



1965

P.- 29.751

AJH / 608

315243

MEMORIA DESCRIPTIVA  
para solicitar  
PATENTE DE INVENCION  
en  
E S P A Ñ A  
por VEINTE años

a nombre de ALUMINIUM LABORATORIES LIMITED, entidad canadiense, establecida en 1, Place Ville Marie, Montreal, Quebec, Canadá, por:

"UN METODO PARA EVAPORAR CLORURO DE ALUMINIO A PARTIR DE UNA MEZCLA DE SAL FUNDIDA"

---

**POOR  
QUALITY**



- 1 -

315243

La presente invención se relaciona con un método y un aparato para calentar una corriente de sal fundida y mas particular, aunque no exclusivamente, con procedimientos y aparatos para calentar una corriente de sal fundida en una región confinada para volatilizar un constituyente de la sal.

Una de las aplicaciones de la presente invención es la purificación y recirculación de gas cloruro de aluminio para el uso en un procedimiento de destilación de subhaluro de aluminio para la recuperación de aluminio a partir de material que contiene aluminio.

La corriente de tricloruro de aluminio gaseoso, que se hace circular en el sistema, requiere purificación continua para separar los gases permanentes, tales como hidrógeno. Se puede efectuar convenientemente la purificación mediante absorción, de una parte del tricloruro de aluminio de la corriente gaseosa, en un baño de sal fundida que por lo general está compuesto por tricloruro de aluminio y cloruro de sodio.

Se hace pasar entonces la mezcla de sal fundida, enriquecida en cloruro de aluminio, hacia un evaporador en el cual se la calienta para redespnder una proporción del cloruro de aluminio bajo la forma de un gas, al cual se recicla.

El evaporador comprende de preferencia un casco de metal (por ejemplo acero) internamente revestido con ladrillo refractario y que define una región confinada o cámara a través de la cual se hace pasar una corriente de sal fundida. De preferencia se conduce la sal fundida hacia y desde el evaporador mediante conductos de acero no revestidos. En el método de la presente invención, se efectúa el calentamiento de la sal fundida en la cá-



315243

5 para mediante el paso de corriente eléctrica alterna a través de la sal, de preferencia en una dirección paralela a la dirección de circulación de la sal. Se emplea convenientemente corriente alterna monofásica aunque se puede usar también para esta finalidad corriente alterna trifásica. La sal fundida tiene una resistividad término medio de aproximadamente  $1 \frac{\Omega}{\text{cm}}$  a las temperaturas operativas usuales del evaporador, por ejemplo aproximadamente entre 400 y 500 °C.

10 El revestimiento refractario del casco de acero del evaporador, aísla al caso tanto eléctrica como térmicamente con respecto a la corriente de sal fundida que se encuentra en la cámara, e impide así el paso de corriente eléctrica desde la sal fundida hacia el casco. Además, se enfría externamente con agua al casco para congelar cualquier sal fundida que penetre a través del revestimiento antes de que dicha sal pueda escurrirse a través del revestimiento y establecer contacto eléctrico con el casco.

15 Si se aplica la corriente eléctrica de calentamiento mediante un par de electrodos respectivamente dispuestos cerca de los extremos de entrada y de salida de la cámara, la corriente eléctrica es conducida desde ambos electrodos, a través de la sal fundida, hacia los conductos de entrada y de salida de acero no revestido, respectivamente, produciendo un cortocircuito a través del casco de acero del evaporador o a través de otras estructuras metálicas externas, proporcionando un trayecto a la corriente eléctrica entre los conductos.

20 Además, resulta difícil la aislación de los electrodos con respecto al casco del evaporador, debido a que, para producir la deseada circulación de corriente eléctrica a través de la corriente de sal fundida,

25



315243

las tensiones sobre los electrodos deben ser por lo general altas; y por lo tanto queda limitada la adaptabilidad de operación.

