



229004

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

por "PROCEDIMIENTO PARA LA ELECTROLISIS DE SALES FUNDIDAS, Y CORRESPONDIENTE HORNO DE CIRCUITO CERRADO, MULTICELULAR, PARA LA PRODUCCION DE ALUMINIO A PARTIR DE OXIDO DE ALUMINIO", a favor de MONTECATINI, società generale per l'Industria Mineraria e Chimica y de Don GIUSEPPE de VARDA, ambos de nacionalidad italiana, domiciliados en MILAN, (Italia), respectivamente en via F. Turati, 18, y en via San Sisto, 8.

= . =

MEMORIA DESCRIPTIVA

La presente invención se refiere a la producción de aluminio por medio de la electrólisis de sales fundidas, éstos es de alúmina disuelta en un baño de sales fundidas. En particular, la invención se refiere a un perfeccionamiento en los hornos y métodos para la producción de aluminio descritos en la patente anterior N° 219.705.

Un objeto de la presente invención es el permitir la reducción de la mano de obra, gastos de instalación y de mantenimiento, especialmente el consumo unitario de potencia, así como la inconveniencia del funcionamiento, y aumentar la



229004

- 7

capacidad de producción, a comparación no sólo con los métodos y hornos convencionales actualmente en uso, sino también con los métodos y hornos propuestos en la indicada patente.

5. Un objeto ulterior de la invención es el permitir el tratamiento de clases de alúmina menos pura o más barata que la alúmina Bayer convencional, aunque produciendo aluminio de calidad más elevada, consiguiendo un efecto de "clasificación" progresiva de célula a célula en el interior del horno.

10. Aun otro objeto de la invención es el proporcionar la posibilidad de funcionamiento con cierto número de células en serie abierta, tal como se describe en la patente N° 219.705, al funcionamiento con un circuito multi-celular cerrado y viceversa; así como la posibilidad de crear una circulación principal de célula a célula que está en armonía con las cir-

15. culaciones internas de las células individuales, las cuales también están en ciclos cerrados (circulación secundaria), sin crear contra-corrientes o constreñir las burbujas de gas anódico a seguir trayectos más largos tal como sucede si cierto número de hornos del tipo convencional, con superficies
20. electródicas horizontales, son conectados para crear a su través una circulación (principal) del baño de sal fundida.

25. Un objeto ulterior de la invención es el reducir a un mínimo o eliminar las variaciones de temperatura en las células individuales, así como restringir la dispersión de calor en un grado substancialmente mayor que el que es posible con los hornos utilizados o propuestos anteriormente a la fecha
30. de dicha patente N° 219.705, en particular, aunque funcionando con un horno normalmente cerrado y volviendo autónoma (o sea independiente del funcionamiento normal de las células electrolíticas individuales), la alimentación de alúmina y,



229004 - 7

en ciertos casos, asimismo la colada del metal producido, de manera que la alimentación, y posiblemente la colada, puede que no hagan necesario la apertura del horno y éste puede funcionar normalmente sin formación de costras y sin efectos de ánodo.

5.

Estos objetos y ventajas, así como otros que aparecen de la siguiente descripción, son conseguidos de acuerdo con la presente invención, la cual proporciona un método de producción de aluminio por electrólisis de alúmina disuelta en un baño de sales fundidas, en un horno multi-celular con células electrolíticas individuales que tienen electrodos inclinados, estacionarios, y electrodos intermedios bipolares consumibles anódicamente, de carbón (incluyendo grafito), caracterizado porque dicho baño es hecho circular por diferencia de altura de carga hidrostática dentro del horno durante la electrólisis, haciendo pasar corriente eléctrica a través de las células en serie (preferiblemente en un sentido opuesto al sentido de circulación del baño), y porque la alimentación de alúmina es efectuada en uno o más puntos del circuito mientras que la colada del aluminio producido es efectuada individualmente de cada célula.

10.

15.

20.

Para llevar a la práctica dicho método se emplea un horno que tiene células electrolíticas formadas por electrodos estacionarios, preferiblemente inclinados, con ánodos que son reconstruibles en sus caras consumidas, estando dichas células dispuestas en grupos con electrodos bipolares intermedios y con electrodos terminales, de los cuales a lo menos dos están provistos de conexiones metálicas conductoras de corriente y de cámaras individuales, una debajo de cada espacio de electrólisis para recoger el aluminio metálico, cuyo horno

25.

30.

229004 - 7



está caracterizado porque dichas células están provistas de cubiertas termo-aislantes individualmente desmontables e inter-comunicadas por medio de pasos situados a un nivel tal que permite el paso de baño electrolítico de una célula a

5. otra, y porque a lo menos dos grupos de células están conectados el uno con el otro en serie a través de medios de inter-comunicación y circulación para el baño fundido que se encuentra entre los espacios inter-electródicos, y por medios circuladores y elevadores para establecer el circuito de líquido así como eléctricamente a través de las respectivas conexiones terminales para establecer el circuito eléctrico, estando dichas células dispuestas en forma de collar cerrado con dos ramas alargadas dispuestas en lados opuestos de una pared longitudinal; esta pared, de material refractario y aislante eléctrico, puede tener cualquier forma, tal como
10. rectilínea, curvada, o de S.
- 15.

Los términos "collar" y "collar plegado" tal como son aplicados en la presente a una disposición de células electrolíticas, tiene que ser interpretado como refiriéndose a

20. por lo menos dos grupos de células (pero puede comprender también estaciones alimentadoras y cámaras terminales) inter-conectados tal como se ha descrito anteriormente, en términos generales en disposición de cadena como la de las cuentas de un collar y en la cual los medios que comprenden el circuito eléctrico y permiten la circulación del baño fundido

25. representan una doble hilada.

Por "plegado" hay que entender que se define la disposición de las dos ramas (o grupos que se extienden desde el "broche" hasta el "enganche") en yuxtaposición en lados opuestos de dicha pared longitudinal que forma una pared lateral

30.



- común para las células de las dos ramas. En el extremo "enganche" de los dos grupos, las células inter-comunicadas, igual que cada dos células adyacentes en los grupos, tienen diferencias de nivel unitarias y, en el otro extremo, que corresponde al "broche" del collar, se ha previsto dichos medios elevadores para levantar el líquido del baño en la diferencia de nivel total del collar de células para permitir la circulación del líquido de baño alrededor del collar por gravedad.
- 5.
10. Se puede proveer en el mismo horno, o sea dentro de una misma caja de chapa metálica revestida de material aislante y refractario, dos o más collares de células, preferiblemente conectadas eléctricamente en paralelo el uno con el otro y dispuestos preferiblemente con "broches" adyacentes los unos a los otros y separados por una pared transversal del mismo material y con función similar a la de las paredes intermedias longitudinales.
- 15.
20. En un horno de circuito cerrado tal como se ha indicado, las células pueden ser cubiertas por un techo de piezas desmontables de material termo-aislante, refractario preferiblemente poroso y ligero, apto para permitir el paso de los gases de la electrólisis y/o provisto en caso requerido o necesario de agujeros para facilitar el paso de tales gases. El horno aun puede tener cubiertas externas desmontables, de material refractario y termo-aislante.
- 25.
30. La retirada de dichas piezas y cubiertas externas encima o en la cercanía de una célula en la cual la superficie de ánodo tiene que ser restaurada, produce pérdidas de calor y aumento local de viscosidad o solidificación del líquido del baño, con lo cual la circulación de éste hacia, y de, di-



2034 - 7

electrolítico, esto es, no sólo dentro de un determinado montaje de aparato, sino en una zona interna rodeada por células electrolíticas, y de esta manera también se proporciona bolsas de colada, cada una en comunicación con una de las cámaras colectoras, o sea en dicha pared longitudinal que se encuentra entre las dos ramas del collar alargado de células.

5.

Según la invención, también es conveniente proporcionar un contacto eléctrico estable entre el cátodo y el metal de la cámara inferior respectiva para el metal. Para esta finalidad es conveniente proveer el cátodo de carbón de una o

10.

más tiras de carbón que se extienden hasta el fondo de la respectiva cámara inferior, a fin de asegurar la existencia de una conexión eléctrica fija entre dicha superficie catódica y el aluminio que ha fluído hacia abajo a lo largo de la

15.

citada superficie y se ha recogido en el fondo de la cámara inferior.

El consumo de alúmina en el curso de la electrólisis es compensado convenientemente en una o más estaciones alimentadoras del circuito interno, preferiblemente fuera de las células o espacios de electrólisis; en estas estaciones alimentadoras, la alúmina es, por ejemplo, hecha caer desde arriba por medio de un dispositivo medidor, de una manera continua, sobre la superficie que se encuentra debajo, del baño líquido, el cual de esta manera es renovado continuamente,

20.

25.

circulado convenientemente y mantenido a temperaturas más altas que la que es llamada a continuación "temperatura crítica", por medio de una cámara caliente y bien aislada. Se sobreentiende que el término "temperatura crítica", tal como se emplea en la presente se refiere a la temperatura a que un baño determinado de sales fundidas se vuelve tan viscoso que

30.

228004



perjudica la circulación en el horno de la presente invención. Como es natural, dicha "temperatura crítica" siempre es mayor que la temperatura de solidificación del baño en cuestión.

Es sabido que no es posible evitar la solidificación de la superficie del baño en los hornos convencionales (tendencia a formar costras superficiales) por lo que en los hornos convencionales es indispensable utilizar algún esfuerzo mecánico para introducir la alúmina en los baños.

5. El aluminio producido en las células individuales es colado desde las bolsas de colada, las cuales pueden ser previstas en la pared de horno intermedia entre las dos ramas del circuito, cuando dicha pared ha alcanzado una temperatura elevada y prácticamente uniforme. Hasta el presente no ha sido conocido el hecho de proporcionar bolsas de colada en paredes internas calientes, cuyas paredes están sin o casi sin escalonamiento de temperatura y se encuentran a temperaturas prácticamente estabilizadas, uniformes y más altas que las temperaturas críticas del baño y del metal. Por otra parte, no es nueva la idea de proporcionar bolsas de colada para el aluminio, basadas en el principio de los vasos comunicantes y previstas en paredes externas de hornos convencionales para la electrólisis del aluminio con capas de baño horizontales. No obstante, nunca ha sido posible incorporar tales bolsas de colada en la práctica, las cuales, con los hornos convencionales sólo pueden ser construídas en paredes de horno exteriores, y eran perjudicadas por la existencia de un gradiente térmico más o menos pronunciado según la conductibilidad térmica del material empleado en la construcción de dichas paredes externas, y según sus respectivos espesores. Incluso si el aislamiento es mejorado, los requisitos constructivos de
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.

229004



los hornos convencionales nunca han permitido en la práctica el funcionamiento con relativa continuidad y tranquilidad de tales bolsas de colada externas, las cuales tendían a obstruirse, por ejemplo, por la solidificación local del baño o del metal. Estos inconvenientes eran aumentados en los hornos convencionales de capas de baño horizontales por las inevitables irregularidades funcionales del fondo catódico. Finalmente, en los hornos convencionales para la electrólisis del aluminio, por razones obvias, las paredes separadoras internas de material refractario inerte nunca han sido propuestas.

