicamente a título de ejemplo: La figura 1 es una vista esquemática en sección vertical del material destinado a la puesta en práctica del procedimiento según la invención; la Fig 2, 3, 4 son vistas parciales de detalle de la campana que for



ma parte de este material y que ilustran el consumimiento progresivo de los panes de inoculación; las Fig. 5 y 6 son vistas análogas a las Figs. 2 a 4 y muestran una variante de puesta en práctica del procedimiento según la invención; la Fig. 7 es una vista esquemática en sección que muestra otra variante de material destinado a la puesta en práctica del procedimiento según la invención; la figura 8 es una vista en sección de un pan à lingote utilizado para la inoculación.

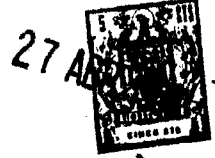
5. La invención puede ser llevada a la práctica según dos tipos de reacción que se describirán sucesivamente:

10. a) del tipo de reacción llamada "escalonada" (fig. 1 a 4), por el hecho de que varios trozos de magnesio u otro metal o aleación son consumidos sucesivamente, realizando así varios pasos de reacción.

15. b) el tipo de reacción llamada "progresiva" (fig. 5 a 7) por el hecho de que un solo trozo de magnesio u otro metal o aleación es consumido durante un tiempo suficientemente largo para que la reacción, que comienza débilmente, vaya aumentando siguiendo una cierta progresión.

20. Según el ejemplo de realización representado en la figura 1, que muestra el tipo de reacción escalonada, el procedimiento según la invención es llevado a la práctica con ayuda del material siguiente: Un crisol -1- con revestimiento refractario y que contiene metal líquido, por ejemplo fundición F, está cerrado por su parte superior por una tapa -2- simplemente colocada. El crisol tiene preferente-

25.



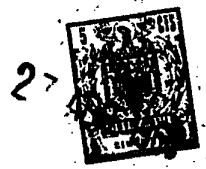
mente una altura grande con relación a su superficie de base. La tapa -2- presenta aberturas -3- para el escape de los humos que resulten del tratamiento.

5. La tapa -2- está atravesada por un vástago -4- terminado, por su extremo inferior, en una campana -5- de tratamiento cuya pared está provista de orificios -6-. Tal como ya es conocido, la campana -5- sirve para introducir en el fondo del crisol -1- el metal de inoculación.

10. De acuerdo con la invención, este metal de inoculación, que es magnesio puro, está formado por un trozo de metal -7a-, -7b-, -7c-, recubierto por una capa de substancia refractaria -8a-, -8b-, -8c-, por ejemplo de tipo silico-aluminoso. Puede utilizarse especialmente una capa del producto vendido por los Etablissements CREUFAG, de  
15. Volshheim (Francia), bajo la denominación "PYROLUX FEUERKITT F 12".

20. Los trozos -7a-, -7b-, ... de magnesio se obtienen rompiendo pura y simplemente bloques o lingotes de magnesio disponibles en el comercio. Eventualmente, estos bloques o lingotes de magnesio pueden ser utilizados enteros, sin ser troceados. Los trozos de magnesio puro son sumergidos en una papilla de material refractario y secados al  
25. aire. De esta forma quedan revestidos por una costra refractaria -8- y los panes obtenidos son utilizables después del endurecimiento de esta costra.

En el ejemplo de la Fig. 1 y de acuerdo con la invención, se utilizan ventajosamente panes de dimensiones y masas diferentes, provistos de capas refractarias de es-



pesores distintos. Estos espesores distintos se obtienen ya sea mojando los trozos de metal en papillas refractarias de viscosidades diferentes, ya sea mojándolos sucesivamente y éste en número de veces diferentes en una misma papilla, después de secados intermedios entre las inmersiones sucesivas. La Fig. 1 muestra, de alto en bajo, unos trozos -7a-, -7b-, -7c- de gruesos crecientes, revestidos con capas refractarias -8a-, -8b-, -8c- de espesores crecientes.