5 Un casco de acero internamente aislado constituye una forma conveniente y económica de estructura para calentar una corriente de sal fundida mediante calentamiento directo por resistencia; también es simple conducir la sal fundida desde y hacia el evaporador en conductos no revestidos. Además, resulta ventajoso provocar circulación de corriente eléctrica en una dirección paralela a la dirección de circulación de la sal fundida, para mantener una densidad uniforme de corriente eléctrica a través del trayecto de la corriente eléctrica, especialmente cuando la corriente de sal fundida sufre un cambio progresivo de resistividad (debido a cambios en la composición o en la temperatura) como resultado de la corriente eléctrica de calentamiento. Sin embargo, las ventajas de estructuras y disposiciones de esta clase caían hasta ahora considerablemente anuladas por la necesidad de producir una interrupción eléctrica en la corriente de sal mediante una cascada o lo similar para impedir cortocircuitos.

10

15

De acuerdo con la presente invención, se provee un método para evaporar cloruro de aluminio a partir de una mezcla de sal fundida, que comprende calentar una corriente de dicha mezcla de sal fundida en una cámara eléctricamente aislada a través de la cual circula la sal fundida desde un conducto de entrada hacia un conducto de salida y retirando el cloruro de aluminio gaseoso, así desprendido, a través de un conducto en la pared de dicha cámara que conduce hacia el exterior de un espacio de gas al cual se mantiene sobre la corriente de sal fundida en dicha cámara, efectuándose el calentamiento de dicha corriente haciendo pasar corriente eléctrica al-

20

25



- 4 -

315243

terna a través de la sal fundida en dicha cámara mediante electrodos sumor-  
gidos en dicha sal fundida, mientras que dichos electrodos incluyen electro-  
dos a los cuales se mantiene aproximadamente al potencial de masa y dispues-  
tos cerca de la entrada y de la salida de dicha cámara, y por lo menos un  
5 otro electrodo sumergido en dicha sal fundida en un lugar intermedio entre  
dichos electrodos que se encuentran al potencial de masa.

Se describirá ahora una cierta forma de aparato, para poner en  
práctica el método de la presente invención, con referencia al dibujo que  
se acompaña, en el cual:

10 La fig. 1 es un corte en elevación de una forma de realización de  
la presente invención, para la evaporación de cloruro de aluminio a partir  
de una mezcla de sal fundida;

La fig. 2 es un corte según la línea 2-2 de la fig. 1; y

15 La fig. 3 es un corte en elevación de otra forma de realización  
de la presente invención, también destinada al uso como evaporador de clo-  
ruro de aluminio.

Haciendo referencia ahora primeramente a las figs. 1 y 2, el apa-  
rato comprende un evaporador 10 que incluye un casco externo de acero 11 y  
un revestimiento interno 12 de ladrillo refractario, por ejemplo ladrillo  
20 de alúmina densa de alta pureza, que provee una cámara cilíndrica hermética  
al gas 14, térmica y eléctricamente aislada. En esta cámara se introdu-  
ce una corriente de sal fundida, que contiene cloruro de aluminio absorbi-  
do, a través de un pasaje de entrada 16 en la parte inferior de uno de los  
extremos de la cámara, y se la retira de la cámara a través de un pasaje de  
25 salida 17 en la parte inferior del extremo opuesto de la cámara, de manera

POOR  
QUALITY



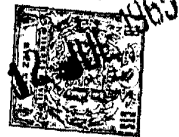
1963

- 5 -

315243

que el trayecto de circulación de la sal a través de la cámara es paralelo al eje de la cámara 14. En funcionamiento, se llena parcialmente la cámara con una corriente continua de sal fundida 19, hasta un nivel por encima de los pasajes 16 y 17. Un conducto de acero no revestido 20, fijado en su extremo al casco del evaporador 11 y que comunica con el pasaje de entrada 16, suministra la sal fundida a la cámara; un segundo conducto de acero no revestido 21, también fijado en su extremo al casco 11 y que comunica con el pasaje de salida 17, conduce la sal alejándola del evaporador. Se retira cloruro de aluminio gaseoso desde el evaporador a través de un conducto 23 que comunica con la parte superior de la cámara 14. Además, se puede proveer medios convencionales, tales como una camisa de agua (no ilustrada), para enfriar externamente al evaporador.

