



25 10 07

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

por "HORNO PARA ELECTROLISIS DE BAÑO FUNDIDO, PARTICULARMENTE PARA LA PRODUCCION DE ALUMINIO", a favor de la firma italiana MONTECATINI, Societá Generale per l'Industria Mineraria e Chimica, domiciliada en MILAN (Italia), via F. Turati, nº 18.

= . =

MEMORIA DESCRIPTIVA

La presente invención se refiere a un nuevo tipo de horno para electrólisis de baño fundido, en particular para la producción de aluminio a partir de  $Al_2O_3$ , y especialmente conveniente para el uso en escala semiindustrial, o industrial.

5. Los hornos de célula única, empleados actualmente en gran escala para la reducción del óxido de aluminio disuelto en un baño criolítico fundido, consisten esencialmente en una cuba hecha a base de material carbonoso, convenientemente preparada y caracterizada por un desarrollo amplio de su superficie horizontal que constituye el fondo interior de la cuba, y por una
- 10.

251007



profundidad relativamente pequeña. Dicha cuba-recipiente actúa como cátodo en que se junta el aluminio fundido. En los referidos hornos convencionales el sistema anódico está constituido por uno o más elementos, hechos de material carbonoso apropiado, dispuesto horizontal y paralelamente frente al nivel horizontal de metal líquido, a reducida distancia regulable (3,5 a 9 cm) del mismo. Hay que advertir que en los hornos de esta naturaleza el fondo de la cuba de carbono queda cubierto siempre por una capa de aluminio fundido en la que tiene lugar efectivamente la reducción catódica. El aluminio producido, es extraído periódicamente, pero teniendo cuidado de dejar siempre una capa de unos pocos centímetros del metal de residuo (retención protectora) en el fondo de carbono.

Debido a la estructura descrita de hornos convencionales, es prácticamente imposible reducir sensiblemente la dispersión térmica a través de la superficie del baño y a través la superficie ocupada por el ánodo, o ánodos.

Por tanto, aquellos hornos presentan muchos inconvenientes de estructura y funcionamiento, entre los que se citan:

- a) pérdidas térmicas considerables a través de las superficies ampliamente extendidas, particularmente de baño libre;
- b) pérdidas de componentes volátiles del baño criolítico a través de la superficie ampliamente extendida del baño libre;
- c) necesidad de gran espacio y, por consiguiente, ocupación de extensas áreas de edificación.

Resulta evidente, además, que la densidad de corriente de la superficie catódica es notablemente más baja que aquella de la opuesta superficie total de la sección transversal del ánodo o de los ánodos. En los hornos convencionales son particularmente importantes las relaciones (peso total del baño):

251007



(áreas anódicas) y (peso total del baño) : (empereje).

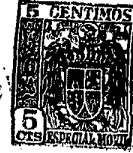
Ya ha sido intentado contrarrestar tales inconvenientes de los hornos convencionales, proporcionando al horno de electrólisis paredes anódicas y catódicas inclinadas, y haciendo el cátodo en particular a base de láminas inclinadas de carburo de zirconio o de carburo de titanio, sin embargo de alto costo y de fabricación muy delicada y crítica. Tal proposición evidenció el perjuicio técnico que producía el empleo como cátodo de material carbonoso "desnudo" (es decir, no cubierto por una capa protectora del aluminio fundido, la cual, por supuesto, no podría ser obtenida en superficies catódicas inclinadas), porque en tal caso la separación directa del aluminio se efectuaría con rendimiento de corriente demasiado bajo.

Tiene que hacerse constar, por otra parte, que por efecto del contacto directo del cátodo de carburo de zirconio o de titanio con el baño criolítico y el metal, el aluminio producido es fácilmente ensuciado por el zirconio o el titanio procedente del cátodo.

Además, otra sugerencia para el tipo de electrólisis aquí tratado, concierne a hornos con ánodos inclinados de "carbón electrodico", los cuales son restaurables del lado del baño en el que están enfrente a los cátodos inclinados de grafito. Sin embargo, el espacio interelectródico en aquellos hornos está limitado lateralmente por paredes constituidas de material refractario, el cual no es conductor eléctrico; además, dicho material tiene que ser inerte contra la acción del baño fundido y es costoso y electrolíticamente inoperante.

Asimismo, estas soluciones conocidas con superficies catódicas inclinadas implican el uso de ánodos que actúan solamente en una o dos superficies (aquellas opuestas al cátodo),

25 10 07 23 0



pero no en las superficies "laterales", y también requieren un fuerte aislamiento térmico de ambas paredes laterales.

5. La presente invención soluciona el problema de realizar un horno con superficies catódicas inclinadas, que presenta ventajas sobre las soluciones conocidas, es decir, más alta proporción entre la superficie dispersante superior (baño, cátodo, ánodo) y la superficie anódica activa más pequeña con respecto de la proporción análoga encontrada en el tipo de horno convencional (con ánodos precocidos o ánodos Soederberg, 10. con prevalencimiento absoluto de las superficies horizontales enfrentadas al cátodo), mientras que elimina los mencionados inconvenientes.

