

20 JUL. 1976



ESPAÑA

Conforme al artículo 15.º de la Ley de Patentes de 1960, se publica el presente Decreto de Patentes de Invención de acuerdo con el contenido de la Memoria adjunta.

10 ES	11 NUMERO	10 A1
21	459.180	
22	FECHA DE PRESENTACION	
	26-5-1.977	

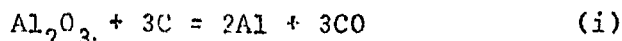
PATENTE DE INVENCION

30 PRIORIDADES:		
31 NUMERO	32 FECHA	33 PAIS
22474/76	28-5-76	G. Bretaña.
47 FECHA DE PUBLICIDAD	51 CLASIFICACION INTERNACIONAL	62 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	C22B	
64 TITULO DE LA INVENCION		
"UN PROCEDIMIENTO PERFECCIONADO PARA LA PRODUCCION DE ALUMINIO METALICO".		
71 SOLICITANTE (S)		
ALCAN RESEARCH AND DEVELOPMENT LIMITED		(ASH/5111-Spain)
DOMICILIO DEL SOLICITANTE		
1, Place Ville Marie, Montreal, Quebec, Canada.		
72 INVENTOR (ES)		
Ernest William Daving, Jean-Paul Robert Huni, Raman Radha Sood y Frederick William Southan.		
73 TITULAR (ES)		
74 REPRESENTANTE		
D. ALBERTO DE ELZABURU MARQUEZ.		(P.- 66.009)

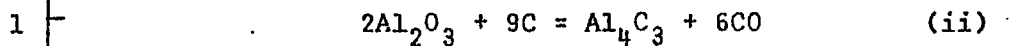
1 El presente invento se refiere a la producción de aluminio mediante la reducción directa de aluminio mediante carbono.

5 La reducción carbotérmica directa de alúmina ha sido descrita en las patentes de los Estados Unidos números 2.829.961 y 2.974.032, y además los principios científicos implicados en las relaciones químicas y termodinámicas del procedimiento están muy bien comprendidos (P.T. Stroup, Trans. Met. Soc. AIME, 230, 356-72 (1964), W.L. Worrell, 10 Can. Met. Quarterly, 4, 87-95 (1965), C.N. Cochran, Metal-Slag-Gas Reactions and Processes, 299-316 (1975), y otras referencias citadas). No obstante, no se ha establecido todavía ningún procedimiento comercial basado en estos principios, debido, en gran parte, a dificultades para introducir el calor necesario en la reacción y para manipular el gas extremadamente caliente, que contiene grandes cantidades de porciones valiosas de aluminio, que se produce en la reacción. Por ejemplo, el procedimiento de la patente de los Estados Unidos número 2.974.032 requiere calentar la mezcla 20 de reacción desde arriba con un arco abierto a partir de electrodos de carbono; es inevitable un calentamiento local excesivo, lo que aumenta la gravedad del problema de desprendimiento de humos, y al mismo tiempo los arcos abiertos tienen bajo rendimiento eléctrico y los electrodos de carbono están expuestos a un ambiente muy agresivo.

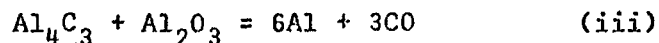
25 Se ha admitido desde hace largo tiempo (patente de los Estados Unidos número 2.829.961) que tiene lugar la reacción global



30 o se puede hacer que tenga lugar en dos etapas



y



Debido a la más baja temperatura y a la menor actividad termodinámica del aluminio con el que puede tener lugar la reacción (ii), la concentración de humo (en la forma de Al gaseoso y de Al_2O gaseoso) arrastrado por el gas procedente de la reacción (ii) cuando se lleva a cabo a una temperatura apropiada para esa reacción es mucho menor que el arrastrado en el gas a una temperatura apropiada para la reacción (iii); además, el volumen de CO procedente de la reacción (iii) es solo la mitad que el del procedente de la reacción (ii).

Ambas etapas de reacción arriba mencionadas son endotérmicas y los datos existentes sugieren que la energía requerida para cada una de las dos etapas es del mismo orden de magnitud.

El presente invento se basa en establecer una corriente circulante de escoria de alúmina fundida, que contiene carbono combinado, en la forma de carburo u oxicarburo de aluminio, hacer circular la corriente de escoria de alúmina fundida a través de una zona de baja temperatura (mantenida al menos en parte a una temperatura en o por encima de la requerida para la reacción (ii), pero por debajo de la requerida para la reacción (iii), hacer avanzar la corriente de alúmina fundida a una zona de alta temperatura (mantenida al menos en parte a una temperatura en o por encima de una temperatura requerida para la reacción (iii), recoger y eliminar aluminio metálico liberado en dicha zona de alta temperatura, devolver la escoria de alúmina fundida

1 procedente de la zona de alta temperatura a la misma zona
o a una subsiguiente zona de baja temperatura, introducir
carbono en la corriente circulante de escoria de alúmina
fundida en dicha zona de baja temperatura, e introducir alú-
5 mina en la corriente circulante. La introducción de alúmi-
na en la corriente circulante puede efectuarse en el mismo
lugar o en un lugar diferente del de introducción de carbo-
no. Se entenderá que la escoria fundida puede circular a
través de una zona de baja temperatura y de una zona de alta
10 temperatura, o circular a través de un sistema que compren-
de una serie de zonas de baja temperatura y de zonas de al-
ta temperatura dispuestas alternadamente. Incluso cuando
hay una serie de zonas de baja temperatura y de zonas de al-
ta temperatura dispuestas alternadamente, es posible intro-
ducir alúmina por un único lugar.

Aunque es posible realizar el procedimiento del
invento de una manera tal que la escoria de alúmina fundida
sea hecha circular entre zonas de baja temperatura y zonas
de alta temperatura en el mismo recipiente, se prefiere ge-
20 neralmente que estas zonas sean mantenidas en recipientes
diferentes, de manera que el monóxido de carbono desprendi-
do en la reacción (iii) pueda ser evacuado por separado
del desprendido en la reacción (ii), reduciendo de esta ma-
nera las pérdidas de aluminio y subóxido de aluminio gaseo-
25 sos.

El aluminio producto y al menos una parte prin-
cipal del gas desprendido en la reacción (iii) son separa-
dos preferiblemente de la escoria fundida mediante acción
de la gravedad, permitiéndoles subir a través de la escoria
30 fundida en la zona de alta temperatura de manera que el alu-

1 - minio producto se recoge como una capa sobrenadante sobre
la escoria y el gas desprendido se evacúa por ventilador a
un pasaje de salida de gases que conduce a un aparato para
la eliminación de humos.

5 Los requisitos de introducción de energía calo-
rífica dentro del sistema son triples: (a) para mantener la
reacción (ii), (b) para mantener la reacción (iii), y (c)
para reponer pérdidas de calor. El requisito de calor (a)
puede ser satisfecho por el calor sensible de la escoria
10 cuando ésta entra en la zona de baja temperatura. Si las
pérdidas de calor en la parte del sistema entre el lugar
de producción de aluminio y de gas y la zona de baja tempe-
ratura pueden ser restringidas suficientemente, puede ser
innecesario introducir energía adicional en la corriente
15 de escoria durante la circulación a través de esta parte
del sistema, ya que éste ya tiene suficiente calor sensi-
ble. En casi todos los casos en que se emplea calenta-
miento por resistencia eléctrica habrá generación de calor
en esta parte del sistema, y esto puede servir para aumen-
20 tar la energía calorífica disponible para realizar la reac-
ción (ii).

En la zona de baja temperatura habrá una inten-
sa caída de temperatura en el lugar en que se introduce car-
bono en la corriente de escoria, por razón del calor de -
25 reacción endotérmico de la reacción (ii). Se requiere ener-
gía para subir la temperatura de la escoria cuando ésta es
hecha avanzar desde este lugar a la zona de alta temperatu-
ra, y de este modo la mayor parte o la totalidad de la ener-
gía requerida es introducida en la escoria durante este avan-
30 ce y el avance a través de la zona de alta temperatura hasta el

1 extremo de la región de producción de Al y de gas. La in-
troducción principal de energía se logra convenientemente
haciendo pasar corriente eléctrica a través de la escoria.
Del modo más conveniente hay un paso continuo de corriente
5 a través de la escoria, estando dispuesta la configuración
física de la corriente de escoria de manera tal que el des-
prendimiento principal de energía calorífica se efectúe en
el curso del avance de la escoria desde el lugar de más ba-
ja temperatura en la zona de baja temperatura hasta el final
10 de la región de producción de aluminio y de gas.

En una operación preferida de acuerdo con el in-
vento, el movimiento cíclico de la escoria fundida entre zo-
nas en donde tienen lugar las reacciones (ii) y (iii), la
reacción (ii) que enriquece a la escoria con Al_4C_3 y la reac-
15 ción (iii) que la agota de éste con liberación simultánea
de metal, se logra utilizando las burbujas generadas en la
reacción (iii) como una bomba elevadora de gases. Preferi-
blemente, las zonas para realizar las reacciones (ii) y
(iii) están separadas físicamente, pero como una alternati-
va posible, pero menos deseable, se pueden llevar a cabo
20 las reacciones (ii) y (iii) alternativas en regiones dife-
rentes de un único recipiente, siendo hecha circular la es-
coria fundida, calentada por medios eléctricos, entre estas
diferentes regiones por elevación mediante gases y/o por con-
25 vención térmica.

El invento es descrito adicionalmente con refe-
rencia a los dibujos anejos, en los cuales:

La figura 1 representa el ciclo de trabajo de
un método preferido para llevar a cabo el procedimiento del
30 presente invento;

1 Las figuras 2 y 3 son respectivamente una vista en planta esquemática y una vista lateral de una forma simple de aparato para llevar a cabo el ciclo de trabajo de la figura 1; y

5 La figura 4 es una vista esquemática de una forma modificada de aparato;

La figura 5 es una vista lateral esquemática del aparato de la figura 4, con lavadores de gases asociados;

10 La figura 6 es una vista extrema esquemática del aparato de la figura 4;

Las figuras 7 y 8 son respectivamente una vista en planta esquemática y una vista lateral esquemática de una forma modificada del aparato de las figuras 4 a 6;

15 Las figuras 9 y 10 son respectivamente una vista en planta esquemática y una vista lateral de un aparato modificado adicionalmente para realizar el procedimiento del invento;

La figura 11 es una vista lateral de una forma modificada adicionalmente del aparato de las figuras 4 a 6;

20 Las figuras 12 y 13 son respectivamente una vista en planta y una vista lateral de una forma todavía modificada adicionalmente del aparato de las figuras 4 a 6;

25 La figura 14 es una vista lateral de una forma todavía modificada adicionalmente del aparato de las figuras 4 a 6;

Las figuras 15 y 16 son respectivamente una vista en planta y una vista lateral del aparato de las figuras 4 a 6 con una disposición modificada de los electrodos;

30 La figura 17 es una vista en planta de un aparato con una disposición modificada adicionalmente de electro

1 dos;

La figura 18 es una vista en planta de un aparato para trabajar con corriente alterna trifásica; y

5 Las figuras 19A y 19B son respectivamente un perfil de temperaturas y un perfil de entradas de energía eléctrica en el sistema de las figuras 2 y 3.