La presente invención constituye no sólo un perfeccionamiento sobre el método y medios de la citada patente nº 219.705 y un progreso técnico considerable sobre el tipo de procedimiento y horno actualmente en uso (que tiene superficies electródicas opuestas horizontales), sino asimismo sobre las sugerencias conocidas destinadas a conectar en series líquidas cierto número de hornos electrolíticos para la electrólisis de sales fundidas, de tal manera que se pasa el baño en un circuito cerrado a través de cierto número de hornos que tienen características constructivas convencionales, tales como los de la patente EE.UU. 2.451.490. Esta patente propone la alimentación de baño fundido rico en alúmina a un primer horno de una serie y llevando el baño que tiene bajo contenido en Al_2O_3 a medida que abandona el último horno de la serie, nuevamente a su composición inicial antes de reintroducirlo en el primer horno de la serie; y, para este objeto, la solubilización de la alúmina contenida en el mineral de bauxita barata así como la eliminación por tratamientos subsiguientes adecuados de las impurezas y escoria del baño así enriquecido con Al_2O_3 . La realización de esta sugerencia



20004

en la práctica industrial implicaría, no obstante, la necesidad de enfrentarse con inconvenientes y de superar obstáculos que son insuperables en la práctica y que son debidos esencialmente a la necesidad de mantener el baño fluorado (que es un producto químico muy activo) a temperaturas elevadas del orden de 950-1000°C en todos los puntos del circuito y, por consiguiente, también en las secciones de conexión situadas fuera de los hornos. De otra manera, la viscosidad obstaculiza la circulación, mientras que la solidificación del baño incluso la puede interrumpir (850-900°C). Será suficiente citar únicamente: la longitud del circuito por el que ha de pasar el baño (siendo cada horno individual varios metros de largo, las superficies que transmiten calor se vuelven enormes y lo mismo hace la altura de carga de líquido necesaria para producir la circulación del baño desde el primer al último horno de la serie); las operaciones para poner en marcha y parar el circuito líquido así como aquellas para ajustar la cantidad de baño a conducir, son extremadamente difíciles, etc.; los numerosos trayectos externos que han de ser llevados por encima de la denominada temperatura crítica del baño al poner en marcha y mantenidas a tal temperatura durante la electrólisis y durante las interrupciones del proceso; el hecho de que la circulación interna (secundaria) en los hornos convencionales individuales es alterada, en una manera irracional por efecto de la circulación unidireccional (principal) de un horno al otro, así como la circunstancia de que el ajuste del espacio electródico entre el ánodo de carbón y el metal del cátodo, y la colada del metal en los hornos individuales del circuito se vuelven operaciones delicadas, asimismo en vista de los requisitos (por ejemplo, constancia de temperatura y

5.

10.

15.

20.

25.

30.



cantidad de flujo) del baño que fluye a través de los hornos individuales del circuito; los altos volúmenes y cantidades de flujo del baño en ciclo en relación con la producción unitaria de aluminio por día.

5. Una circulación principal del baño parcialmente interna al horno (del tipo con electrodos bipolares) es descrita en la patente suiza nº 293.187, donde, no obstante, la circulación no está cerrada dentro del horno y, sobre todo, el baño electrolítico está constituido por cloruro de aluminio, el cual no consume el electrodo (como en el caso de la alúmina) en el curso de la electrólisis, pero desprende cloro en el ánodo, con lo que el horno de la citada patente suiza tiene que ser mantenido cerrado herméticamente; es apto para funcionar a 700°C y no puede ser utilizado en la electrólisis de la alúmina en baños fundidos fluorados, con ánodos de carbón consumibles.
- 10.
- 15.

En las patentes mencionadas no hay ninguna prefiguración de los principios constructivos y funcionales que puedan hacer ventajosamente posible la práctica de la electrólisis de baño fundido para la producción de aluminio según la presente invención.

20.

A continuación se describirá a título de ejemplo y sin limitación, una realización de un horno, su modo de funcionar y el procedimiento electrolítico efectuado con él, todo de acuerdo con la presente invención, con referencia a los adjuntos dibujos esquemáticos, en los cuales:

25.

la Fig. 1 es una vista en planta de un horno "doble" según la invención, que comprende dos collares de células, presentando cada collar dos grupos de células electrolíticas en serie (estando las células indicadas en la hilera superior en

30.



disposición destapada, en la parte de la derecha de la hilera inferior completamente cubiertas, y en la parte de la izquierda de la hilera inferior sin cubierta exterior pero con un techo de piezas intermedias);

5. la Fig. 2a es una sección longitudinal de la rama inferior derecha del collar o grupos de células del horno de la Fig. 1, estando tomada la sección en las líneas B-B de las Figs. 4, 5, 6 y 7;

10. la Fig. 2b es una sección longitudinal de los grupos de células superiores de la derecha ilustrados en la Fig. 1 (pero provistos de cubiertas), estando tomada la sección en las líneas C-C de las Figs. 4, 5, 6 y 7;

la Fig. 3 muestra a mayor escala una porción de la Fig. 2a;

15. la Fig. 4 es una sección transversal en la línea E-E de las Figs. 2a y 2b;

la Fig. 5 es una sección transversal en la línea F-F de las Figs. 2a y 2b;

20. la Fig. 6 es una sección transversal en la línea A-A de las Figs. 2a y 2b; y

la Fig. 7 es una sección transversal en la línea D-D de las Figs. 2a y 2b.

El horno, en forma de un collar plegado con ramas estrechadas según la presente invención, puede ser dispuesto

25. (tal como se ve en planta) en varias configuraciones, por ejemplo en forma de un rectángulo o en forma de U o de S. Una forma particularmente conveniente, si se dispone de una nave rectangular larga y estrecha, es la de dos collares de células electrolíticas, de forma rectangular con extremos de cabeza enfrentados el uno al otro y que tiene circuitos de baño

30.



19004

independientes, en paralelo eléctricamente pero acomodados dentro de un horno "doble" rectangular, único. Esta forma de realización está ilustrada en la Fig.1, donde las flechas de trazo sencillo 1 indican esquemáticamente el trayecto de la corriente, mientras que las flechas de doble línea 2 indican esquemáticamente la dirección de flujo (circulación principal) del baño de electrólisis. Una caja metálica 3 contiene un alojamiento de células 4 de capas de materiales refractarios, y aislantes eléctricos y térmicos, las cuatro "ramas" 5', 5" y 6', 6", de grupos de células, cuyas ramas forman por pares, tal como se ha indicado, los dos collares independientes de células, los cuales, no obstante, están montados en un horno doble.

Las dos ramas longitudinales de cada collar tienen en común paredes intermedias longitudinales 7 y 8, y los dos collares tienen en común una pared intermedia transversal 9.

En la parte superior de las células se ha previsto aislamiento por varias capas aislantes desmontables, por ejemplo mediante cubiertas externas 10 y por piezas 11 situadas debajo. Cada rama longitudinal del horno está formada por cierto número de células elementales (Figs. 2a, 2b y 3). Se puede intercalar cámaras intermedias o estaciones alimentadoras 12 para el suministro de alúmina, con dispositivos alimentadores 13.

Las células están formadas tal como se describe en la patente nº 219.705, con electrodos terminales 14 (ánodos) y 15 (cátodos) provistos de conexiones metálicas (por ejemplo de hierro) 16 que llevan la corriente eléctrica, y con electrodos bipolares intermedios 17, capas de restauración anódica 18, espacios interelectródicos o cámaras de electrólisis



- (células propiamente dichas) 19 para el baño 20, y cámaras inferiores 21 para recoger el aluminio metálico 22, provistas cada una de ellas con una colada 23. Los electrodos y las cámaras de colada de las células son encerrados por un revestimiento 24 de material resistente al ataque por el baño y por el metal, impermeable, aislante eléctricamente y capaz de resistir la temperatura del baño. Una característica distintiva e importante de las células del horno según la presente invención, es que los carbones de los electrodos son rebasados en toda su anchura por bloques masivos 25 de un tal material inerte, aislante, resistente e impermeable, cuyos bloques constituyen cabezas en las que se ha previsto conductos 26 de comunicación entre célula y célula, a través de los cuales circula el baño líquido 20, y que constituyen sólo una pequeña derivación para la corriente eléctrica. Estos conductos están a un nivel inferior que el de las cámaras colectoras de gas 27 previstas en la parte superior de las células. Los bloques 25 soportan las ya mencionadas piezas desmontables 11, que son, convenientemente, de material poroso que permita el paso de los gases de electrólisis, para cuya retirada también se puede proveer agujeros (no indicados en los dibujos) en dichas piezas. Los gases son descargados a través de salidas 28. En dichos bloques 25 se ha previsto agujeros verticales 29 con tapones ajustables 30 aptos para estrangular los pasos de los conductos 26. Estos tapones están representados en las Figs. 2a, 2b y 3 en posición levantada. Los orificios de colada 23 están en comunicación con un número igual de bolsas 31 (Fig. 4) en la pared intermedia 7, 8. También se ha previsto orificios de colada exteriores 47 con tapones 48 (Fig. 4). Los carbones electrodicos de las células individuales es-



229004 -7

tán inclinados en una magnitud idéntica pero, preferiblemente, en sentidos inversos en las dos ramas del mismo collar de células, tal como se indica en las Figs. 2a y 2b.

5. Uno de los dos cabezales de cada collar de células está constituido esencialmente por dos cámaras bien aisladas y cerradas, presentando la cámara 32 su fondo a un nivel más alto que el de la otra cámara 33 (Fig. 6). Las dos cámaras comunican la una con la otra mediante un conducto 34; estas dos cámaras terminales a su vez comunican respectivamente con
10. la primera célula 35 y la última célula 36 contiguas de las células electrolíticas de las dos ramas del collar. El otro extremo puede ser dispuesto de modo similar, o las dos cámaras terminales pueden ser omitidas si los niveles de las dos células electrolíticas terminales en este extremo se encuentran
15. al mismo nivel o aproximadamente igual, en cuyo caso dichas dos células terminales pueden estar conectadas directamente entre sí, por ejemplo mediante un conducto 37 indicado en la Fig. 7.

20. A fin de no complicar el dibujo más de lo necesario, en él no se ha indicado los contactos eléctricos estables (por ejemplo tiras de carbón) previstos, tal como se ha mencionado anteriormente, entre el cátodo de grafito y el metal de la cámara colectora inferior de cada célula.

25. Los materiales a emplear pueden ser aquellos ya en uso en los hornos convencionales, para la cubierta o caja metálica y para las capas refractarias y termo-aislantes del alojamiento de las células (por ejemplo porosite, alúmina en polvo, ladrillos refractarios) o que constituyen las paredes longitudinales intermedias, así como para las cubiertas exteriores;
30. mientras que la capa más interna en contacto direc-



229004

- to con el baño electrolítico fundido y con el metal líquido producido, está constituida, tal como se ha indicado, por un material inatacable y poco poroso con respecto del baño y del metal, preferiblemente por un material sólido previamente fundido o sinterizado a muy alta temperatura, por ejemplo corundum, nitruro de aluminio, óxido de magnesio que han sido electro-fundidos previamente. El material a emplear para los bloques masivos 25 tiene que ser un mal conductor eléctrico pero, análogamente al carbón, un buen conductor térmico. El óxido de magnesio electro-fundido (MgO) o corundum (Al_2O_3) han sido utilizados con éxito. Las piezas (colchones) 11 que forman el techo de las células pueden ser, por ejemplo, de material que contenga magnesia y/o amianto, esto es, de un material que es buen aislante térmico, que resiste $1000^{\circ}C$, preferiblemente poroso o fibroso y ligero. Estas piezas son proporcionadas a fin de mantener la capa de gas sobre el baño a temperaturas tales que eviten la posibilidad de solidificación en la superficie del baño. Los electrodos son de material carbonáceo atacable electrolíticamente, conocido per se en el lado anódico y de grafito en el lado catódico; las conexiones metálicas son comúnmente de hierro o acero tal como es conocido per se.

