

32513



CASE J. 159

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

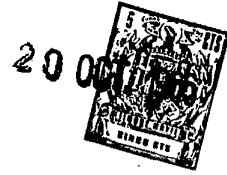
por "UN PROCEDIMIENTO CON SU DISPOSITIVO PARA LA ELECTROLISIS DE OXIDO METALICO", a favor de la firma italiana MONTECATINI EDISON S.p.A. y DON GIUSEPPE DE VARDA, de nacionalidad italiana, residente en MILAN (Italia), Largo G. Donegani 1-2.

= . =

MEMORIA DESCRIPTIVA

Conocidos son los procedimientos tradicionales para la producción, por electrólisis, de metales tales como el aluminio o, si se desea, magnesio u otros metales, a partir de sus óxidos disueltos en baños fundidos. El metal se reúne en el cátodo, y el oxígeno se combina con el ánodo, constituido por material carbonáceo, para formar compuestos gaseosos como CO₂

5.



y CO, que se desprende del baño. Hasta aquí, estos procedimientos y hornos tradicionales han hallado aplicación industrial únicamente en los hornos monocelulares horizontales (es decir, que tienen una célula en la que las superficies

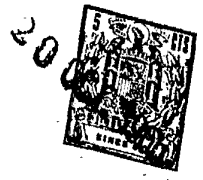
5. activas del electrodo, o sea la positiva y la negativa, son horizontales). Así, por ejemplo, toda la industria mundial para la producción electrolítica de aluminio primario utiliza todavía hoy únicamente hornos provistos de ánodos múltiples precaldeados, u hornos provistos de ánodos autocaldeantes,
10. pero siempre hornos monocelulares, caracterizados, entre otras cosas, por una tensión terminal del horno del orden de 4 a 5,5 voltios y por amperajes entre 40,000 y 130,000 amperios.

El coste de los metales así producidos es elevado, sobre todo a causa de:

- 15.
- (1) el alto costo del horno individual, comparado con su limitada potencialidad productiva;
- (2) el gran consumo de unidades kWh, que incide tanto directa como indirectamente en dicho coste.
20. Directamente, porque está claro que un kg de aluminio costará menos si, para producirlo, se consumen 12 kWh en lugar de 16 kWh.
25. Indirectamente, porque de ordinario las factorías de aluminio, durante ciertos meses del año, solo pueden dis-



- poner de determinados cupos de energía eléctrica. Si una de estas factorías produce únicamente 300 toneladas diarias de aluminio, mientras que podrían producirse 400 con energía no racionada, se origina otro grave recargo en el costo, a causa de la mayor incidencia por unidad de los gastos generales, etc.;
5. (3) la gran incidencia de los costes (y por tanto de los coeficientes de depreciación) de las costosas plantas eléctricas complementarias ("auxiliares") para los hornos, tales como transformadores, rectificadores y barras de conexión. El coste de dichas instalaciones varía en función directa de los kW de potencia instalada y de los amperajes empleados; en consecuencia, varía con el consumo de kWh por unidad de los hornos instalados.
- 10.
15. Para eliminar o reducir los inconvenientes y desventajas que se han mencionado, la peticionaria ha tomado una patente para un horno de células múltiples que tiene electrodos bipolares inclinados o verticales, los cuales resultan particularmente convenientes si se instalan en plantas completamente nuevas. Las características constructivas y operativas, y en especial las características eléctricas (por ejemplo, 5000 amperios en un horno de 24 células que tiene electrodos bipolares
- 20.



inclinados, contra 100,000 amperios de los hornos monocelulares, ambos con una potencialidad, o capacidad productiva, de 700 kg de aluminio por día), cuando se comparan estos dos tipos de horno, difieren en alto grado.

5. Asi, en las factorias tradicionales, la substitución de los antiguos hornos monocelulares por hornos multicelulares provistos de electrodos inclinados tropieza evidentemente con serias dificultades, a causa de la diferencia radical en las características constructivas y operativas, tales como planta
10. (zona ocupada), dimensiones, materiales de construcción (materiales refractarios especiales), rectificadores, barras, etc.

- El invento que aquí se expone resuelve el problema de lograr los resultados antes mencionados, muy ventajosos,
15. de los hornos de células múltiples con electrodos inclinados, sin necesidad de substituir por entero, sino al contrario sin modificar radicalmente, las instalaciones tradicionales, de las cuales no deben cambiar en esencia ni el cubilote del
20. complementarias (auxiliares) para el horno, ni los edificios que pueden existir ya, etc.

- En primer lugar, el invento considera un sistema particular de electrodos de carbón bipolares horizontales, superpuestos pero distanciados, que ocupan el puesto de los
25. carbones anódicos en los hornos monocelulares tradicionales.



El invento establece además una forma particular, a modo de bandeja, de los citados electrodos bipolares, que son planos con los bordes vueltos hacia arriba, para permitir que se recoja el metal, producido por el proceso electrolítico, en su cara catódica y en contacto con ella.

La concavidad de la cara superior de estas "bandejas" se llena de metal durante la electrolisis; luego el metal que sigue produciéndose ahí rebosa de dichas bandejas y cae sobre la superficie de la bandeja subyacente o directamente al fondo del cubilote.

El invento establece también espaciadores apropiados para mantener separados, uno de otro y a distancia preestablecida, los diversos electrodos bipolares, de tal modo que el empuje ascendente ejercido por el baño (por ser la densidad del baño superior a la del carbón) no puede provocar el fenómeno de su apilamiento, que los pondría en contacto directo entre si.

Pero de este modo, cada par formado por los dos electrodos bipolares contiguos pasa a constituir (cuando el espacio entre ellos está lleno de baño fundido y es atravesado por corriente continua) una célula electrolítica real y verdadera.

Otro objeto del invento es el uso de determinados materiales y de determinadas formas, con lo cual dichos espaciadores resisten bien el ataque del baño y del metal fundido y no son atravesados, o solo lo son dentro de límites insignifican-



tes, por la corriente continua de electrólisis, además de poder ponerse y quitarse con facilidad.

Otro objeto del invento es un procedimiento en el que para los electrodos bipolares puede usarse un material carbonáceo precocido, idéntico al que se usa para los ánodos precocidos convencionales en los hornos tradicionales para la producción de aluminio, sin necesidad de recurrir (ni siquiera para la porción catódica de los propios electrodos) al grafito, que es mucho más caro que el carbón anódico precocido.

10. En el procedimiento según el invento, los electrodos bipolares se consumen también prácticamente por completo en el curso de la electrólisis, resultado que no puede obtenerse en los hornos tradicionales provistos de ánodos múltiples, en los cuales la integración anódica se realiza extrayendo del horno lo que queda del ánodo y substituyéndolo por un nuevo ánodo.

Además, el invento implica mejoras constructivas y operativas realizadas en el horno monocelular tradicional para aluminio, provisto de ánodos precocidos, de modo que, sin modificar fundamentalmente el plano del horno (es decir, la zona ocupada por él), la productividad del horno tradicional puede, por ejemplo, doblarse o triplicarse, con solo invertir, en la construcción del nuevo horno, del 20 al 40% más del coste del horno tradicional.

25. El invento proporciona también mejoras constructivas y operativas en el horno monocelular tradicional para aluminio,



provisto de ánodos precocidos, a consecuencia de las cuales, por ejemplo, el consumo de kWh por unidad se reduce en el 15 a 25%, lográndose en algunos casos un consumo por unidad inferior a 11-12 kWh por kg de aluminio producido. Otras características de este invento se desprenderán de la descripción más detallada que sigue del horno provisto de células múltiples horizontales y el respectivo procedimiento, así como del ejemplo expuesto con referencia a los dibujos acompañantes y que se da a modo de ilustración pero sin implicar limitación del alcance del invento.

