



322483

P.- 31.156

AJH/2015

777 1850

322483

MEMORIA DESCRIPTIVA

para solicitar

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

e n

E S P A Ñ A

por VEINTE años

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

"UN PROCEDIMIENTO PARA LA RECUPERACION DE ALUMINIO  
A PARTIR DE ALEACIONES QUE CONTIENEN ALUMINIO".

---

**POOR  
QUALITY**



- 1 -

322483

La presente invención se relaciona con la refinación del aluminio a partir del subhaluro, en que se trata un material impuro que contiene aluminio, en forma de partículas, con tricloruro de aluminio y/o tribromuro de aluminio a alta temperatura para la conversión del aluminio a monohaluro de aluminio gaseoso, al cual se descompone luego por enfriamiento de manera de obtener metal aluminio purificado. La presente invención se relaciona con un procedimiento y aparato mejorados para convertir aluminio del material de carga a monohaluro de aluminio, y en que se suministra el calor, para la reacción, haciendo pasar corriente eléctrica a través del material en partículas en el convertidor. Las presentes mejoras se relacionan con el precalentamiento del suministro continuo del material de carga antes de su introducción a la región de conversión, de manera que cuando alcanza la zona de calentamiento eléctrico en el convertidor, ya se alevó a una temperatura relativamente alta. Resulta muy deseable usar calentamiento a resistencia eléctrica para proporcionar energía de calor para la reacción endotérmica en el convertidor, en el cual se mantiene una columna grande que se mueve lentamente hacia abajo del material que contiene aluminio. Se hace pasar corriente eléctrica verticalmente a través de la carga entre electrodos superior e inferior en contacto con la carga. La carga contemplada es la denominada aleación carbotérmica obtenida mediante la reducción térmica de mineral de aluminio no refinado, por ejemplo bauxita, con carbón en un horno eléctrico, y por lo tanto es una composición metálica que contiene aluminio (en una proporción, tanto hacia arriba como hacia abajo, desde 50%) con otros elementos tales como hierro y silicio, y por lo general un poco de titanio y carbón, u otros metales o

1 FE



322483

metales adicionales, de acuerdo con la composición del mineral original. Se suministra este material al convertidor en forma de partículas, de manera que se le puede manipular en forma de una columna o de un lecho, con suficientes intersticios y superficies expuestas de las partículas para el paso y reacción del gas tricloruro de aluminio. Temperaturas apropiadas de operación en el convertidor son las superiores a 1000 °C, y de preferencia aproximadamente 1200 a 1300 °C o un poco más, temperaturas a las cuales las partículas de aleación permanecen sólidas.

Se encuentran dificultades cuando se intenta suministrar material frío de carga al convertidor. Las aleaciones en partículas que contengan aluminio, del carácter mencionado más arriba (ya sea que se las haya obtenido mediante la reducción denominada carbotérmica mencionada más arriba, o en otra manera), tienen un coeficiente térmico negativo de resistividad a través de una gama considerable de temperaturas elevadas. En consecuencia, la resistividad de lechos de aleaciones de este tipo disminuye a un valor bastante bajo aproximadamente a 1000 °C, y resulta correspondientemente agudo el problema de calentar eléctricamente estos lechos para asegurar una temperatura substancialmente uniforme a través de todo el lecho.

Se comprueba que, cuando se intenta operar el convertidor introduciendo aleación relativamente fría en la zona de calentamiento a resistencia, se encuentra una seria y altamente objetable tendencia de las partículas a fusionarse o concrecionarse a lo largo de trayectos específicos pero imprevisibles, como resultado de un extremado recalentamiento localizado. Estos efectos se producen como consecuencia del coeficien-



322483

te térmico negativo de resistividad, en el sentido de que la corriente eléctrica tiende a canalizarse en estos trayectos.

5 Por consiguiente, ya se había sugerido que era necesario precalentar el suministro de nueva carga hasta una temperatura próxima a los valores de reacción antes de introducirla en la zona de calentamiento a resistencia eléctrica, en la cual tiene lugar la reacción entre trihaluro de aluminio y aluminio. Si se lleva primeramente el lecho de material, en esta zona, hasta una temperatura apropiadamente alta y es probable que se realicen adiciones de nueva carga a esta temperatura, se logra fácilmente el suministro de calor, para mantener la reacción endotérmica en esta región, mediante el paso de corriente eléctrica a través de lecho que tiene entonces una resistencia relativamente baja, y en una manera substancialmente uniforme a través del mismo.