15. En particular, el horno de electrólisis según esta invención funciona con un ánodo, que es regulable exteriormente desde la parte superior exterior, y el cual puede ser restaurado, o sustituido. Se caracteriza por un recipiente macizo de grafito, cuyas paredes internas están inclinadas hacia el centro, en donde se encaran a un número igual de superficies anódicas paralelas con lo que su forma será substancialmente de configuración piramidal o troncopiramidal (cuadrada o rectangular 20. si el recipiente, como ocurre en los casos corrientes, tiene la configuración paralelepípeda o cúbica); el centro de dichos recipientes está provisto de un pozo, en el que se recoge el aluminio fundido, según se va produciendo por el procedimiento 25. electrolítico.

30. La presente invención también supera un prejuicio técnico, es decir era de esperar, que un cátodo de grafito macizo de volumen o configuración similar causaría serios inconvenientes, tales como irregular distribución de corriente en el cátodo y la más grande densidad de corriente en la superficie del

25 10 07



cátodo.

En el horno de la presente invención el ánodo (móvil) puede ser del tipo semicontinuo de carbón precalcinado, o del tipo continuo de pasta Soederberg en todas sus variantes, mientras esté propiamente configurado según se indica antes.

5.

La alimentación de la alumina al baño electrolítico puede ser efectuada sin ningunas dificultades, tanto por métodos mecánicos como manuales o por partidas, o de manera semicontinua o continua.

10.

El aluminio producido, según se ha hecho resaltar, baja por el cátodo y es recogido en el pozo (cámara o canal), puede ser atravesado por un cierto flujo de corriente, el cual dependerá de la relación entre el área de la superficie lateral del ánodo y el área de la superficie del ánodo frente al fondo. La superficie de nivel metálico puede, por consiguiente, actuar como parte de la superficie catódica total del horno, siendo la última superficie prevalentemente formada por el cátodo de carbón (grafito) desnudo.

15.

20.

También en los hornos convencionales, una parte de la corriente pasa a través de los lados (de carbón amorfo), donde ocasiona una reducción electrolítica.

25.

En este caso, sin embargo, la superficie lateral útil si existe en los mejores hornos conocidos para usos comunes industriales, no excede (a parte de no estar hecha de grafito) del 20% de la superficie horizontal de aluminio; como sea que esta superficie esté a una distancia media aproximadamente siete veces la distancia interpolar comunmente empleada, queda claro que en los hornos convencionales sólo un pequeño porcentaje de la corriente total pasa a través de las paredes, (mientras que en el horno de la presente invención la corriente fluye prin-

30.

25 10 07



principalmente a través de las paredes catódicas inclinadas). Como sea que estos lados están hechos de carbón y no de grafito, se hallan sujetos a una corrosión rápida; por lo que serán reemplazados eventualmente por lados de baño solidificado.

5. Asimismo, el tipo de horno descrito en la presente invención, puede estar equipado de varios ánodos para comodidad operativa, a manera de las células convencionales con ánodos múltiples, o varias células, es decir un horno con varios electrodos conectados en paralelo o en serie, siempre a base de ánodos de la configuración descrita, y en el que el recipiente catódico de grafito puede tener un número correspondiente de cavidades (en el caso de elementos anódicos espaciados) entre particiones macizas y paredes opuestas inclinadas (divergentes hacia abajo), con o sin particiones eléctricamente aislantes entre las dos inclinaciones, según si las respectivas conexiones electrónicas están en serie o en paralelo.
- 10.
- 15.

- En el primer caso, las conexiones entre los cátodos serán determinadas por la continuidad de la estructura en grafito; en el segundo caso las conexiones pueden estar dispuestas convenientemente, por ejemplo, encima en la parte superior del horno.
- 20.

- Hay que hacer constar que la invención también proporciona una realización que obviamente entra dentro el alcance de dicha invención, aún siendo, no obstante, una aplicación parcial de sus principios: a saber, un horno con recipiente catódico macizo de grafito y cavidad prismática, con sección vertical siempre substancialmente en forma de "V" (o trapezoidal) y con su base mayor en la parte superior; y con el ánodo o ánodos alineados y de forma convexa correspondiendo a la forma de dicha cavidad prismática. En tal caso, las cabezas del ánodo o
- 25.
- 30.

25 10 07



- de los ánodos alineados y las paredes respectivas del recipiente son verticales en lugar de inclinadas. Otra variante puede prever ánodos alineados con caras verticales vueltas una hacia la otra, mientras que a ambos extremos de la fila de los elementos anódicos los lados (y las respectivas paredes del recipiente) están inclinados según el principio de esta invención; en tal caso, solamente los lados anódicos verticales enfrentados uno al otro no "trabajarán" con respecto de la electrólisis, mientras que todas las demás ventajas de la invención permanecen invariadas, con la considerable ventaja de que todos los otros lados anódicos trabajan.
- 5.
- 10.

Los dibujos adjuntos muestran esquemáticamente algunas formas de ejecución de la invención, para mejor ilustración de la misma, a título de ejemplo no limitativo.

- 15.
- La figura 1 muestra la sección vertical de un horno monocelular con recipiente catódico de grafito y ánodo piramidal según la invención.

La figura 2 muestra el horno de la figura 1, visto desde arriba.

- 20.
- La figura 3 muestra la sección vertical de un horno de ánodos múltiples del tipo representado en las figuras 1 y 2, también con recipiente catódico macizo de grafito.

La figura 4 muestra una vista, desde arriba, del horno de la figura 3.

- 25.
- La figura 5 muestra una sección vertical de un horno multicelular con células individuales similares a las de las figuras 1 o 2, conectadas eléctricamente en serie y dispuestas en un solo horno.

