

4 1 9 4 8 6



29

P- 55,715

N/Dossier

No. 646/73

Int. Cl. B22D

MEMORIA DESCRIPTIVA

F. E. 30-9-75

para solicitar PATENTE DE INVENCION en ESPAÑA por VEINTE años

a nombre de INSTITUT ELEKTROSVARKI IMENI E.O. PATONA  
AKADEMII NAUK UKRAINSKOI SSR

entidad soviética

establecida en Ulitsa Gorkogo 69, KIEV, U.R.S.S.

por: "UN METODO PARA LA FUNDICION DE UN LINGOTE METALICO CON  
ESCORIA ELECTRICAMENTE CONDUCTORA"

(Clase Internacional B22d)

419486

29



La presente invención se refiere a métodos para la fundición de lingotes metálicos con escoria eléctricamente conductora que se pueden usar en la electrometalurgia para la fundición de lingotes pesados.

5 Es conocido en la técnica un método para la fundición de un lingote metálico con escoria eléctricamente conductora a partir de por lo menos dos electrodos fungibles o dos grupos de dichos electrodos, siendo conectado cada uno de ellos a una fuente de energía individual. El método considera partir de  
10 escoria fundida estableciendo un baño de escoria en un molde enfriado, suministro simultáneo de energía eléctrica a cada uno de los electrodos fungibles o a un grupo de dichos electrodos sumergidos con sus extremos inferiores en el baño de escoria, y formación del lingote metálico. En este caso se suministran las  
15 mismas corrientes y voltajes a cada uno de los electrodos fungibles o al grupo de dichos electrodos durante la fundición del lingote metálico.

Sin embargo, la fusión intensa simultánea de todos los electrodos fungibles y particularmente los de la porción media de la fila da como resultado la formación en el molde de un depósito metálico de un volumen considerable con un aumento de la profundidad en la porción central del fondo del depósito. Así, en la fundición de lingotes de acero pesados que varían en peso desde 15 a 60 toneladas, se pueden obtener depósitos metálicos de 2 toneladas de peso o mayores. Un volumen  
25

23.11.73

- 2 -



grande del depósito metálico profundo afecta adversamente la calidad del lingote, en cuanto que conduce al desarrollo de procesos de licuación, porosidad axial y características mecánicas más bajas del metal del lingote producido por el refundido de los electrodos fungibles con la escoria eléctricamente conductora.

Es un objeto de la presente invención superar las dificultades anteriores.

El principal objetivo de la invención es la provisión de un método de fundición de lingotes metálicos con escoria eléctricamente conductora mediante el suministro de energía eléctrica a electrodos fungibles de tal manera que se induzca una estructura mejorada del lingote que se está fundiendo debido a una reducción en la profundidad y volumen del depósito metálico y a una orientación cristalina favorable, y permitiría llevar a cabo el procedimiento de la escoria eléctricamente conductora con una menor entrada de energía.

Dicho objeto se consigue mediante la provisión de un método de fundición de lingotes metálicos con escoria eléctricamente conductora a partir de por lo menos dos electrodos fungibles o dos grupos de dichos electrodos, siendo conectado cada uno de ellos a una fuente de energía individual, considerando dicho método partir de escoria fundida estableciendo un baño de escoria en un molde enfriado, el suministro simultáneo de energía eléctrica a cada uno de los electrodos fungibles o al

29 NOV.



419486

5 grupo de dichos electrodos sumergidos con sus extremos inferiores en el baño de escoria, y la formación del lingote metálico, donde, de acuerdo con la invención, la corriente y el voltaje suministrados a cada uno de los electrodos fungibles o al grupo de dichos electrodos son alternativa y repetidamente variados en el curso de la formación del lingote metálico.

El método anterior garantiza la estructura mejorada del lingote como resultado de una reducción en el volumen del depósito metálico y una orientación cristalina favorable.

10 Es conveniente que las magnitudes de la corriente y el voltaje aplicados a los electrodos fungibles se varíen en sucesión desde el primero al último electrodo.

Esto proporciona un movimiento periódico progresivo de un centro calorífico a lo largo del baño de escoria.