- El funcionamiento del horno según la invención es el siguiente: La corriente electrolítica es hecha pasar a través del circuito del horno en el sentido: ánodo terminal/baño/electrodo bipolar/baño/.../electrodo bipolar/baño/cátodo terminal. Puede entrar a través de conductores metálicos en cualquier carbón electrodico del horno, el cual actuará sólo como un ánodo terminal, y dejar el horno, desde el carbón electrodico inmediatamente precedente, el cual actuará exclusivamente como cátodo terminal, y evidentemente está aislado del ánodo ter-



229004

minal.

Tanto la entrada como la salida de la corriente se hace por medio de conexiones metálicas distribuídas en los carbones electródicos terminales y situadas, preferiblemente, a iguales distancias de la superficie electródica activa. Esto puede ser obtenido disponiendo las conexiones terminales de cualquier manera, por ejemplo en planos normales a dicha superficie, tal como se ha indicado a título de ejemplo en la patente n° 219.705 y tal como está indicado a la derecha de las Figs 2a y 2b, o disponiéndolas paralelamente a la citada superficie tal como se indica a la izquierda de las Figs. 2a y 2b, y en la Fig. 3.

5.

10.

15.

20.

25.

30.

La manera más conveniente de conectar el horno a las barras ómnibus es seleccionar como par de carbones electródicos terminales los dos electrodos (uno de los cuales es un ánodo y el otro un cátodo) situados en el extremo de cabeza del collar de células, proveyéndolos de adecuados conductores metálicos, siendo el circuito eléctrico tal como el indicado en la Fig. 1.

Otra conexión conveniente consiste en abrir el collar de células, preferiblemente a media distancia entre los extremos del horno, dividiendo un carbón electródico bipolar (pared intermedia) en un carbón anódico 14' y un carbón catódico 15', provistos cada uno de ellos de conexiones tal como se indica en las partes medias de las Figs 2a y 2b, aunque en este caso, contrariamente a lo indicado en los dibujos, los dos electrodos están, como es natural, aislados eléctricamente entre sí.

Tal como ya se ha mencionado, la corriente de electrólisis pasa a través del circuito del baño en un sentido opuesto al de la circulación de dicho baño. Tal como también se ha



229004

mencionado, la corriente pasa a través de los carbones bipolares y de esta manera, de una célula a otra. Sólo una parte muy pequeña de corriente pasa con el flujo de baño a través de los conductos 26.

5. De hecho, en el horno según la presente invención el baño circula (siempre dentro del horno) a través de todas las células hasta que vuelve a la célula de partida desde donde fluye nuevamente a través de todo el circuito, y así sucesivamente. El flujo del baño de cada célula a la siguiente puede
10. efectuarse por conductos previstos en las paredes del lado interno del horno; pero, preferiblemente, a través de las paredes intermedias que separan las células individuales, o sea a través de conductos 26 que pasan por las porciones superiores de dichas paredes intermedias, las cuales están constituidas
15. por los bloques 25 de material adecuado (fig. 3).

- La velocidad de la circulación secundaria o circulación del baño en cada célula, tiene, asimismo, que ser tan lenta como sea posible a fin de no estorbar la deposición del aluminio. Por otra parte, la velocidad de la circulación principal del baño tiene que ser suficiente para asegurar una alimentación de la alúmina también hasta la célula más alejada de
20. la respectiva estación alimentadora, a menos que se recurra a alimentación independiente para cada célula individual.

- La circulación secundaria de baño dentro de cada célula ha de tener lugar, preferiblemente, hacia abajo a lo largo del cátodo y hacia arriba a lo largo del ánodo.
- 25.

- Los problemas que se presentan al asegurar la circulación de baño en los hornos del tipo de collar cerrado son principalmente debidos a la necesidad de mantener el baño, en
30. todas partes del circuito, a una temperatura (más alta que la

22 4^o 7



5. temperatura crítica a la cual pierde su fluidez) igual o cercana a las temperaturas óptimas de funcionamiento que puedan ser aquellas a que se hace funcionar actualmente las células electrolíticas. A esta temperatura el baño es muy fluido, la cantidad de flujo a asegurar es sorprendentemente modesta, y de aquí que la circulación haga necesario el superar pérdidas de presión virtualmente despreciables. Además, es conveniente limitar en lo posible, y mejor excluir la posibilidad de derivación de corriente a través del baño entre las dos células terminales, las cuales se encuentran bajo la tensión total del horno.

15. En la patente anterior nº 219.705 se ha indicado que la porción superior de la pared divisoria transversal situada entre dos células contiguas, está revestida convenientemente con un material especial inatacable por el baño e inoxidable. Según la presente invención, en lugar de limitar la aplicación de este material a un mero revestimiento, la porción superior de las paredes parcialmente sumergidas en el baño e inactivas para la electrólisis, puede estar constituida convenientemente por un bloque masivo de dicho material, descansando sobre la pared de carbón bipolar que se encuentra debajo y fijado convenientemente a las paredes laterales del horno tal como ya se ha indicado, o por un bloque de carbón enteramente revestido de tal material.

25. En la porción inactiva superior de la pared así formada se ha previsto los conductos 26 para asegurar un flujo de líneas de corriente substancialmente paralelas en el baño. A través de estos conductos el baño fluye en la cantidad requerida si se asegura una muy ligera altura de carga líquida entre los niveles de dos células adyacentes. También es posible

30.



dar a cada una de las dos ramas del horno del tipo de collar cerrado una ligera pendiente en el sentido de la corriente de baño. El líquido de baño que abandona los conductos entra en las células individuales en correspondencia con la superficie catódica. Sólo parte de esta corriente de baño desciende a lo largo del cátodo, mientras que en la superficie anódica opuesta forma una corriente ascendente favorecida por el desarrollo de los gases y por la temperatura. Esta corriente ascendente se une a la principal que entra en los canales de salida.

5.

10.

En la Fig. 7 se apreciará que los canales abiertos en las paredes (bloques horizontales) en la parte superior de los electrodos terminales de las dos células de cabeza en el extremo libre del horno, están conectadas entre sí por un conducto 37 que atraviesa la pared longitudinal que separa las dos ramas del horno del tipo de collar. En el extremo opuesto del collar está interpuesto el dispositivo elevador 32, 33, a que se hace referencia a continuación e ilustrado en la Fig. 6.

15.

20.

La circulación de baño a través de los conductos descritos anteriormente requiere que la temperatura en ellos disminuya poco a comparación con la del baño en la zona anódica, por lo menos mientras se tenga que mantener la circulación principal; además es necesario que los niveles de baño en las diferentes células pueda ser establecido libremente con la diferencia de nivel necesario para asegurar el flujo deseado, independientemente de moderadas variaciones del nivel medio que se presentan en el horno durante el funcionamiento. Esto puede ser conseguido cerrando la parte superior de los espacios celulares por medio de los pads o piezas de material aislante antes descritas, que descansan sobre las porciones superiores de las paredes transversales que se encuentran entre

25.

30.



2004

5. cada dos células y que tienen preferiblemente tales proporciones que mantienen la superficie libre del baño a una temperatura más alta que la temperatura de solidificación de dicho baño, evitando así la posibilidad de formación de costras, tal como se ha indicado, la salida de gas de las células individuales tiene lugar en virtud de la porosidad de las piezas y, en caso necesario, a través de agujeros convenientemente dimensionados. Las piezas necesitan ser retiradas únicamente cuando se emprende la restauración anódica. Pueden ser cubiertas o llenadas en parte con alúmina. En el extremo del horno del tipo de collar, opuesto a aquél en donde se ha previsto el conducto transversal anteriormente mencionado, se ha previsto los medios, tal como se indica, para crear la necesaria altura de carga líquida para vencer las modestas pérdidas de presión debidas a la circulación del baño en todo el circuito. También en este emplazamiento puede ser conveniente efectuar la alimentación de alúmina. Extendiendo las paredes laterales del horno del tipo de collar, es posible obtener, por ejemplo en su cabeza, dos cámaras terminales adyacentes, por ejemplo tan anchas como las células, con paredes verticales o inclinadas, y tan profundas como sea necesario para permitir el funcionamiento intermitente del desplazamiento del baño o para acomodar en ellas el dispositivo elevador. Las paredes de estas cámaras terminales pueden ser más altas que las de las células.
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.

El aislamiento térmico tiene que ser tal que asegure que la temperatura del líquido de baño contenido en dichas cámaras terminales pueda ser mantenida por encima del punto crítico definido en la presente.

30. Esto es facilitado por el hecho de que el calor desa-



219004

•7

rrollado en las células terminales es mayor a causa de las pérdidas óhmicas en el contacto hierro-carbón. El aislamiento se vuelve mejor sensiblemente si se proporciona dos collares de células, esto es dos hornos gemelos en un sólo montaje simétrico de tal manera que tengan las respectivas cámaras terminales adyacentes entre sí, en cuya disposición también puede ser conveniente agrupar las estaciones alimentadoras de alúmina en dos cabezas en lugar de hacerlo a mitad de camino a lo largo de los montajes de células tal como se ha indicado en las Figs. 1, 2a y 2b. También se puede proveer una pequeña fuente adicional de calor para las cámaras y estaciones.

5.

10.

A lo menos en un punto del circuito, preferiblemente en un extremo del horno del tipo de collar, es necesario elevar el baño, opcionalmente por medios manuales, pero preferiblemente por medios neumáticos, de tal manera que se proporciona al baño una suficiente altura de carga líquida para permitirle entrar en la célula del horno donde el baño se encuentra al nivel más elevado. El retorno del baño a la primera célula de una rama del horno desde la última célula de la otra rama, cuyas células están situadas una al lado de la otra, puede ser efectuado preferiblemente con flujo y contacto intermitente para evitar una derivación de corriente si, tal como ya se ha indicado, entre estas dos células la caída de tensión fuese máxima, esto es, la caída de tensión total del horno. Es posible, ventajosamente, utilizar sistemas elevadores que rompan la continuidad del baño. El paso del baño a través de las cámaras puede tener lugar convenientemente, por ejemplo, tal como se describe en la presente con referencia a la Fig. 6.

15.

20.

25.

30.

Cada cámara terminal es puesta en comunicación con la



2200047

- célula adyacente por medio de conductos longitudinales 39, 40. El baño se establece en la cámara terminal 33 adyacente al ánodo terminal en un nivel ligeramente inferior que el de la célula adyacente, mientras que en la otra cámara terminal 32 el líquido del baño tiene que ser mantenido a un nivel más alto (por ejemplo, más alto en unos decímetros), por medio de paso forzado de la cantidad deseada de baño. Una manera conveniente de asegurar la elevación del líquido de baño de una cámara a la otra es la siguiente. La cámara 33 de nivel inferior está en comunicación con la célula adyacente por medio de uno o más canales 39 provistos de una válvula de retención rudimentaria (por ejemplo, una válvula de retención de bola 41, Fig. 3, de material refractario inatacable de peso específico menor que el del baño, siendo la bola, por ejemplo, de carbón revestido con óxido de magnesio o aluminio electro-fundido) que sirve para permitir el flujo del baño sólo desde la última célula hasta la cámara terminal inferior, y para impedir el reflujo. La porción superior de cada cámara está cerrada y termo-aislada por una cubierta 10 que ajusta con precisión. Además, los pares de cámaras terminales se inter-comunican por medio de a lo menos un canal 34. La porción no ocupada por el baño de la cámara terminal 33 de nivel inferior es puesta alternativamente en comunicación por medio de un conducto 44 con un tanque (no ilustrado en el dibujo) que contiene un gas inerte (por ejemplo, gas de electrólisis) mantenido a presión suficiente para vencer la caída de presión entre las dos cámaras terminales, cuya caída se eleva a unas pocas décimas de atmósfera, y con una descarga. Ajustando la cantidad y frecuencia de cambios de presión y la duración de los períodos de sobrepresión y presión atmosférica en la cá-
5.
10.
15.
20.
25.
30.