- 30.
- La figura 6 es una vista, desde arriba, del horno de la figura 5.



25 10 07

La figura 7 muestra una sección vertical de un horno con ánodos múltiples prismáticos en un recipiente de grafito macizo.

5. La figura 7a facilita una vista en perspectiva del horno de la figura 7.

La figura 8 presenta una vista, desde arriba, del horno de la figura 7.

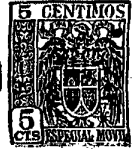
En las figuras, las partes iguales, análogas o correspondientes, lleven números de referencia idénticos, a saber:

10. (1) Contacto porta-corriente del ánodo ajustable;  
(2) ánodo;  
(3) recipiente catódico de grafito macizo (por ejemplo, de electrografito);  
(4) refractario;
15. (5) barra de hierro portacorriente para el cátodo;  
(6) pozos para recoger el aluminio metálico producido;  
(7) espacio inter-electródico ocupado por el baño.

20. En las figuras 5 y 6 se añade un tabique eléctricamente aislante (8) entre los cátodos (3) adyacentes del horno multicelular. La forma y disposición de los electrodos en el horno no requiere ulterior descripción; la alimentación de corriente, los métodos y medios para las conexiones eléctricas y la conducción, puesta en marcha, para la alimentación con  $Al_2O_3$ , para el sangrado del aluminio fundido producido, para la regulación

25. de la distancia interelectródica, integración anódica o reemplazamiento anódico desde la parte superior, (pudiendo ser los ánodos precalcinados o constituidos de paste autocalcinada tipo Soederberg), son perfectamente análogas a las disposiciones conocidas de los hornos tipo convencional, actualmente empleados para usos industriales. Lo mismo es efectivo para el

30.



-9-

251007

23 J

material usado para las puntas, y barras portacorriente, y materiales refractarios y aislantes, etc, excepto para el cátodo que, según se ha dicho, es el recipiente macizo de grafito. Por tanto, aquellas partes que no entran dentro del aspecto de la propia invención, por consiguiente, no han sido descritas, ni representadas en los dibujos, los que son puramente esquemáticos por motivo de mayor claridad.

Ha de hacerse constar, además, que las figuras 1, 3, 5 y 7 presentan solamente las secciones verticales según los planos A-A, B-B, C-C y D-D de las figuras 2, 4, 6 y 8, y que la inclinación de las caras del ánodo 2 y del cátodo 3, enfrentadas una a la otra, son similares en la sección vertical ortogonal a la representada, en cuanto a la configuración, en las figuras 1/2, 3/4 y 5/6; en la figura 8 las caras anódicas 2'' y 2''', enfrentadas una a la otra, son preferiblemente verticales, tanto como pueden serlo las caras 2', 3', 2'' y 3'' (forme prismática con sección transversal casi triangular o trapezoidal, del recipiente o del ánodo).

Se comprende que los tipos con ánodos múltiples y multicelulares pueden tener más de dos ánodos y más de dos células, y que los tipos con ánodos múltiples y multicelulares pueden estar combinados uno con el otro, sin perjuicio del alcance de la presente invención.

A continuación sigue un ejemplo, no limitativo, de realización del horno según la presente invención, con referencia al tipo representado en las figuras 3 y 4, el cual es igualmente válido para el tipo representado en las figuras 5 y 6.

Las células tienen las siguientes características:

- 30. Baño : Criolite y alúmina
- Corriente promedio : 1000 A
- Densidad anódica : 0,7 A/cm<sup>2</sup>
- Densidad catódica : 0,4 A/cm<sup>2</sup>



251007

- Distancia interpolar : 4-7 cm  
Tensión total promedio : 5 V  
Tensión de electrólisis : 4 V  
Temperatura promedio : 950-970°C
5. Rendimiento de corriente : 80-90%
- Consumo específico de energía: desde 16,7 a 18,7  
incluyendo las caídas externas;  
desde 13,3 a 15 sin las caídas externas.

10. Esta célula está constituida por un recipiente monobloque, de una longitud doble que la anchura del techo y tres veces la anchura del fondo.

Las dimensiones internas del recipiente son:

- Longitud : 400 mm
15. Profundidad : 260 mm
- Anchura del techo : 200 mm
- Anchura del fondo : 100 mm

La sección transversal es, por consiguiente, en forma de un trapecio con la base más pequeña en la parte inferior y los lados inclinados a aproximadamente 80° subhorizontal.

20. Material: El recipiente ha sido obtenido de un cilindro de electrografito (450 mm  $\phi$ ) aplanado en ambos lados a fin de proporcionar, asimismo, a la posición externa, una configuración aproximadamente trapezoidal. No se ha aplicado calentamiento auxiliar de corriente alterna a esta célula. Las células convencionales de igual capacidad, no consumen menos de 18-20 kWh/kg de Al, aún en condiciones ideales de trabajo.

25. La invención, dentro de su esencialidad, puede ser desarrollada en otras formas de realización que difieran en detalle de la indicada a título de ejemplo, a las cuales alcan-

30.

25 10 07



zará igualmente la protección que se recaba. Podrá, pues, realizarse con los medios y aperatos más adecuados, por quedar todo ello comprendido dentro del espíritu de las reivindicaciones.