Los principios del procedimiento pueden apreciarse con facilidad por referencia a la figura 1, en que las condiciones de un ciclo de trabajo típico están superpuestas sobre un diagrama de fases del sistema $Al_2O_3 - Al_4C_3$. La línea ABCD indica el límite entre las fases sólida y líquida. La línea EF indica las condiciones de temperatura y de composición requeridas para que la reacción (ii) se desarrolle a una presión de 1 atmósfera y la línea GH indica las condiciones de temperatura y de composición necesarias para que la reacción (iii) se desarrolle a una presión de 1 atmósfera. Se entenderá que las posiciones de las líneas EF y GH son desplazadas hacia arriba con aumento de presión.

20 La escoria fundida, después de su separación respecto del Al producto y del CO gaseoso (a una presión total de aproximadamente 1 atmósfera) tiene una temperatura y una composición correspondiente al punto U. Al entrar en contacto con alimentación de carbono en la zona de reacción (ii) a baja temperatura, tiene lugar la reacción (ii) enriqueciendo a la escoria con Al_4C_3 y disminuyendo su temperatura (ya que la reacción es endotérmica) hasta que se alcanza el punto V. La escoria enriquecida, procedente de la reacción (ii) a baja temperatura, es luego calentada.

25

30 La reacción (iii) comienza en la zona de alta temperatura,

1 desprendiendo CO y Al cuando la presión de reacción del líquido se iguala a la presión estática local, en el punto X; después de ello, la continuación de la entrada de calor y/o la disminución de presión estática local (debido a la subida de la mezcla de líquido/gas) da lugar a que se desarrolle la reacción (iii), disminuyendo el contenido de Al_4C_3 de la escoria. En trabajo en régimen permanente las condiciones vuelven al punto U. Es evidente que para lograr este resultado deben estar en equilibrio el caudal de alimentación de materias primas, la entrada de energía y la velocidad de circulación. El ciclo de trabajo representado por el triángulo UVX está idealizado y los valores de U y V indicados en la figura 1 son solamente una combinación posible de valores de trabajo.

15 Es deseable trabajar con el valor U más próximo posible al punto H, de manera que se mantenga la temperatura del gas desprendido lo más baja posible, y consiguientemente se disminuya el contenido de humos. No obstante, si se efectúa un intento de seleccionar el punto V con una composición demasiado rica en Al_4C_3 , es decir más allá del punto F, precipitará Al_4C_3 sólido desde la escoria, y esto puede ser indeseable.

25 Aunque la alúmina puede ser alimentada con el carbono a la zona de reacción (ii), esto no ha de realizarse necesariamente. Se puede alimentar alúmina a la región que contiene Al metálico con posible disminución ventajosa de la cantidad de Al_4C_3 disuelto en el metal. Dado que la alúmina es más densa, pasará a través de cualquier capa metálica fundida sobrenadante dentro de la escoria fundida. Si la alimentación de alúmina no es calentada previamente de modo -

30

1 — completo, se genera preferiblemente calor en la escoria durante su vuelta a la zona de reacción (ii) para compensar la caída de temperatura resultante.

5. Para facilitar la comprensión de la aplicación práctica del procedimiento, las características salientes y llamativas del trabajo cíclico se indican esquemáticamente en las figuras 2 y 3. Escoria fundida que abandona la zona de reacción (ii) (A) a una temperatura en el margen de, por ejemplo, 1950-2050°C ha sido enriquecida en Al_4C_3

10 y entra en un conducto de calentamiento (HD) generalmente con forma de U en donde es sometida a calentamiento por resistencia mediante corriente eléctrica que fluye entre los dos electrodos (A). Cuando el líquido avanza a lo largo del conducto (HD), su temperatura sube hasta el punto en

15 que puede comenzar la reacción (iii) (alrededor de 2050 - -2150°C dependiendo de la composición de la escoria y de la presión local). En este punto se puede considerar que la escoria entra en la zona de temperatura ya mencionada. Desde allí, en su paso a la zona de recogida de productos

20 (C) la energía suministrada pasa a impulsar la reacción (iii), produciéndose burbujas de gas y gotitas de metal (B). El conducto en esta región deberá ser vertical o inclinado hacia arriba en la dirección de circulación para permitir que las burbujas ascendentes actúen como una bomba.

25 En la zona de recogida de productos (C) se retira gas por la salida para gases (GE) y se recoge Al líquido sobre la parte superior de la escoria fundida, y puede ser retirado en el lugar de toma (TO). El Al líquido tiene un gran contenido de Al_4C_3 disuelto. No obstante, las técnicas para liberar de Al_4C_3 a Al líquido son conocidas y no forman

30

1 parte del presente invento. Por lo tanto la región en que
tiene lugar la reacción (iii) está constituida principalmen
te por la porción ascendente del conducto de calentamiento
(HD) aunque puede producirse alguna reacción adicional en
5 la zona de recogida de productos (C) según continúa descen-
diendo la presión estática de la escoria ascendente. La es-
coria, que ha sido agotada de Al_4C_3 pero está sustancialmen
te a la temperatura del punto U en la figura 1, entra en el
conducto de retorno (RD) el cual, ya que está eléctricamen-
10 te en paralelo con el conducto de calentamiento (HD), está
dimensionado para tener una mayor resistencia eléctrica que
el conducto de calentamiento (HD) de manera que absorbe me-
nos corriente. Al alcanzar la zona (A) de reacción (ii) de
baja temperatura en donde se alimentan reaccionante de car-
15 bono (CR) y reaccionante de alúmina (AR), la escoria reac-
ciona con ellos debido a que su temperatura está por encima
de la necesaria para el equilibrio; la entalpía de la reac-
ción endotérmica es suministrada enfriando el líquido. El
gas de reacción (ii) es generado en la zona (A) y evacuado
20 por una segunda salida para gases (GE2).

Carburo de aluminio, separado subsiguientemente
del metal retirado como producto, es añadido de retorno al
sistema preferiblemente en la zona de recogida de productos
(C), ya que inevitablemente contiene metal que deberá ser
25 recuperado.

Aunque en general se manifestará ventajoso cons-
truir equipos en los que se lleven a cabo las reacciones
(ii) y (iii) por separado, pueden existir casos en donde la
simplicidad del equipo para llevarlas a cabo conjuntamente
30 en un único recipiente, contrapesa las desventajas. En este

1 caso la escoria puede ser todavía calentada por resistencia,
y todavía puede ser hecha circular, bien sea mediante eleva-
ción por gases o, si la presión estática es demasiado alta
para permitir una generación de burbujas, por convección
5 inducida térmicamente. El calentamiento por resistencia
puede ser logrado, por ejemplo, mediante paso de corriente
entre electrodos distanciados verticalmente entre sí, sume-
ridos en la escoria.

La introducción de energía mediante calentamien-
10 to por resistencia tiene ventajas muy importantes desde el
punto de vista eléctrico. Debido a que el elemento de re-
sistencia líquido, formado por una masa de escoria fundida,
puede ser diseñado para tener una resistencia eléctrica bas-
tante alta, dicho calentamiento trabaja con un voltaje más
15 elevado y con una corriente más baja (o bien corriente al-
terna o bien corriente continua) que un horno de arco de
abastecimiento de energía comparable; no hay problemas con
bajos factores de potencia; y el calor es generado en la
escoria cuando se le necesita, de manera que no hay proble-
20 mas de transferencia de calor y se reducen las pérdidas de
calor. Se evita un calentamiento excesivo en las zonas de
reacción, con efectos beneficiosos para reducir la genera-
ción de humos en comparación con el procedimiento de arco
ya mencionado. Al mismo tiempo, los electrodos pueden tra-
25 bajar en condiciones mucho más favorables; están transpor-
tando una corriente más baja y pueden ser colocados en un
ambiente mucho menos agresivo. Si son colocados en las zo-
nas en donde está teniendo lugar la reacción (ii) la tempe-
ratura es relativamente baja, el gas contiene solamente pe-
30 queñas cantidades de compuestos agresivos, se puede mantener

1 un exceso local de carbono alimentando carbono alrededor de
los electrodos y de manera tal que haya poca tendencia a que
los electrodos propiamente dichos sean atacados. Si, por
otro lado, son colocados en las regiones en donde se está
5 recogiendo Al metálico producto, pueden ser mantenidos en
una zona comparativamente fría en un lado efectuándose co-
nexión eléctrica con la escoria a través de Al metálico fun-
dido. En el esquema de las figuras 2 y 3 estas dos coloca-
ciones de electrodos mencionadas se utilizan para los elec-
10 trodos E.

A pesar de haberse aliviado, del modo ya mencio-
nado, el problema de humos mediante el procedimiento del
presente invento, todavía queda algún problema. Los inten-
tos anteriores (véase por ejemplo la patente canadiense nú-
15 mero 798.927) de reducir las pérdidas de humos poniendo en
contacto el CO desprendido con el carbono entrante y la car-
ga de alúmina en un procedimiento de reducción carbotérmica,
han dado lugar a dificultades ya que la fusión parcial del
oxi-carburo de aluminio formado de este modo por reacción con
20 carbono y Al_2O_3 hace pegajosa a la carga. Por lo tanto, se
ha propuesto, de acuerdo con un método preferido, poner en
contacto el carbono y la alúmina por separado con el gas;
el Al_4C_3 formado por reacción entre carbono y Al evaporado
es sólido a la temperatura implicada y no es pegajoso. El
25 gas, de este modo, es puesto en contacto primeramente con
el carbono que retira vapor de subóxido de aluminio y de
aluminio metálico a partir del gas. El gas limpiado de es-
ta manera es empleado entonces para entrar en contacto y
calentar previamente el material de alimentación de alúmina.
30 Manteniendo separados los componentes de carbono y de alúmi-

1 na es también factible alimentar estos dos reaccionantes a partes diferentes del sistema, tal como antes se describe.

5 Para obtener una máxima economía de calor, la alimentación de carbono puede estar compuesta de coque no calcinado o de partículas de carbón, y la alúmina alimentada puede ser alúmina hidratada, de manera que el calor sensible del monóxido de carbono puede ser empleado para calcinar estos materiales. Para este fin se puede quemar, si es necesario, algo del CO.

10 La zona de reacción (ii) está provista preferiblemente con un colector o sumidero para permitir que cualesquiera componentes más densos que la escoria fundida sean recogidos y retirados del sistema. Esto permite que al menos una parte de cualesquiera impurezas metálicas (tales como Fe ó Si) introducidas en la carga sean retiradas en la forma de una aleación de Fe-Si-Al. Desde luego, puede ser necesario añadir hierro o compuestos de hierro para asegurar que la aleación así formada sea suficientemente densa para hundirse.