229004

5. para 33, se efectúa la transferencia intermitente de la cantidad deseada de baño desde dicha cámara hasta la cámara 32, incluso si el cierre de la válvula de bola 41 que actúa como retención de reflujo no es perfecto. La cámara 32 está provista de un ventilador 45.

10. En el otro extremo libre del horno del tipo de collar (Fig. 7) el paso del baño de una célula terminal a la otra tiene lugar por a lo menos un conducto suficientemente largo 37 que atraviesa la pared de partición 42 que separa las dos ramas del horno. La sección transversal y longitud del conducto o conductos 37 son tales que limitan el valor de la corriente que puede pasar por ellos a un pequeño porcentaje, por ejemplo 2-3%, del que pase a través del horno y entre dichas células terminales. Similares limitaciones también son efectivas en los conductos 26 entre cada dos células adyacentes de la misma rama del horno. La alúmina necesaria puede ser alimentada continua o intermitentemente, a través de una o más cámaras, tanques o espacios intercalados en el circuito de collar, de tal manera que permita el flujo del baño a su través. Estas estaciones alimentadoras pueden ser dispuestas, por ejemplo, en los extremos del horno del tipo de collar o en posiciones intermedias (12 y 13, Figs. 2a y 2b). De esta manera se evita o reduce mucho en número los efectos de ánodo. De ello resulta que ya no hay necesidad, como en los hornos convencionales, de la frecuente ruptura de la costra del baño, ni tampoco es necesario que cada célula elemental sea alimentada directamente con alúmina como en la patente n° 219.705.

30. Desde la estación alimentadora 12, suministrada por el alimentador 13, la alúmina pasa al circuito de baño principal, el cual en las Figs. 2a y 2b es hecho fluir bajo un



tabique 38 hasta una cámara adyacente y subsiguientemente hasta la célula de electrólisis adyacente, siguiente a la estación alimentadora.

5. La colada del metal producido en el curso de la electrólisis es efectuada, en el horno de tipo de collar, preferiblemente a través de bolsas verticales previstas en número de una para cada célula en la construcción de ladrillo refractario interna entre las dos ramas del horno, tal como se ha indicado en la Fig. 4. Cada célula está provista en su porción inferior de un paso de salida 23 que, después de una corta sección horizontal, está en comunicación con una bolsa vertical 31 que se extiende hasta el borde superior de dicha célula. El aluminio líquido llena este paso de comunicación lateral y se eleva en la bolsa 31 hasta un nivel que es unos centímetros más bajo que el nivel del líquido del baño en la célula, el cual tiene un peso específico más bajo que el metal. Estas bolsas de colada, que están dispuestas en la pared longitudinal interna del horno del tipo de collar, se encuentran a una temperatura suficientemente alta para evitar no sólo la solidificación del metal sino también la de todo líquido de baño que pueda estar presente. Las bolsas 31 están cerradas en su parte superior por pequeñas cubiertas 46 que tienen un gran espesor para asegurar el aislamiento térmico.

10. 15. 20. La colada del metal es efectuada por medio de un tubo de aspiración sumergido periódicamente en el metal desde arriba, según procedimientos conocidos. También se ha hecho provisión para la posibilidad de colada lateral, por ejemplo de vaciado completo del horno, por salidas de colada 47 con tapones refractarios 48 tal como se indica en la Fig. 4.

25. 30. La restauración anódica, preferiblemente es efectuada



004 - 7

inmediatamente después de la colada de la célula respectiva y preferiblemente después de haber cortado la corriente previamente. En la ya citada patente n° 219.705 y también en la patente n° 225.931 se ha descrito y reivindicado métodos por

5. los cuales es posible efectuar la restauración de los carbones anódicos (consumidos por efecto de la electrólisis) ya sea rebajando el nivel del baño en la célula hasta que toda la superficie del ánodo viejo es descubierta y aplicando luego a dicha superficie una placa o tiras de material anódico
10. de restauración untadas con una capa conglomerante, o alternativamente, cuando se opera en una célula llena, por ejemplo, apoyando meramente la nueva pieza o piezas de carbón anódico contra el ánodo viejo. En dichas patentes también se ha mencionado la circunstancia de que el aumento de caída de tensión que se produce en el ánodo así restaurado puede ser reducida a una fracción de 1 volt.

Desde el punto de vista del funcionamiento, es importante y una característica de la presente invención que el siguiente procedimiento preferido de colada y restauración de

20. ánodo en las células individuales puede ser efectuado en momentos convenientes en el curso del funcionamiento del horno, tal como lo indican los medios de control (instrumentos para medir los niveles, la intensidad de corriente y las tensiones, termo-pares y así sucesivamente), los cuales, con miras a la
25. simplicidad y como no forman parte esencial del invento no son indicados en los dibujos. Cuando en una célula tal como se indica en la Fig. 3, el espesor restaurable o de restauración de capa anódica está consumido a lo menos en su mayor parte, la corriente es interrumpida preferiblemente, la cubierta externa
30. 10 es desplazada para permitir el acceso a la pieza



subyacente 11 de la célula en cuestión, y esta pieza también es elevada y retirada. El enfriamiento así producido puede ser suficiente de por sí para solidificar el baño en los conductos adyacentes 26 interrumpiendo así el flujo del baño. De otro modo, ya si se ha previsto agujeros verticales 29 con tapones 30, esta interrupción de circulación puede ser efectuada o ayudada bajando dichos tapones 30 para estrangular los conductos. Luego la cubierta 46 (Fig. 4) de la bolsa de colada 31 en comunicación con aquella célula es retirado, y por medio de aspiración se extrae el metal producido y cierto exceso, esto es, tanto metal como sea necesario para hacer que el nivel del baño descienda en la célula por debajo del nivel del escalón del material 24' sobre el que descansa el ánodo y, particularmente, la porción 18 restauradora del ánodo. Entonces la nueva porción restauradora de ánodo es introducida y aplicada contra la cara anódica consumida. Dicha porción restauradora de ánodo puede ser tanto una placa compacta de carbón (o bien puede estar compuesta por cierto número de elementos) convenientemente cubierta en la superficie a acoplar con el carbón anódico básico, de material conglomerante (por ejemplo, que contiene hidrocarburos y de alto punto de fusión). Parte del líquido extraído es reintroducido por la bolsa de colada, o sea tanto como sea necesario para volver a hacer subir nuevamente el nivel del baño en la célula cuyo ánodo acaba de ser restaurado, hasta la altura intermedia entre los niveles del baño en las dos células contiguas; la pieza porosa 11 es repuesta luego y la corriente es conectada. Finalmente, la cubierta 10 también es repuesta después o antes de levantar los tapones 30.

30. Ejemplo cuantitativo.- A continuación se describe



0004

cuantitativamente, meramente a título de ejemplo, una de las muchas realizaciones posibles de la presente invención.

5. El horno del presente ejemplo es del tipo de collar sencillo (esto es, que no es del tipo gemelo representado en la Fig. 1). En conjunto está compuesto por 28 células elementales subdivididas en dos ramas, una de 12 (rama a) y la otra de 16 células (rama b). Las dos ramas del collar plegado están separadas por una sola pared intermedia longitudinal entre ellas. Las dos cámaras terminales para la elevación del baño están intercaladas entre la 6^a y 7^a célula contando desde la izquierda de la rama a. El ánodo terminal de la 6^a célula y el cátodo terminal de la 7^a célula de la rama a están conectados a barras ómnibus para el suministro de corriente eléctrica. Hay dos estaciones para la alimentación de alúmina,
10. una para cada rama. La de la rama a está intercalada entre la 9^a y la 10^a célula, la de la otra rama, b, del collar a cinco células de distancia de los extremos opuestos del horno. La inclinación con respecto de la vertical, de los planos electródicos es de +30° para las células de la rama a y de -30°
15. para aquellas de la otra rama. La menor dimensión del espacio de cada célula, esto es, la distancia entre dos bloques de carbón electródico (la cual es usualmente menor de 15 cm, estando preferiblemente comprendida entre 4 y 12 cm) es mantenida, en el caso en cuestión, entre 4 y 8 cm. El espesor de los
20. tabiques transversales intermedios (usualmente menor que 30 cm) en el presente ejemplo varía periódicamente de 22 a 26 cm y la longitud de los canales en los bloques masivos que forman las cabezas de los electrodos bipolares (usualmente más de 15 cm) en el presente ejemplo es de unos 18 cm, de donde
25. la corriente derivada es menor que el 2%. Los bloques masivos y paredes internas de las células, cámaras y bolsas en con-
- 30.



229004

- tacto con el baño y el metal están revestidos con Al_2O_3 electro-fundido. La parte permanente de los electrodos bipolares intermedios es de grafito. El ánodo de restauración es de carbón electrodico. Su espesor inicial es de 4 cm. El volumen del baño alcanza periódicamente en cada uno de dichos espacios celulares un valor máximo de unos 50 litros sin tener en cuenta el volumen de la porción en forma de tolva. El volumen de la cámara colectora de metal que se encuentra debajo tiene que ser mayor que el valor anterior a fin de que pueda ser posible efectuar sin inconvenientes la operación de integración (restauración) periódica del ánodo consumido, en relación con la colada tal como se ha descrito anteriormente. En este ejemplo la cámara inferior es $1/3$ mayor que el volumen máximo alcanzado por el baño en la célula electrolítica o espacio.
5. Cada espacio electrolítico (o elemento, o célula) tiene una dimensión horizontal transversal de 86 cm y una profundidad (en sentido vertical) de superficie activa de unos 60 cm con una proyección sobre el plano vertical de las superficies activas anódica y catódica de 4800 cm^2 . Esta proyección "s", como es natural, es menor que las superficies efectivas "S" ($s = S \cdot \cos \alpha$, donde α es el ángulo de inclinación de las superficies de electrodos con respecto de la vertical). Al hacer funcionar el horno con 2500 A. la densidad electrodica (referida a la proyección sobre el plano vertical usual) es de unos 0.5 A/cm^2 . A los efectos del paso de la corriente, cada dos células contiguas se encuentran en serie. Este horno de, digamos, aproximadamente 250 kw y que funciona con tensiones cercanas a 100 V, da una producción de aproximadamente media tonelada de aluminio al día. En caso deseado es posible conseguir una tonelada y más de aluminio diaria, aumentando
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.