15 Los intentos de usar corriente eléctrica para calentar a resistencia las columnas estáticas de material metálico fusible granulado de esta clase, o para calentar columnas de esta clase que se mueven a través de una región convertidora, desde temperaturas mas bien bajas hasta 1000 a 1200 °C, y a regímenes de calentamiento suficientemente altos para rendimientos prácticos (por ejemplo 176 kW o mas por metro cúbico del material), no han logrado éxito, especialmente debido a serio recalentamiento en canales localizados y fusión de las partículas entre sí a lo largo de estos canales. El problema es poco usual, en comparación con el calentamiento de materiales tales como carbón o grafito, en que también existe un coeficiente térmico negativo, pero se puede evitar la canalización incipiente de la corriente mediante



322483

5 un control cuidadoso de la corriente y especialmente por fusión de calor hacia otras áreas. Con la aleación fusible utilizada para el procedimiento de subhaluro, no solo existe un considerable coeficiente térmico negativo de resistencia, sino que la fusión de los gránulos metálicos a lo largo de trayectos erráticos, con solidificación final de las partículas fusionadas, representa una desmejora esencialmente permanente de la operación.

10 En la patente anterior Nº 250031 se describe procedimientos para precalentar la nueva carga, que entra en el convertidor, mediante una aplicación externa de calor, por ejemplo mediante radiación desde elementos calentadores separados, o permitiendo que se produzca una cierta descomposición de gas monocloruro de aluminio a medida que pasa a través del material, con la finalidad de elevar el material entrante hasta la temperatura de reacción o hasta una temperatura elevada superior a la gama del coeficiente negativo de resistencia para evitar las serias dificultades experimentadas cuando se intenta calentar el material desde una baja temperatura mediante calentamiento a resistencia eléctrica.

20 Se ha comprobado ahora que se puede lograr un calentamiento relativamente simple y eficaz, del material metálico en partículas, desde una temperatura relativamente baja, mediante el paso directo de corriente eléctrica a través del mismo, manteniendo a dicho material en movimiento y en un cuerpo de sección transversal bastante restringida, es decir como una columna móvil que tiene ciertas características dimensionales y que tiene un régimen o carácter de movimiento seleccionado

25



322483

que es de rapidez o actividad substancialmente mayor que lo que se utiliza o encuentra en la operación de conversión misma. La presente invención involucra la comprobación de que, moviendo el material de carga, por ejemplo hacia abajo a través de un conducto vertical que tiene una sección transversal considerablemente menor de la zona de reacción en el convertidor, de manera que el material se mueve a un régimen término medio que es correspondientemente mayor de su desplazamiento lento a través del convertidor y que está apropiadamente correlacionado con el régimen de calentamiento, se podrá precalentar dicho material mediante el paso de corriente eléctrica a través del mismo en una dirección a lo largo de su trayecto de movimiento, evitándose una seria canalización de la corriente y particularmente evitando una significativa fusión de las partículas.

Se ha comprobado también que el paso del material metálico a través de una o mas regiones de mayor sección transversal, donde se puede producir también una cierta redistribución mutua de las partículas, permite regímenes relativamente elevados de calentamiento a resistencia en las partes mas angostas de la columna.

Calentando así al material metálico desde una temperatura relativamente baja en el estado móvil, será suministrado a la zona de reacción del convertidor sin aglomeración y a una temperatura elevada, de manera que no habrá dificultad para mantener una temperatura substancialmente uniforme en la masa de material en la zona de reacción mediante calentamiento a resistencia eléctrica mientras se suministra el calor necesario para hacer reaccionar el aluminio con el trihalu-

1 FEB 1953



322483

ro de aluminio gaseoso.

5 Se cree que en cualquier columna de partículas granuladas del material metálico, la resistencia eléctrica de la masa se debe principalmente a: (1) la resistencia de contacto entre las partículas, y (2) la resistencia del material en la región de alta densidad de corriente (dentro de las partículas individuales) cerca de los puntos de contacto. El calor se desarrolla principalmente, por circulación de corriente, en los puntos de alta resistencia y por consiguiente en o cerca de los puntos de contacto entre las partículas. Aunque el calor es transferido por conducción hacia el interior del cuerpo de cada partícula, las propiedades eléctricas de la masa quedan principalmente definidas por la temperatura en y adyacente a los puntos de contacto. Por consecuencia, cualquier recalentamiento en los puntos de contacto produce rápidamente fusión local, que conduce a la formación de un "canal" de baja resistencia.