De acuerdo con la presente invención, tres electrodos espaciados 26, 27 y 28 están dispuestos en la sal circulante. Los electrodos externos 26 y 28, dispuestos corriente arriba y corriente abajo con respecto al electrodo central 27, son adyacentes a los pasajes de entrada y de salida 16 y 17. Cada uno de estos electrodos comprende una placa de acero substancialmente semicircular, de un diámetro levemente menor que el diámetro interno de la cámara 14, suspendida desde la parte superior del evaporador mediante una varilla de acero inoxidable a la cual está soldado el electrodo. Tal como se ilustra en la fig. 2, la placa de electrodo 27 está suspendida mediante una varilla 30. La sal fundida circula a través del espacio 31 entre la pared de la cámara y el electrodo, como así también a través de una pluralidad de aberturas 32 de la placa de electrodo. Los electros 26 y 28 están construidos en la misma manera.



315243

La varilla 30 del electrodo 27 está fijada, mediante un montaje aislado, a una pestaña 34 que es integral con el casco del evaporador 11, en la parte superior del evaporador; específicamente, tal como se ilustra, la varilla está soldada a una placa 35 que está fijada a la pestaña 34 mediante bulones aislados 36 y separada de la pestaña por una primera junta aislante 37, un aro 38 y una segunda junta aislante 39, para aislar eléctricamente a la varilla con respecto al casco 11 y proveer un cierre hermético al gas que impide el escape de cloruro de aluminio gaseoso desde la cámara 14 a través del montaje del electrodo. Las varillas de suspensión 42 y 43 de los electrodos 26 y 28 están fijadas en una manera similar a las pestañas 44 y 45, respectivamente, pero debido al potencial al cual se mantiene a estos últimos electrodos (según se explicará mas adelante), se puede simplificar las disposiciones para aislarlas con respecto al casco; por ejemplo, las placas de montaje 46 y 47, respectivamente soldadas a las varillas 42 y 43, pueden estar separadas de las pestañas 44 y 45 mediante juntas simples 48 y 49. La totalidad de las tres varillas de electrodo se proyectan a través de las pestañas de montaje para permitir el establecimiento de conexiones eléctricas externas.

Se dispone las placas de electrodo 26, 27 y 28, sumergidas en la corriente de sal 19 y con sus caras planas paralelas entre sí, de manera de permitir el paso de corriente eléctrica a través de la sal fundida que se encuentra en la cámara 14, en una dirección que es coaxial con el trayecto de la corriente de sal. Esto resulta importante para la operación de calentamiento, puesto que permite conducir el calentamiento aproximadamente sobre la longitud total de la cámara, y proporciona también una densidad subs-

**POOR  
QUALITY**



- 7 -

315243

5 tencialmente uniforme de la corriente a través de toda el área transversal de la corriente de sal en cualquier punto determinado en la cámara, aunque la composición y la temperatura (y por lo tanto la resistividad eléctrica), de la sal cambien progresivamente a medida que pasa a través de la cámara 14.

10 Ambos electrodos externos 26 y 27 están a masa (o por lo menos a bajo potencial); el electrodo central 27 está conectado al terminal 51, no conectado a masa, de una fuente de alimentación de corriente alterna monofásica convencional 52 que tiene también un terminal conectado a masa 53. Por lo tanto, pasa corriente eléctrica alterna a través de la circulación de sal 19 entre los electrodos 27 y 26, y también entre los electrodos 27 y 28.

15 La consecuencia, la evaporación del cloruro de aluminio, por calentamiento de la sal fundida en el evaporador 10, tiene lugar por el paso de corriente eléctrica alterna a través de una corriente de sal fundida. Se hace retornar el gas cloruro de aluminio, así desprendido, al sistema de destilación de subhaluro a través del conducto 23.

20 Mediante la disposición de electrodos descripta mas arriba, se puede hacer pasar corriente eléctrica alterna a través de la sal fundida, a lo largo de un trayecto que es coaxial con la dirección de circulación de la sal, sin necesidad de proveer una interrupción eléctrica en la circulación de entrada o de salida para impedir cortocircuitos. Puesto que los electrodos externos 26 y 28 están a potencial de masa, no exista diferencia de potencial entre estos últimos electrodos y los conductos adyacentes o el casco 11; por consiguiente, no circula corriente eléctrica a través de

25



315243

la sal fundida hacia los conductos 20 y 21, y por lo tanto no se pueden desarrollar cortocircuitos a través de los conductos y del casco del evaporador (u otra estructura externa que provee un trayecto de corriente entre los conductos).