229004

7



- las dimensiones y/o el número de elementos (células elementales) y/o el número de collares de células (por ejemplo en un horno gemelo). La circulación del baño requiere usualmente un flujo que varía preferiblemente de 30 a 150 cc por segundo;
5. en el caso del ejemplo, de 50 a 100 cc/seg. El baño circula en dirección opuesta a la corriente electrolítica. Las dos estaciones alimentadoras para la carga de alúmina introducen, juntas de 11 a 13 g de alúmina por segundo, en el circuito del tipo de collar, asimismo según el flujo del baño y dependiendo de otros factores funcionales. La colada del metal
10. puede ser efectuada usualmente cada cuatro días para cada célula. En este ejemplo se sangra 7 células cada día. Cada célula sangrada proporcionará una producción neta de 65-70 kg de metal. La colada es efectuada preferiblemente aspirando el
15. metal de las bolsas de colada dispuestas en la pared intermedia caliente del horno. El tapón que cierra la parte superior de la respectiva bolsa es extraído y el tubo de colada es introducido temporalmente desde arriba para colar por aspiración el metal.
20. En el método según la presente invención y, por tanto, particularmente en el caso del ejemplo que se facilita, las temperaturas y las composiciones del baño criolítico pueden ser convencionales. Es posible trabajar, por ejemplo, con un contenido en alúmina del baño, del orden de digamos 5% en la
25. célula más alejada de la estación alimentadora de alúmina, y con un contenido del orden de digamos 11% en la célula anexa a dicha estación alimentadora.
30. En el ejemplo considerado, la velocidad en los conductos es de 10-20 mm/seg. y la del circuito principal en las células es de 1-2 mm/seg.



Para alimentar alumina no es necesario abrir las cubiertas de las células individuales. Esta operación resulta necesaria sólo si se tiene que efectuar la restauración anódica en las células individuales. La restauración anódica en las células individuales. La restauración anódica en el ejemplo en cuestión es practicada tal como se ha descrito anteriormente como una operación subsiguiente a la de colada, es decir, después de cada período de 4 días o un múltiplo de esta cifra ya sea para el mero acercamiento anódico, tal como se ha descrito en la patente n° 219.705, o tal como se ha descrito en la patente citada en primer lugar n° 225.931.

No obstante, es posible operar como sigue: las cubiertas 10 son abiertas, no sólo de la célula a restaurar sino que, en caso necesario, también las de las dos células contiguas, se quita los pads aislantes (piezas) 11, se cierra los conductos superiores 26 por medio de los tapones 30 entre las células adyacentes, y se corta la corriente. Entonces se efectúa la colada por aspiración del metal desde la respectiva bolsa de colada hasta que el baño desciende hasta el nivel del escalón 24' donde descansa el ánodo a restaurar, cuyo escalón así queda descubierto; la placa o tiras de carbón restaurador (previamente cubiertas de material conglomerante en la superficie de contacto) es, o son aplicadas al ánodo viejo y el exceso de metal extraído de la bolsa, o sea el exceso sobre la producción efectiva de la célula, es vertido nuevamente en la bolsa, de forma que el baño sube nuevamente desde la cámara colectora de metal inferior al interior de la célula y la llena substancialmente otra vez. Entonces se conecta nuevamente la corriente, y la célula es vuelta a cubrir.

Después de cierto tiempo el nivel calórico es reesta-



3004

- blecido automáticamente incluso en los canales de conexión, de modo que los tapones 30 que habían sido bajados ya no son bloqueados por el baño solidificado, y pueden ser levantados fácilmente y asegurados en su posición elevada. Es conveniente
5. que la sección transversal y la longitud media de los conductos de comunicación 26 entre dos células contiguas sean tales que aseguren el requerido flujo de baño (por ejemplo 50 a 100 cc/seg.) sin tener que recurrir ya sea a substanciales diferencias de nivel o a excesivas velocidades de flujo. Es conveniente
 10. mantener la velocidad del circuito principal en los canales inferior a 50 mm/seg. En los circuitos secundarios entre el ánodo y el cátodo de una célula individual es difícil de medir las velocidades relativas que son probablemente total o parcialmente independientes de las velocidades en el
 15. circuito principal. La altura de carga del líquido del baño necesaria para asegurar la circulación a través de toda la serie de células no es alta, teniendo en cuenta la considerable fluidez de los baños fluorados. El orden de magnitud de esta altura de carga líquida no será mayor que varios decímetros para todo el horno. Como es natural, esto simplifica el
 20. problema de elevar el baño intermitentemente desde la 6^a célula (la célula que se encuentra al nivel más bajo) hasta la 7^a célula (la célula que se encuentra al nivel más alto) de la rama g.
 25. El recorrido de la corriente eléctrica es en el sentido contrario a la circulación principal del baño. De hecho, la primera se desplaza desde la superficie catódica para llegar a la superficie anódica del electrodo bipolar subsiguiente. Las modestas diferencias de nivel existentes en el horno
 30. del tipo de collar permiten el fácil cambio de horno que tra-



- baja como dos hornos multicelulares independientes con todos los tapones 30 de los conductos inter-comunicadores 26 bajados y con el dispositivo elevador en reposo, al funcionamiento del horno como collar de células cerrado, y viceversa. De hecho,
5. cuando las células individuales han alcanzado la temperatura normal de pleno funcionamiento, los tapones pueden ser levantados fácilmente y el dispositivo elevador puede ser puesto en marcha, con lo cual comienza la circulación principal del baño a través de todas las células individuales del horno. El consumo específico de materiales (carbones y compuestos de fluor), así como la mano de obra necesaria, son menores o, en todo caso, no mayores que aquellos de los hornos industriales con capas horizontales y separaciones electródicas ajustables tal como se ha utilizado hasta la fecha. El consumo específico de energía es de 30 a 50% más bajo. Asimismo, los gastos iniciales (de construcción e instalación) son considerablemente menores para la misma producción.
- 10.
- 15.
20. El horno de acuerdo con la presente invención proporciona sensibles ventajas incluso sobre el horno multi-celular de la patente nº 219.705, tales como, por ejemplo, una mejor posibilidad de aislar eficazmente la parte superior y los lados internos del horno y la consiguiente reducción de la parte de energía eléctrica que ha de ser transformada en calor óhmico, mayor capacidad de producción, menos mano de obra, restauración anódica simplificada, colada sin extracción de baño y sin contacto con el baño, distribución térmica mejorada del baño entre una célula y la otra, menor tendencia a formar costras, posibilidad de empleo de óxidos de aluminio menos puros y producción de metal de alta calidad por medio de
- 25.
30. la selección o clasificación evidentemente obtenible con la



circulación del baño a través de células en serie con colada individual según la presente invención.

El horno según la presente invención puede ser empleado útilmente para otros procedimientos de electrólisis de sales fundidas, no estando limitado su campo de aplicación a la producción de aluminio metálico a partir de su óxido. En aquellos casos, el compuesto de aluminio empleado (distinto del Al_2O_3), los baños electrolíticos (distintos de los predominantemente fluoruros), el producto (otro que Al metálico), pueden ser variados todos.

Se ha de apreciar que con miras a la claridad, en los dibujos no se hace ninguna representación de baños en los conductos 26, 34 y 37.

Evidentemente, el modo de construcción de hornos según la invención y los métodos de funcionamiento de los mismos pueden ser modificados o variados con respecto de aquellos descritos anteriormente con referencia a los dibujos adjuntos, dentro del alcance del invento tal como queda definido por las reivindicaciones relacionadas.



-7

29004

N O T A

Descrito el invento se declara nuevas las siguientes reivindicaciones, con prioridad italiana nº 536.690 del 8 de Junio de 1955.

5. 1. Procedimiento para la producción de aluminio por electrólisis, a partir de óxido de aluminio disuelto en un baño de sales fundidas, en un horno multi-celular con células electrolíticas individuales que tienen electrodos bi-polares, caracterizado porque dicho baño es hecho circular durante la electrólisis por diferencia de altura de carga dentro del mismo horno en un circuito cerrado, a través de una secuencia a modo de "collar" cerrado tal como se ha definido anteriormente, de células individuales, pasando la corriente eléctrica a través de las células en serie, efectuando la alimentación de óxido de aluminio en uno o más emplazamientos en el circuito, colando individualmente de cada célula el aluminio producido, efectuando la restauración anódica individualmente para cada célula y creando, y manteniendo, la altura de carga para producir dicha circulación, por elevación del baño en uno o más puntos del circuito.
- 10.
- 15.
20. 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la circulación del baño en circuito cerrado a través de las células en serie es producida efectuando a intervalos de tiempo substancialmente regulares, la elevación del líquido del baño desde una célula que tiene bajo nivel de baño hasta una célula contigua de alto nivel de baño, siendo dicha circulación, o circulación principal, en parte indepen-
- 25.

229004

7



diente de, y en parte combinada con, circulaciones secundarias por efecto de la electrólisis que descienden a lo largo del cátodo y ascienden a lo largo del ánodo de cada célula individual, a fin de integrar el funcionamiento de las células individuales con el de todo el horno.

5.

3. Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque la elevación del baño es efectuada entre dos cámaras contiguas intercomunicantes, de las cuales la primera tiene un fondo bajo y está en comunicación con y contigua a

10.

la célula que tiene el nivel más bajo, y la segunda tiene un fondo alto y está en comunicación con la célula que tiene el nivel más alto en dicho circuito cerrado de células, con una acción de sifón introduciendo a intervalos de tiempo substancialmente regulares gas inerte en la primera cámara de manera

15.

que el líquido de baño contenido en ella es comprimido mediante una ligera sobre-presión en dicha cámara y desplazado hacia la segunda cámara, descargándose de ésta a la célula con-

tigua que tiene el nivel más alto, mientras que el reflujo del líquido del baño que tiene el nivel más bajo es impedido

adecuadamente.

20.

4. Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado porque el gas inerte utilizado para dicho desplazamiento es gas desarrollado en el curso de la electrólisis.

25.

5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque dicha alimentación de alúmina es efectuada intermitente o continuamente en uno o más emplazamientos en el circuito de un collar cerrado de células, haciendo caer cantidades adecuadamente medidas de alúmina sobre una superficie libre de líquido de baño preferi-

30.

blemente en movimiento de traslación y haciendo que dicho lí-



quido de baño fluya cierta distancia, preferiblemente en laberinto, desde el emplazamiento de alimentación hasta su entrada en la primera célula subsiguiente a las estaciones de alimentación.

5. 6. Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado porque la alimentación de alúmina contiene porcentajes considerables de impurezas constituidas por ejemplo por Fe_2O_3 y SiO_2 .

10. 7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la colada del metal producido es efectuada periódicamente por aspiración fuera de contacto con el baño, desde bolsas de metal individuales, cada una en comunicación con el metal producido en una célula individual y situada dentro del collar cerrado de células, de forma que dicho metal es mantenido a una temperatura más alta que la temperatura crítica, tal como se ha definido anteriormente, del aluminio o preferiblemente del baño criolítico empleado.

20. 8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la restauración anódica en cada célula individual es efectuada descubriendo el baño en la región de dicha célula, para con ello restringir o cerrar por enfriamiento el paso del líquido de baño en el sentido de entrar y salir de dicha célula, interrumpiendo la corriente de electrólisis, colando por extracción de la bolsa asociada un volumen de metal en exceso sobre la cantidad de hecho producida y de tal magnitud que rebaja el nivel del baño en la célula hasta que el espacio de electrólisis comprendido entre los electrodos es vaciado completamente, procediendo luego con la restauración del ánodo consumido apli-

25.

30.



5. cando contra el ánodo viejo una placa, o elementos que constituyen una placa, de material restaurador anódico después de haber esparcido previamente sobre su superficie de aplicación un conglomerante cokeficable que contiene hidrocarburos, volviendo a verter luego en la bolsa de colada el metal en exceso previamente extraído, a fin de hacer subir el nivel del baño en la célula hasta que el espacio inter-electrónico es llenado nuevamente, y suministrando nuevamente corriente eléctrica y cubriendo la región destapada a fin de permitir que
10. la corriente vuelva a subir desbloqueando con ello automáticamente y restableciendo la circulación principal del baño a través de dicha célula.