20 En las figuras 4 a 6, una corriente de escoria fundida 12 es hecha circular a través de un aparato que comprende cámaras para adición de materiales (zonas de reacción (ii)) 1, cámaras para recogida de productos 5, conductos 2 para calentamiento por resistencia en forma de U, cuyos extremos de salida 4 sirven como partes de las zonas de reacción (iii) de alta temperatura y conductos de retorno 8, que forman la porción terminal de las zonas de alta temperatura y que, como se encuentran eléctricamente en serie con los conductos de calentamiento 2, son de sección mayor y/o de longitud más corta que dichos conductos de calenta-

25

30

1 - miento. Por lo tanto, los conductos de retorno 8 tienen una
resistencia eléctrica relativamente baja cuando son llena-
dos con la corriente circulante de escoria fundida 12, y se
5 reduce la generación de calor. Los extremos de entrada de
los conductos 8 están colocados por debajo del límite infe-
rior del Al metálico 13 que flota sobre la parte superior de
la escoria fundida 12. Los electrodos 3 están dispuestos en
pozos laterales 20 junto a las cámaras de recògida 5, en
donde son colocados para estar en contacto con el Al fundi-
do producto 13. Las paredes de separación 14 sirven para
10 permitir que la temperatura del metal 13 sea menor en los
pozos laterales 20, así como también para impedir que el gas
desprendido en la zona de reacción (iii) (el cual pasará a
través de la cámara de recogida de producto 5) llegue a los
15 electrodos 3, haciendo mínimo de este modo el ataque a los
electrodos por el contenido de humos de Al y Al_2O del gas.
Las cámaras 1 y 5 están provistas con conductos para salida
de gases 6,11 con el fin de evacuar los enormes volúmenes
de monóxido de carbono desprendidos. Se entenderá que el lí-
mite entre las zonas de baja temperatura y las zonas de al-
ta temperatura se encuentra junto a los lugares en los con-
ductos 2 en donde comienza la reacción (iii) y en donde los
conductos 8 entran en las cámaras 1.

25 El gas evacuado a través de los conductos para
gases de escape 6 y 11 es conducido dentro de un primer la-
vador de gases 40, en donde pasa a través de material de
carbón granular. Material de carbón de nueva aportación,
que puede estar constituido por carbón o coque "verde", es
suministrado al lavador 40 a través de la entrada 41 y es
30 hecho avanzar a través del lavador en contracorriente con

1 la corriente de gases. Carbono, enriquecido con carburo de
aluminio y otros componentes portadores de aluminio conden-
sados a partir del gas, es suministrado a las cámaras para
adición de materiales 1 a través de conductos de abasteci-
5 miento 9.

Después de pasar a través del primer lavador 40,
el gas, todavía a temperatura muy alta, entra en un segundo
lavador 42 que contiene alúmina, con el fin de calentar pre-
viamente la alimentación de alúmina al sistema. Alúmina
10 procedente del lecho de alúmina en el lavador 42 es conduci-
da a las cámaras 1 y/o 5 a través de conductos de abasteci-
miento 10. Alúmina de nueva aportación, que puede estar en
la forma de alúmina trihidratada, es suministrada al lava-
dor 42 a través de la entrada 43 y es hecha avanzar a tra-
15 vés del lavador en contracorriente con la corriente gaseosa
que es evacuada a través del conducto de salida 44. Enton-
ces el gas pasa a través de intercambiadores de calor a un
depósito para gas o a un aparato para combustión de gases,
para recuperar la energía calorífica y para la combustión
20 del monóxido de carbono y de materiales volátiles (si los
hay) a partir del material de alimentación de carbono.

Carburo de aluminio, recuperado del aluminio
producto, es recirculado a las cámaras colectoras 5 proce-
dente de un almacenamiento a través del conducto 15.

25 En todas las figuras, excepto la figura 5, los
conductos 9 y 10 que conducen a las cámaras 1, y los conduc-
tos 10 y 15 que conducen a las cámaras 5, son mostrados,
por razones de simplicidad como un único conducto.

30 Tal como ya se ha explicado, se introduce ener-
gía en el sistema por paso de corriente eléctrica a través

1 de la escoria fundida 12 a través de las trayectorias de co
rriente que se extienden entre los electrodos 3.

5 El contenimiento de la escoria fundida se efectúa formando un revestimiento de escoria congelada dentro de una envolvente de acero, tal como es práctica común en la industria de los abrasivos de alúmina producidos por fusión, en donde es bien sabido utilizar envolventes de acero refrigeradas con agua para este fin. No obstante, con el fin de asegurar la seguridad del sistema y para evitar la posibilidad de escape de escoria fundida, es prudente disponer características tales como:

10 1.- Dos sistemas de refrigeración con agua duplicados y completamente independientes, que consisten en chorros rociados que inciden sobre la envolvente de acero. siendo cualquiera de estos sistemas más que adecuado para el mantenimiento del revestimiento necesario de escoria congelada, y estando normalmente en uso sólo uno de ellos en cada momento.

20 2.- Detectores de radiaciones de infrarrojos u otros perceptores de temperatura que vigilan a la envolvente de acero. Si la temperatura de la envolvente supera un primer límite previamente ajustado, el segundo sistema de refrigeración es puesto automáticamente en marcha. Si, tras un intervalo de tiempo apropiado, la temperatura está todavía por encima de dicho primer límite, o si ésta sube por encima de la misma en cualquier momento cuando están en funcionamiento ambos sistemas de refrigeración, se interrumpe automáticamente el abastecimiento de energía al sistema. Si, también, en cualquier momento, la temperatura excede de un segundo límite superior previamente ajustado, se interrum

1 pe automáticamente el abastecimiento de energía.

3.- Un detector de corriente en la conexión de
puesta a tierra eléctrica con la envolvente de acero. Si se
desarrollase una trayectoria eléctrica entre cualquiera de
5 los electrodos y la envolvente, se desconecta automáticamen
te el abastecimiento de energía y se pone en marcha el sis-
tema de refrigeración con agua duplicado. Con el fin de de-
cidir si es seguro conectar nuevamente el abastecimiento de
energía, se dispondrá otro sistema para determinar la resis-
10 tencia eléctrica entre cada uno de los electrodos y la en-
volvente.

Estas características no están ilustradas en
las figuras 4 hasta 6.

El aparato fundamental es susceptible de numero
15 sas modificaciones que se pueden encontrar como poseedoras
de ventajas para el trabajo, tal como se muestra en las fi-
guras 7 hasta 18.

Las figuras 7 y 8 muestran un sistema en que
los conductos de calentamiento por resistencia 2 consisten
20 en simples tubos inclinados hacia arriba, que conducen des-
de la porción más inferior de las cámaras 1 hasta las cáma-
ras 5. Las cámaras 1 incluyen colectores o sumideros 16
para permitir la retirada de impurezas metálicas tales como
Fe ó Si que pueden entrar junto con los materiales de car-
25 ga (carbóno o alúmina), en el estado metálico o como compues-
tos reducibles. En este sistema, una pared separadora 17,
cuyo borde inferior 18 se extiende por debajo del nivel del
aluminio metálico 13, es utilizada para permitir el retorno
de la escoria desde la cámara de separación 5 a la cámara
30 para adición de materiales 1 (que constituye la zona de -

1 - reacción (ii), al tiempo que se impida el paso de metal 13.
En las figuras 7 y 8 el límite entre la zona de baja tempe-
ratura y la zona de alta temperatura puede estar en cualquier
posición a lo largo de los conductos inclinados hacia arriba
5 2, dependiendo de las condiciones de trabajo seleccionadas.

Una modificación de esta disposición se muestra
en las figuras 9 y 10, en donde los dos conductos de calen-
tamiento inclinados, rectilíneos de la figura 8 han sido
reemplazados por un único conducto de calentamiento 22 con
10 forma de U y dos conductos de retorno 28, menores, que re-
circulan la escoria desde la cámara para adición de materia-
les 1 al fondo del conducto de calentamiento 22 y proporcio-
nan trayectorias de alta resistencia eléctrica en relación
con las partes correspondientes del conducto 22. En las fi-
15 guras 9 y 10 el límite entre la zona de baja temperatura y
la zona de alta temperatura se encuentra en el conducto 22
entre los extremos inferiores de los conductos de retorno
28 y los extremos superiores del conducto 22.

En la forma alternativa del aparato mostrado en
20 la figura 11, el conducto de calentamiento por resistencia
puede consistir en dos ramales 34, 35 inclinados para pro-
porcionar un conducto sustancialmente en forma de V en lugar
de un ramal vertical que forma la porción inferior de la zo-
na de reacción (ii) y un ramal inclinado hacia arriba que
25 conduce hacia arriba dentro de la zona de separación, igual
que en las figuras 7 y 8. En otra alternativa (figuras 12
y 13) un ramal de recirculación 37 de diámetro menor puede
ser dispuesto en paralelo con el ramal ascendente del conduc-
to de calentamiento por resistencia 2 para recircular parte
30 de la escoria desde la cámara 5 al fondo del conducto y pro-

1 — porcionar una trayectoria de corriente más exenta de burbujas. Esto puede ser ventajoso para la estabilidad eléctrica del sistema.

5 Todavía en otra alternativa adicional (figura 14), el ramal descendente 38 de los conductos de calentamiento por resistencia puede estar inclinado y el ramal ascendente 39 puede estar vertical. En tales casos, dependiendo de las velocidades relativas de calentamiento y del aumento de presión cuando la escoria circula a través del conducto, puede comenzar el desprendimiento de gases desde la reacción (iii) antes de que se alcance el fondo del conducto. En otras palabras, el límite entre la zona de baja temperatura y la zona de alta temperatura está colocado en el ramal 38 hacia su extremo inferior. Dado que el gas que vuelve hacia arriba por el ramal descendente 38 suavemente inclinado, tendrá mucha menor acción de bombeo que el gas en el ramal ascendente vertical, la acción de bombeo en la dirección descada hacia la cámara 5 será mantenida, y el gas desprendido en la reacción (iii), antes de que la escoria alcance el fondo del conducto, será barrido en contracorriente por la escoria descendente relativamente fría en el ramal 38. De este modo será descargado en un estado en que ha disminuido la cantidad de humo a través de la cámara 1 de la zona de reacción (ii).