15 Es deseable que la magnitud de la corriente y el voltaje a través de los electrodos fungibles se cambia del primero al último electrodo y luego del último al primero, después de lo cual el ciclo anterior se repite una y otra vez de nuevo, con el centro calorífico oscilando de un lado a otro, en ese caso a lo largo del baño de escoria.

20 Una buena práctica sería que los valores mínimos de la corriente y el voltaje a través de los electrodos fungibles fuera igual a aproximadamente del 10 al 30% de sus valores máximos.

25 En este caso el procedimiento de la escoria eléc-

23.11.73

29 NOV. 1973



419486

tricamente conductora se realizaría bajo condiciones estables con una amplitud suficientemente grande de variaciones entre las corrientes y voltajes máximos y mínimos.

5 Es también posible aumentar simultáneamente la corriente y el voltaje a través de uno de los electrodos adyacentes y reducirlos a través del otro. El método anterior proporciona la formación de un depósito metálico de fondo plano siendo el espacio entre los dos electrodos adyacentes más pequeño o igual al espesor de un solo electrodo.

10 Es deseable que el periodo de tiempo máximo durante el cual se aplican la corriente y el voltaje mínimos a los electrodos fungibles se continúe hasta que la temperatura del baño de escoria alrededor de los electrodos anteriores exceda al punto de fusión de la escoria en 50°C. Esto aseguraría lingotes de alta calidad por la presencia de un baño de escoria común.

15 Es también conveniente que la corriente y el voltaje máximos se suministren a cada electrodo fungible durante el mismo periodo de tiempo. Esto asegurará un avance regular del centro calorífico a lo largo del baño de escoria.

20 Es deseable que los electrodos fungibles colocados en la porción media de la fila y espaciados a una distancia menor que su espesor se alimenten con la corriente y el voltaje máximos durante un periodo de tiempo que ascienda a 10 - 50% del intervalo dentro del cual los electrodos fungibles extremos de

23.11.73

- 5 -

419486, 29 Nov. 1973



la fila se suministran con la corriente y el voltaje máximos. Esto aseguraría la formación del depósito metálico de fondo plano.

5 Los electrodos fungibles situados en la porción  
media de la fila y espaciados a una distancia menor que su es-  
pesor se pueden suministrar con la corriente y el voltaje máxi-  
mos de magnitud tal que su energía ascendería a 50 - 80% de la  
liberada por los electrodos fungibles de los extremos de la fi-  
la el voltaje y la corriente máximos, una característica que  
10 asegura la formación del depósito de fondo plano.

Si la distancia entre los electrodos fungibles  
adyacentes excede el espesor de un solo electrodo fungible, es  
conveniente que la corriente y el voltaje máximos se apliquen a  
cada electrodo fungible siguiente dentro del intervalo que as-  
ciende a 50 - 90% del periodo de tiempo durante el cual la co-  
rriente y el voltaje máximos se han suministrado al electrodo  
15 fungible precedente. Esto proporciona también la formación de  
un depósito metálico de fondo plano.

La corriente y el voltaje máximos a través de  
20 ciertos electrodos fungibles se pueden mantener a un valor que  
exceda en 30-80% a los mantenidos a través de otros electrodos  
con los electrodos anteriores alternando uno con otro. Esto da  
por resultado la formación de un depósito metálico con un fondo  
ondulado que proporciona la producción del metal del lingote con  
25 cristales desorientados.

23.11.73



419486

29 Nov. 1973

La invención se ejemplifica adicionalmente por una detallada descripción de realizaciones del método a modo de ejemplos tomándose en unión de los dibujos que se acompañan, en los que:

5 La Figura 1 muestra un molde con electrodos fungibles, donde se está fundiendo un lingote metálico y un depósito metálico de fondo plano;

10 La Figura 2 es un diagrama de un circuito de los grupos de electrodos fungibles conectados a fuentes de energía individuales;

15 La Figura 3 es un gráfico que muestra las variaciones de potencia en los electrodos fungibles cuando se opera con tres electrodos o tres grupos de electrodos siendo suministrados la corriente y el voltaje máximos a cada electrodo fungible durante el mismo periodo de tiempo;