15. 9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1-7, caracterizado porque la restauración anódica en cualquier célula individual es efectuada descubriendo el baño en la región de dicha célula, para restringir o cerrar con ello por enfriamiento el paso del líquido de baño hacia y de dicha célula y cortando preferiblemente la corriente de electrólisis, colando un volumen de metal producido de hecho por
20. extracción del mismo de la bolsa asociada, procediendo luego con la restauración del ánodo consumido descansando contra el ánodo viejo una placa o elementos que constituyen una placa de material restaurador anódico, que es o son introducidos en la célula sin evacuación del baño, suministrando nuevamente
25. corriente eléctrica si ésta había sido cortada previamente, recubriendo la región destapada a fin de permitir que la temperatura suba nuevamente para desbloquear y restablecer automáticamente la circulación principal de baño a través de dicha célula.

30. 10. Procedimiento según las reivindicaciones 8 o 9,



caracterizado porque para ayudar o efectuar a dicho cierre del paso de baño hacia y de la célula bajo restauración, los conductos que interconectan dicha célula con las adyacentes son estrangulados durante el transcurso de la operación de restauración anódica.

5.

11. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 8-10, caracterizado porque la restauración anódica es efectuada por aplicación a los electrodos consumidos de placas o elementos de material restaurador anódico que tienen espesor uniforme, a intervalos de tiempo tales que mantengan los espesores de baño en las separaciones inter-electrónicas, entre dos y quince cm, preferiblemente entre cuatro y doce cm.

10.

12. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque es realizado con densidades de corriente electródica más elevadas que 0.2 Ampére/cm², preferiblemente alrededor de 0.5 Ampére/cm², referidas a la proyección de las superficies electrónicas sobre el plano vertical, y haciendo funcionar cada célula individual con una caída de tensión menor que 3.8 V, preferiblemente menor que 3.3 V.

15.

20.

13. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la circulación principal del baño es efectuada con una velocidad de baño entre células inferior a 50 mm/seg., preferiblemente menor que 20 mm/seg., y con velocidad de baño entre electrodo y electrodo dentro de cada célula menor que 5 mm/seg., preferiblemente menor que 2 mm/seg.

25.

14. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la corriente derivada a través del líquido de baño en paso de una célula a la

30.



siguiente, no es más del 3% de aquella que pasa a través del horno entre dichas células.

5. 15. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la diferencia de nivel máxima de los baños individuales más alto y más bajo en las células del horno en circuito cerrado, y en funcionamiento normal, no es más de unos decímetros, mientras que el flujo del baño en la circulación principal no es más de unos decilitros por segundo.
10. 16. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la velocidad de circulación secundaria del baño en el espacio inter-electródico de cada célula individual es mantenida suficientemente baja a fin de no perturbar la separación normal del aluminio en el cátodo y la recolección de dicho aluminio debajo de dicho espacio inter-electródico, por correlación de la densidad de corriente, el espesor de dicho espacio inter-electródico y la profundidad de la separación de electrólisis.
15. 17. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el baño es hecho circular a través de las células en circuito de collar cerrado en sentido opuesto al sentido de paso convencional (ánodo/baño/cátodo) de la corriente eléctrica.
20. 18. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la puesta en marcha y la parada respectivamente de la circulación de baño principal en el circuito cerrado de células del horno del tipo de collar es efectuada pasando de condiciones de funcionamiento similar a aquellas del horno multi-celular estático, con células no inter-comunicadas, a la condición de funcionamiento
25. 30.



229004

- con baño que circula a través de las células en inter-comunicación, y viceversa, estableciendo o cortando la comunicación entre las células, térmica y/o mecánicamente, modificando el aislamiento de las regiones de inter-comunicación por variación de la cantidad de aislamiento térmico de las mismas con respecto a la atmósfera ambiente y/o por apertura o estrangulamiento de los conductos de comunicación entre las células.
- 5.
19. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la electrólisis es efectuada a temperaturas de electrólisis pero más elevadas que la temperatura crítica, tal como ha sido definida anteriormente, en todo el circuito del baño.
- 10.
20. Horno multi-celular para la electrólisis de baños fundidos en general, y en particular para efectuar el procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 19, con células provistas de electrodos bipolares intermedios incorporados en particiones transversales que separan las células individuales y electrolíticamente consumibles, estacionarios, restaurables en sus caras consumidas, y preferiblemente inclinados, con electrodos terminales equipados de conexiones metálicas transportadoras de corriente y con cámaras colectoras individuales debajo de los espacios de electrólisis,
- 15.
- c a r a c t e r i z a d o porque dichas células están provistas de cubiertas termo-aislantes desmontables individualmente, e intercomunicadas por medio de conductos situados a un nivel tal que permite el paso de baño electrolítico fundido de una célula a otra, y porque a lo menos dos grupos de células están conectados entre sí en serie, por medios inter-comunicadores y de circulación para el baño fundido entre
- 20.
- 25.
- 30.
- los espacios inter-electródicos y por medios de circulación y



229004⁻⁷

- elevadores, así como eléctricamente mediante las respectivas conexiones terminales, estando la secuencia de las células dispuesta en forma de un collar plegado, cerrado, tal como se ha definido anteriormente, con sus dos ramas dispuestas en
5. lados opuestos de una pared longitudinal de material refractario y electro-aislante.
21. Horno según la reivindicación 20, caracterizado porque en una caja de chapa metálica revestida de materiales aislantes térmicos eléctricos, así como refractarios, están
10. acomodados a lo menos dos collares de células, estando dichos dos collares preferiblemente, eléctricamente en paralelo y dispuestos preferiblemente con sus extremos de (broche) adyacentes entre sí y separados por una pared transversal de material refractario y aislante eléctrico.
15. 22. Horno según la reivindicación 20, caracterizado porque dicha pared longitudinal es recta y las ramas del collar son paralelas.
23. Horno según la reivindicación 21, caracterizado porque dichas paredes longitudinales son rectas y están en un
20. plano común, y las dos ramas de cada collar son paralelas.
24. Horno según cualquiera de las reivindicaciones 20-23, caracterizado porque los lados catódicos de los electrodos de carbón de sus células están constituidos por grafito y los ánodos restaurables y restaurados, por carbón eléctrico.
25. 25. Horno según cualquiera de las reivindicaciones 20-24, caracterizado porque los carbones electródicos bipolares comprendidos entre una célula y la siguiente tienen superficies activas planas y paralelas entre sí y a las superficies opuestas de los otros electrodos.
- 30.



5. 26. Horno según cualquiera de las reivindicaciones 20-25, caracterizado porque las inclinaciones de los electrodos, y por consiguiente, de los espacios de las células electrolíticas, son de sentidos opuestos en las dos ramas dispuestas lado a lado de dicho collar de células, siendo dicha inclinación preferiblemente la misma en valor absoluto, y con desviaciones de la vertical comprendidas entre unos 15° y aproximadamente 45° .
10. 27. Horno según cualquiera de las reivindicaciones 20-26, caracterizado porque sus células están cubiertas por un techo de piezas desmontables de material termo-aislante, refractario, preferiblemente poroso y ligero, apto para permitir el paso de los gases de la electrólisis y/o provistas, en caso requerido o necesario, de agujeros para facilitar dicho paso de gases.
15. 28. Horno según la reivindicación 27, caracterizado porque tiene cubiertas externas desmontables de material refractario y termo-aislante encima de dicho techo de piezas.
20. 29. Horno según cualquiera de las reivindicaciones 20-28, caracterizado porque la comunicación entre las células de dicho horno para el flujo del baño de una célula a la otra, es establecido por medio de conductos previstos encima de los electrodos en bloques masivos que forman las cabezas de los electrodos y están hechos o revestidos de un material que es impermeable y resistente al ataque por el baño fundido, un buen aislante eléctrico y poco aislante térmico tal como óxido de magnesio electrofundido u óxido de aluminio electrofundido.
25. 30. Horno según cualquiera de las reivindicaciones 20-28, caracterizado porque las paredes divisorias transver-
- 30.



- sales entre las células están constituidas, por debajo de los espacios de electrólisis, por material refractario sólido que tiene elevada resistividad eléctrica y pequeña porosidad, y es resistente al ataque por los componentes del baño fundido y por el metal líquido, tal como óxido de magnesio electrofundido u óxido de aluminio electrofundido; en los espacios de electrólisis por una placa relativamente gruesa de grafito y/o carbón electrodico, restaurable o restaurada, conductora del calor y de la electricidad, constituyendo el electrodo bipolar entre una célula y la otra, y por encima de los espacios de electrólisis por bloques de espesor masivo, provistos de aberturas para el paso del baño líquido, y de, o revestidos con, material inerte con respecto al baño, de alta resistividad eléctrica pero conductor del calor, tal como óxido de magnesio electrofundido u óxido de aluminio electrofundido.
5. 10. 15.
31. Horno según las reivindicaciones 29 o 30, caracterizado por medios para ajustar o cerrar individualmente los conductos para la circulación del baño entre células adyacentes, cuyos medios están constituidos preferiblemente por tapones corredizos en agujeros previstos en dichos bloques masivos para intersectar los citados conductos, siendo dichos tapones aptos para ser fijados a varios niveles y accionables desde encima de las células,
- 20.
32. Horno según cualquiera de las reivindicaciones 20-31, caracterizado porque dichas cámaras de debajo de los espacios de electrólisis, para recolectar el aluminio metálico, tienen, cada una, un volumen mayor en a lo menos un tercio del volumen máximo alcanzado por el baño en la célula individual respectiva.
- 25.
33. Horno según cualquiera de las reivindicaciones
- 30.



7

4

20-32, caracterizado porque comprende intercaladas en el collar de células a lo menos una estación alimentadora de alúmina que comprende un dosificador o dispositivo medidor y/o regulador para la alúmina asociado con una cámara cerrada que proporciona comunicación para el líquido de baño entre dos células adyacentes.

5.

34. Horno según la reivindicación 33, caracterizado porque dicho dispositivo está dispuesto para suministrar alúmina a la superficie del líquido de baño que fluye en dicha cámara, que tiene entre su salida y el citado dispositivo a lo menos una partición transversal que se extiende hacia abajo, preferiblemente, desde la parte superior de la cámara hasta un nivel inferior a dicha superficie de líquido.

10.

35. Horno según cualquiera de las reivindicaciones 20-34, caracterizado por medios elevadores del líquido de baño para la circulación, desde una célula inferior hasta una célula superior dispuestas preferiblemente en asociación con un par de cámaras terminales en los extremos del circuito de corriente del o de cada collar de células.

15.

36. Horno según la reivindicación 35, caracterizado porque dicho par de cámaras está interpuesto entre dos células sucesivas del collar, teniendo una de dichas cámaras un fondo bajo y la otra cámara un fondo alto, estando las dos cámaras comunicadas entre sí y con las respectivas células contiguas, estando una de dichas cámaras provista de medios para efectuar la elevación del baño fundido para desplazarlo desde la cámara de fondo bajo hasta la cámara de fondo alto.

20.

25.

37. Horno según la reivindicación 36, caracterizado porque dicha cámara de fondo bajo está dividida por una partición vertical que se extiende hacia abajo desde su parte

30.