5

La tensión sobre el electrodo central 27 del precedante aparato, puede ser tan baja como la mitad de la tensión sobre uno de los electrodos de un sistema de dos electrodos (suponiendo que el otro electrodo está a masa), para el paso de una determinada corriente eléctrica a través de la fusión por un trayecto de corriente eléctrica de determinada longitud total (es decir, la distancia entre los electrodos 26 y 28). Esta muy substancial reducción de la tensión de electrodo simplifica considerablemente el problema de aislar los electrodos 27 con respecto al casco del evaporador 11. La aislación de los electrodos 26 y 28 no involucra dificultad, debido a que estos electrodos se encuentran al potencial de masa.

10

15

Puesto que la resistencia de la fusión es proporcional a la longitud del trayecto de la corriente eléctrica a través de la misma, se podrá hacer que la resistencia, en el compartimento comprendido entre los electrodos 26 y 27, sea igual a la resistencia en el compartimento comprendido entre los electrodos 27 y 28, disponiendo para ello apropiadamente al electrodo 27 con relación a los dos electrodos externos.

20

La condición necesaria para igualdad de resistencia en ambos compartimentos del evaporador de las figs. 1 y 2, está definida por la relación:

$$AR = f_1 L_1 = f_2 L_2 \quad (1)$$

25

donde  $L_1$  es la longitud del primer compartimento (es decir, la distancia

**POOR  
QUALITY**



1965

- 9 -

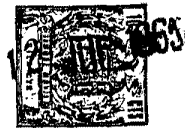
315243

entre los electrodos 26 y 27);  $f_1$  es la resistividad término medio de la fusión en el primer compartimento;  $L_2$  es la longitud del segundo compartimento (es decir la distancia entre los electrodos 27 y 28);  $f_2$  es la resistividad término medio de la fusión en el segundo compartimento;  $A$  es el área de sección transversal vertical de la corriente de sal fundida 19; y  $R$  es la resistencia eléctrica en cada compartimento.

Para proveer igualdad de resistencia en ambos compartimentos, cuando la resistividad término medio de la sal fundida en uno de los compartimentos difiere de la del otro (como suele ser generalmente el caso debido al cambio progresivo de temperatura y agotamiento del contenido de cloruro de aluminio de la sal fundida), los electrodos no se encuentran equidistantemente espaciados, estando en cambio dispuestos de tal manera que las longitudes de ambos compartimentos son inversamente proporcionales a las resistividades término medio en los mismos, es decir de acuerdo con la relación:

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{f_2}{f_1} \quad (2)$$

Cuando son iguales las resistencias en ambos compartimentos del evaporador de las figs. 1 y 2, se provee iguales entradas de potencia y densidades de corriente para ambos compartimentos, proporcionando las mismas condiciones operativas que en un sistema de dos electrodos que tiene una longitud de trayecto de la corriente eléctrica que es igual a la distancia total entre los electrodos 26 y 28. Además, se puede hacer mayor la entrada de potencia o densidad de corriente eléctrica en uno de los compartimentos con respecto al otro (según resulta a veces deseable debido al



315243

5

cambio de composición y de temperatura de la corriente de sal fundida), mediante una separación apropiada de los electrodos. Por ejemplo, si se desea que la entrada de potencia y densidad de corriente en el primer compartimento sean dos veces mayores que en el segundo compartimento, la resistencia en el primer compartimento deberá ser la mitad de la resistencia en el segundo compartimento, puesto que las tensiones a través de ambos compartimentos son siempre iguales. Se provee estas resistencias, espaciando los electrodos 26, 27 y 28 de manera de proveer longitudes relativas  $L_1$  y  $L_2$ , para ambos compartimentos, que satisfagan la relación:

10

$$\frac{L_1}{L_2} = 0,5 \frac{f_2}{f_1} \quad (3)$$

puesto que la resistencia en cada compartimento es directamente proporcional al producto de la resistividad término medio  $f$  de la fusión en el mismo y la longitud del compartimento.