5. Con la ayuda de este material, se procede de la siguiente manera: una vez lleno el crisol -1- de fundición líquida F, se coloca la tapa -2- sobre este crisol después de haber montado sobre dicha tapa el vástago -6- y la campana -5- en el interior de la cual son colocados, por ejemplo, tres trozos de magnesio con sus revestimientos. Cuando la tapa -2- es colocada sobre el caldero -1-, la campana -5- se encuentra situada en el fondo del crisol.

10. Al comienzo, durante algunos segundos, no se produce ninguna reacción, por el hecho de que la capa refractaria de los trozos protege al magnesio puro del contacto con la fundición. Pero la costra (8a-) más delgada, de uno (-7a-) de los trozos de magnesio se calienta más rápidamente y, desde el momento en que, por transmisión de calor a través de esta costra, la temperatura superficial del magnesio alcanza el grado de fusión y de vaporización, el magnesio se vaporiza, lo que hace que se rompa esta costra delgada y desencadene la reacción que se conoce. Como puede verse comparando las Fig. 1 y 2, el trozo menor -7a- de lo alto (fig. 1), cuya costra -8a- ha sido la primera en rom-

20.

25.



perse, es rápidamente consumida en una reacción violenta que dura una decena de segundos. En el curso de esta reacción, el trozo menor de magnesio -7a- se vaporiza rápidamente y el vapor de magnesio atraviesa los orificios -6- de la campana -5- para remontar hacia la superficie de la fundición líquida F. En el curso de este ascenso del magnesio a través de la fundición F, se produce la reacción de inoculación. Resulta ventajoso que el crisol -1- tenga una gran altura, a fin de tener un trayecto de ascensión del magnesio lo más largo posible y, por tanto, un tiempo de contacto del magnesio con la fundición tan largo como sea posible. De esta forma se efectúa el primer paso de la reacción.

Mientras se consume el primer trozo -7a-, la costra -8b- del trozo -7b- se calienta más lentamente, al ser más gruesa que la costra -8a-. La elección de los espesores de costra es tal que casi cuando el primer trozo -7a- ha acabado de consumirse que el magnesio del segundo trozo -7b- ha alcanzado superficialmente la temperatura de fusión y de vaporización y que su costra -8b- se rompe. De esta forma empieza el segundo paso de la reacción, a continuación del primero.

De forma análoga, el tercer paso de la reacción que corresponde al consumimiento del trozo -7c- que tiene la costra -8c- más gruesa, se efectúa a continuación del segundo paso, es decir, después de la fusión y la vaporización completas del trozo -7b- que tiene una costra -8b- de grueso medio.



Utilizando de esta forma tres panes formados por trozos de magnesio revestidos por costras protectoras de gruesos crecientes, se realizan tres reacciones sucesivas, cada una de las cuales dura algunos segundos, y cuya duraci3n total es sensiblemente superior al tiempo de fundici3n de trozos de magnesio puro, de tipo conocido, no revestidos por una capa refractaria. Esto es lo que permite obtener un rendimiento de inoculaci3n muy satisfactorio, prolongando la duraci3n de contacto del magnesio con la fundici3n.

Se nota el comienzo de la reacci3n escalonada algunos segundos despu3s de la inmersi3n de la campana -5- en el fondo del crisol -1- por un gran desprendimiento de humo blanco, y se nota el final del tratamiento cuando el desprendimiento de humo por las aberturas -3- disminuye de intensidad y acaba,

A t3tulo de ejemplo num3rico, se han tratado 2 toneladas de fundici3n con ayuda de 2,4 kg de magnesio puro compuesto por un trozo -7a- de 700 gramos, revestido por una costra refractaria -8a- de un mil3metro de espesor, por un trozo -7b- de 800 gramos, revestido por una costra refractaria -8b- de dos mil3metros de espesor, y por un trozo -7c- de 900 gramos, revestido por una costra -8c- de tres mil3metros de espesor. Ello corresponde a una introducci3n de 0,120% de magnesio.