25 En otra modificación mostrada en las figuras 15 y 16, los electrodos 3 pueden ser conectados eléctricamente con la escoria junto al fondo de los conductos 2 de calentamiento por resistencia, de tubos en U, en lugar de o además de ello en cualquiera de los lugares de la cámara 1 de reacción (ii) o de la cámara de recogida de productos 5. Esto

30

1 puede lograrse sumergiendo cada electrodo 3 en una columna
de aluminio fundido en una tubería vertical 21 que se abre
hacia arriba desde el fondo del conducto 2 de calentamiento
por resistencia. En este caso, la zona de alta temperatura
5 comienza a la derecha de la tubería vertical 21 para evitar
dificultades con gas desprendido que entra en ella.

Una modificación posible adicional de la dispo-
sición de los electrodos es mostrada en la figura 17, que
es una vista en planta de una forma modificada del aparato
10 de las figuras 7 y 8 y emplea cuatro electrodos 3, conecta-
dos eléctricamente, para confinar las corrientes de calenta-
miento a los pasajes 2, evitando de esta manera un calenta-
miento de la escoria cuando ésta circula desde las cámaras
de recogida a las cámaras para adiciones de material. Modi-
15 ficaciones similares pueden efectuarse en otras formas de
aparatos ilustradas en las figuras.

El sistema descrito con relación a las figuras
antes descritas puede ser hecho funcionar utilizando ener-
gía de corriente alterna o de corriente continua. Aunque
20 la utilización de la corriente alterna es en general más
barata que la utilización de corriente continua, serían in-
deseables grandes unidades que empleasen corriente alterna
monofásica, ya que causarían desequilibrios en los sistemas
de distribución eléctrica. La figura 18 muestra el modo en
25 que el invento puede ser adaptado para utilizar energía de
corriente alterna trifásica, permitiendo de esta manera el
funcionamiento de grandes unidades con corriente alterna
con voltaje relativamente alto y baja corriente, con las
correspondientes ventajas económicas.

30 Los ejemplos de las figuras 4 hasta 18 ilustran

1 - meramente algunas de las muchas disposiciones posibles para
llevar a cabo este invento; combinaciones de las caracterís-
ticas mostradas, así como otras condiciones geométricas, que
empleando los principios descritos están cubiertas evidente-
5 mente por el presente invento.

Se entenderá que la disposición de barrido de gases de la figura 5 puede emplearse con el aparato modificado de las figuras 2, 3 y 7 hasta 18.

Pueden tomarse en consideración muchos medios
10 diferentes para establecer inicialmente una masa de alúmina fundida en el aparato. El método más simple y más conveniente se logra llenando inicialmente el aparato con termi-
ta ($Al+Fe_2O_3$) e inflamándola. La alúmina fundida es mante-
nida después de ello en estado fundido mediante paso de co-
15 rriente eléctrica.

La figura 19A muestra esquemáticamente la varia-
ción de temperatura alrededor del sistema de las figuras 2
y 3. Comenzando con escoria líquida (iii) a la temperatura
T (iii) de reacción (iii) al entrar en la cámara A, la tem-
20 peratura disminuye rápidamente cuando el líquido entra en
contacto con la alimentación de carbono debido a la reacción
endotérmica (ii), hasta que la temperatura alcanza la tempe-
ratura de equilibrio T(ii). Si hay importantes pérdidas de
calor desde la cámara A la temperatura del líquido continua-
25 rá descendiendo hasta que entre en el conducto de calenta-
miento (HD). En el conducto de calentamiento comienza la
entrada de energía eléctrica, tal como se muestra en la fi-
gura 19B, y la temperatura sube hasta que se llega nueva-
mente a T(iii). La continuación de entrada de energía no
30 conduce a ningún aumento adicional de temperatura sino a la

1 reacción (iii); el gas formado aumenta la resistencia eléctrica de la escoria y crece la velocidad de entrada de energía. En la cámara C la temperatura disminuye nuevamente debido a pérdidas de calor. En el conducto de retorno (RD)

5. la energía eléctrica acrecienta nuevamente la temperatura, que puede llegar o no a $T(iii)$; si la reacción (iii) comienza nuevamente, la resistencia aumentada de las burbujas de gas hace aumentar una vez más la velocidad de entrada de energía. En las figuras 19A y 19B la línea llena en la sección relacionada con el conducto RD ilustra el caso en que la temperatura no llega a $T(iii)$. La línea de puntos ilustra el caso en que la temperatura llega a $T(iii)$ en algún lugar en el conducto RD.

10

15

20

25

30



1

REIVINDICACIONES

5

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

10

15

20

25

30

1ª.- Un procedimiento perfeccionado para la producción de aluminio metálico que incluye las operaciones de establecer una corriente circulante de escoria de alúmina fundida que contiene carbono combinado en la forma de al menos uno de los compuestos carburo de aluminio y oxicarburo de aluminio, hacer circular dicha corriente de escoria de alúmina fundida a través de una serie de zonas de baja temperatura y de zonas de alta temperatura, dispuestas alternadamente, siendo mantenida cada zona de baja temperatura, al menos en parte, a una temperatura de o por encima de la requerida para la reacción de alúmina con carbono para formar carburo de aluminio, pero totalmente por debajo de la requerida para la reacción de carburo de aluminio con alúmina para liberar Al metálico, hacer avanzar dicha corriente de escoria de alúmina fundida desde una zona de baja temperatura a una zona de alta temperatura mantenida, al menos en parte, a una temperatura en o por encima de una temperatura requerida para la reacción de carburo de aluminio con alúmina para liberar Al metálico, recoger y retirar Al metálico liberado en dicha zona de alta temperatura, hacer avanzar dicha escoria de alúmina fundida desde dicha zona de alta tem

1 - peratura a una subsiguiente zona de baja temperatura, intro-
ducir carbono en la corriente circulante de escoria de alú-
mina en dicha zona de baja temperatura, introducir alúmina
5 en dicha corriente de escoria circulante en al menos un lu-
gar y retirar gases desprendidos, incluyendo dicha serie al
menos una zona de baja temperatura y al menos una zona de
alta temperatura.

2^a.- Un procedimiento para la producción de alu-
minio metálico de acuerdo con la reivindicación 1^a, que com-
10 prende además hacer circular dicha corriente de escoria de
alúmina fundida desde una zona de baja temperatura a una
subsiguiente zona de alta temperatura a través de un pasaje
dirigido hacia arriba e impulsar el movimiento de dicha es-
coria de alúmina fundida a través de dicho pasaje por medio
15 de una corriente ascendente de burbujas de gas en dicho pa-
saje.

3^a.- Un procedimiento para la producción de alu-
minio metálico de acuerdo con la reivindicación 1^a, que in-
20 cluye además introducir energía calorífica en dicha corrien-
te circulante de escoria de alúmina fundida mediante intro-
ducción de corriente eléctrica en la corriente de escoria
de alúmina que pasa entre cada zona de baja temperatura y
la subsiguiente zona de alta temperatura.

4^a.- Un procedimiento para la producción de alu-
25 minio metálico de acuerdo con la reivindicación 3^a, que in-
cluye hacer circular escoria de alúmina fundida a través de
una serie de dos zonas de baja temperatura y dos zonas de
alta temperatura, hacer pasar corriente eléctrica a través
de dicha escoria de alúmina fundida entre un par de electro-
30 dos dispuestos respectivamente en contacto eléctrico con la

1 - escoria en dichas dos zonas de alta temperatura y hacer que
la resistencia eléctrica de la escoria de alúmina fundida
entre una zona de baja temperatura y la subsiguiente zona
de alta temperatura sea mayor que la resistencia eléctrica
5 de la escoria de alúmina fundida entre una zona de alta tem-
peratura y la subsiguiente zona de baja temperatura.

5^a.- Un procedimiento para la producción de
aluminio metálico de acuerdo con la reivindicación 3^a, que
incluye hacer circular escoria de alúmina fundida a través
10 de una zona de baja temperatura y una zona de alta tempera-
tura, hacer pasar corriente eléctrica a través de dicha es-
coria de alúmina fundida entre un par de electrodos dispues-
tos respectivamente en contacto eléctrico con la escoria
en dicha zona de baja temperatura y en dicha zona de alta
15 temperatura, y hacer que la resistencia eléctrica de la es-
coria de alúmina fundida en el pasaje que conduce desde la
zona de baja temperatura a la zona de alta temperatura sea
más baja que la resistencia eléctrica de la escoria de alú-
mina fundida en el pasaje de retorno desde la zona de alta
20 temperatura a la zona de baja temperatura.

6^a.- Un procedimiento para la producción de
aluminio metálico de acuerdo con la reivindicación 1^a, que
incluye además separar impurezas insolubles pesadas desde
dicha corriente circulante de escoria de alúmina fundida
25 en una zona de baja temperatura.

7^a.- Un procedimiento para la producción de
aluminio metálico de acuerdo con la reivindicación 1^a, que
incluye además recircular parcialmente escoria de alúmina
fundida desde cada zona de alta temperatura a la preceden-
30 te zona de baja temperatura.

1 8ª.- Un procedimiento para la producción de
aluminio metálico de acuerdo con la reivindicación 1ª, que
incluye además hacer pasar la escoria de alúmina fundida a
una zona de alta temperatura a través de una zona para re-
5 cogida de productos, permitir que Al metálico producto se
separe de dicha escoria en dicha zona de recogida de produc-
tos para formar una capa sobrenadante de Al metálico produc-
to, y retirar periódicamente Al metálico producto desde di-
cha capa.

10 9ª.- Un procedimiento para la producción de
aluminio metálico de acuerdo con la reivindicación 8ª, que
incluye además hacer pasar corriente eléctrica a través de
dicha escoria de alúmina fundida entre un electrodo en con-
tacto eléctrico con dicha capa sobrenadante de Al metálico
15 producto y un electrodo separado distanciado de él.

 10ª.- Un procedimiento para la producción de
aluminio metálico de acuerdo con la reivindicación 3ª, que
incluye hacer circular escoria de alúmina fundida a través
de una serie de dos zonas de baja temperatura y de dos zo-
20 nas de alta temperatura, hacer pasar corriente eléctrica a
través de dicha escoria de alúmina fundida entre un par de
electrodos dispuestos respectivamente en contacto eléctri-
co con la escoria en dichas dos zonas de baja temperatura
y hacer que la resistencia eléctrica de la escoria de alúmi-
25 na fundida entre una zona de baja temperatura y la subsi-
guiente zona de alta temperatura sea mayor que la resisten-
cia eléctrica de la escoria de alúmina fundida entre una
zona de alta temperatura y la subsiguiente zona de baja tem-
peratura.

30 11ª.- Un procedimiento para la producción de

1 aluminio metálico de acuerdo con la reivindicación 1^a, que
incluye además hacer circular dicha escoria de alúmina fun-
dida desde una zona de baja temperatura a una subsiguiente
5 zona de alta temperatura a través de un pasaje que compren-
de una porción inicial inclinada hacia abajo de manera poco
profunda, alargada, que conduce hacia abajo desde dicha zo-
na de baja temperatura y una subsiguiente porción inclinada
hacia arriba con mucha pendiente, relativamente corta, que
constituye una parte inicial de dicha zona de alta tempera-
10 tura, hacer pasar corriente eléctrica a través de la esco-
ria de alúmina fundida en dicho pasaje para aumentar de es-
te modo la temperatura de dicha escoria a una temperatura
suficientemente alta para iniciar la reacción entre carburo
de aluminio y alúmina antes de alcanzar el punto más bajo
15 en dicho pasaje con circulación inversa consiguiente de
monóxido de carbono a lo largo de la porción inclinada ha-
cia abajo de dicho pasaje a dicha zona de baja temperatura.