20 La Figura 4 es un gráfico que muestra las variaciones de potencia en los electrodos fungibles cuando se opera con tres electrodos o tres grupos de electrodos siendo suministrados los electrodos fungibles colocados en la porción media de la fila con la corriente y voltaje máximos durante un periodo de tiempo que asciende a 10-50% de aquél durante el cual se aplican la corriente y el voltaje máximos a los electrodos fusibles de los extremos de la fila;

25 La Figura 5 es un gráfico que muestra las variaciones de potencia en los electrodos fungibles con el tiempo,

419486

29 NOV 1973



cuando se opera con tres electrodos o tres grupos de electrodos  
siendo suministrados los electrodos fungibles situados en la  
porción media de la fila con la corriente y el voltaje máximos  
de tal magnitud que su potencia ascendería a 50-80% de la libe-  
rada por los electrodos fungibles extremos de la fila a los  
valores máximos de corriente y voltaje;

La Figura 6 es un gráfico que muestra las varia-  
ciones de potencia de los electrodos fungibles con el tiempo  
cuando se opera con tres electrodos o tres grupos de electrodos  
siendo suministrado cada electrodo siguiente con la corriente y  
el voltaje máximos dentro de un intervalo que asciende a 50-90%  
del periodo de tiempo durante el cual se han aplicado la corrien-  
te y el voltaje máximos al electrodo fungible precedente;

La Figura 7 representa el molde con los electro-  
dos fungibles y el lingote metálico fundido con una estructura  
cristalina desorientada.

Notaciones en los gráficos:

- $t_1, t_2, t_3$  - período de tiempo durante los cuales los electrodos  
o sus grupos operan a valores de corriente y vol-  
taje máximos;
- $t$  - periodo de tiempo durante el cual el electrodo ope-  
ra a valores de corriente y voltaje máximos;
- $T$  - tiempo del ciclo operacional;
- $t_4$  - tiempo de retardo cuando se suprime el electrodo  
precedente;

23.11.73

419486<sup>m</sup>



$P_1, P_2, P_3$  - potencia entregada por los electrodos fungibles o sus grupos;

$L_1$  - envolvente que bordea los extremos de los electrodos fungibles;

5  $L_2$  - curva que muestra la forma del fondo del depósito metálico.

El método para la fundición de lingotes metálicos con escoria eléctricamente conductora se realiza como sigue.

10 Ejemplo 1

Se toman por lo menos dos electrodos fungibles. En este ejemplo se hace uso de tres grupos de electrodos fungibles 1, 2 y 3 (Figuras 1 y 2). Cada grupo integrado por dos electrodos fungibles se conecta a las fuentes de potencia individuales 4, 5 y 6. Para la fundición de un lingote, se puede emplear un molde enfriado 7, de cualquier forma deseada, estando el molde montado en una placa base 8. Si se utiliza el molde de sección transversal rectangular, los electrodos fungibles 1 a 3 se colocan en una fila a lo largo del lado ancho del molde enfriado 7. Se establece el baño de escoria 9 en el molde enfriado 7 mediante, ya sea vertiendo escoria fundida o cargando fundente sólido para ser fundido adicionalmente. Se hace pasar una corriente eléctrica a todos los electrodos del 1 al 3 cuyos extremos inferiores están sumergidos en el baño de escoria 9. Debido a la liberación de calor en el baño de escoria 9 los elec-

419486

29



5 trodos fungibles 1 a 3 se fundirán siendo producido un lingote metálico 10 a partir del metal fundido de los electrodos. En la porción superior del lingote 10 se mantiene un depósito metálico 11 durante el proceso de fundición. Las condiciones de fundición (magnitud de la corriente, voltaje y velocidad de alimentación del electrodo) se seleccionan por las dimensiones del lingote 10 a ser fundido..

10 Después que se han conseguido las condiciones de fundición estables, los valores de la corriente y el voltaje se varían de acuerdo a la invención, es decir, la corriente y el voltaje a través de cada electrodo fungible o de cada grupo de electrodos fungibles, como se describe en el Ejemplo, se reducen y elevan alternativamente, repitiéndose el ciclo en el curso de la fundición. Las variaciones de corriente y voltaje  
15 se pueden iniciar mediante ya sea reduciendo o elevando primeramente sus valores.