= . =

N O T A

5. Descrito el objeto de la invención se declara nuevas las siguientes reivindicaciones con prioridad italiana nº 11 314 del 24 de Julio de 1958:
1. Horno para electrólisis de baño fundido, particularmente para la producción de aluminio a base de  $Al_2O_3$  en
10. escala semiindustrial, o industrial, monocelular o multicelular, caracterizado por el hecho de que el espacio que constituye la célula, o cada célula individual esté formada por un cátodo de grafito macizo en forma de recipiente, con paredes interiores inclinadas planas y de, a lo menos, un ánodo de carbón configurado en correspondencia con la forma de dichas pa-
15. redes interiores del recipiente, siendo el ánodo de forma substancialmente piramidal o troncopiramidal o prismática convexa, y el cátodo es de correspondiente forma cóncava, con una inclinación igual.
20. 2. Horno según la reivindicación 1, en su variante monocelular es caracterizado por el hecho de que las caras de los ánodos continuos están inclinadas y que el recipiente catódico de grafito situado entre ellos presenta elevaciones con paredes inclinadas paralelas, las cuales se enfrentan a
25. las citadas caras de los ánodos.

25 10 07



5. Horno según la reivindicación 1, en su variante multicelular es caracterizado por estar provisto de paredes aislantes mediante las cuales el recipiente estódico de grafito es subdividido en células independientes dentro del mismo horno.
10. 4. Horno según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por el hecho de que el ánodo o ánodos están constituidos de carbón amorfo o pasta autocalcinada Soederberg.
15. 5. Horno según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por el hecho de que el grafito empleado para el recipiente es electrografito.
20. 6. Horno según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por el hecho de que el ánodo y el cátodo de la célula o de cada célula presenta sección vertical, transversal y/o longitudinal, sección trapezoidal, con una relación entre las bases comprendida entre 0,1 y 0,5 y una relación entre altura y base mayor comprendida entre 0,3 y 1,3.
25. 7. Horno según la reivindicación 1, caracterizado por una cámara para la recogida y sangrado del aluminio formado en el fondo de la cavidad o cavidades del recipiente estódico, siendo las cámaras tanto en forma de pozo o canal.
30. 8. Horno según las reivindicaciones 2 y 7, caracterizado por una pluralidad de cámaras intercomunicantes o por una cámara en común en forma de canal que conecta los fondos de las cavidades individuales del recipiente de grafito.
35. 9. Horno según las reivindicaciones 3 y 7, caracterizado por estar provisto de cámaras individuales de recogida y sangrado para cada célula.
40. 10. Horno según las precedentes reivindicaciones,



25 10 07

caracterizado por el hecho de que todas las superficies anódicas y catódicas, inclinadas y humedecidas por el baño en todo el perímetro del horno, trabajan con regularidad uniforme.

5. 11. Horno según las reivindicaciones 1 a 10, en el que su realización puede ser monocelular con uno o más ánodos u horno multicelular, u horno combinando las estructuras multicelular y ánodos múltiples.

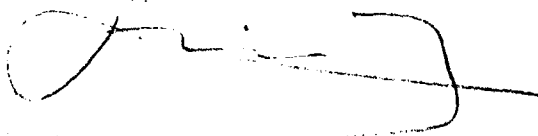
12. Horno para electrólisis de baño fundido, particularmente para la producción de aluminio.

10. Según se describe y reivindica en la presente memoria, la cual consta de trece hojas, foliadas y escritas a máquina por una sola de sus caras, acompañadas de cinco láminas de dibujos.

Madrid, a 23 de Julio de 1.959.

15. MONTECATINI, Società Generale per l'Industria Mineraria e Chimica.

p. a.