12^a.- Un procedimiento para la producción de
aluminio metálico de acuerdo con la reivindicación 1^a, que
20 incluye además hacer circular escoria de alúmina fundida a
través de una serie de dos zonas de baja temperatura y dos
zonas de alta temperatura, conducir la escoria de alúmina
fundida desde cada zona de baja temperatura a la subsiguien-
te zona de alta temperatura a través de un pasaje configu-
25 rado generalmente con forma de U, mantener una columna esta-
cionaria, que se extiende hacia arriba, de aluminio fundido
soportado sobre y en contacto con dicha escoria fundida en
una porción inferior de dicho pasaje y hacer pasar corrien-
te eléctrica a través de dicha escoria fundida entre elec-
30 trodos que se sumergen dentro de los extremos superiores de

1 dichas columnas de aluminio fundido.

5 13ª.- Un procedimiento para la producción de aluminio metálico de acuerdo con la reivindicación 1ª, que incluye además hacer pasar dichos gases desprendidos a través de un lecho que consiste esencialmente en carbono y está libre de alúmina agregada, para condensar y hacer reaccionar dicho vapor de aluminio y subóxido de aluminio al menos en parte con dicho carbono y subsiguientemente introducir dicho carbono en dicha escoria de alúmina fundida.

10 14ª.- Un procedimiento para la producción de aluminio metálico de acuerdo con la reivindicación 13ª, que incluye además hacer pasar los gases que salen de dicho lecho de carbono a través de un lecho de material que contiene alúmina.

15 15ª.- Un procedimiento para la producción de aluminio metálico de acuerdo con la reivindicación 13ª, que incluye además introducir un material que contiene carbono en estado no calcinado dentro de dicho lecho de carbono y hacer avanzar material que contiene carbono a través de dicho lecho en dirección en contracorriente en relación con dichos gases para el desprendimiento de materiales volátiles desde dicho material que contiene carbono.

20 25 16ª.- Un procedimiento para la producción de aluminio metálico de acuerdo con la reivindicación 14ª, que incluye además introducir alúmina hidratada dentro de dicho lecho de material que contiene alúmina, hacer avanzar dicha alúmina hidratada a través de dicho lecho en dirección en contracorriente en relación con dichos gases, convertir dicha alúmina hidratada en alúmina calcinada durante su avance a través de dicho lecho e introducir sub-

1 sigüientemente dicha alúmina calcinada dentro de dicha es-
coria fundida.

5 17ª.- Un procedimiento para la producción de
aluminio metálico de acuerdo con la reivindicación 1ª, que
comprende introducir material de alimentación de carbono en
un primer lugar de temperatura relativamente baja dentro de
una corriente circulante de escoria de alúmina fundida que
contiene carbono combinado en la forma de al menos uno de
los compuestos carburo de aluminio y oxicarburo de alumi-
10 nio, hacer reaccionar dicho carbono con alúmina en dicha
escoria en dicho primer lugar para aumentar el contenido
de carbono combinado de dicha escoria de alúmina, retirar
monóxido de carbono desprendido en dicho primer lugar, trans-
ferir dicha escoria de alúmina fundida enriquecida con car-
15 bono a un segundo lugar a temperatura relativamente alta,
disminuir la presión estática local sobre dicha escoria de
alúmina fundida durante dicha transferencia, elevar la tem-
peratura de dicha escoria de alúmina fundida durante dicha
transferencia a una temperatura a la que el contenido de
20 carburo de aluminio de dicha escoria reacciona con alúmina
en las condiciones de presión estática local, emplear el
gas desprendido de este modo para propulsar la corriente
de escoria fundida hacia dicho segundo lugar, separar alu-
minio metálico desde dicha corriente en dicho segundo lugar
25 y recircular dicha escoria fundida, directamente a dicho
primer lugar o a través de uno o más pares de lugares de
temperatura relativamente baja y de temperatura relativa-
mente alta, añadiéndose alúmina a dicha escoria para reem-
plazar la alúmina reaccionada en al menos un lugar.

30 18ª.- Un procedimiento para la producción de

1 aluminio metálico de acuerdo con la reivindicación 17ª,
que incluye además la operación de hacer pasar corriente eléc
trica a través de dicha escoria fundida durante la transfe
rencia entre dicho lugar de temperatura relativamente baja
5 y dicho lugar de temperatura relativamente alta para elevar
la temperatura de dicha escoria fundida y para abastecer
con la energía requerida para la conversión de alúmina en alu
minio metálico mediante reacción con carbono.

10 19ª.- Un procedimiento para la producción
de aluminio metálico de acuerdo con la reivindicación 17ª,
que incluye además establecer inicialmente una masa de alú
mina fundida mediante inflamación de una masa de termita.

20ª.- Un procedimiento perfeccionado para
la producción de aluminio metálico.

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

Esta Memoria consta de treinta hojas escri
tas a máquina por una sola cara.

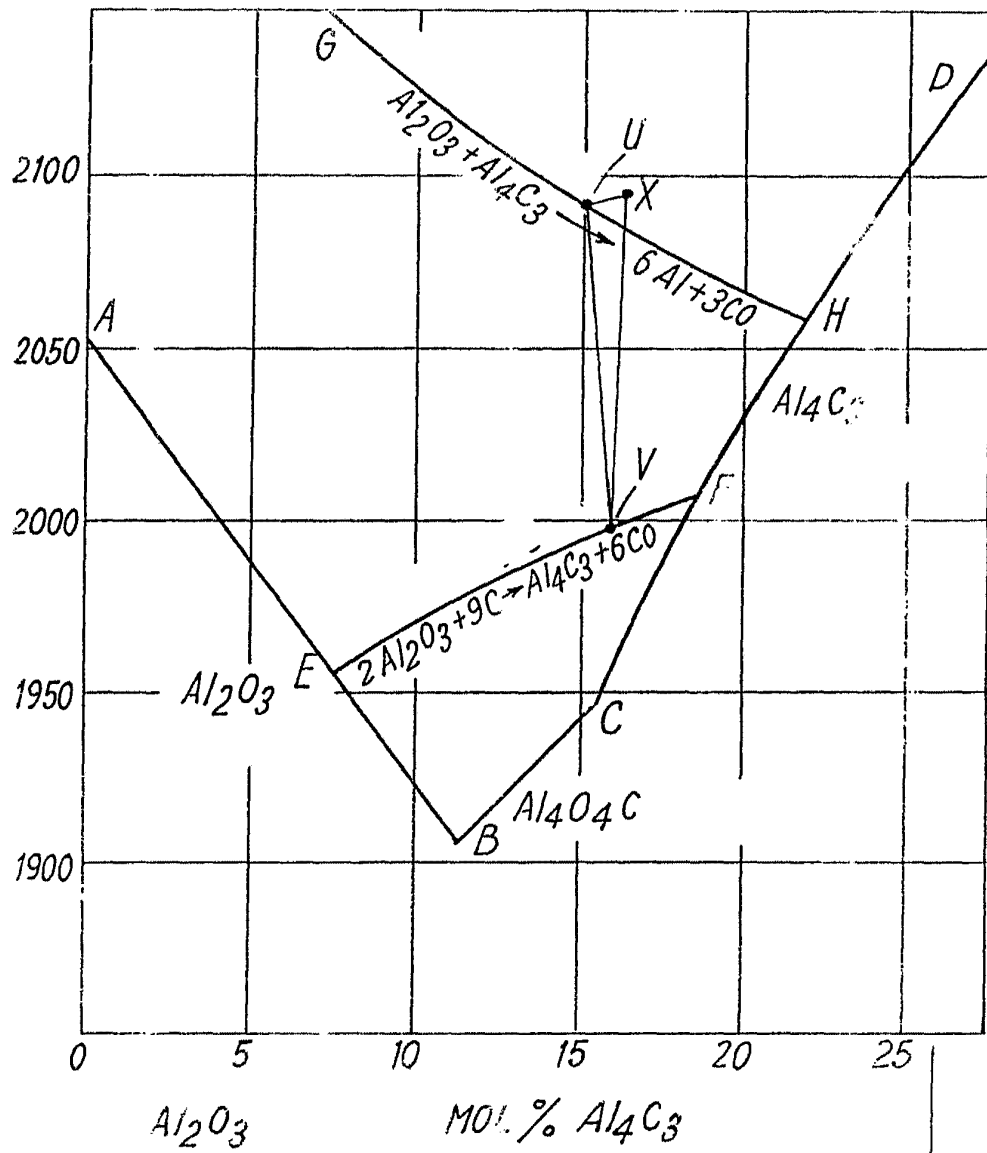
Madrid, 01 JUN. 1978

P.A.