La fundici3n a 1400<sup>o</sup> C que responde antes del tratamiento al an3lisis siguiente: carbono 3,60%, silicio 2%, azufre 0,10%, contiene despu3s del tratamiento 0,028%



de magnesio y azufre final despreciable y presenta un grafito enteramente bajo forma esferoidal. El rendimiento R en magnesio es calculado por la fórmula:

$$R. = \frac{\text{magnesio retenido} + 12/16 (\text{azufre inicial-azufre final})}{\text{magnesio adicionado}} \times 100$$

5. representando el coeficiente 12/16 la relación entre los pesos atómicos respectivos del magnesio y del azufre.

Si se substituyen los componentes de esta fórmula por sus valores en el ejemplo considerado, se tiene:

$$R = \frac{0,020 + 0,007}{0,120} \times 100 = 29 \%$$

10. Este rendimiento de 29% es muy satisfactorio y permite obtener fundición con grafito esferoidal en condiciones económicas mucho más ventajosas que utilizando aleaciones de ferrosilicomagnesio.

15. Según la variante de ejecución esquematizada en las Fig. 5 y 6 que muestran el método de reacción "progresiva", en lugar de utilizar tres trozos recubiertos por costras de espesores distintos, se utiliza un lingote único -9-, recubierto por una de sus caras con una capa refractaria -10- de pequeño espesor y, sobre todas las otras caras, por una costra refractaria -11- gruesa.

20. En estas condiciones, después de haber sumergido el pan formado por el lingote -9- recubierto por sus capas refractarias -10-, -11-, en el fondo del crisol de fundición, tal como se ha hecho precedentemente, la reacción empieza con un cierto retraso, debido a la resistencia a la transmisión de calor de la capa refractaria delgada -10-. Pero ésta se calienta y se rompe en primer lugar cuando la pared de magnesio que recubre ha alcanzado la temperatura
- 25.



- de fusión y vaporización. El lingote -9- empieza a consumirse por su cara precedentemente recubierta por la costra delgada -10-, mientras que las otras caras recubiertas por la costra gruesa -11- se hallan todavía en la fase de calentamiento y no han transmitido todavía a la pared de magnesio, que esta costra -11- recubre, una temperatura suficiente para que el citado magnesio se vaporice y provoque la ruptura de la mencionada costra gruesa. La fusión del lingote -9- progresa así siguiendo un frente casi paralelo a la cara revestida inicialmente por la costra delgada -10-.
5. Resulta de una manera ventajosa que la superficie de contacto del magnesio puro con la fundición se reduce a la extensión de la cara precedentemente recubierta por la costra delgada -10-, lo que permite a la reacción prolongarse y ser mucho menos rápida y violenta que si el magnesio puro hubiera sido atacado sobre todas las caras a la vez, en las condiciones habituales en que se halla desprovisto de cualquier recubrimiento refractario.

- Se obtiene de esta forma un buen rendimiento, superior al obtenido en las condiciones del ejemplo precedente. De esta forma, a título de ensayo, para tratar 1200 kg de fundición se ha utilizado un lingote de 1400 gramos, recubierto sobre una cara por una costra delgada -10- de un milímetro de espesor y, sobre las otras caras, por una costra gruesa -11- de tres milímetros de espesor. La reacción ha empezado de 5 a 6 segundos después de la inmersión del lingote en el fondo del cristal, correspondiendo este tiempo al período de ataque de la costra delgada -10- y la reac
- 20.
- 25.



ción ha durado alrededor de un minuto. El rendimiento ha sido del orden de 32 a 33'.