En los dibujos:

la figura 1 representa parte de un horno que tiene células múltiples horizontales conforme al invento, en sección vertical según la trayectoria A-A de la figura 6;

la figura 2 muestra, en sección vertical y en escala mayor que la figura 1, dos electrodos bipolares superpuestos, con los respectivos espaciadores,

las figuras 3 y 4 muestran variantes de espaciadores en representación análoga a la de la figura 2;

la figura 4a muestra el espaciador de la figura 4, en vista de planta;



la figura 5 es la sección vertical de otra variante de espaciador; y

5. las figuras 6 y 7 representan, la primera en vista de planta y la segunda en sección vertical (trayectoria B-B), un horno con células múltiples horizontales, conforme al invento, particularmente apto para la producción electrolítica de aluminio a partir de óxido de aluminio en baño fundido.

10. En las figuras 1 a 7, las referencias iguales indican partes iguales o análogas.

15. Con referencia a los dibujos, V indica un tipo tradicional de cubilote que tiene paredes laterales 1 y fondo 2, hecho de carbón o material refractario, preferentemente de carburo de silicio ligado con nitrato de silicio (del tipo llamado en inglés "silicon nitride bonded silicon carbide", por ejemplo, el producto conocido en el comercio como "Refrax"). Dichas paredes laterales, si son de carbón, están forradas por dentro
20. con material refractario R (por ejemplo, Refrax), que no conduce la corriente eléctrica o la conduce muy poco. La capa de metal fundido 3 que cubre el fondo de dicho cubilote tiene la función de cátodo terminal. El ánodo terminal, en cambio, está constituido por un ánodo de carbono precocido 4, conectado metálica-
25. mente con barras de corriente 4a y apropiadamente aislado, mediante una envoltura 5 de refractario o una camisa metálica,



contra la corrosión causada por la combustión del aire atmosférico.

Este ánodo terminal tiene no solamente la misión de alimentar de corriente eléctrica el horno multicelular, sino

5. también la de mantener sumergido el juego de los electrodos bipolares subyacentes o "bandejas", constituidos por material carbonoso tal como se emplea de ordinario para los ánodos precocidos (6, 7 y 8) contrarrestando su empuje ascendente. Se entiende que las formas de bandeja ilustradas en las figuras no

10. son limitativas, ya que resultan obvias posibles variantes.

El horno de la figura 1 es apto para la producción electrolítica de un metal a partir de su óxido disuelto en un baño menor que el metal en cuestión, como el aluminio.

En este caso, el metal fundido, producido electrolíticamente en el baño que ocupa el espacio hueco entre dos electrodos bipolares superpuestos, se reúne en la cara cóncava del electrodo bipolar inferior, que actúa de cátodo. La cara convexa correspondiente, subyacente a la cóncava, del mismo electrodo bipolar, actúa en cambio de ánodo intermedio.

20. Este es, por ejemplo, el caso de la electrólisis para la producción de aluminio a partir de alúmina disuelta en un baño fundido criolítico.

De ordinario, los baños de sales fundidas tienen una densidad superior a la de los materiales carbonáceos de

25. que constan los electrodos bipolares (las bandejas electrolí-



ticas), de modo que estos electrodos están sometidos a un empuje ascendente.

Para contrarrestar este empuje del baño, deben insertarse espaciadores entre las bandejas electródicas, como 5. 9 y 10, en general en número de cuatro o seis por cada bandeja.

En definitiva, la corriente entre por el ánodo terminal 4, pasa por la primera capa de aluminio fundido 3a de la bandeja 6, luego por la capa de baño 11, por la segunda capa de aluminio fundido 3b, por la segunda bandeja bipolar 7, por la 10. capa de baño subsiguiente 12, por la tercera capa de aluminio fundido 3c y así sucesivamente para 8 y 13, hasta llegar a la capa de aluminio fundido 3 que cubre el fondo del cubilote tradicional, ya de si conocido, que actua de cátodo terminal.

Por lo que atañe a los espaciadores (9 y 10), deben 15. ser fáciles de colocar y de quitar por los operadores del horno. Asimismo deben resistir a los componentes agresivos del baño y al aluminio fundido y no deben cortocircuitar (o solo en grado mínimo) la corriente electrolítica, que, por el contrario, debe pasar casi íntegramente de la bandeja superior a la bandeja 20. directamente subyacente, atravesando las capas de baño fundido 11 y 12 mientras las otras capas de metal fundido 3b y 3c ocupan el espacio hueco formado por las bandejas electródicas contiguas, dos a dos, respectivamente.

Las figuras 2, 3, 4, 4a y 5 muestran algunas variantes 25. preferidas de dichos espaciadores, variantes que, sin embargo, no limitan en lo más mínimo el contenido de este invento.



En la figura 2, el espaciador está constituido por un elemento portante 14 de material refractario aislador de la electricidad (por ejemplo, Refrax) (de densidad 3 aproximadamente y por lo tanto más pesado que el baño y el metal), coronado por uno o más carbones en forma de casquillo 15, 15', 15"..., preferentemente con agujeros (agujeros centrales y/o agujeros periféricos 16' y 16") que sirven para evitar bolsas de gas mediante la descarga de las burbujas de gas hacia arriba; es decir, sirven para evitar que la zona anódica de las bandejas en contacto directo con los espaciadores participe también regularmente en el proceso electrolítico, con la consiguiente irregularidad de los consumos electroquímicos del carbón anódico en esta zona.

Es preferible que el elemento refractario 14 sobresalga de la capa de metal fundido hasta tal punto por lo menos que el elemento de carbón 15 no toque la capa subyacente de metal fundido 3b, 3c,.....

El casquete perforado de carbón 15 o los casquetes 15, 15', 15"..., situados encima del citado elemento 14, tienen la finalidad de permitir un consumo estequiométrico regular de la cara anódica de la bandeja sobreyacente (como consecuencia de la electrólisis, el oxígeno desprendido del óxido metálico se combina con el carbón anódico), impidiendo o minimizando al mismo tiempo el paso de corriente parásitas (corriente vagabundas) a través del espaciador.



5. Como se revela en la patente italiana nº 529.218 de la misma peticonaria, el paso de corriente por una capa de baño delgada tal como existe por ejemplo entre el casquete 15 y el casquete 15' y así sucesivamente, da origen a una caída de la tensión óhmica (sin electrólisis) de 0,2 voltios para una densidad de 0,5 amperios por cm^2 .

10. Tal caída aumenta sin embargo muy rápidamente si la densidad de la corriente en las superficies de contacto sube, por ejemplo, hasta 1 A/cm^2 . De ello se deduce que el espaciador, cuyos dos extremos se hallan en una diferencia de potencial de unos pocos voltios, será atravesado únicamente por una corriente mínima, tanto a causa del aislamiento provocado por el elemento refractario 14 como de las diversas capas de contacto de carbón y baño líquido formadas por los elementos
15. en forma de casquete.

20. En la figura 3 puede verse que el espaciador consiste exclusivamente en los casquetes 15a (hechos de grafito o de material carbonáceo precocido) (conos con su base vuelta hacia abajo), mientras que en la figura 4 el mismo espaciador está constituido por casquillos o embudos invertidos 15b (hechos de grafito o de materiales carbonáceos precocidos) (conos con su base vuelta hacia arriba).

25. Los elementos 15b están provistos preferentemente de entallas 17 (fig. 4a), que tienen una función análoga a la de los agujeros 16, 16' y 16" de la figura 2, es decir, facilitar el cambio del baño en la zona encima del espaciador, para



evitar las irregularidades de consumo del carbono electródico en dicha zona.

El espaciador 18 ilustrado en la figura 5 tiene la forma de un cono truncado (semejante a la del elemento 14 del espaciador ilustrado en la figura 2), hecho de material refractario aislador de la electricidad. Este espaciador encaja en un rebajo correspondiente 19, establecido en la cara anódica 6a del electrodo bipolar sobreyacente (bandeja) 6. El rebajo en cuestión está destinado a recoger el gas de electrólisis 10. 20, desplazando el baño de él, de modo que la electrólisis se detenga en el rebajo, y el espaciador está protegido por medio de dicho gas del ataque del baño en la zona anódica. Asimismo, el espaciador está impedido de penetrar progresivamente en la zona anódica de la bandeja electródica sobreyacente; en consecuencia, no se produce ningún consumo electroquímico del carbón. 15.