Alberto de Elzaburu
Por Poder



FIG. 1



Alberto de Etxaburu
Per. Podesol

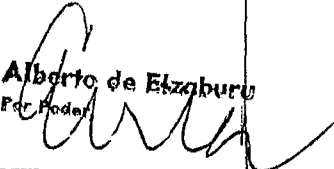


FIG. 2

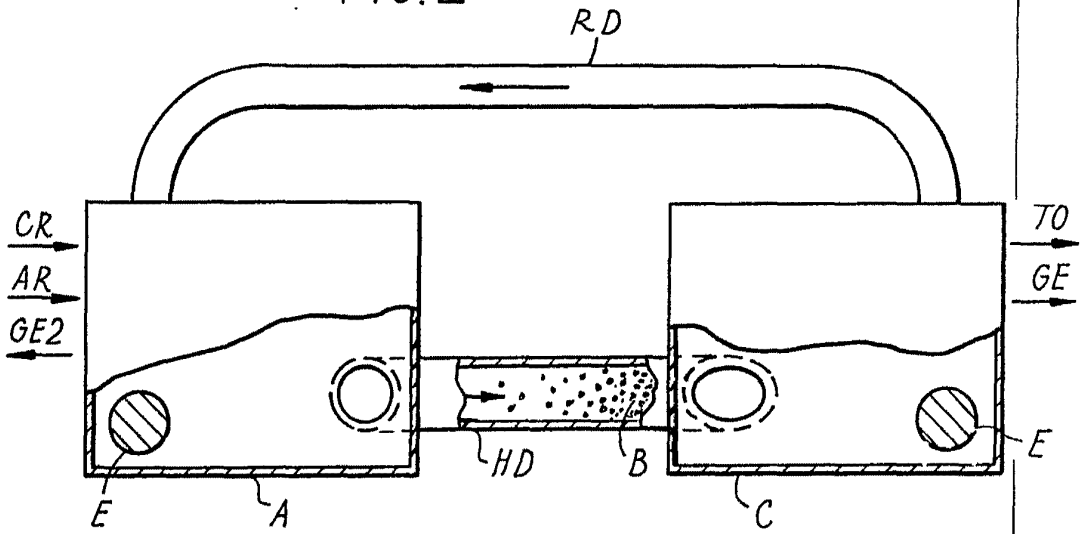
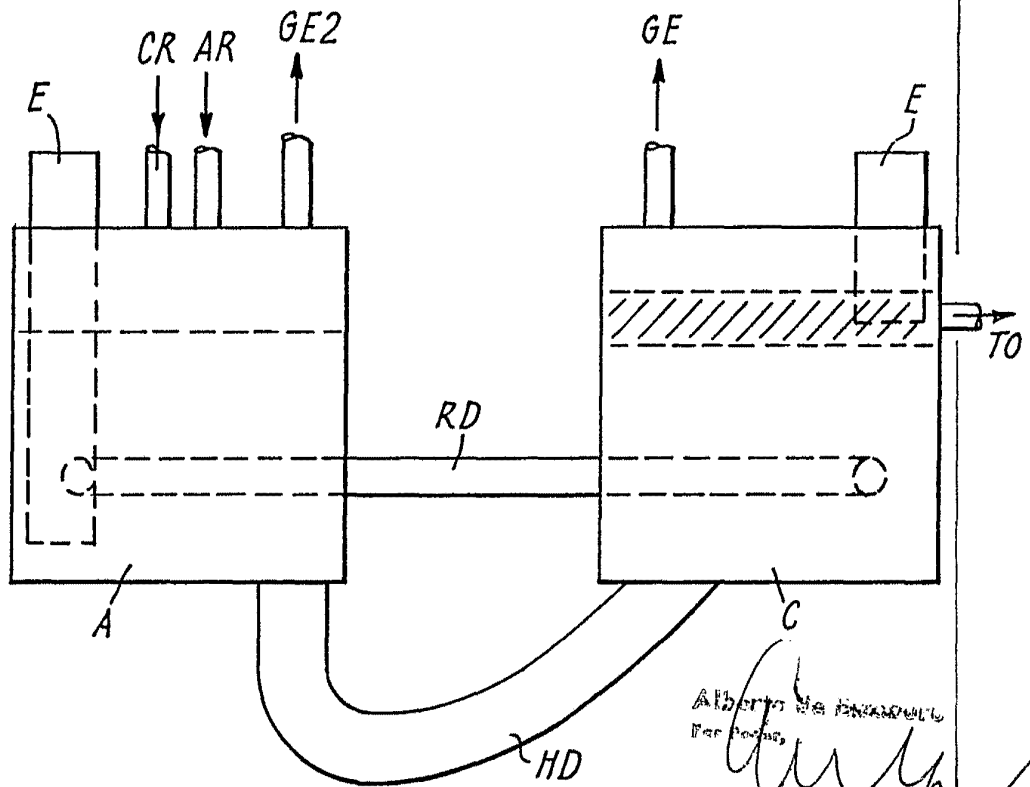