RECEIVED  
JUL 28 1959  


25 10 07

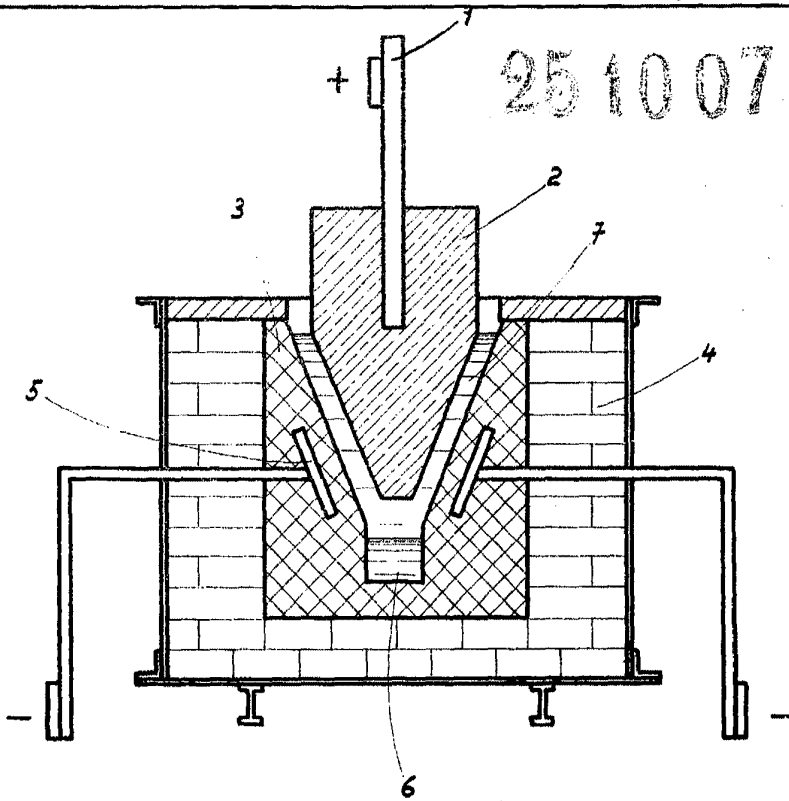


Fig. 1