A continuación se describe el funcionamiento del horno (fig. 1), con particular atención a la substitución de los electrodos bipolares.

20. Pero no se describe el vertimiento del metal producido, ya que esta es una operación que se efectua por métodos ya de si conocidos.

Durante la operación, el electrodo de carbón 4, actuando como ánodo terminal, está sumergido parcialmente en el baño fundido 28 y en una capa 3a de metal fundido, que ase-



gura un contacto eléctrico perfecto entre el electrodo 4 y la bandeja 6.

Como ya se ha dicho, el ánodo terminal impide también el empuje ascendente de las bandejas electródicas subyacentes, 5. sumergidas en el baño.

A medida que pasan las horas, las bandejas 6, 7 y 8 se vuelven cada vez más delgadas, pues sus superficies anódicas (convexas) son "quemadas" electrolíticamente por el oxígeno que se produce por la reacción electrolítica causada por el 10. paso continuo de corriente eléctrica. Mientras que los espacios huecos entre las bandejas 6 y 7 y entre 7 y 8 permanecen prácticamente inalterados o tienden, todo lo más, a contraerse, el espacio hueco final entre 8 y la capa metálica 3 que cubre el fondo 2 del cubilote tiende a aumentar, pero puede volverse 15. a su primitivo valor bajando, por métodos ya de sí conocidos, el dispositivo anódico y, en consecuencia, la barra portadora de corriente 4a y el ánodo terminal 4.

Quando las bandejas se hayan adelgazado hasta un valor mínimo, que se habrá determinado previamente a base de 20. consideraciones mecánicas y de coste, es necesario proceder a la integración anódica, que se efectúa mediante las operaciones siguientes:

En primer término, se rompe la incurstación superficial del baño que puede haberse formado entre el ánodo terminal 25. 4 y la pared lateral del cubilote; luego, por medio de



implementos apropiados (por ejemplo, hierros en L), debe apretarse la bandeja 8 hacia abajo en unos centímetros, manteniéndola durante unos momentos en esta posición, hasta que, por medio de alicates apropiados, se haya traído a la superficie

5. por lo menos la porción de material refractario de los espaciadores (10) de la citada bandeja.

En lugar de quitar los espaciadores con ayuda de alicates, en el caso de que los espaciadores sean más pesados que el baño, se los puede simplemente hacer deslizar sobre el borde de la bandeja y hacer caer sobre el fondo del cubilote.

15. Si los espaciadores constan únicamente de elementos carbonáceos (figuras 3 y 4), será suficiente hacer deslizar un hierro curvo debajo de la bandeja sobreyacente, para traer a la superficie, a causa de su peso específico que es menor que el del baño, los mismos espaciadores, que ya no estén bloqueados por el empuje ascendente de la bandeja subyacente.

Habiendo así eliminado los espaciadores, se deja ascender la bandeja subyacente, que todavía contiene metal fundido, hasta que se adhiera íntimamente (aunque sea por medio de una capa delgada de metal fundido) a la bandeja suprayacente. El exceso de metal, al ser movido, se precipita sobre el fondo del cubilote.

La combinación de estas dos bandejas está destinada a formar una nueva bandeja (8, fig. 1).



- En este punto debe alzarse el ánodo terminal 4, permitiendo así que la pila de bandejas subyacentes (6 y 7 integrada con 8) suba libremente y hasta tal punto que la bandeja 6 se proyecte del baño a causa del empuje ascendente hidrostático,
5. sobre todo de la bandeja 7 integrada con la 8. El empuje contrarrestante no procede ya del ánodo 4, que ahora se halla en posición alzada, sino del peso de la porción de la bandeja 6 que ahora ha subido a flote en el baño y por el peso del metal 3a contenido en ella.
 10. Sobre esta bandeja 6 así puesta a flote, el personal del horno coloca rápidamente los espaciadores (los recuperados o los nuevos) y luego dispone, por ejemplo mediante una grua, sobre dichos espaciadores una nueva bandeja de carbón, si es posible precaldeada, tomándola de preferencia de un horno de
 15. calentamiento móvil. Se baja entonces el ánodo terminal hasta que toque la cara cóncava de la nueva bandeja recién colocada en el horno, en la cual será aconsejable cargar desechos de metal o metal líquido que tengan la misma calidad que el producido en el horno. Se baja luego el ánodo terminal por medio
 20. del dispositivo anódico (no representado en los dibujos porque ya es de sí conocido), ejerciendo un empuje descendente sobre el nuevo electrodo hasta que éste queda completamente sumergido en el baño. En este punto, la bandeja electródica 6 ha pasado a la posición 7, y la 7, integrada con 8, a la posición 8,
 25. mientras que el nuevo electrodo, en contacto directo con el



ánodo terminal 4, ha adoptado ahora la posición ocupada primitivamente por la bandeja 6. De este modo se inicia de nuevo el ciclo de la electrólisis.

- La disposición del horno y la manera de actuarlo resuelven muchos inconvenientes de los hornos tradicionales corrientemente usados y ya de si conocidos.

- En efecto, hasta ahora no era posible consumir de manera casi completa los ánodos recocidos, excepto únicamente los ánodos del tipo Soederberg. Además, los carbonos anódicos precocidos no son aptos para actuar como cátodos (descuidados) (es decir, no cubiertos por aluminio fundido), a menos que se descienda a una densidad de corriente mucho menor de 0,5 amperios por cm^2 o se recurra a otros expedientes. En cambio, el nuevo horno puede hacerse actuar con densidades de corriente catódica superiores todavía a 0,5, con la cara catódica de las bandejas de carbón prácticamente cubierta por completo por metal fundido.

- Se ha dicho ya que este nuevo tipo de horno, dejando aparte muchas otras ventajas de dicho tipo, incide en los costes de la unidad de peso de metal producido, con un coeficiente de amortización muy inferior al que se presenta en los hornos tradicionales.

- Debe añadirse también que con este horno se pueden alcanzar capacidades de producción que son mucho más elevadas que las logradas hasta ahora en los hornos tradicionales, y



todo ésto sin exceder de 50.000 amperios y por consiguiente sin experimentar los inconvenientes, bastante considerables, que causan los amperajes demasiado altos (por ejemplo, entre 120.000 y 150.000 amperios) en los hornos tradicionales correspondientes (por ejemplo, desequilibrio operativo a causa de campos magnéticos intensos, gran sollicitación del fondo catódico carbonáceo del cubilote, etc.).

Las figuras 6 y 7 muestran una vista de planta y una sección vertical, respectivamente, de un horno de células múltiples horizontales, particularmente apto para la producción electrolítica de aluminio.

En las figuras 6 y 7, las paredes externas 1 del cubilote y el fondo 2 del cubilote están contruidos con el material tradicional. En esta modalidad, el horno está dividido por paredes hechas de material refractario, no conductor de la energía eléctrica, por ejemplo en cinco compartimientos, I, II, III, IV y V.

De estos compartimientos, los dos mayores, el I y el II, por ser idénticos uno a otro, o mejor dicho por ser especulares, están ocupados fundamentalmente por células C para la producción electrolítica de aluminio a partir de baño fundido.

En estas dos cámaras se hallan las barras portadoras de corriente anódica 4a, los cuatro ánodos terminales 4 y, además del baño fundido que llena estas compartimientos, también aluminio fundido debajo de cada uno de los cuatro ánodos termi-



nales, de cuatro juegos cada uno, constituidos por tres bandejas hechas de material carbonáceo, situadas una sobre otra y separadas por espaciadores, como se expone en las figuras 1 a 5.

- Como es costumbre, las cuatro barras para alimentar
5. la corriente anódica están conectadas a un dispositivo anódico tradicional del tipo para los hornos tradicionales y, como se hallan así conectadas en paralelo, están aproximadamente bajo el mismo potencial eléctrico.