FIG. 3



Alberto de Benedetti
Per. Ing. 1/10/68

FIG. 4

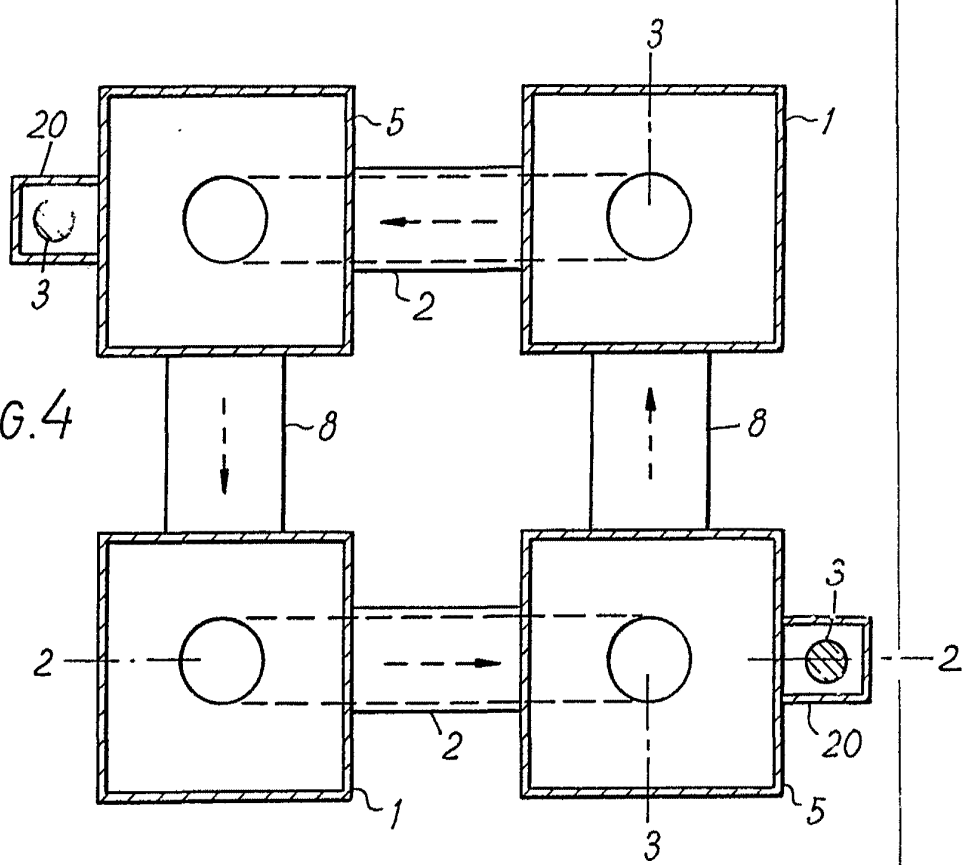


FIG. 6

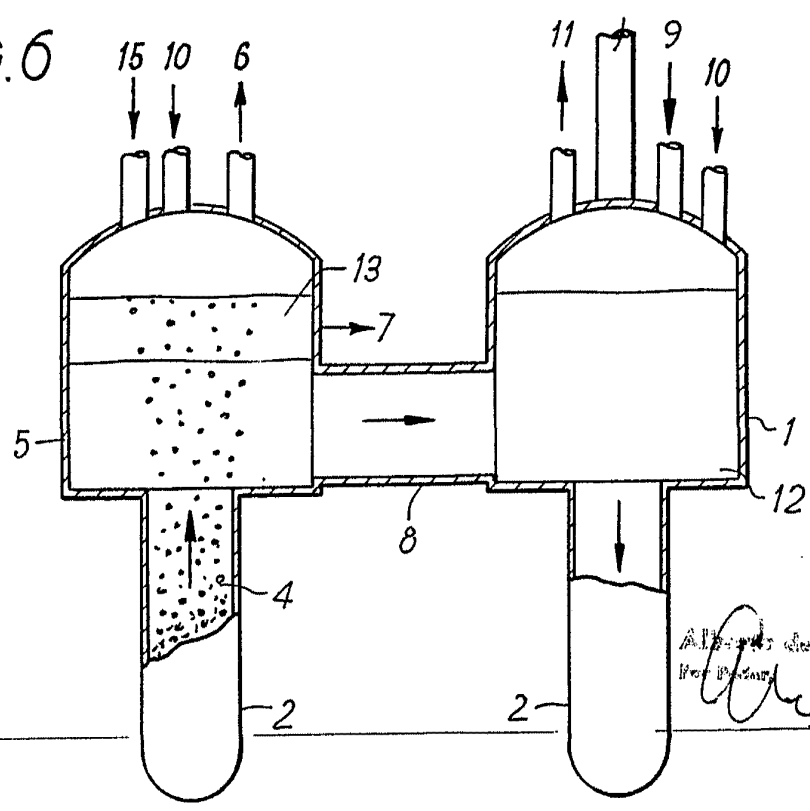


FIG. 9

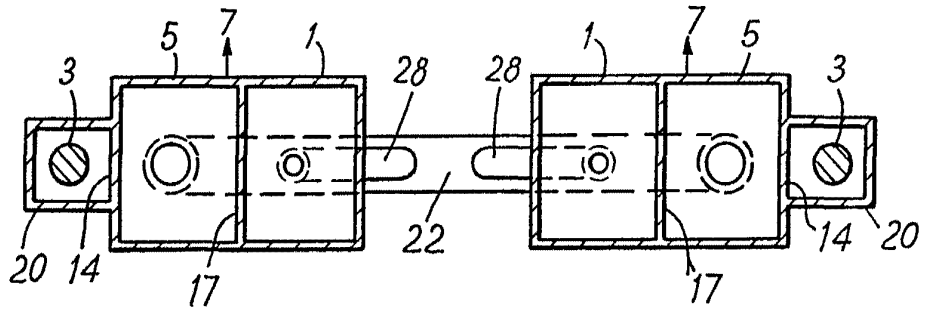


FIG. 10

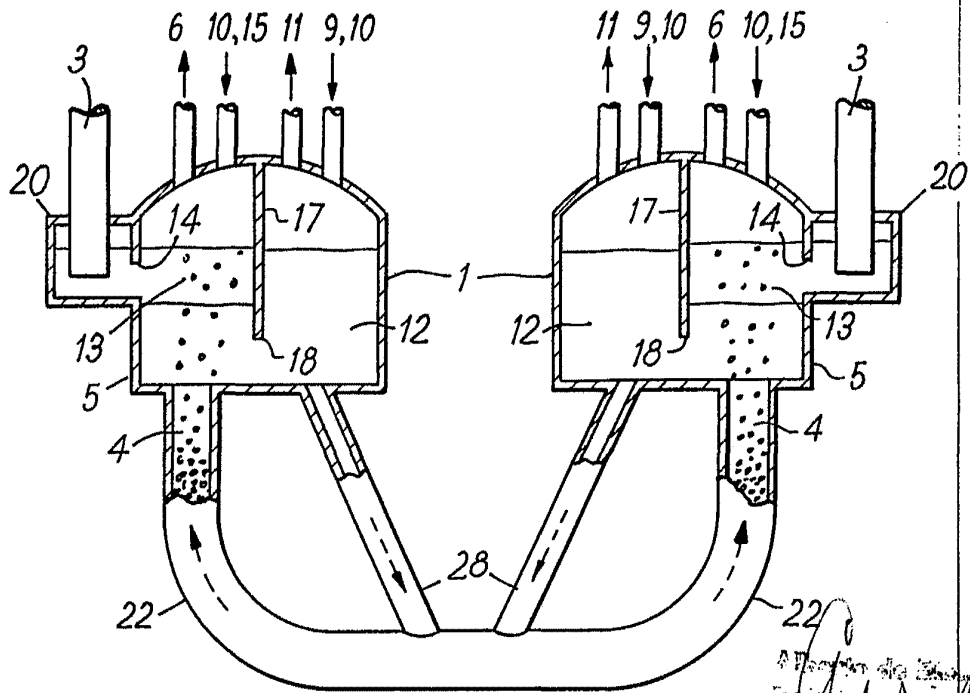


FIG. 11

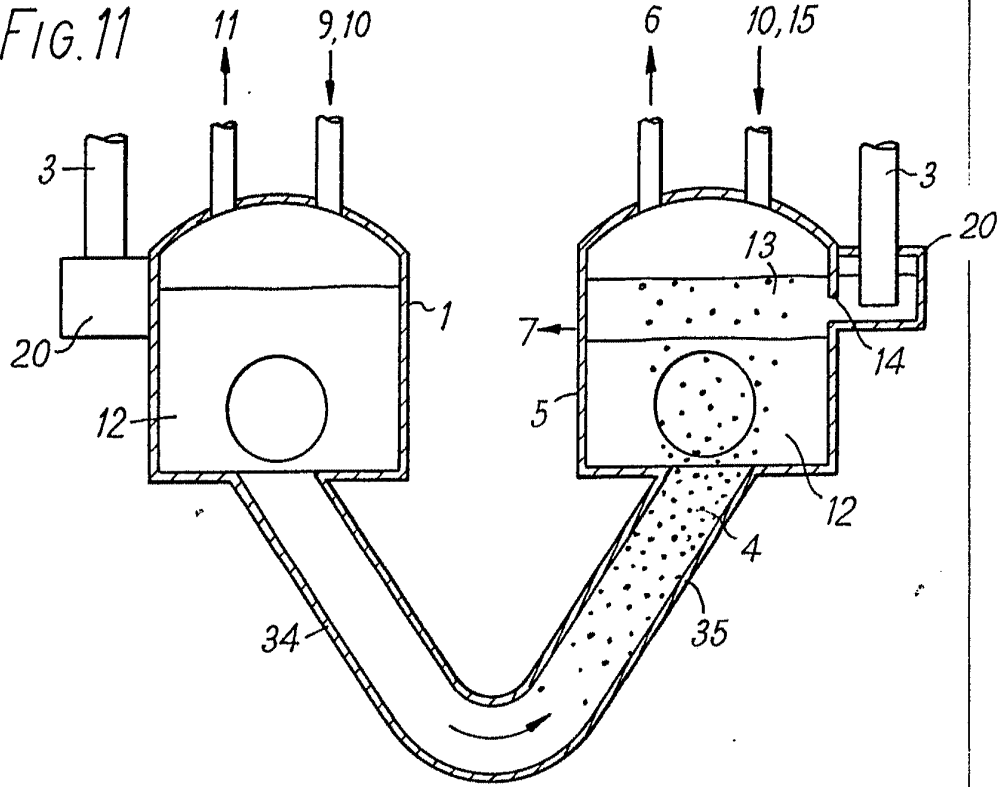
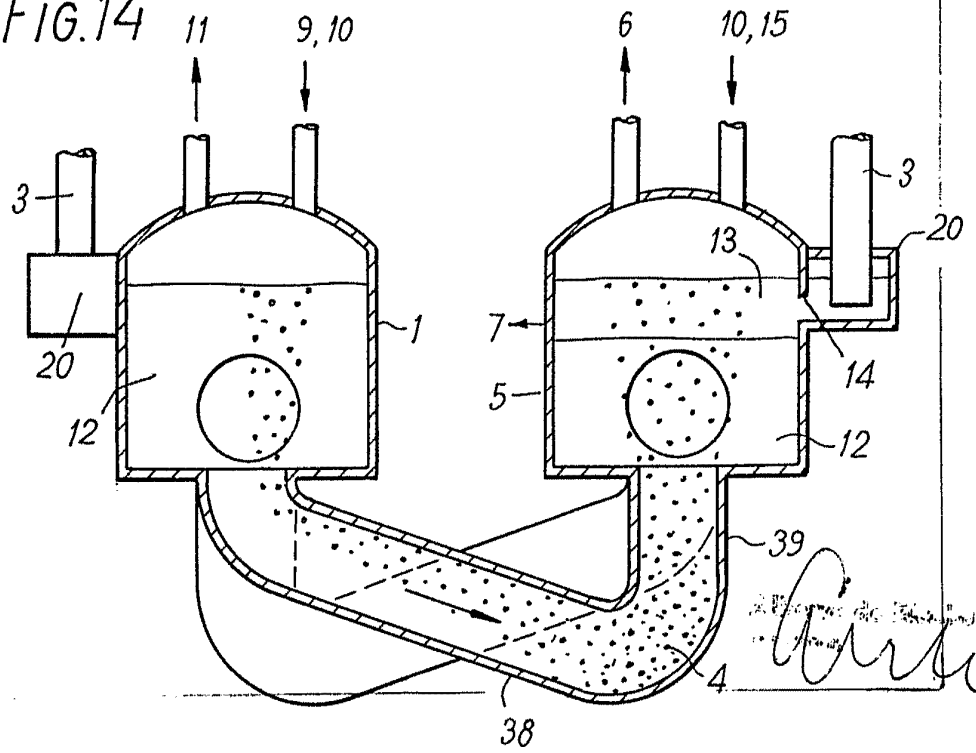


FIG. 14



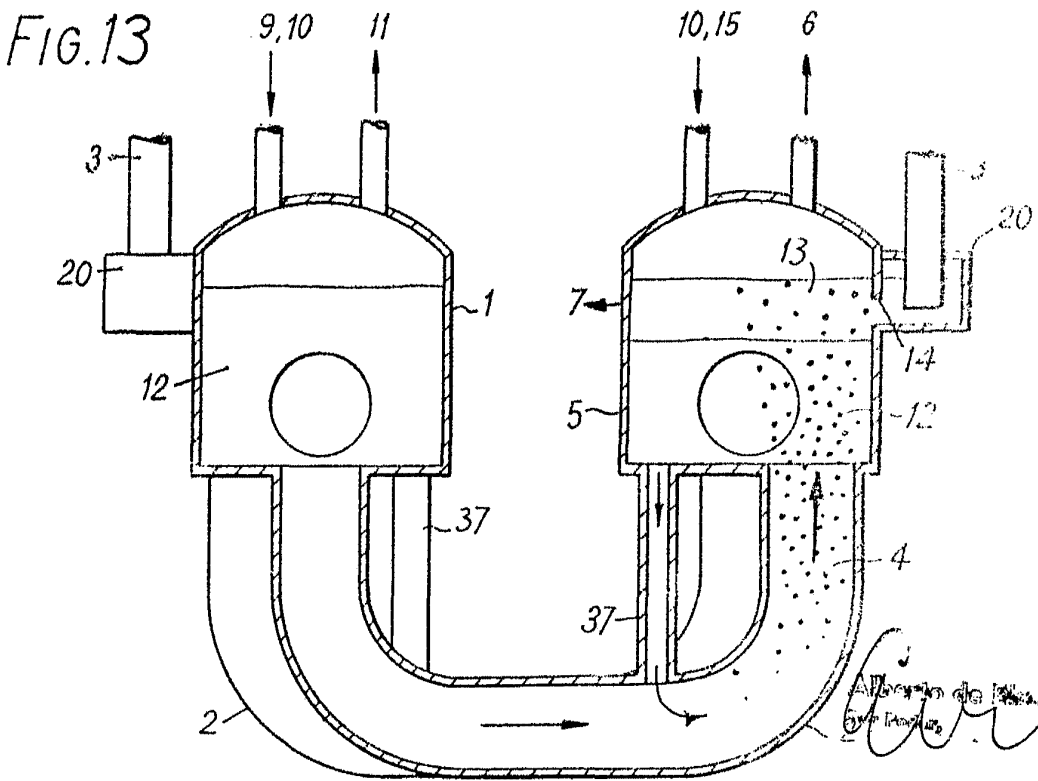
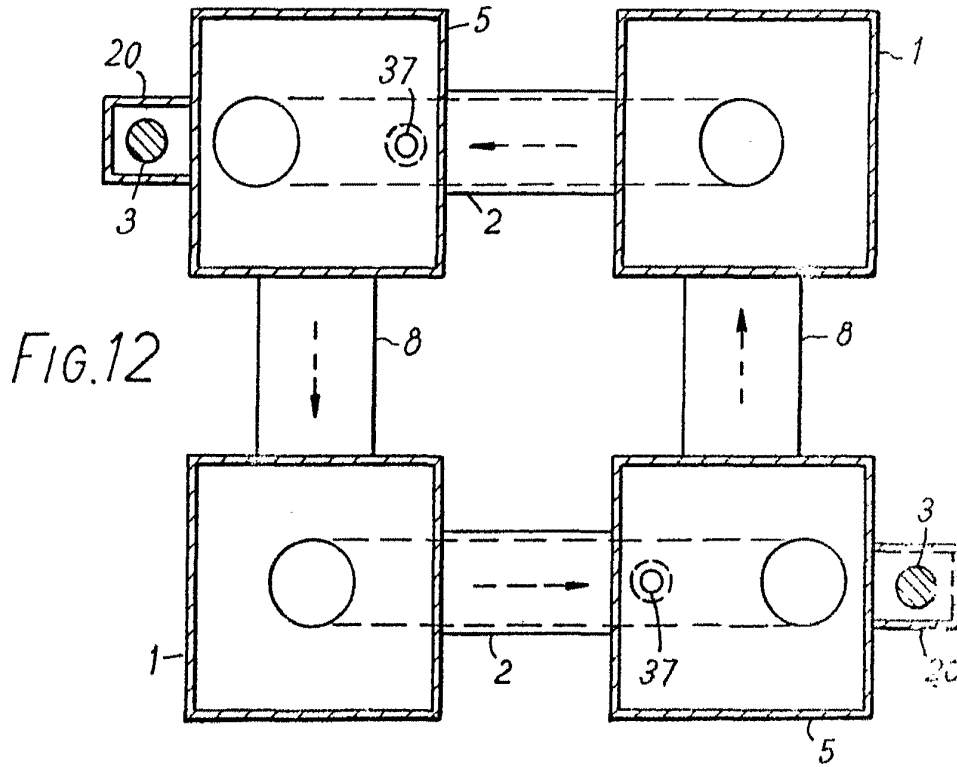