5. superior hasta cerca de su fondo, en dos compartimientos, de los cuales el mayor está en comunicación con la célula contigua y está provisto en su parte superior de un orificio para la entrada de gas, conectado con medios exteriores para introducir, cuando se desee, preferiblemente a intervalos de tiempo regulares, gases inertes a fin de obtener en el compartimiento una sobrepresión moderada y temporal, y estando el compartimiento menor en comunicación en su parte superior con la cámara de fondo alto.
10. 38. Horno según las reivindicaciones 36 o 37, caracterizado porque dicha cámara que tiene el fondo alto está provista de un ventilador y dimensionada de tal manera que permite la alimentación del líquido de baño a la célula de cabeza contigua prácticamente con continuidad, incluso si no
15. hay salida constante, mientras que la introducción del líquido de baño de la cámara que tiene el fondo bajo en dicha cámara que tiene el fondo alto tiene lugar a intervalos de tiempo regulares.
20. 39. Horno según cualquiera de las reivindicaciones 36-38, caracterizado porque la comunicación entre dicha cámara de fondo bajo y la célula contigua es proporcionada por a lo menos un conducto provisto de una válvula de retención de bola rudimentaria, cuya bola es de material refractario inatacable por el baño y más ligera que éste, por ejemplo de
25. carbón revestido de MgO electrofundido, cerrando dicha válvula automáticamente por efecto del aumento de presión en la citada cámara de fondo bajo, a fin de impedir, primero el reflujo del líquido de baño hacia la célula, y luego la descarga del gas ligeramente comprimido desde la cámara de fondo
30. bajo a la célula.



22904

57

40. Horno según cualquiera de las reivindicaciones 20-39, caracterizado por la provisión, en la pared longitudinal interna situada entre las ramas del collar de células, de bolsas en número igual al de células, estando cada bolsa en comunicación por su fondo con una de las cámaras colectoras individuales para el aluminio fundido producido en las células, estando dichas bolsas cerradas por cubiertas que tienen gran espesor para asegurar el aislamiento térmico, y son desmontables de modo que el metal puede ser colado por aspiración.
5. 41. Horno según la reivindicación 40, caracterizado porque comprende salidas de colada lateral subsidiarias de dichas bolsas, para permitir el vaciado completo de una o más células o de todo el horno.
10. 42. Horno según cualquiera de las reivindicaciones 33-39, tal como es modificado por las reivindicaciones 40 o 41, caracterizado porque las paredes internas en contacto con el baño fundido y con el metal líquido, y asimismo los revestimientos de las bolsas de colada laterales, de las cámaras intermedias para la alimentación de alúmina, de las cámaras terminales para la elevación del baño y de los conductos de conexión interiores, están constituidas por capas de material refractario sólido que tiene alta resistividad eléctrica y pequeña porosidad, y resistente al ataque por los componentes del baño y por el metal líquido, tal como nitruro de aluminio, óxido de magnesio u óxido de aluminio electrofundidos.
15. 43. Procedimiento para la electrólisis de sales fundidas, y correspondiente horno de circuito cerrado, multicelular, para la producción de aluminio a partir de óxido de aluminio.
20. Según se describe y reivindica en la presente memoria
25. 30.



229004

que consta de cuarenta y ocho hojas foliadas y escritas a máquina por una sola cara, acompañadas de cinco láminas de dibujos.

Madrid, a 7 de Junio de 1956.

MONTECATINI, società generale per l'Industria
Mineraria e Chimica.
y GIUSEPPE de VARDA

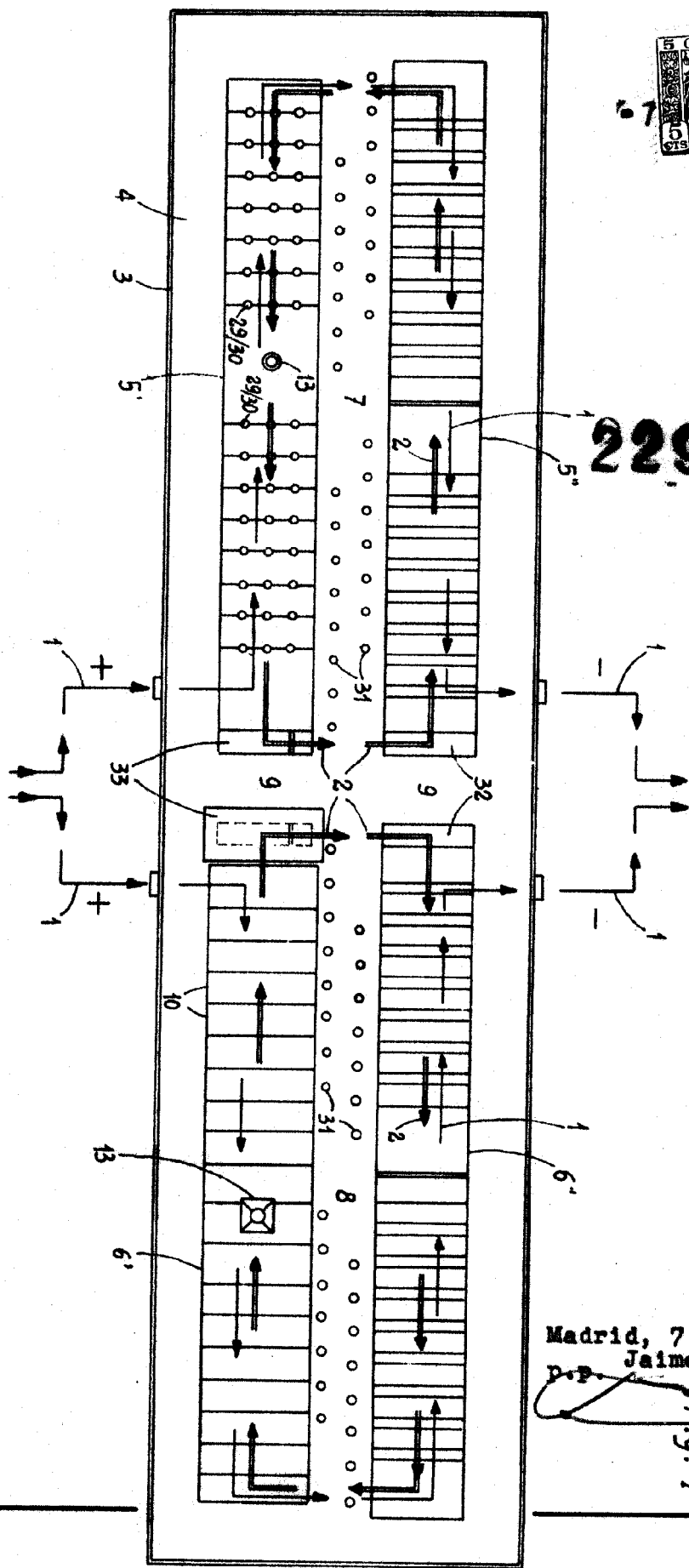
p.a.

JAIMÉ ISERN MIRALLES
P. P.

tr: mor
mp.



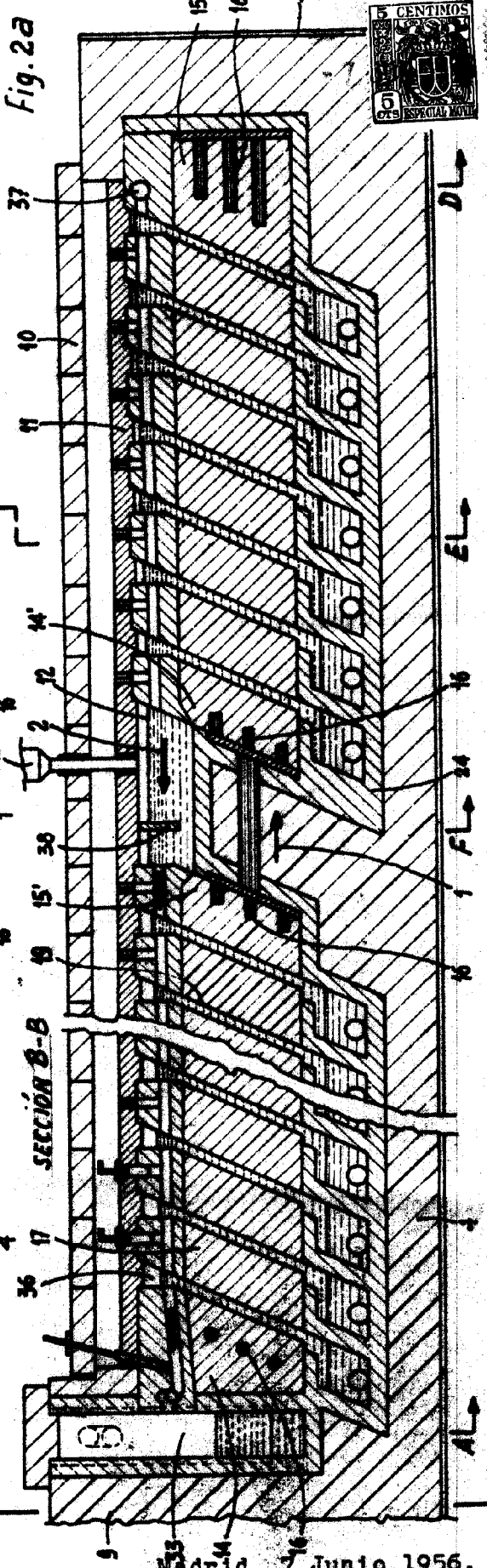
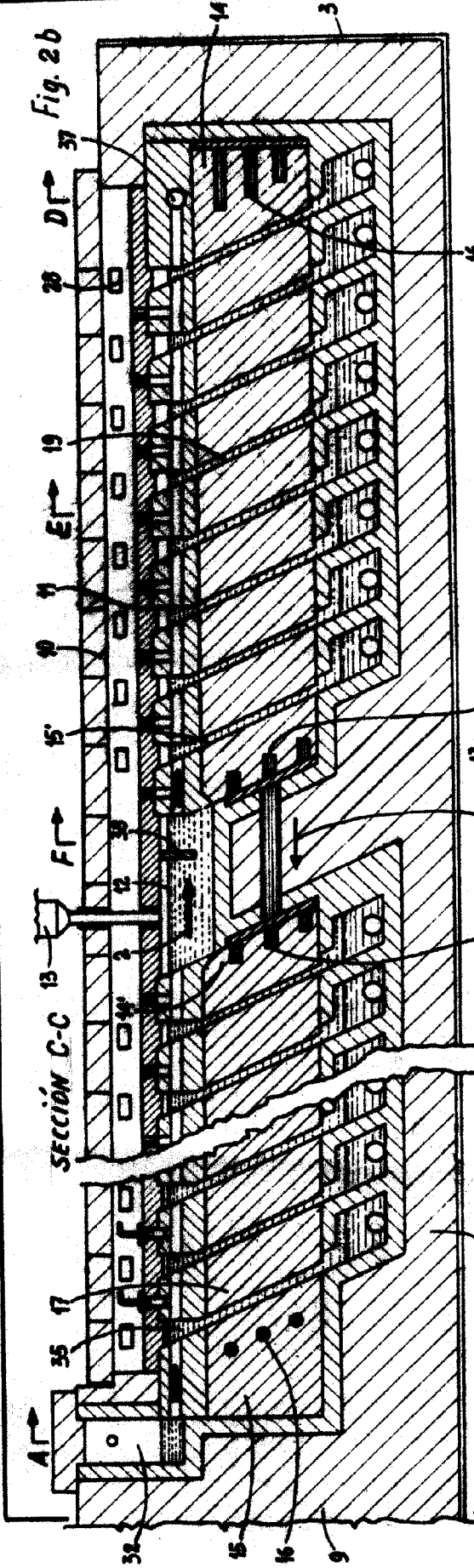
229004