- El compartimiento central III del horno consta de la
10. cámara alimentadora de alúmina, que se halla en el centro del gran cubilote del horno, y está enteramente forrado de material refractario, no conductor de la corriente eléctrica (por ejemplo, Refrax).

- Como ilustran las figuras 6 y 7, esta cámara III está
15. en contacto con las cámaras grandes I y II de la electrólisis, por medio de numerosos agujeros 21 practicados en la pared longitudinal.

- También el fondo de la cámara III para la alúmina está constituido por material refractario aislante (por ejemplo,
20. Refrax). La alúmina necesaria para la producción electrolítica de aluminio en este horno de células múltiples se suministra por lo tanto preferentemente a la cámara III, que, por hallarse en comunicación con las cámaras de electrólisis I y II, está llena de baño fundido, pero no de metal.

25. La alúmina se suministra por la parte superior mediante métodos convencionales, ya sea intermitentemente, ya sea



fragmentando periódicamente la costra del baño sólido que se forma en la superficie, ya sea suministrando la alúmina por medio de un dispositivo alimentador continuo como el que se describe en las patentes italianas N° 465.932 y N° 624,025, o por otro método conocido.

Si la alúmina alimentada a la cámara III excede cuantitativamente de la alúmina que, una vez disuelta en el baño, se derrama por los agujeros 21 en el baño 28 de los compartimientos electrolíticos I y II, y luego en los espacios huecos entre bandeja y bandeja, sobre el fondo de la cámara de alúmina se forma una capa de alúmina no disuelta. En este caso bastará suspender o reducir la alimentación de alúmina a la cámara III para que dicha capa (que, por otra parte, es una señal de la gran concentración de alúmina, por lo menos en cámara III) se reduzca o incluso desaparezca.

El cuarto compartimiento IV constituye, en el horno según este invento, la cámara de colada del aluminio producido electrolíticamente. Esta cámara se llena de aluminio metálico. Se trata del aluminio producido en las diversas células o directamente en el fondo, que, pasando por los agujeros 22 y 23, va de las cámaras electrolíticas directamente a la cámara de colada (por los agujeros 22), o de las cámaras electrolíticas primeramente debajo de la cámara de alúmina III y luego también (por el agujero 23) a la cámara de colada IV. El aluminio en la cámara de colada está a menor nivel que el alcanza-



do por el baño en la cámara de electrólisis (y, por lo tanto, en la cámara de alúmina), dado que las capas de líquido, al hallarse casi en equilibrio, se ajustan una respecto a otra según el principio de los vasos comunicantes. En consecuencia,

5. el nivel del aluminio fundido en la cámara de colada, dado que el aluminio tiene un peso específico un 10% mayor que el del baño, se mantiene por debajo del nivel del baño en las cámaras ocupadas por dicho baño.

La cámara de colada está, de conveniencia, cerrada

10. por arriba por una tapa 24, que puede quitarse y volverse a poner con facilidad.

El quinto y último compartimiento V está constituido por la cámara y el cátodo terminal 25. De este cátodo parten los conductores de metal catódicos 25a, que constituyen el

15. terminal negativo del horno de acuerdo con el invento.

La cámara catódica, a su vez, está en contacto, por medio de los agujeros 26 y 27, con el recubrimiento de aluminio del fondo del cubilote, en los dos compartimientos electrolíticos, y con el aluminio que se halla debajo de la cámara de

20. alúmina, respectivamente.

En este aluminio catódico está sumergido el electrodo de carbón 25, para asegurar un buen contacto eléctrico; de dicho electrodo de carbón parten los conductores metálicos 25a.

En otras modalidades de realización, el fondo del

25. cubilote para la alúmina descansa directamente sobre el fondo del cubilote principal.



Ya hemos dicho que la alimentación de alúmina a la cámara de alúmina y la aspiración del aluminio producido en el horno, mediante colada, que ha de efectuarse siempre por métodos ya de sí conocidos en la cámara de colada, no presentan

5. características de particular dificultad.

Los parámetros operativos de las cámaras de alimentación de alúmina, de colada y del cátodo terminal no presentan características inventivas particulares; pero es nueva y sorprendente la combinación constructiva y funcional de estas

10. tres cámaras, en particular si se la inserta en el cuadro general del horno de células múltiples provisto de electrodos bipolares horizontales.

EJEMPLO NUMÉRICO

15.

El ejemplo que se expone a continuación es simplemente explicativo y no constituye ninguna limitación para este invento. El ejemplo se refiere a un horno de modalidad semejante a la representada en las figuras 6 y 7, salvo que, en

20. lugar de una cámara de colada y un cátodo terminal, tal como se ilustran, el horno a que se refiere el ejemplo tiene dos cámaras, cada una provista de dos bloques catódicos terminales y aptas para actuar como cámaras de colada de la manera que a continuación se explica.

25.

Un horno horizontal de células múltiples se alimenta con 26,500 amperios de corriente continua. El cubilote del



horno está provisto de dos grandes cámaras de electrólisis. El fondo de éstas tiene una superficie total equivalente a 53.000 cm² y está cubierto de una capa de aluminio fundido (cátodo), encima de la cual se halla un baño criolítico fundido.

5. En el centro del cubilote existe también una cámara para alimentación de alúmina, llena solo de baño y que comunica con las dos grandes cámaras de electrólisis mencionadas antes por medio de una multitud de agujeros practicados en las paredes laterales interpuestas. En los dos extremos de dicha cámara

10. alimentadora de alúmina existen además dos cámaras más pequeñas, una en cada extremo, que contienen solamente aluminio fundido; estas cámaras comunican con la capa de aluminio del fondo de las dos grandes cámaras de electrólisis contiguas, por medio de agujeros hechos en sus paredes a proximidad de

15. sus fondos. En el aluminio fundido que existe en cada una de las dos cámaras pequeñas últimamente citadas están parcialmente sumergidos dos pares de bloques de carbón, de 50 x 30 cm de sección cada uno. Por lo tanto, los cuatro bloques actúan como cátodos terminales y están conectados eléctricamente a las

20. barras de corriente catódica. Las paredes y el fondo de las cinco cámaras mencionadas antes están forrados con materiales refractarios a base de carburo de silicio ligado con nitruro de silicio del tipo llamado en inglés "silicon nitride bonded silicon carbide", lo cual constituye un aislador eléctrico bastante

25. bueno y que resiste bien al baño electrolítico así como al aluminio fundido. En el baño que se halla en las dos grandes



cámaras laterales del horno están sumergidos dos grupos de electrodos prácticamente idénticos, todos ellos hechos de carbón precocido; por consiguiente, existe un total de cuatro grupos de electrodos en el horno. Cada grupo electrodico, unido eléctricamente en paralelo al circuito eléctrico del horno, está formado por un bloque anódico terminal, unido eléctricamente a las barras de corriente anódica, y está sumergido parcialmente en el baño. Debajo de cada uno de dichos bloques anódicos existe, en posición horizontal, una bandeja electrodica (configurada de modo semejante a como se ilustra en la fig. 1) que contiene aluminio fundido; el contacto eléctrico entre el bloque anódico y la bandeja electrodica se fija por medio de una capa delgada interpuesta de aluminio fundido.

Debajo de la citada bandeja electrodica está, también en posición horizontal y a distancia de unos 5 cm, otra bandeja electrodica de configuración semejante, la cual constituye el electrodo bipolar intermediario en cada uno de los cuatro grupos de electrodos. También esta última bandeja está llena de una capa de aluminio fundido, que tiene un espesor de 2,5 a 3 cm aproximadamente. La distancia entre polos de unos 5 cm se mantiene constantemente por medio de cuatro espaciadores de Refrax, como se representa en la figura 5. Por último, la distancia de regulación entre este último electrodo bipolar y la capa de aluminio fundido existente sobre el fondo no conductor del cubilote asciende a 4,5 - 5 cm aproximadamente.