15

En la fig. 3 se muestra otro aparato para operar con corriente alterna trifásica, para el calentamiento de la mezcla de sal fundida. La estructura del evaporador de la fig. 3 es en general similar a la del evaporador 10 de las figs. 1 y 2.

20

Para efectuar el calentamiento con corriente alterna trifásica en el evaporador de la fig. 3, se dispone cuatro electrodos 56, 57, 58 y 59 dentro de la cámara del evaporador. Estos electrodos son de construcción y montaje idénticos a los electrodos 26, 27 y 28 del evaporador de las figs. 1 y 2. Los electrodos externos 56 y 59 están fijados al casco del evaporador en la misma manera que los electrodos 26 y 28 de las figs. 1 y 2. Los electrodos internos 57 y 58 están fijados al casco del evapora-

25

**POOR QUALITY**



- 11 - 315243

dor en la misma manera que el electrodo 27 de las figs. 1 y 2, de manera de quedar aislados eléctricamente con respecto al casco.

5 En esta disposición de electrodo, los electrodos externos 56 y 59 están conectados entre sí y a masa; por consiguiente, no existe diferencia de potencial entre estos electrodos y los conductos adyacentes de entrada y de salida 20 y 21. Los electrodos internos 57 y 58 están conectados separadamente a los dos terminales, no conectados a masa, de una fuente de alimentación de corriente alterna trifásica 60, que tiene también un terminal conectado a masa. El calentamiento de la sal fundida, para desprender gas cloruro de aluminio, se efectúa por consiguiente en el evaporador de la fig. 3 haciendo pasar la sal a través de la cámara 14 mientras se hace pasar corriente alterna trifásica a través de la corriente de sal entre los cuatro electrodos sumergidos en ella.

10 Con calentamiento mediante corriente alterna trifásica, usando cuatro electrodos según se ilustra en la fig. 3, la tensión de fase (que es la tensión sobre cada uno de los electrodos internos 57 y 58), es solamente  $1/3$  de la tensión sobre uno de los electrodos de un sistema de dos electrodos (suponiendo que el otro electrodo está a masa), y solamente  $2/3$  de la tensión sobre el electrodo central 27 del sistema de tres electrodos de las figs. 1 y 2, para el paso de una determinada corriente a través de la sal fundida sobre un trayecto de corriente eléctrica de una determinada longitud total (es decir, entre los electrodos 56 y 59). Este requisito de tensión relativamente baja facilita la aislación de los electrodos con respecto al casco del evaporador. La disposición del evaporador de la fig. 3 proporciona también una ventajosa adaptabilidad operativa, en el sentido

15

20

25



315243

de que se puede proveer diferentes entradas de potencia y densidades de corriente para los tres compartimentos interelectródicos del evaporador mediante una separación apropiada de los electrodos.

5 Para ilustrar mejor la presente invención, se puede construir un evaporador del tipo ilustrado en las figs. 1 y 2, provisto de una cámara de calentamiento de una longitud de 6,78 m y un diámetro de 1,22 m. Cada uno de los tres electrodos comprende una placa de acero semicircular de 2,54 cm de espesor y un diámetro de 1,17 m. El nivel mínimo de la sal fundida en la cámara de calentamiento se encuentra 15,2 cm por debajo de la línea central de la cámara. Los tres electrodos están espaciados de tal ma-  
10 nera que el espacio comprendido entre el electrodo, adyacente a la entrada de sal fundida, y el electrodo central es 3,00 m, y el espacio comprendido entre el electrodo central y los electrodos adyacentes a la salida de sal fundida es 3,32 m.