Madrid, 7 Junio 1956.
p.p. Jaime Isern

Fig. 1

228008

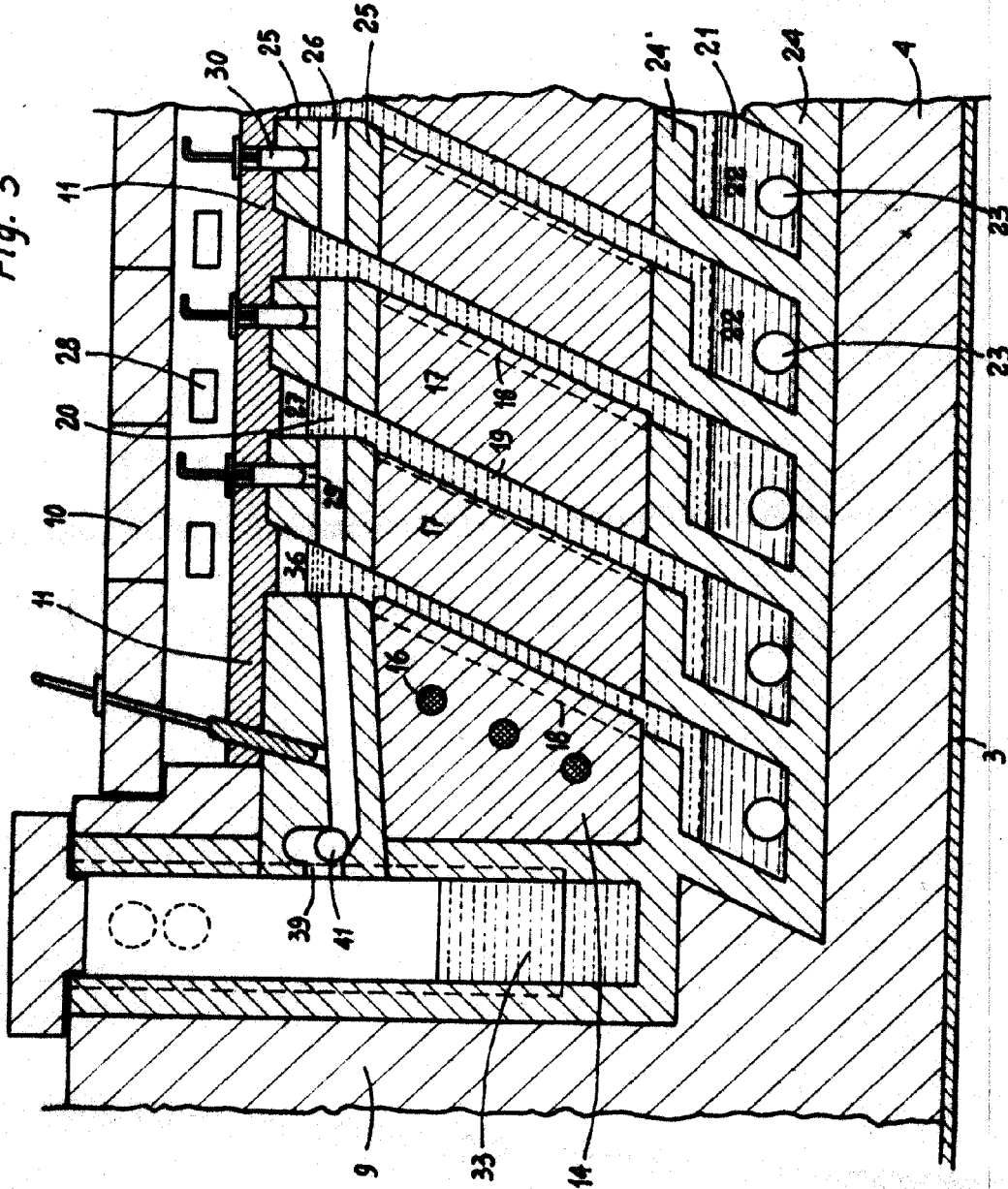


Madrid, 7 Junio 1956.
 p. Jaime Asera

229004



Fig. 3



Madrid, 7 Junio 1956.

p.p. Jaime Isern

Fig. 5

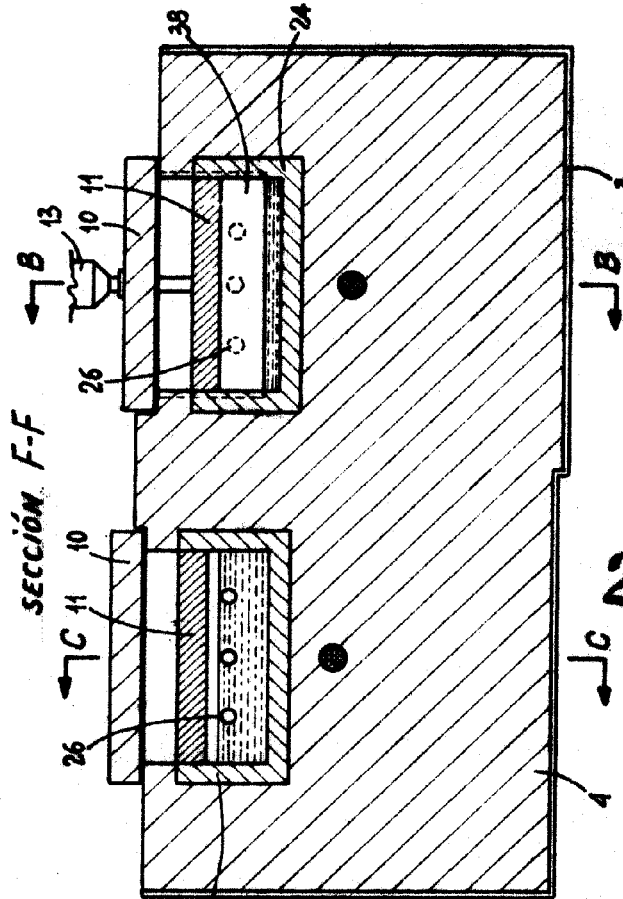
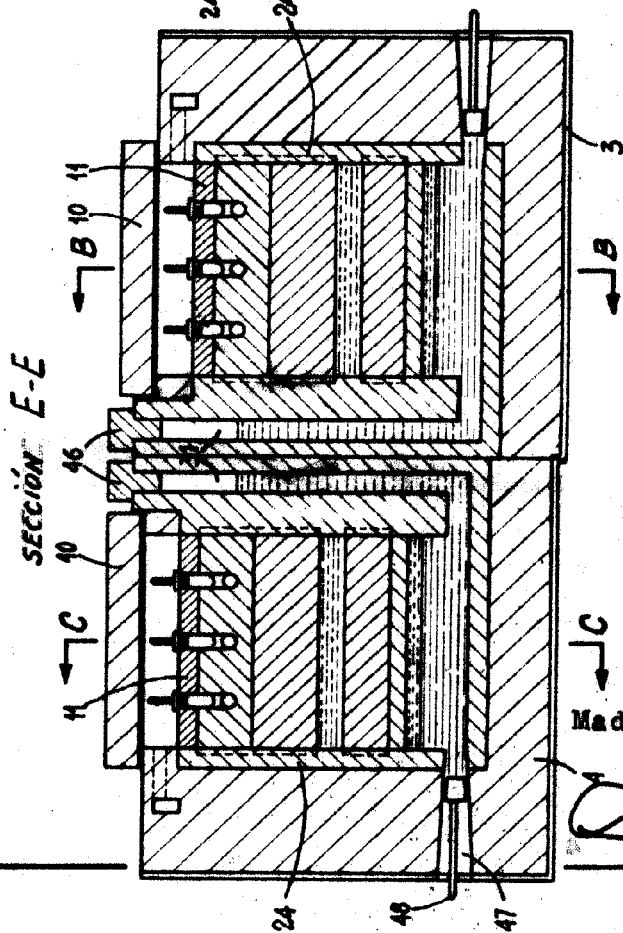


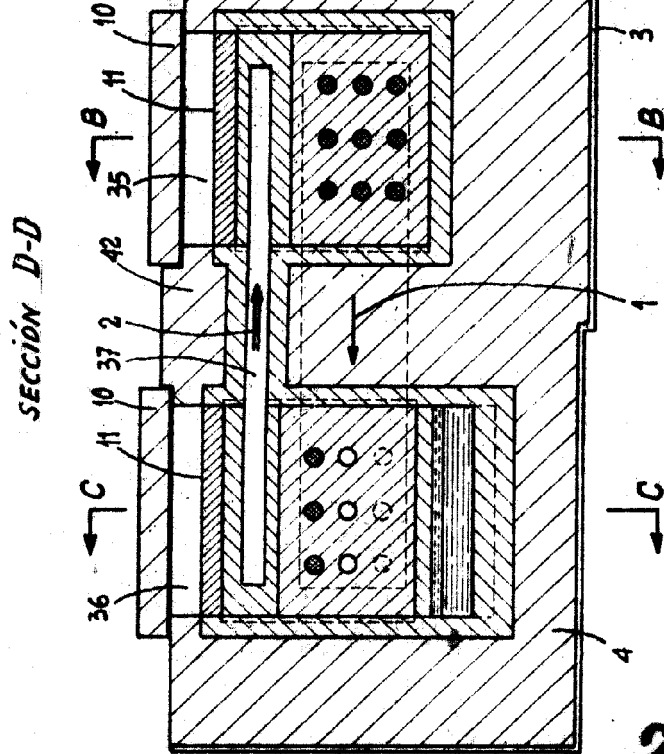
Fig. 4



229004

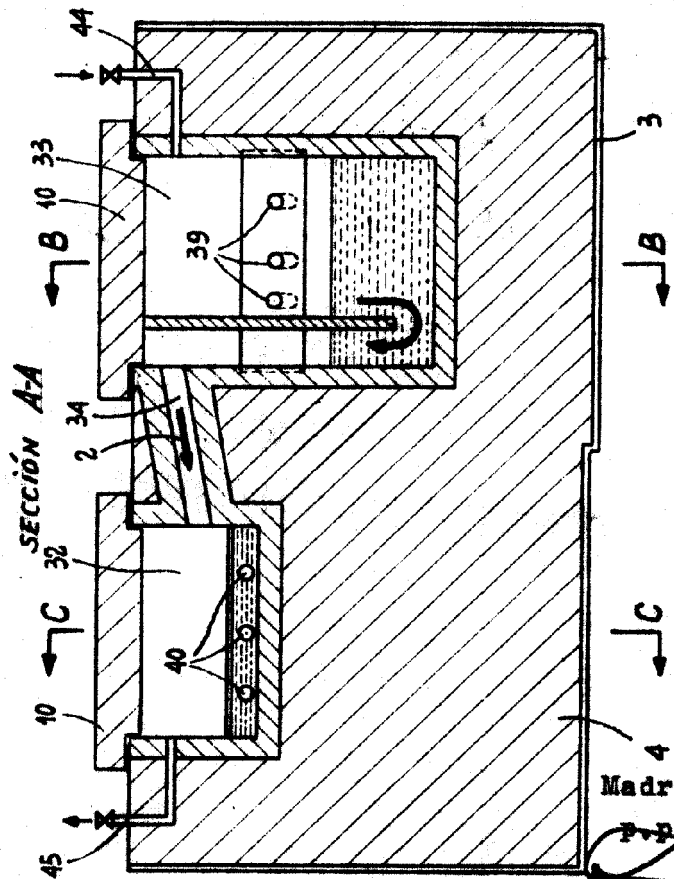
Madrid, 7 Junio 1956.
Jaime Isern
p.p.

Fig. 7



229004

Fig. 6



Madrid, 7 de Junio 1956.
 P. P. Jaime Isern