- La zona superficial anódica de cada bandeja electrodica es de 1 m^2 aproximadamente; el espesor inicial de la bandeja superior (en contacto con el bloque anódico) es de 8 cm aproximadamente; mientras que el espesor inicial de la
5. bandeja bipolar subyacente (compuesta, después de la primera integración anódica, por dos bandejas medidoras de 4 cm de espesor cada una) asciende también a 8 cm. El espesor inicial de cada bandeja electrodica disminuye (a causa del consumo electrolítico de la superficie anódica) al ritmo de 4 cm en el
 10. curso de 4 días. Luego debe efectuarse la operación de integración anódica, la cual se realiza así; después de haber roto la costra superficial del baño, dos operarios, provistos de barras de hierro, empujan la bandeja intermedia hacia abajo y luego un tercer operario, con un útil, trata de engan-
 15. char y recuperar uno por uno los cuatro espaciadores que se hallan todavía sobre la bandeja así bajada. Hasta que el personal esté ejercitado en esta operación, la recuperación de los espaciadores de Refrax no se logrará siempre. Hay casos en los que los espaciadores de Refrax caen al fondo del cubilote. Esto
 20. es un inconveniente remediable, porque los espaciadores caídos al fondo no dificultan el funcionamiento regular del horno. Además, cuando cierto número de ellos se han acumulado en el fondo, se los puede recuperar con facilidad pescándolos con un simple hierro curvado. Los espaciadores de Refrax así recuperados
 25. pueden volver a emplearse. Tan pronto como el tercer operario ha logrado retirar los espaciadores, los dos primeros operarios



- que han mantenido la bandeja en posición baja proceden de manera que la bandeja ascienda despacio hasta adherirse a la bandeja directamente suprayacente, que de este modo dobla su espesor, es decir, vuelve al espesor inicial de 8 cm.
5. Para la inserción del nuevo electrodo (que tendrá un espesor de 8 cm), la operación se desarrolla tal como ya se ha explicado antes en la descripción del invento. Hasta que los operarios se han familiarizado con la operación de integración que acaba de describirse, es posible actuar, para recuperar los espaciadores, alzando, después del ánodo terminal, también la primera bandeja que está en contacto con el citado ánodo. De esta manera viene a flote la bandeja subyacente, que lleva los espaciadores, y éstos pueden quitarse con facilidad. Directamente después, se vuelve a bajar la primera bandeja hasta ponerla en contacto con la segunda, y entonces se prosigue la operación tal como ya se ha descrito. Es evidente que el consumo electrolítico de la subbandeja (la que tiene 4 cm de espesor) en posición baja, constituye una notable ventaja respecto al caso de los hornos tradicionales de ánodos múltiples. En efecto, en este caso se realiza un ahorro en el consumo de carbón anódico que corresponde al 10% aproximadamente. Como en el horno están instalados cuatro grupos electrolíticos conectados en paralelo al circuito eléctrico del horno, cada grupo se alimenta con una corriente de $26,500 : 4 = 6625$ amperios. La superficie anódica total del horno asciende a
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.



- $4 \times 1 \text{ m}^2 = 40.000 \text{ cm}^2$. Cuando la electrolisis se efectua a la temperatura de baño tradicional, o sea de unos 950°C , la tension en los terminales del horno oscila entre 6,4 y 6,6 voltios. El horno produce 13,7 kg de aluminio por hora, con un consumo
5. de energia eléctrica por unidad igual a 12,8 kWh/kg de aluminio, lo que significa un ahorro de energia correspondiente al 15% aproximadamente respecto a los hornos tradicionales. La colada del aluminio producido se produce cada dia y medio, y se efectua alzando uno de los cuatro bloques catódicos terminales e in-
 10. troduciendo en su sitio el tubo de succión del dispositivo de colada en vacio, del tipo convencional. La cantidad de aluminio aspirado debe ser tal que el nivel de aluminio existente en el fondo del cubilote baje en 4 cm. El esparcimiento de la alúmina que se alimenta periódicamente al baño con-
 15. tenido en la cámara central de alúmina y que, una vez disuelta, pasa por los agujeros practicados en las paredes laterales para penetrar en las auténticas células electrolíticas formadas por los cuatro grupos electrodicos, debe considerarse satisfactorio. La superficie ocupada por el horno que aqui
 20. se ha puesto como ejemplo asciende a 11 metros cuadrados aproximadamente.

El coste de este horno es inferior en 30 a 40% al coste de un horno del tipo tradicional que tenga idéntica capacidad productiva.



N O T A

Descrito el objeto del presente invento, se declaran nuevas y de propia invención, las siguientes reivindicaciones con prioridad de la solicitud de patente italiana n^o prov. 10350 del 21 de Octubre de 1965.

5. 1. Un procedimiento con su dispositivo para la electrólisis de óxido metálico, en particular de óxido de aluminio en baños fundidos que contienen flúor, caracterizado en que la electrólisis se efectua en un horno horizontal de células múltiples, formado por una o más bandejas de carbón bipolares horizontales, insertas entre un bloque anódico encasquillado y la capa de aluminio fundida que cubre el fondo de la cámara de electrólisis, y en que el aluminio producido en los espacios huecos individuales encima de las bandejas bipolares se reúne en la cara cóncava (catódica) de cada bandeja bipolar, hasta que, cuando dicha bandeja está llena, el metal rebosa y por último se reúne en el fondo del cubilote.

10. 2. Un procedimiento según la reivindicación 1, en particular de óxido de aluminio disuelto en baños fundidos que contienen flúor, caracterizado en que la electrólisis, en los espacios interpolares ocupados por el baño, se efectua con la distancia entre electrodos casi constante o en disminu-

200



ción progresiva, mientras que la electrólisis en el espacio entre electrodos encima del metal que cubre el fondo del cubilote se efectua a distancia entre electrodos que puede ajustarse desde fuera del horno por medio de un dispositivo ya de si conocido para el ajuste de la distancia anódica.

5. 3. Un procedimiento conforme a las reivindicaciones 1 y 2, caracterizado en que la integración de las capas anódicas consumidas electrolíticamente en el curso de la electrólisis se efectua empujando la bandeja bipolar hacia abajo, lo más cerca posible del fondo del horno, eliminando los espaciadores correspondientes a dicha bandeja y dejando luego que dicha bandeja suba, por el empuje hidrostático del baño, más pesado que el carbón, hasta un nivel en el que dicha bandeja se cubra a la bandeja directamente situada encima.

15. 4. Un procedimiento según una o más de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado en que la eliminación de los espaciadores más ligeros que el baño, o de las puertas de los espaciadores que son más ligeras que el baño, se efectua dejando que dichos espaciadores suban directamente hasta la superficie del baño o haciendo deslizar un implemento curvo a lo largo de la superficie anódica de la bandeja que yace directamente encima de la que se ha bajado, para ponerlos fácilmente en libertad y recuperar los espaciadores respectivos.

5. Un procedimiento conforme a una más de las reivindicaciones



5. ciones 1 a 4, caracterizado en que los espaciadores de material refractario, que conducen escasamente la energía eléctrica y que de ordinario son más pesados que el baño, se quitan de la bandeja, que previamente se ha bajado hacia el fondo del cubilote, ya sea por medio de alicates, ya sea dejándolos deslizar sobre el borde de la bandeja para que caigan al fondo del cubilote.

10. 6. Un procedimiento conforme a una o más de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado en que la integración de las capas anódicas consumidas se efectúa alzando el ánodo terminal de tal modo que las bandejas bipolares subyacentes emerjan parcialmente del baño por obra del empuje hidrostático de éste, después de lo cual los espaciadores se colocan sobre la bandeja así emergida y sobre estos espaciadores se coloca una bandeja nueva, y posiblemente, precalentada; después de lo cual se baja el ánodo terminal hasta que descansa sobre el fondo cóncavo de la nueva bandeja y, con ayuda de un ánodo encaquillado, se impulsan la nueva bandeja y las bandejas bipolares subyacentes hasta sumergir en el baño las dos o más bandejas que se hallan debajo del ánodo encaquillado.

15.

20.