A continuación se hará referencia a la variante de realización esquematizada en la Fig. 7. El material de puesta en práctica comprende un crisol -1- con revestimiento refractario, que contiene el metal líquido, por ejemplo la fundición F; este crisol está cerrado por una tapa -12- prolongada en altura, que lo hace más alto. Esta tapa presenta unas aberturas -13- para escape de los humos que resultan del tratamiento y está atravesada por el vástago refractario -4-, terminado por su extremo inferior en la campana -5-, provista de entallas u otras aberturas -6- que permiten la salida del magnesio vaporizado.

En la campana es colocado un pan esencialmente formado por un trozo o lingote de inoculación -9-, por ejemplo de magnesio puro (figura 8). Este trozo es obtenido, por ejemplo, cortando en trozos de la longitud deseada y con ayuda de una cizalla, un lingote bruto de colada de sección circular, rectangular, trapezoidal u otra. El trozo -9- es recubierto sobre su cara cortada por una costra refractaria delgada -10- y, sobre sus restantes caras, por una costra refractaria gruesa uniforme -11- cuyo espesor es de dos a veinte veces mayor que la de la costra delgada -10-. Las costras refractarias de refestimiento son, por ejemplo, de material silico-aluminoso que tenga, preferentemente, excelentes características de adherencia en frío y en caliente y una excelente resistencia a los choques mecánicos y térmicos.

El tiempo de la inoculación por reacción progre-



- siva es variable. Se puede escoger según las necesidades entre 15 a 20 segundos y 2 minutos aproximadamente, regulando el espesor del revestimiento principal, es decir el espesor de la costra gruesa -11- y escogiendo juiciosamente la superficie de la sección recta que recibe la costa refractaria delgada -10-. El tiempo de la reacción debe ser tanto más alevado cuánto más gruesa sea la capa -11-. Ello se explica por el hecho de que la vaporización del pan de magnesio -9- empieza después del resquebrajamiento rápido de la costra delgada -10- de revestimiento de la cara extrema y va progresando según un frente paralelo a dicha cara.
- 5.
- 10.

- Debe observarse que para una cantidad útil dada de magnesio, un lingote -9- de magnesio puro tiene un volumen casi seis veces menor que un trozo de aleación de magnesio de tipo conocido (hierro, silicio, magnesio con 15% de magnesio, por ejemplo). Se deduce que puede utilizarse una campana -5- de menor altura que la de las utilizadas habitualmente para una misma cantidad de fundición tratada, lo que hace atravesar el magnesio una mayor altura de fundición hasta la superficie libre de la fundición líquida. El rendimiento del tratamiento es así, mejorado.
- 15.
- 20.

- Tratando por ejemplo unas cantidades de fundición comprendidas entre una y cuatro toneladas, a la temperatura de  $1410^{\circ}$  C, con ayuda del pan de la Fig. 8, el rendimiento R en magnesio es por lo menos igual al 60% y se obtiene una fundición que presenta un grafito enteramente bajo forma esferoidal.
- 25.



Como se comprende, puede tratarse de esta forma cualquier otra cantidad de fundición mayor o menor.

Las principales ventajas que resultan de la invención son las siguientes:

5. Como puede verse, al ser más progresiva la reacción según la invención que en el caso de la reacción que se produce con trozos de magnesio puro, no recubiertos, de tipo conocido, la reacción que se produce con panes formados por trozos de magnesio protegidos por un revestimiento refractario de acuerdo con la invención resulta suficientemente rápida para tratar crisoles de colada sucesivos utilizados en plantas de moldeo con grandes series de fabricación; el procedimiento es muy económico, toda vez que permite utilizar lingotes brutos en el mismo estado en que son adquiridos, sin otra preparación que su troceado, la clasificación de los trozos según las diferentes dimensiones y la inmersión de los lingotes enteros así como los trozos en papillas de substancia refractaria; estas operaciones son simples de realizar y económicas; los lingotes pueden ser ya bajo la forma de lingotes con caras trapezoidales, ya bajo forma de bloques de sección circular; gracias al empleo de crisoles de tratamiento de dimensiones apropiadas que permitan tener una altura de fundición conveniente por encima de la campana -5- de tratamiento, se obtiene además un excelente rendimiento de inoculación; el procedimiento permite una economía importante sobre el producto metálico de inoculación utilizándolo en estado puro; se domina siempre el tiempo de reacción y, por tanto, el rendimiento, ya
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.