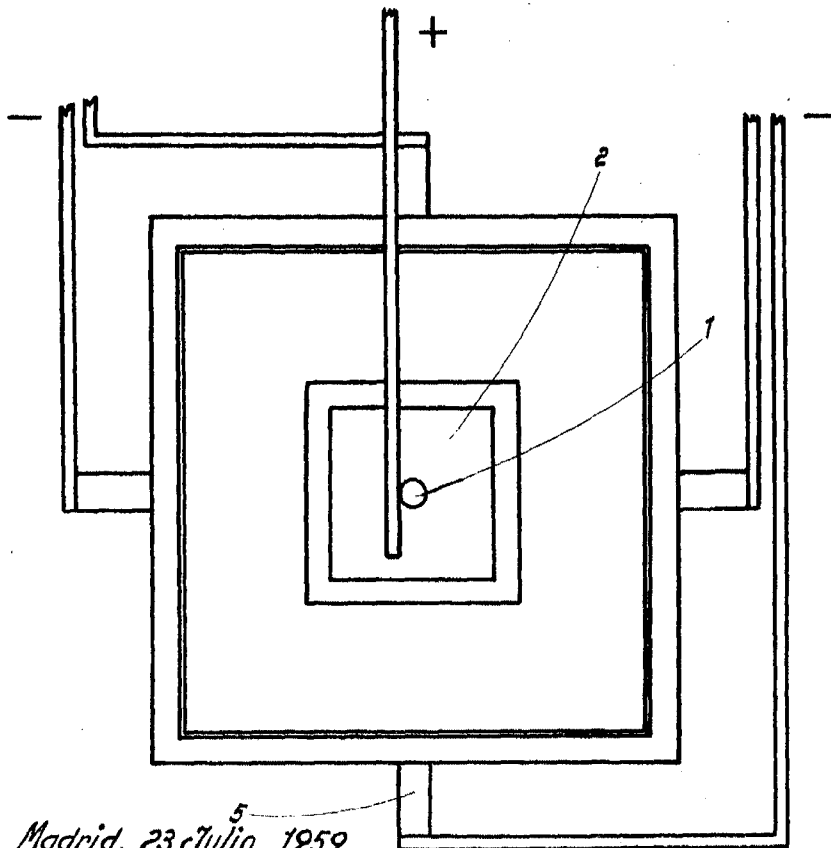
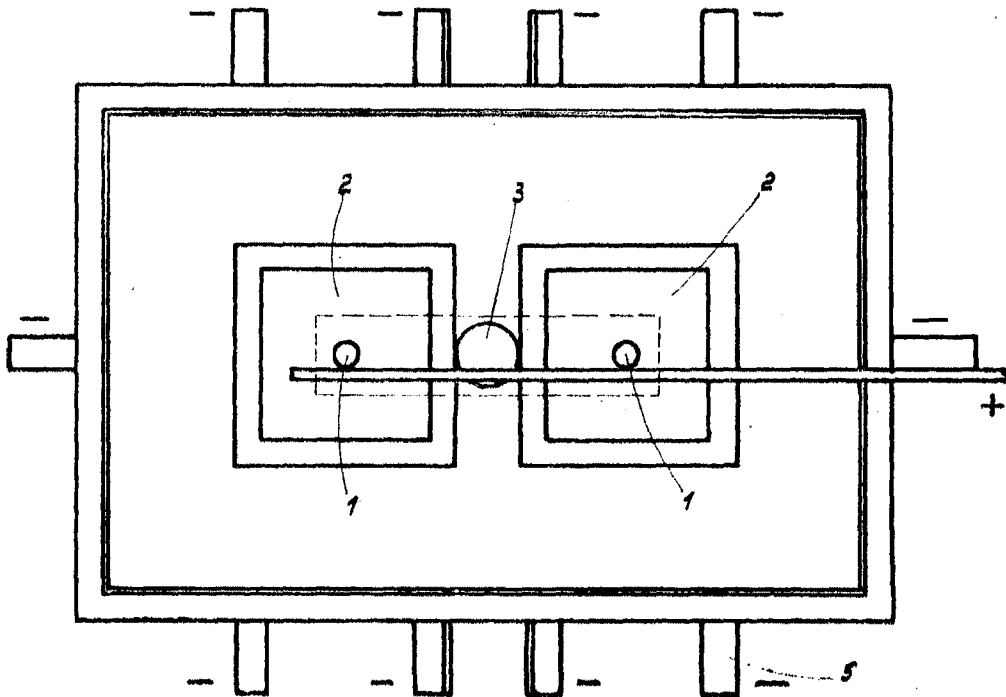
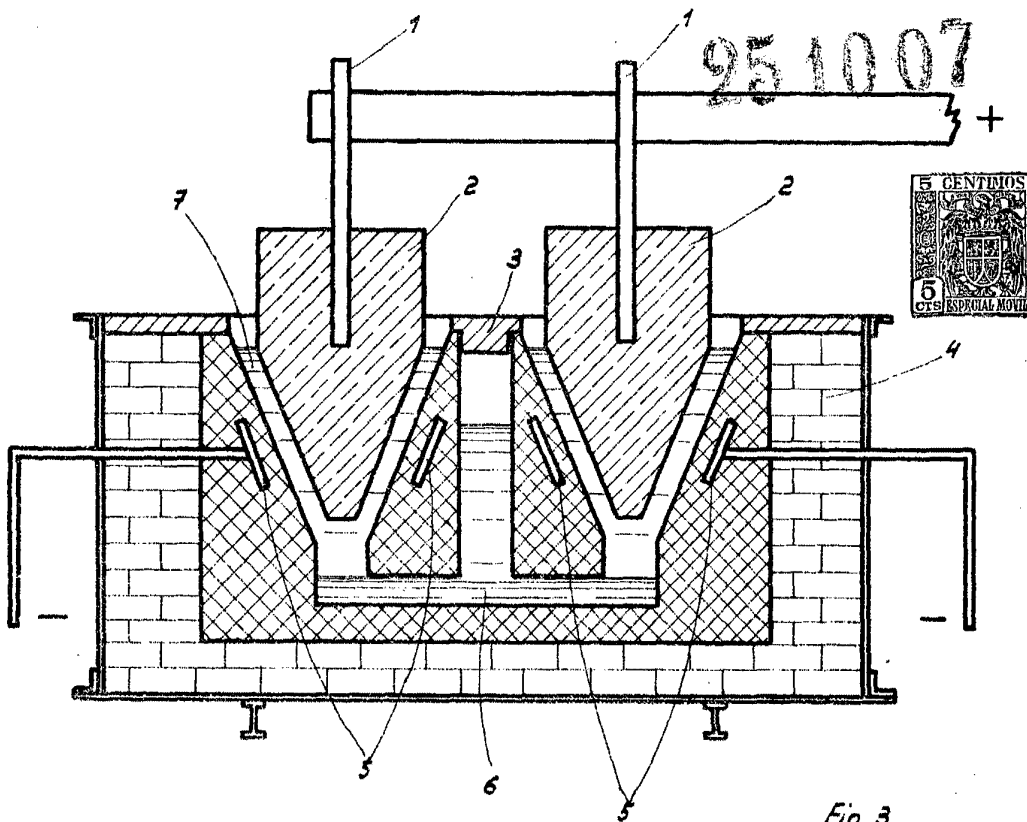