15 Este evaporador está proyectado para desarrollar 4.130 kg/hr de cloruro de aluminio gaseoso a una temperatura de 450 °C y una presión de 1.150 mm de Hg (presión absoluta), a partir de una mezcla fundida de cloruro de aluminio y cloruro de sodio. La mezcla de sal penetra en el evaporador a razón de 57.500 kg/hr y tiene una concentración inicial de 53,5  
20 moles % de cloruro de aluminio y una temperatura de 414 °C. En una operación de esta clase, se descarga la mezcla de sal fundida desde el evaporador a una concentración de 56 moles % de cloruro de aluminio y una temperatura de 490 °C. La resistividad término medio de la sal fundida entre los dos primeros electrodos es 1,18  $\Omega$ /cm, y entre el segundo y tercer  
25 electrodos es 1,07  $\Omega$ /cm. La tensión sobre el electrodo central es 298 V,

**POOR  
QUALITY**



la corriente conducida por el electrodo central es 6710 A, y la conduci-  
da por cada electrodo terminal es 3355 A, de manera de proveer una densidad  
de corriente de  $9,3 \text{ A/cm}^2$  sobre cada superficie de electrodo. La máxima en-  
trada de potencia es 2000 kW, dando por resultado una máxima densidad de  
5 potencia de  $791 \text{ kW/m}^3$  en el baño de sal fundida que se encuentra en el eva-  
porador.

En sus aspectos mas amplios, la presente invención es aplicable  
a otros líquidos, especialmente otras mezclas de sal fundida a partir de  
las cuales se desea evaporar una sal que es uno de sus constituyentes, por  
10 ejemplo un haluro de aluminio. Resulta evidente que la protección ofreci-  
da por la presente invención contra cortocircuitos con conductos metálicos  
conectados o estructuras similares, puede resultar también importante aun-  
que un conducto de esta clase tenga un revestimiento, en el sentido de que,  
en tal caso, no será necesario preocuparse con respecto a pérdidas eléctri-  
cas debido a rajaduras en el revestimiento del conducto o deterioros en el  
15 mismo.



- 14 - 315243

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de la presente solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los siguientes:

5

1.- Un método para evaporar cloruro de aluminio a partir de una mezcla de sal fundida, que comprende calentar una corriente de dicha mezcla de sal fundida en una cámara eléctricamente aislada a través de la cual circula la sal fundida desde un conducto de entrada hacia un conducto de salida y retirar el cloruro de aluminio gaseoso, así desprendido, a través de un conducto en la pared de dicha cámara que conduce fuera de un espacio de gas al cual se mantiene sobre la corriente de sal fundida en dicha cámara, efectuándose el calentamiento de dicha corriente haciendo pasar corriente eléctrica alterna a través de la sal fundida en dicha cámara por medio de electrodos sumergidos en dicha sal fundida, mientras que dichos electrodos incluyen electrodos mantenidos aproximadamente al potencial de masa y dispuestos cerca de la entrada y de la salida de dicha cámara, y por lo menos un otro electrodo sumergido en dicha sal fundida en un lugar intermedio entre dichos electrodos que se encuentran a potencial de masa.

10

15

20

2.- Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en que dicha corriente de mezcla de sal fundida penetra en dicha cámara y la abandona a través de conductos metálicos no revestidos.

25

3.- Un método de acuerdo con la reivindicación 2, en que los conductos metálicos de los extremos de entrada y de salida de dicha cámara se encuentran en conexión eléctrica entre sí a través de un casco metálico para dicha cámara eléctricamente aislada.

**POOR  
QUALITY**

12 JUL 1965

315243

4.- Un método de acuerdo con las reivindicaciones 1, 2 ó 3, en que los electrodos se extienden substancialmente a través de la totalidad del trayecto de circulación de la corriente de mezcla de sal fundida, de manera de mantener así una corriente eléctrica de calentamiento substancialmente uniforme que pasa longitudinalmente con respecto a la corriente de mezcla de sal fundida en dicha cámara.

5.- Un método para evaporar cloruro de aluminio a partir de una mezcla de sal fundida.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede representada en el dibujo que se acompaña y para los fines especificados.

Esta Memoria consta de quince hojas, escritas a máquina por una sola de sus caras.

Madrid, 12 JUL 1965

P.A.