20 En el caso de que se inicie el ciclo mediante la reducción de las magnitudes de la corriente y el voltaje, al proceder al segundo y tercer grupos de electrodos (o también para el segundo y tercer electrodos, si se emplean electrodos separados no agrupados) ellas (las magnitudes de la corriente y el voltaje) se reducen a un valor que asciende a 10-30% de las aplicadas al primer grupo de electrodos. En este caso la potencia liberada por los grupos anteriores de electrodos (Figura 3)  
25 tendría un valor mínimo ( $P_{\min}$ ) y la liberada por el primer gru-

419486 29 NOV



po uno máximo ( $P_{\text{máx}}$ ).

La temperatura del baño de escoria alrededor de los electrodos fungibles alimentados con la corriente y el voltaje reducidos disminuirá. El periodo de tiempo ( $t$ ) durante el cual los grupos de electrodos fungibles operarán a valores de corriente y voltaje reducidos se asigna por la suposición de que la temperatura de una sección del baño de escoria próxima a los electrodos disminuiría hasta  $50^{\circ}\text{C}$  por encima del punto de fusión de la escoria. Tan pronto como la mitad del periodo de tiempo [ $t_1$ ] transcurre, la corriente y el voltaje a través del primer grupo de electrodos se reduce a la establecida para el segundo y tercer grupos de electrodos fungibles. Al mismo tiempo la corriente y el voltaje a través del segundo grupo de electrodos se elevan a la establecida anteriormente para el primer grupo de electrodos fungibles. Al terminar el periodo de tiempo anterior la corriente y el voltaje a través del segundo grupo de electrodos fungibles se reducen y las aplicadas al tercer grupo se elevan, después de lo cual el ciclo anterior se repite asegurando un movimiento progresivo periódico del centro calorífico a lo largo del baño de escoria desde el primer al tercer grupo de electrodos fungibles en una y la misma dirección. En este caso para asegurar el avance regular del centro calorífico se aplican la corriente y el voltaje máximos a cada grupo de electrodos fusibles durante el mismo periodo de tiempo ( $t_1 = t_2 = t_3$ ).

23.11.73

419486



Ejemplo 2

Las magnitudes de la corriente y el voltaje se varían del primero al tercer grupo de electrodos fungibles, como se describe en el Ejemplo 1. Luego, la corriente y el voltaje se cambian en orden inverso, es decir, del último (tercero) al primer grupo de electrodos fungibles, después de lo cual el ciclo descrito antes se repite de nuevo una y otra vez. Esto asegura la oscilación de un lado a otro del centro calorífico a lo largo del baño de escoria.

Ejemplo 3

Con el fin de crear condiciones que favorezcan la cristalización axial del metal del lingote, el depósito metálico debía tener un fondo plano. De acuerdo con la invención, si la distancia entre los electrodos fungibles o sus grupos es menor que el espesor de un solo electrodo, la forma anterior del depósito metálico se puede proporcionar en dos casos.

Para permitir la formación del depósito metálico de fondo plano (de acuerdo con la primera versión) tan pronto como se alcanzan las condiciones de fundición estables, se reducen la corriente y el voltaje a través del segundo y tercer grupos de electrodos fungibles, como se describe en el Ejemplo 1, a valores que ascienden a 10-30% de aquéllos a través del primer grupo de electrodos. Similarmente al Ejemplo 1, el periodo de tiempo (t) durante el cual los grupos de electrodos fungibles



operan a valores de corriente y voltaje reducidos (Figura 4) es igual al intervalo de tiempo durante el cual una sección del baño de escoria alrededor de los electrodos se enfría hasta una temperatura que excede en 50° C al punto de fusión de la escoria. Sin embargo, un intervalo ( $t_1$ ) dentro del cual se aplican la corriente y el voltaje máximos al segundo (medio) grupo de electrodos fungibles se aumenta de modo que el tiempo que queda ( $t_2$ ) de dicho periodo de tiempo durante el cual el segundo (medio) grupo de los electrodos fungibles opera a valores de corriente y voltaje máximos ascendería a 10-50% de aquél durante el cual se suministran al primer y tercer (extremos) grupos de electrodos fungibles la corriente y el voltaje máximos. En este caso se obtienen los mismos valores de potencia máximos para los tres grupos de electrodos.