25. 7. Un procedimiento conforme a una o más de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado en que, para mejorar el contacto eléctrico entre el ánodo encaquillado y la bandeja en contacto directo con dicho ánodo, se cargan sobre la citada bandeja terminal, antes de sumergirla en el baño, desperdicios metáli-



cos o metal fundido.

5. 8. Un procedimiento conforme a una o más de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado en que la operación se efectúa en hornos de aluminio convencionales, que, si se quiere, se modifican apropiadamente.

10. 9. Un procedimiento, según las reivindicaciones precedentes, en el que el dispositivo para su realización es un horno de electrolisis por baño fundido, para la producción de metales de peso específico más pesado que el del baño, a partir de sus óxidos, en particular para la producción electrolítica de aluminio a partir de alúmina en un baño que contenga sales de flúor, con un cubilote catódico y un ánodo o ánodos de carbón precocido, conectados directamente a las barras portadoras de corriente ("ánodos encasquillados") y con
15. el respectivo mecanismo ascensor y descensor, caracterizado en que entre el ánodo encasquillado, o entre cada ánodo encasquillado, y el fondo catódico del cubilote existen uno o más electrodos bipolares horizontales de carbón electrolítico (por ejemplo, carbón precocido), que llevan una capa de aluminio o
20. son aptos para llevar una capa de aluminio sobre su cara catódica superior y están dispuestos a distancia uno de otro.

10. Un procedimiento conforme a la reivindicación 9, caracterizado en que dichos electrodos bipolares horizontales tienen un contorno que corresponde en forma (por ejemplo, cuadrada o



rectangular) a la forma de la base del respectivo ánodo oncasquillado, pero tiene mayor extensión.

5. 11. Un procedimiento conforme se define en las reivindicaciones 9 o 10, caracterizado en que dichos electrodos bipolares horizontales tienen forma plana, con bordes vueltos hacia arriba en todo el contorno, por ejemplo como bandejas.

10. 12. Un procedimiento conforme a una o más de las reivindicaciones 9 a 11, caracterizado en que dichos electrodos bipolares horizontales se mantienen distanciados uno de otro por medio de miembros o elementos espaciadores especiales, de preferencia retenidos simplemente por el empuje ascendente del baño.

13. Un procedimiento conforme se define en la reivindicación 12, caracterizado en que dichos electrodos bipolares horizontales tienen en su cara inferior rebajos aptos para conectar con los citados miembros o elementos espaciadores.

15. 14. Un procedimiento conforme se define en las reivindicaciones 12 o 13, caracterizado en que dichos espaciadores son cuerpos de una sola pieza o compuestos, hechos de material refractario aislante, de preferencia carburo de silicio aleado con nitruro de silicio, y/o de carbón, por ejemplo de carbón electrodico precooido, o de grafito.

20. 15. Un procedimiento conforme se define en una o más de las reivindicaciones 12 a 14, caracterizado en que los espaciadores,



hechos de material refractario aislante, tienen forma troncoconica, adelgazada hacia la parte superior, o forma piramidal.

5. 16. Un procedimiento conforme a uno o más de las reivindicaciones 13 a 15, caracterizado en que entre el espaciador y el rebajo en que éste encaja se deja un espacio anular hueco, para interceptar los gases de la electrólisis.

10. 17. Un procedimiento conforme a una o más de las reivindicaciones 12 a 14, caracterizado en que los espaciadores de carbón son compuestos, por estar hechos de una pluralidad de elementos semejantes entre sí o prácticamente cónicos o troncoconicos, huecos y superpuestos uno a otro, con las cavidades vueltas hacia abajo (como un casquete) o hacia arriba (como un embudo), simplemente retenidos por descansar contra los respectivos miembros o elementos del lado de arriba.

15. 18. Un procedimiento conforme a la reivindicación 17, caracterizado en que dichos elementos tienen agujeros centrales y/o laterales, los cuales se hallan alineados en direcciones verticales o subverticales.

20. 19. Un procedimiento conforme a la reivindicación 17, caracterizado en que dichos elementos tienen entallas pasantes periféricas, alineadas de modo que constituyen ranuras verticales o subverticales.



5. 20. Un procedimiento conforme a la reivindicación 12, caracterizado en que cada espaciador está constituido por: una porción de material refractario aislante, que forma de preferencia la base del espaciador, tal como según las reivindicaciones 15 o 16 y una porción de carbón, que forma de preferencia la cabeza del espaciador; tal como según las reivindicaciones 17, 18 o 19:

10. 21. Un procedimiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por comprender dos o más cámaras de electrolisis; dispuestas en un cubilote que puede ser de clase ya de si conocida, de preferencia provisto de forro protector en sus paredes laterales, y en que cada cámara comprende una o más pilas de electrodos bipolares horizontales.

15. 22. Un procedimiento conforme a la reivindicación 21, caracterizado por una cámara, a lo menos, para alimentar el óxido metálico de partida, de preferencia interpuesta entre las cámaras de electrolisis y en comunicación con estas últimas por medio de uno o más agujeros, mientras el fondo y las paredes laterales de la cámara de alimentación están hechas de material refractario no conductor de la corriente eléctrica y
20. resistente al baño.

23. Un procedimiento conforme a las reivindicaciones 21 o



22, caracterizado por una cámara, a lo menos, para verter el metal fundido, de preferencia interpuesta entre las cámaras de electrólisis y comunicanete con estas últimas por uno o más agujeros.

5. 24. Un procedimiento conforme a las reivindicaciones 9, 21, 22 o 23, caracterizado por una cámara, a lo menos, para el electrodo catódico terminal o los electrodos catódicos terminales de material carbonáceo, de la cual parten conductores metálicos flexibles para conectarse a las barras portadoras de corriente catódica (terminal negativo) del propio horno, hallándose dicha cámara o dichas cámaras para el electrodo catódico terminal parcialmente llenas de metal fundido producido en el citado horno, a través de agujeros que comunican con la citada cámara de electrólisis y/o con la cámara o las cámaras para colada.
10. 15.

25. Un procedimiento conforme a la reivindicación 24, caracterizado por utilizarse como cámara para el electrodo catódico la cámara de colada.

20. 26. Un procedimiento con su dispositivo para la electrólisis de óxido metálico.

Según se describe y reivindica en la presente memoria descriptiva que consta de 35 hojas foliadas y escritas a



máquina por una sola cara, acompañadas de los dibujos reglamentarios.

Madrid, a 20 OCT. 1966
p.a. **JAIME ISERN**
D. P.