- sea utilizando panes de magnesio con costras refractarias de espesores convenientemente degradados, como en el primer ejemplo, ya utilizando un lingote único de masa apropiada, que tenga una costra delgada -10- sobre una pequeña parte de su superficie externa y una costra gruesa -11- sobre todo el resto de su superficie, como en el segundo ejemplo; finalmente, es posible controlar no solamente la duración, sino también la progresividad del tratamiento, y, por tanto, obtener un rendimiento satisfactorio, atenuando la violencia de la reacción, todo ello sin utilización de un material especial y costoso.

Como se comprende, la invención no queda limitada a los ejemplos de realización representados y descritos, que no han sido escogidos más que a título de ejemplos.

- Así, por ejemplo, pueden utilizarse panes de magnesio recubiertos por una capa refractaria de acuerdo con la invención en crisoles especiales del tipo conocido que permitan un tratamiento en recinto cerrado, bajo presión, lo que permite aumentar considerablemente el rendimiento del tratamiento, es decir el rendimiento en magnesio con relación a los tratamientos en estos mismos crisoles especiales con ayuda del magnesio puro no revestido de una capa refractaria.

- Por otra parte, los dos tipos de reacciones "escalonada" y "progresiva" pueden ser utilizadas simultáneamente en combinación, haciendo uso de un lingote único -9- tal como el representado en la Fig. 5 y varios paneles -7- tales como los representados en la Fig. 1 para completar



el peso de magnesio necesario para el tratamiento de una cantidad determinada de fundición.

5. Por otra parte, igualmente, en lugar de revestimientos refractarios sílicocaluminosos o a base de arcilla refractaria, pueden utilizarse revestimientos refractarios a base de sílica o de amianto.

10. La invención es aplicable igualmente al tratamiento de la fundición con ayuda de cerio o con ayuda de metales alcalinos, tales como el sodio y el calcio, así como para el tratamiento de la fundición por aleaciones metálicas tales como el mischmetall. La invención permite especialmente escalonar unas reacciones, haciendo reaccionar, por ejemplo según un orden preferente, unos metales y/o aleaciones metálicas recubriendo con una capa refractaria más delgada los trozos que deban reaccionar inicialmente,
15. y con una capa mas gruesa los trozos que deban reaccionar en último lugar.

20. Finalmente, se comprende que puede llevarse a la práctica el procedimiento poniendo en contacto con la fundición los trozos de magnesio recubiertos con una costra refractaria con ayuda de cualquier otro dispositivo que no sea la campana -5-.

- . -

#### N O T A

Se reivindica como objeto de esta patente de invención:

1. Procedimiento de tratamiento de la fundición



5. líquida, del tipo en el que por lo menos un producto metálico de inoculación tal como magnesio puro, cerio, sodio, calcio u otro metal o aleación metálica es introducido en el fondo de un baño de fundición con ayuda de una campana, caracterizado por el hecho de que se introduce el producto metálico de inoculación en el baño de fundición en forma de por lo menos un trozo de dicho producto, recubierto por una capa de substancia refractaria.

10. 2. Procedimiento de tratamiento de la fundición líquida, según la reivindicación 1, caracterizada por el hecho de que se utilizan varios trozos recubiertos por capas refractarias de espesores distintos, de tal manera que estos trozos funden sucesivamente en reacción escalonada en el orden de los espesores crecientes de las capas refractarias de revestimiento.