FIG.15

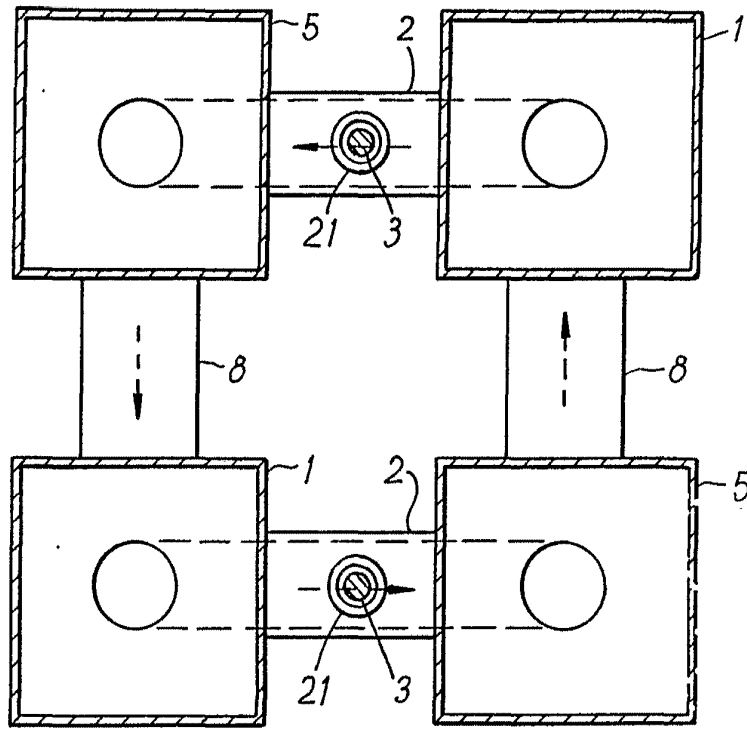


FIG.16

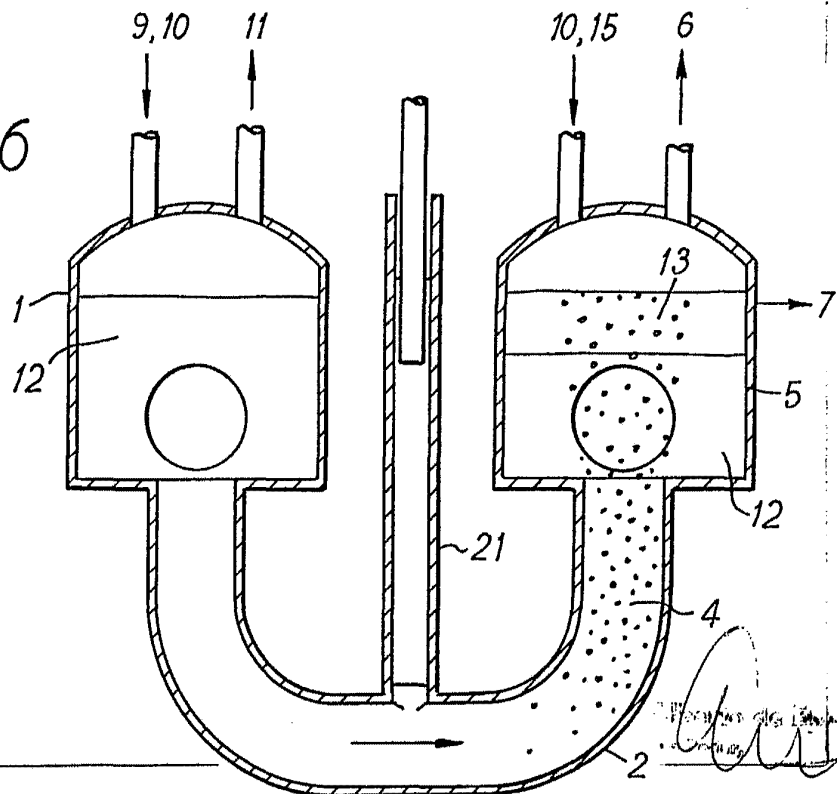


FIG.17

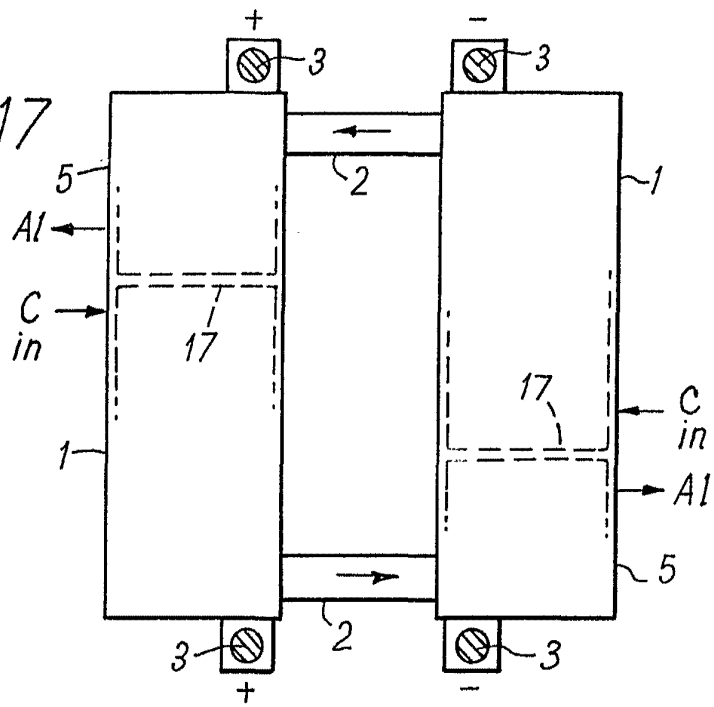
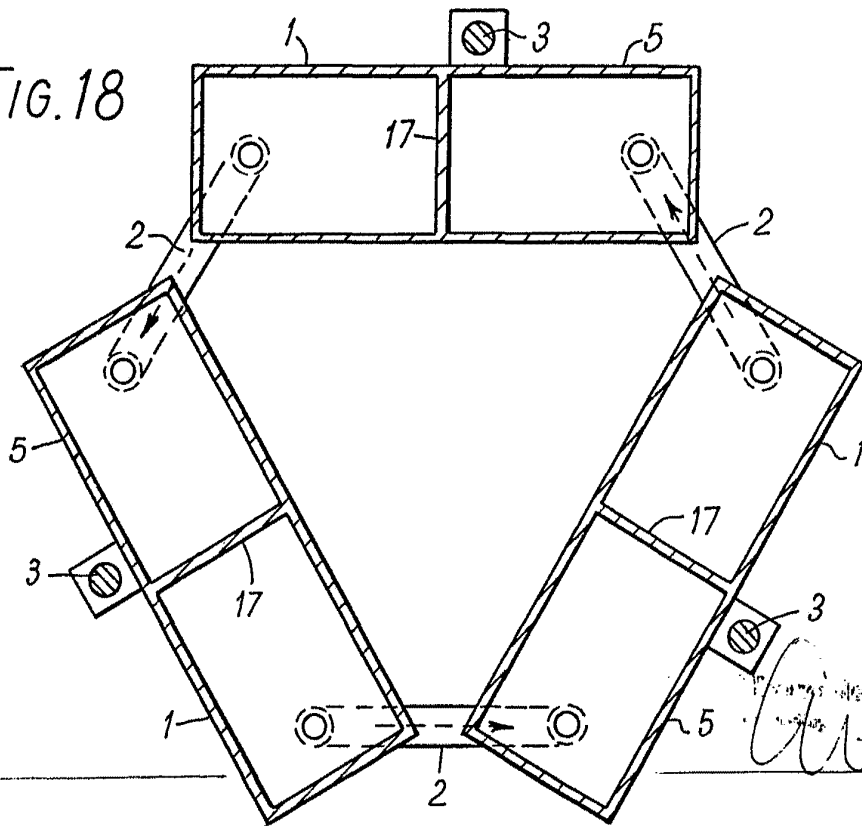


FIG.18



Handwritten signature

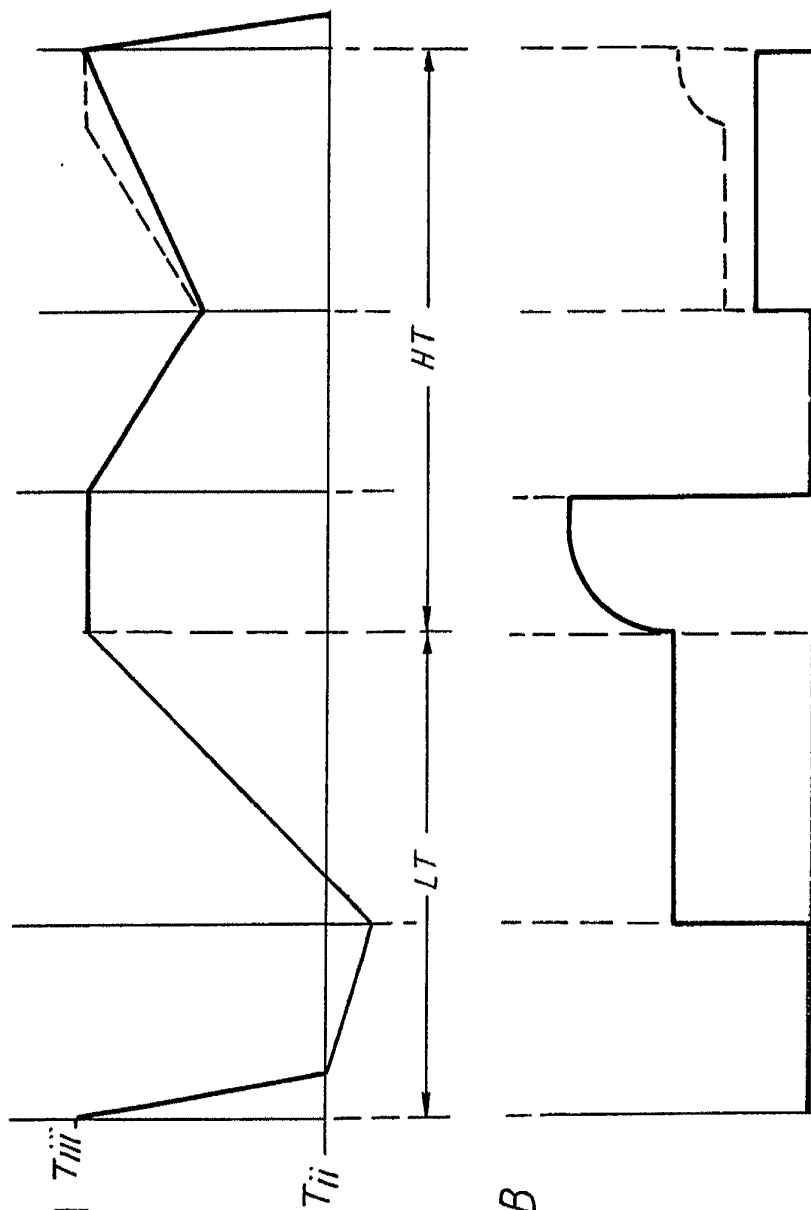


FIG.19A Tiii

Tii

FIG.19B

Handwritten signature