Enmenda LUIS REY PADILLA



A - A

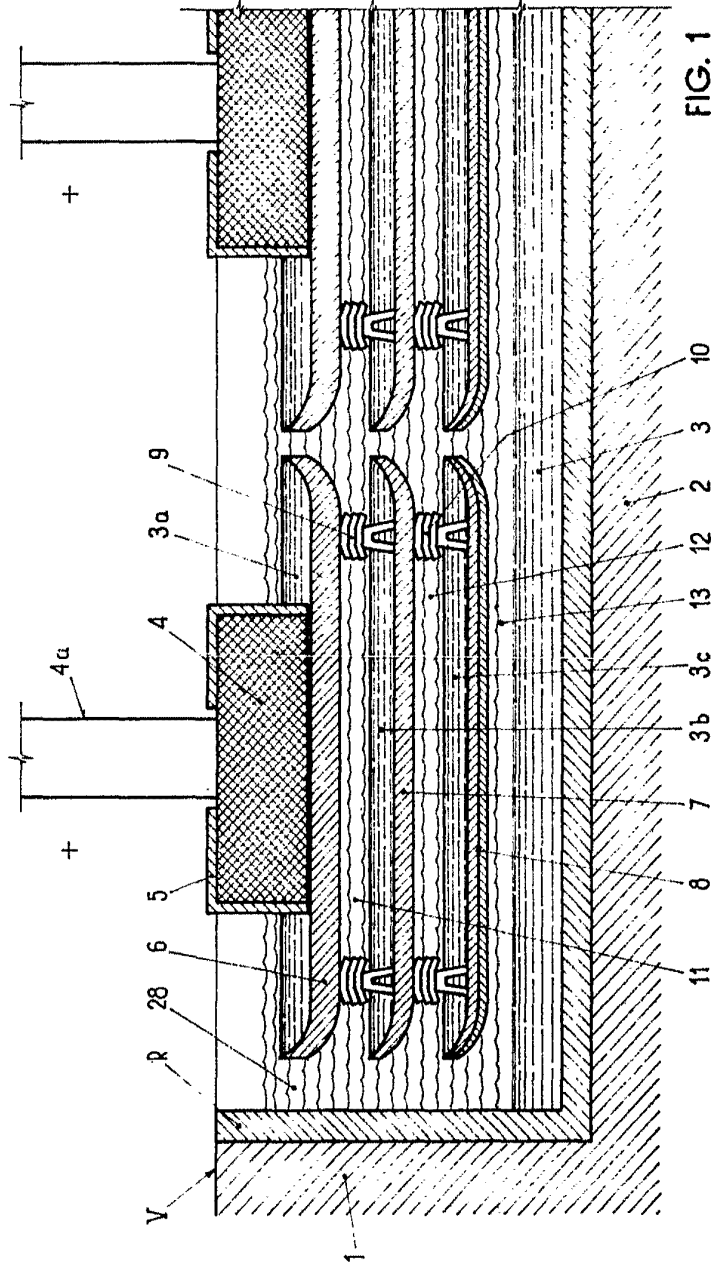
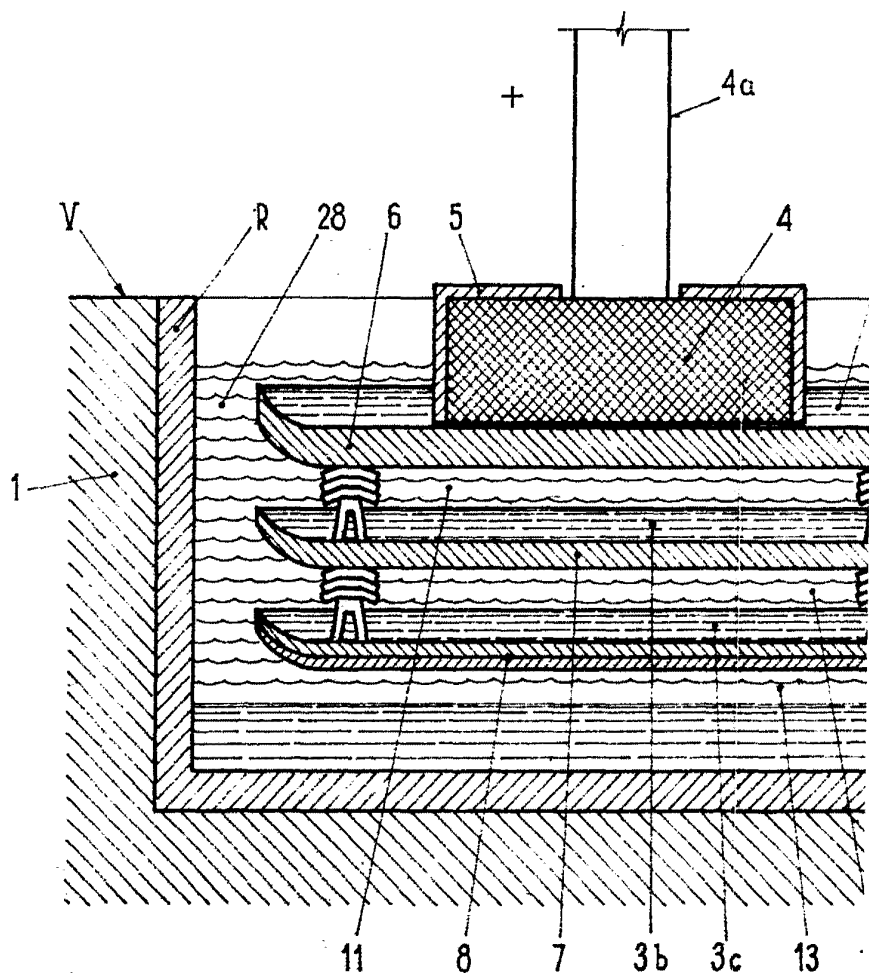


FIG. 1

Madrid, Jaime Isern
P.p.

03-513



5 885 618
20 Oct 1966
KINGDOM OF SPAIN

A - A

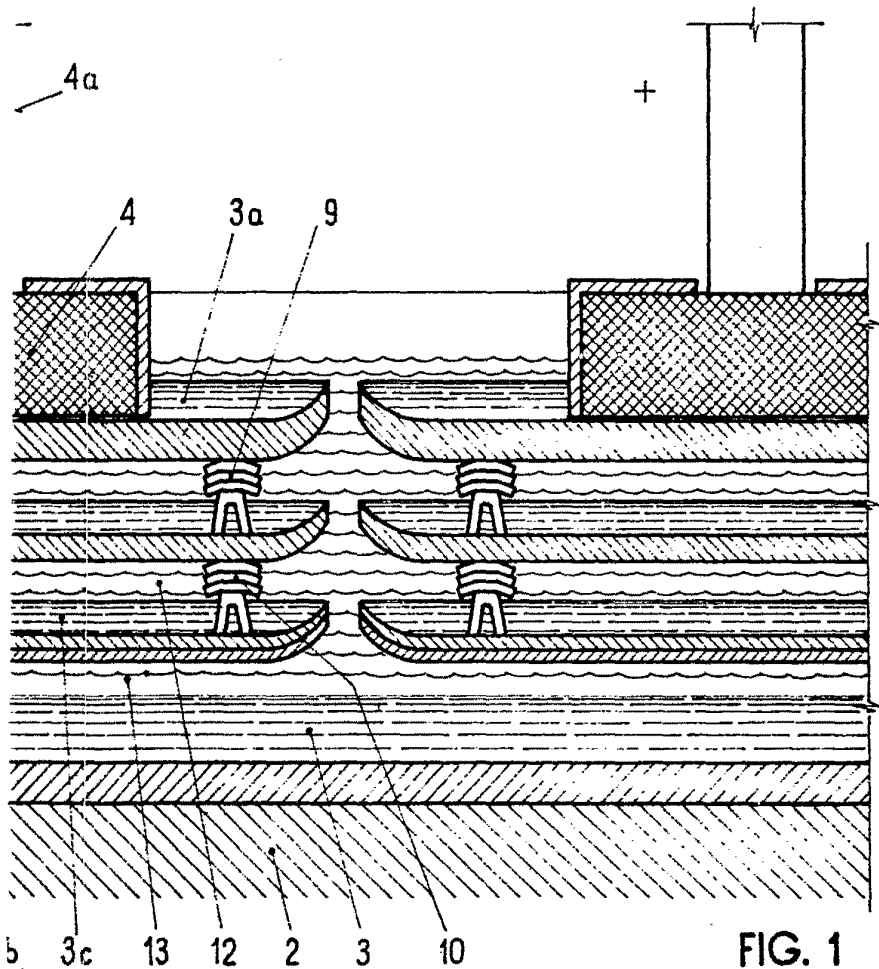


FIG. 1

Madrid, 20 OCT 1966

Jaime Isern

p.p.