15. 3. Procedimiento de tratamiento de la fundición líquida, según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que se utiliza por lo menos un trozo recubierto sobre una cara por una capa refractaria delgada y, sobre las restantes caras, por una capa refractaria mucho más gruesa, de tal manera que este trozo funda según un frente de progresión casi paralela a la cara recubierta inicialmente con la capa más delgada.

20. 4. Procedimiento de tratamiento de la fundición líquida, según la reivindicación 3, caracterizado por el hecho de que se utiliza un trozo recubierto tal que el espesor de la capa gruesa es de dos a veinte veces mayor que el de la capa delgada.

25. 4. Procedimiento de tratamiento de la fundición líquida, según la reivindicación 3, caracterizado por el hecho de que se utiliza un trozo recubierto tal que el espesor de la capa gruesa es de dos a veinte veces mayor que el de la capa delgada.



5. Procedimiento de tratamiento de la fundición líquida, según las reivindicaciones 2 y 3, caracterizado por el hecho de que se utilizan a la vez por lo menos un trozo de metal puro recubierto por capas refractarias de espesores distintos y por lo menos un trozo recubierto sobre una cara por una capa refractaria delgada y, sobre las caras restantes, por capas mucho más gruesas.

10. 6. Procedimiento de tratamiento de la fundición líquida, según una cualquiera de las reivindicaciones precitadas, caracterizado por el hecho de que se utiliza una capa refractaria de recubrimiento que tenga una buena adherencia en caliente y en frío con el metal subyacente y que resista a los choques mecánicos y térmicos.

15. 7. Procedimiento de tratamiento de la fundición líquida, según una cualquiera de las reivindicaciones precitadas, caracterizado por el hecho de que se utilizan varios trozos recubiertos de metales o aleaciones metálicas distintas.

20. 8. Procedimiento de tratamiento de la fundición líquida.

Todo ello según queda descrito y reivindicado en la presente memoria descriptiva que consta de dieciocho ho



jas foliadas escritas a máquina por una sola cara.

Barcelona, 27 de abril de 1968

CENTRE DE RECHERCHES DE PONE-  
-A-MOUSSON

p.a.

A large, stylized handwritten signature in black ink. The signature is written in a cursive style and is enclosed within a large, irregular oval shape. The signature is positioned to the right of the 'p.a.' text.