Albano de Haza  
Por Poder



315243

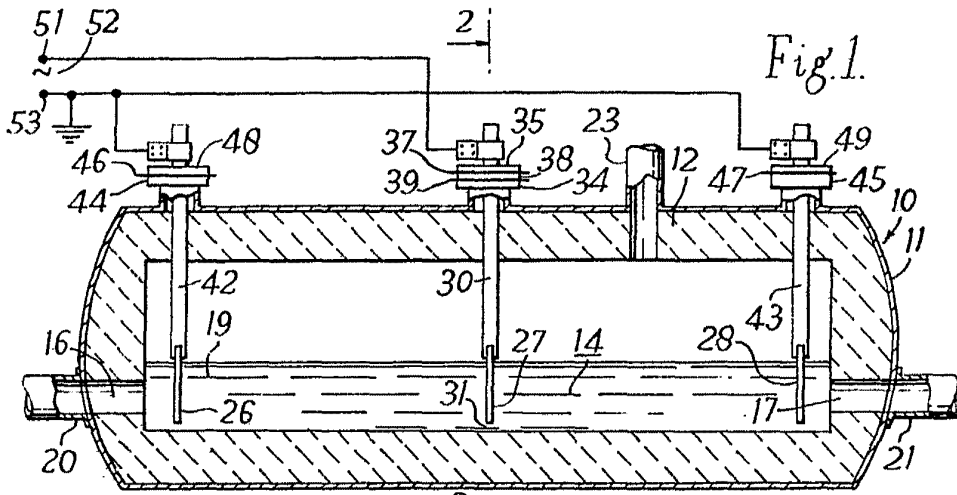


Fig. 1.

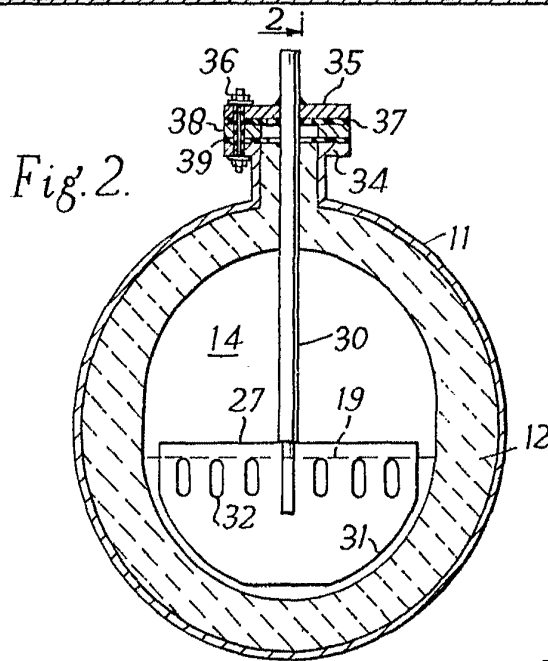


Fig. 2.

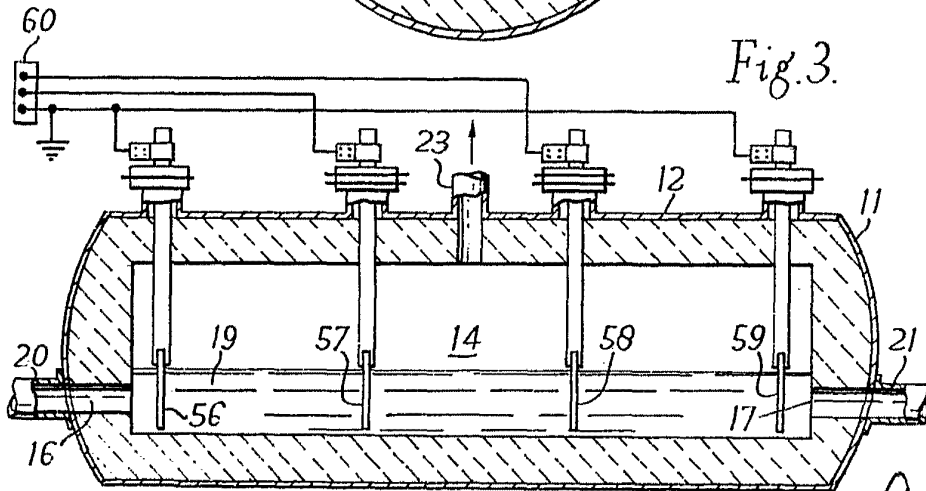


Fig. 3.

Alberto de Elabate  
Por Porter