FIG. 2

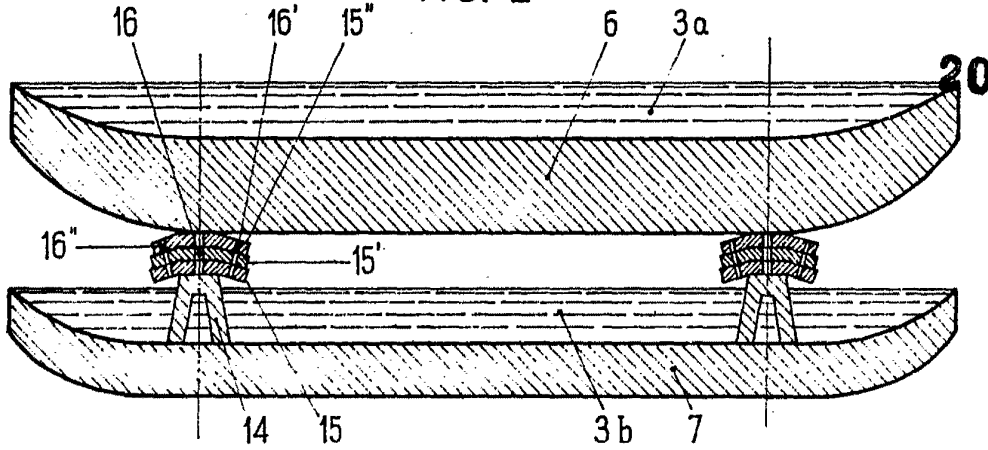


FIG. 3

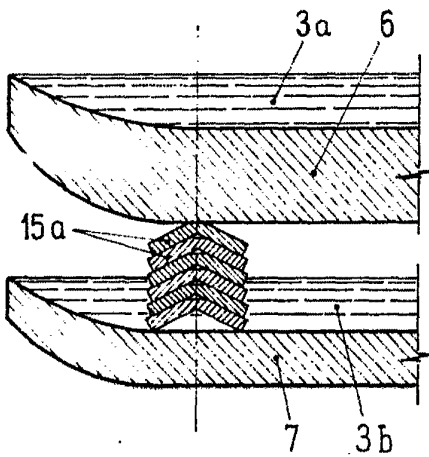


FIG. 4

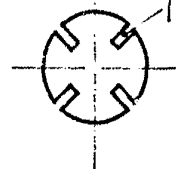
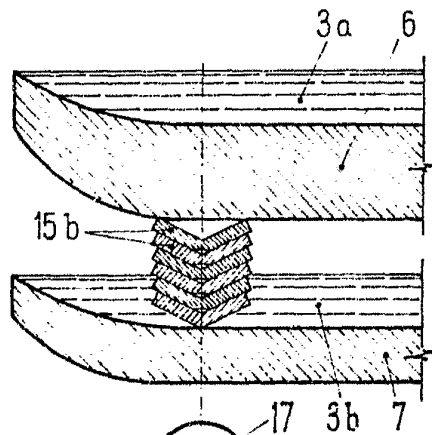
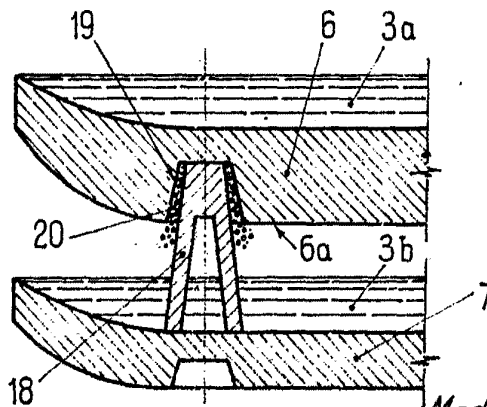


FIG. 4a

FIG. 5



Madrid, 20 OCT. 1956

p.p. Jaime Isern

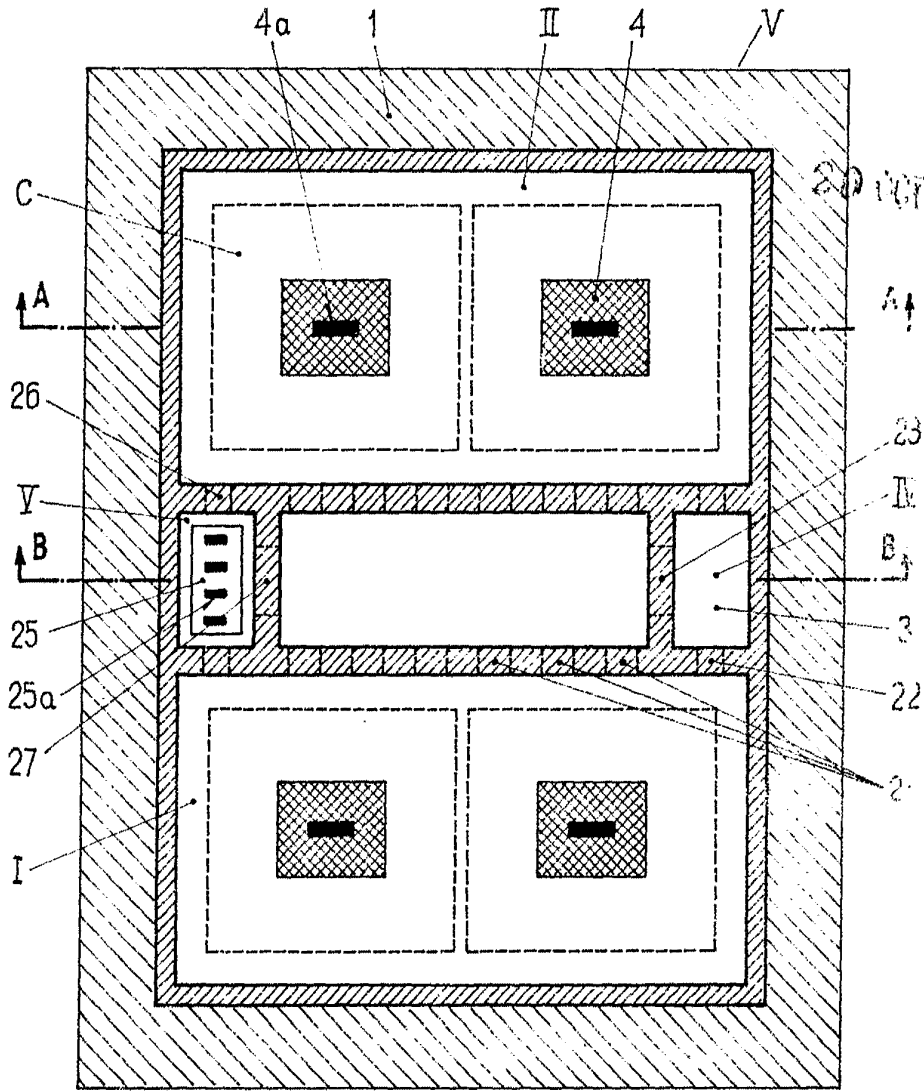


FIG. 6

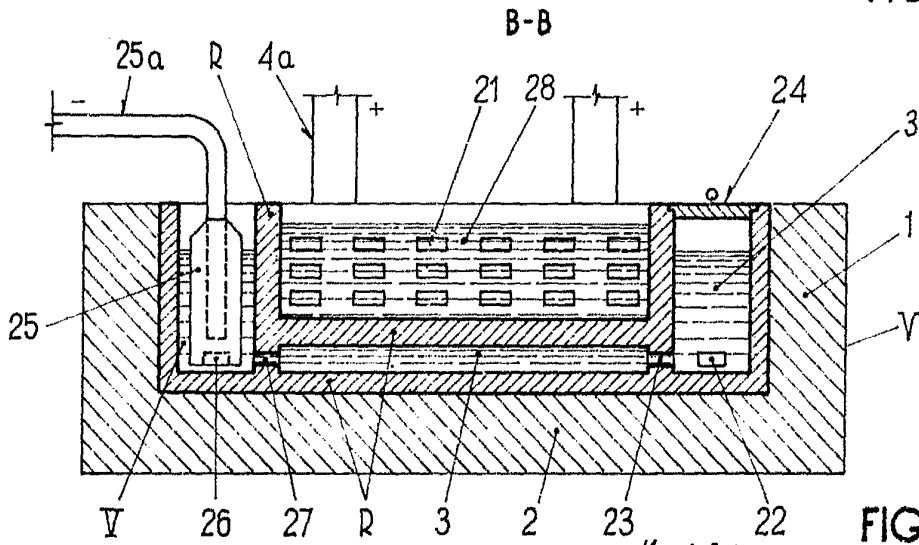


FIG. 7

Madrid, 20 DE OCT. 1966
 p.p. Jaime Isern