15983/2



Fig.1

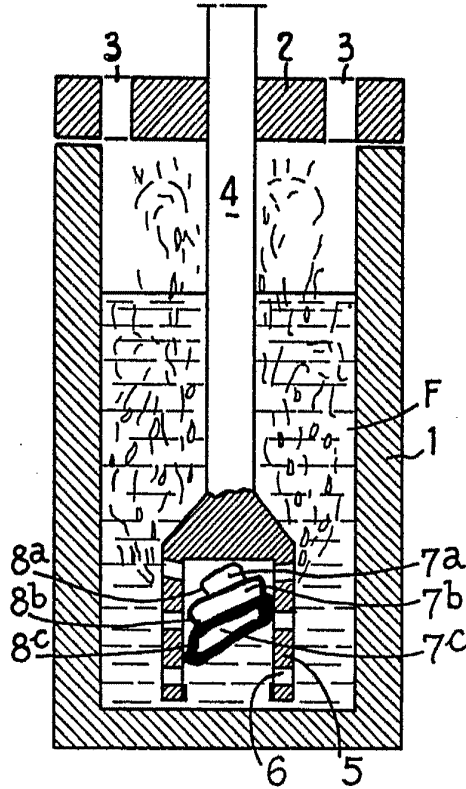


Fig.2

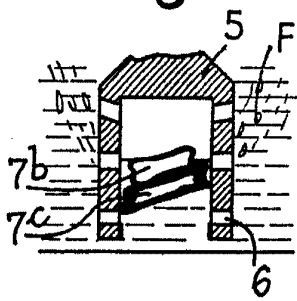


Fig.3

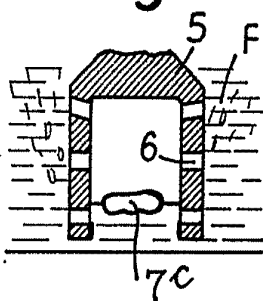


Fig.4

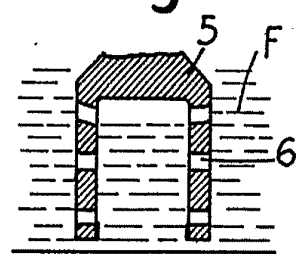


Fig.5

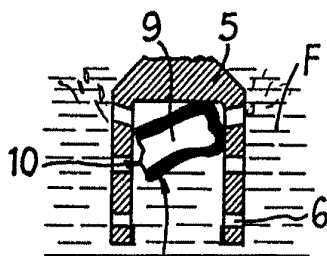
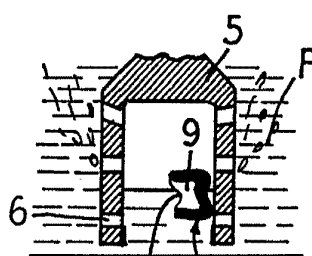


Fig.6



11 Barcelona, 27 abril  
1968

p.a.

15983/2

Fig. 7

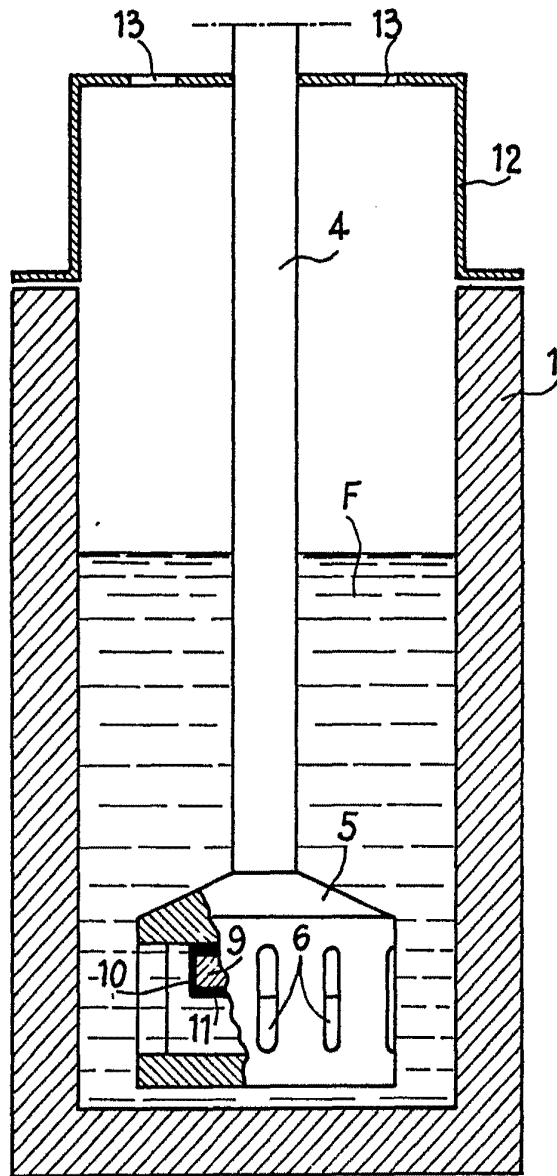
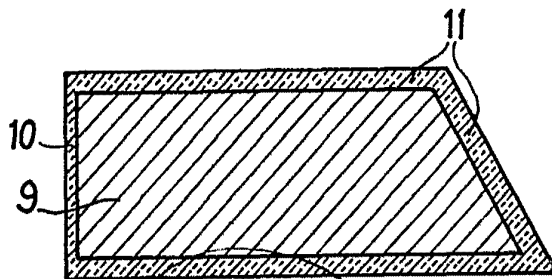


Fig. 8



Barcelona, 27 de Abril 1968  
p.a.