Para proporcionar la formación de un depósito metálico de fondo plano (de acuerdo con la segunda versión) el periodo de tiempo durante el cual cada grupo de electrodos fungibles opera a corriente y voltaje máximos se asigna de manera similar al Ejemplo 1. En este caso las magnitudes de corriente y voltaje máximos suministradas al segundo (medio) grupo de electrodos fungibles se reduce ascendiendo la potencia del electrodo a 50-80% de la liberada por el primer y tercer (extremos) grupos de la fila obtenible a los valores máximos de corriente y voltaje. En ese caso  $P_2 < P_1 = P_3$  (Figura 5).

Tanto en el primero como en el segundo caso, al

419486

29 E



5 aplicar la corriente y el voltaje máximos a los electrodos fungibles ya sea en forma progresiva-periódica, como en el Ejemplo 1, u oscilando de un lado a otro como en el Ejemplo 2, debe seguirse un patrón, siendo la corriente y el voltaje aumentados concurrentemente a través de un grupo de electrodos fungibles y reducidos a través de otro.

Ejemplo 4

10 En el caso de que el espacio entre los electrodos fungibles o sus grupos exceda el espesor de un solo electrodo fungible, se puede proporcionar un depósito metálico de fondo plano de la siguiente manera. Tan pronto como se consigan las condiciones de fundición estables, se reducen la corriente y el voltaje a través del segundo y tercer grupos de electrodos fungibles, como se describe en el Ejemplo 1. Sin embargo, el intervalo dentro del cual se alimentan la corriente y el voltaje máximos al segundo (medio) grupo de electrodos fungibles se reduce de manera que el primer (precedente) grupo de electrodos fungibles operaría a los valores máximos de corriente y voltaje a través de un periodo de tiempo que asciende a 50-90% del intervalo. En este caso cuando el segundo grupo de electrodos fungibles se suministra con la corriente y el voltaje máximos, los aplicados al primer grupo no se reducen operando el grupo durante el resto a 10-50% del intervalo ( $t_4 = (0,1-0,5)t_1$ ) (Figura 6)

20

25 bajo condiciones máximas. De la misma manera, el tercer grupo

23.11.73

419486

29 1973

de electrodos fungibles se suministra también con la corriente y el voltaje máximos.

Ejemplo 5

5 Después de que se han conseguido las condiciones de fundición estables se varían las magnitudes de la corriente y el voltaje, como se describe en el Ejemplo 1, con la única diferencia de que las magnitudes de la corriente y el voltaje máximos a través de los electrodos fungibles 12 (Figura 7) exceda en 30-80% de aquéllas a través de los electrodos 13 alternándose uno con otro los electrodos fungibles 12 y 13. En este caso los electrodos fungibles se sumergen en el baño de escoria a diferentes profundidades, y la envoltura  $L_1$  de los extremos del electrodo sumergido en la escoria es similar a la curva  $L_2$  que representa la forma del fondo de un depósito fundido 14.

10  
15 Como resultado, los cristales del metal del lingote se desorientan lo que afecta favorablemente las características mecánicas del metal.

20 Esta solicitud que corresponde a la presentada en U.R.S.S., el 2 de Febrero de 1973, Nº 1 907 050, se acoge a los Beneficios del Artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

25

23.11.73

419486

29



REIVINDICACIONES

5                    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 que se reco-  
gen en las reivindicaciones siguientes:

10                    1ª.- Un método para la fundición de un lingote  
metálico con escoria eléctricamente conductora a partir de por  
lo menos dos electrodos fungibles o dos grupos de dichos elect-  
trodos, siendo conectados cada uno de ellos a una fuente de ener-  
gía individual, considerando dicho método partir de escoria fun-  
15                    dida estableciendo un baño de escoria en un molde enfriado, su-  
ministro simultáneo de energía eléctrica a cada uno de los elec-  
trodos fungibles o al grupo de dichos electrodos sumergidos con  
sus extremos inferiores en el baño de escoria, y formación del  
lingote metálico, estando caracterizado dicho método porque la  
20                    corriente y el voltaje suministrados a cada electrodo fungible  
o al grupo de dichos electrodos son alternativa y repetidamente  
variados en el curso de la fundición del lingote metálico.