Fig. 2

Madrid, 23 Julio 1959  
p.p. Jaime Isern



Madrid, 23 Julio 1959

p. a. Jaime Iserra

354007

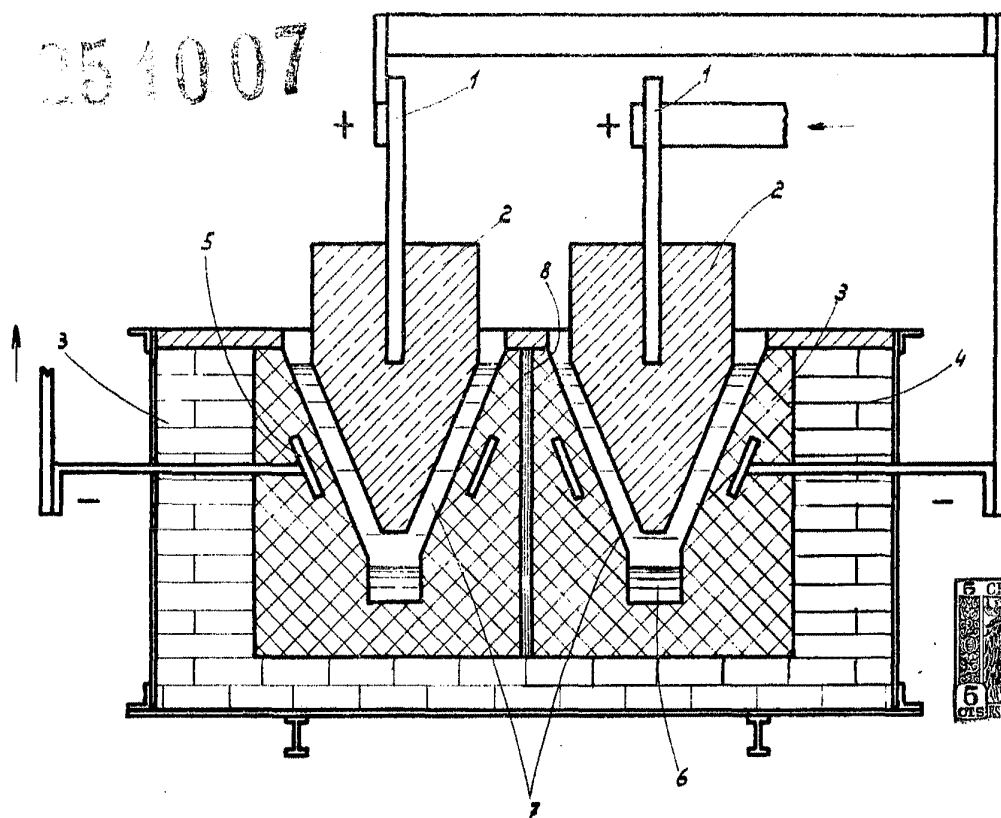
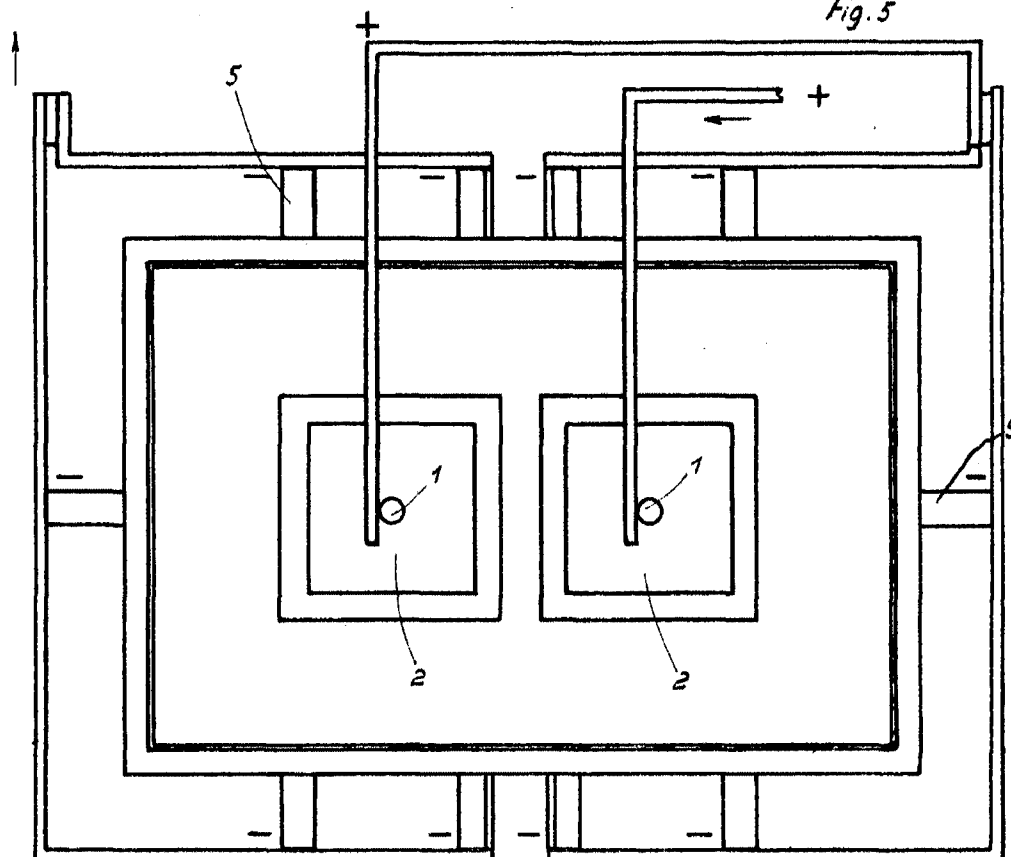