25                    2ª.- Un método, de acuerdo con la reivindicación  
1ª, caracterizado porque las magnitudes de la corriente y el vol-  
taje aplicados a dichos electrodos fungibles se cambian sucesi-  
vamente desde el primero al último electrodo.

23.11.73

- 16 -

419486

29 NOV 1973



5 3<sup>a</sup>.- Un método, de acuerdo con la reivindicación 1<sup>a</sup>, caracterizado porque las magnitudes de la corriente y el voltaje a través de dichos electrodos fungibles se varían del primero al último electrodo y luego del último al primero, después de lo cual dicho ciclo se repite.

10 4<sup>a</sup>.- Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1<sup>a</sup> a 3<sup>a</sup>, caracterizado porque la corriente y el voltaje suministrados a dichos electrodos fungibles se reducen a valores mínimos que ascienden a 10-30% de las magnitudes de corriente y voltaje máximos.

15 5<sup>a</sup>.- Un método, de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1<sup>a</sup> a 4<sup>a</sup>, caracterizado porque se aumentan la corriente y el voltaje a través de uno de los electrodos adyacentes y se reducen a través del otro simultáneamente.

20 6<sup>a</sup>.- Un método, de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1<sup>a</sup> a 5<sup>a</sup>, caracterizado porque el periodo de tiempo máximo durante el cual la corriente y el voltaje mínimos se alimentan a los electrodos fungibles hasta que la temperatura del baño de escoria alrededor de los electrodos exceda el punto de fusión de la escoria en 50°C.

25 7<sup>a</sup>.- Un método, de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones 1<sup>a</sup> a 6<sup>a</sup>, caracterizado porque cada uno de los electrodos fungibles se suministra con la corriente y el voltaje máximos dentro del mismo intervalo de tiempo.

8<sup>a</sup>.- Un método, de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1<sup>a</sup> a 6<sup>a</sup>, caracterizado porque dichos elec-

23.11.73

- 17 -

419486

29



5 trodos fungibles colocados en la porción media de la fila y espaciados a una distancia que es menor que su espesor, se suministran con la corriente y el voltaje máximos durante un periodo de tiempo que asciende a 10-50% del intervalo en el cual se suministran la corriente y el voltaje máximos a los electrodos fungibles extremos de la fila.

10 9ª.- Un método, de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1ª a 7ª, caracterizado porque, los valores de corriente y voltaje máximos mantenidos en dichos electrodos fungibles colocados en la porción media de la fila y espaciados a una distancia que es menor que su espesor deberían ser tales que su potencia ascendería a 50-80% de la liberada por los electrodos extremos de la fila a los valores de corriente y voltaje máximos.

15 10ª.- Un método, de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1ª a 4ª, 6ª y 7ª, caracterizado porque si el espacio entre los electrodos fungibles adyacentes excede el espesor de un solo electrodo fungible, la corriente y el voltaje máximos se aplican a cada electrodo fungible siguiente después de un intervalo que asciende a 50-90% del periodo de tiempo durante el cual la corriente y el voltaje máximos se han suministrado al electrodo precedente.

20 11ª.- Un método, de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1ª a 8ª y la reivindicación 10ª, caracterizado porque las magnitudes de corriente y voltaje máximos mantenidas

23.11.73

- 18 -



29

# 419486

a través de ciertos electrodos excede de las mantenidas a través de otros en 30-80% con dichos electrodos alternando uno con otro.

5 12ª.- Un método para la fundición de un lingote metálico con escoria eléctricamente conductora.

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

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

Madrid, 29 NOV. 1973  
P.A.

15 Alberto de Eizaburu  
For Pater

20

25

23.11.73  
TM/.



419486

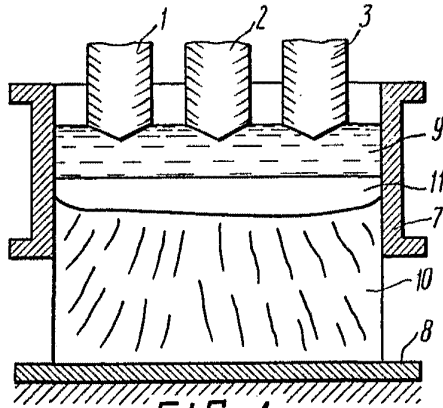


FIG. 1

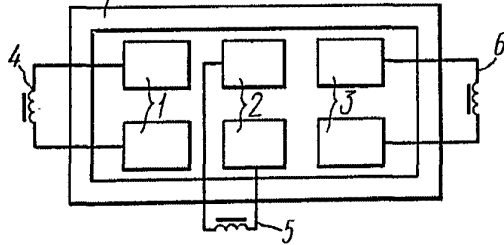


FIG. 2

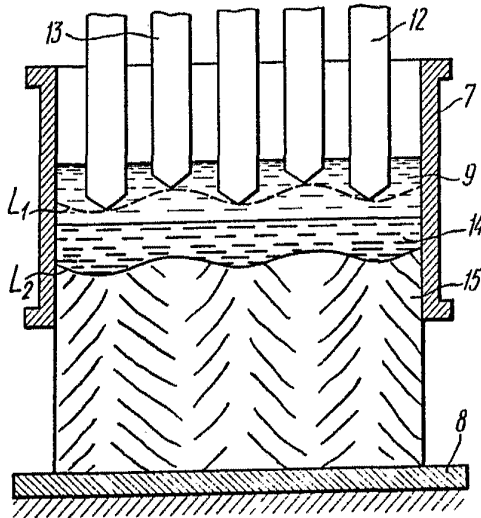


FIG. 7

Alberto de Lizaburu  
Per Roda



419486

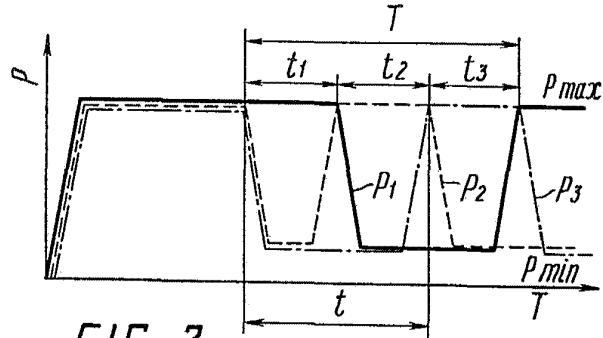


FIG. 3

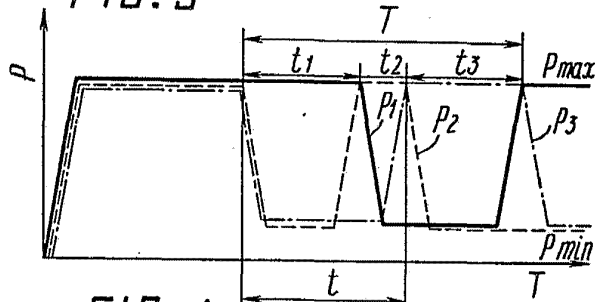


FIG. 4

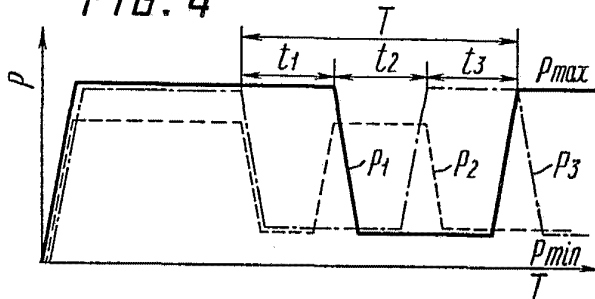


FIG. 5

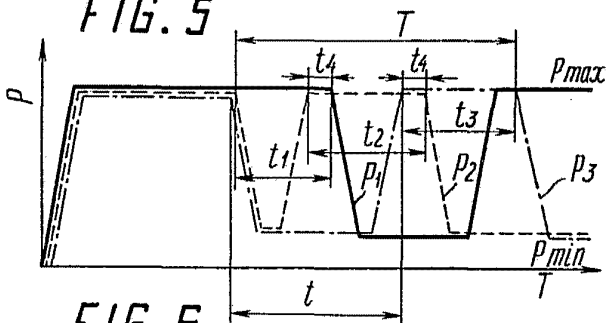


FIG. 6

Автор: А. С. Шендерович  
Инж. Шендерович