Fig. 5



Madrid, 23 Julio 1959

p. a. Jaime Isern

Fig. 6

*[Handwritten signature]*

25 10 07

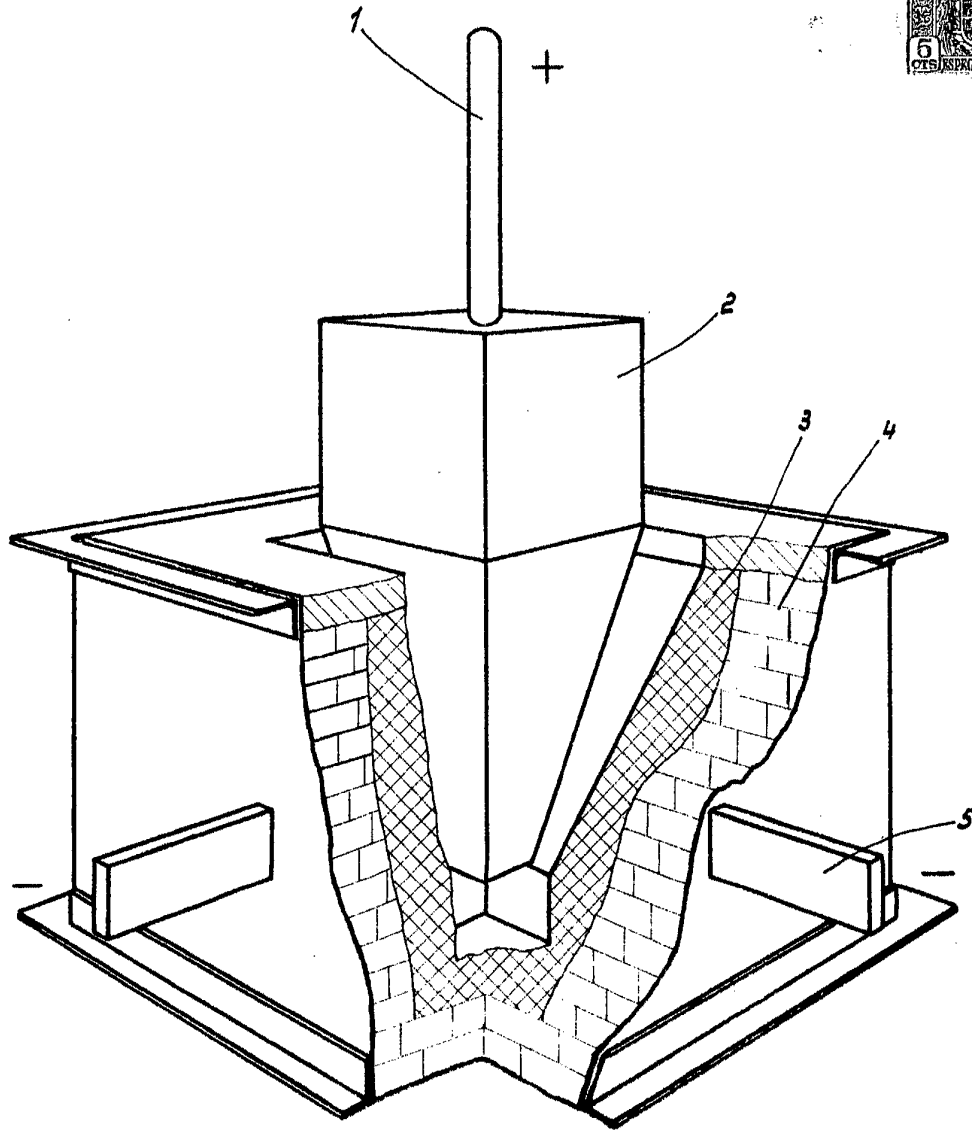


Fig. 7/A

Madrid, 23 Julio 1959

p. 4 Jaime Iserrn

251007

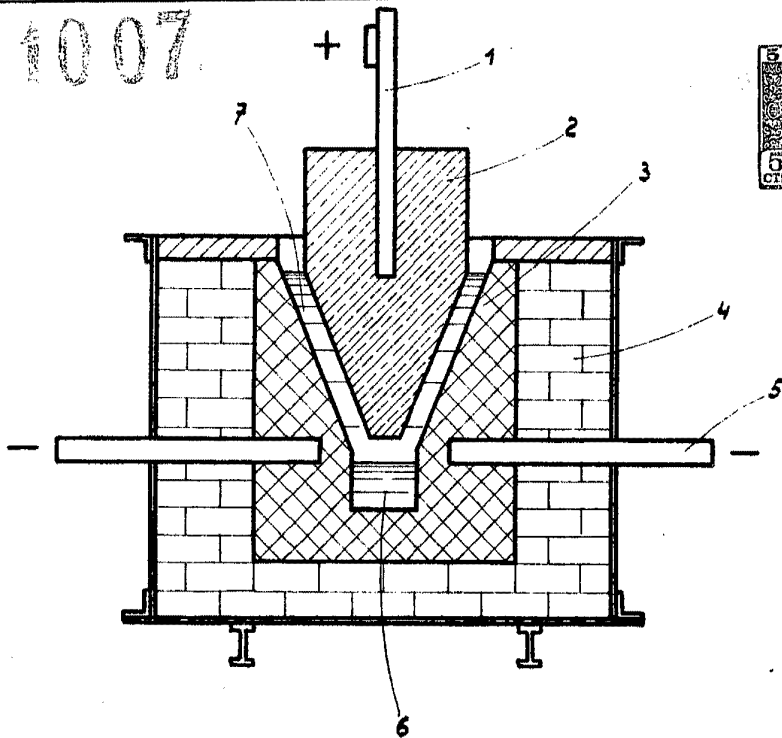


Fig. 7

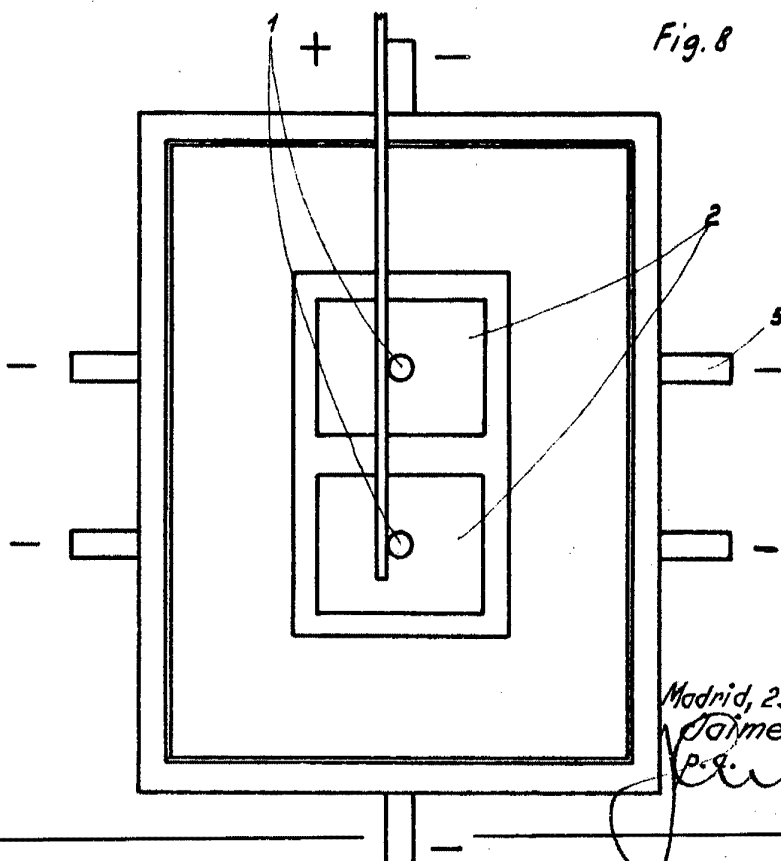


Fig. 8

Madrid, 23 Julio 1959  
Jaime Isern  
p.a.