15 Las columnas de partículas granuladas de estas aleaciones metálicas muestran un coeficiente térmico negativo de resistividad, aunque pueda no manifestarlo una masa sólida de la aleación.

20 Se ha comprobado que la columna móvil de partículas granuladas que circula hacia abajo a través de un conducto angosto a una velocidad relativamente grande, no se mueve continuamente sino que se mueve en una serie de impulsos cortos. En cada una de estas sacudidas, se cree que los puntos de contacto entre partículas adyacentes se perturban y que se establecen en considerable medida nuevos puntos de contacto. En consecuencia, los puntos en los cuales se genera calor cambian constantemente a cada uno de los impulsos rápidamente sucesivos cuando se hace pasar corriente

25



a través de la columna para calentamiento por resistencia. Al proveer un movimiento de esta clase, con una frecuencia suficiente de impulsos, según se puede lograr mediante una velocidad y condiciones de desplazamiento elegidos del material, los puntos de contacto entre las partículas se interrumpen repetidamente y se establecen nuevos puntos antes de que haya una oportunidad de fusión en cualquier medida significativa, con el resultado de que se evita la formación de canales de baja resistencia a través de la columna de partículas metálicas.

La existencia de un movimiento apropiado a impulsos de la columna, puede ser detectada por medición eléctrica, habiéndose comprobado que, con una tensión nominalmente constante a través de los electrodos de alimentación, hay frecuentes fluctuaciones de corriente que indican cambios de la resistencia de la columna móvil entre los electrodos.

Se interpreta los registros de fluctuaciones de corriente en una columna del material de aleación, que se mueve hacia abajo, como demostración de una disminución gradual de la resistencia en los intervalos entre impulsos, luego un aumento agudo de la resistencia de lecho cuando la masa salta hacia adelante y los puntos de contacto entre las partículas se re disponen de manera de formar nuevas zonas de contacto de alta resistencia relativamente frías. Se puede observar cada uno de estos ciclos como un aumento gradual y repentina disminución de la corriente del calentamiento, representando por lo tanto un ciclo de reposo y movimiento de la columna. La experiencia práctica indica que el intervalo entre estos impulsos será de preferencia aproximadamente 5 a 100 seg. Se comprenderá que el intervalo entre impulsos comunmente no

1 FEB

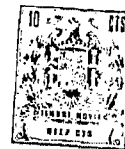


322483

es uniforme, incluso para un determinado régimen de alimentación término medio. Sin embargo, una indicación conveniente de la condición de movimiento de una columna es el intervalo de reposo aproximadamente máximo, al cual se define mas adelante, pero que bajo ciertas circunstancias ensayadas de operación útil se da como ejemplo mediante un valor de aproximadamente 30 seg o menos, para regímenes de alimentación mas bien elevados, y mediante valores de aproximadamente 60 a 100 seg para regímenes de alimentación considerablemente menores.

El dimensionamiento de la columna de precalentamiento está en cierta medida relacionado con las dimensiones internas del convertidor. En la zona de reacción, las dimensiones y el régimen de desplazamiento de la aleación deberán ser tales que la reacción permanezca expuesta al tricloruro de aluminio gaseoso a alta temperatura durante un tiempo suficiente para extraer un elevado porcentaje del contenido de aluminio. Las dimensiones de la zona de reacción están además gobernadas por los siguientes requisitos: (i) que deben ser generado suficiente calor, por el paso de la corriente eléctrica, para mantener la reacción endotérmica, y (ii) que el gas pase a través del lecho de aleación sin una caída de presión tal que limitaría indbidamente al régimen de circulación del gas.

Bajo condiciones seleccionadas, por ejemplo, para alcanzar una extracción de 90 % mas del contenido de aluminio en los gránulos de aleación que contienen 50 a 60 % de aluminio, se comprueba que el tiempo verdadero de paso de partículas de aleación a través de la zona de reacción es por lo general aproximadamente 24 hr y ciertamente por lo menos 12 hr. La sección transversal del lecho lentamente desplazable de gránulos de a-



- 9 - 322483

leación en el convertidor es grande, para obtener una producción comercialmente significativa de aluminio puro. En consecuencia, un convertidor vertical deberá tener un diámetro interno de por lo menos 1,52 m, y de preferencia 2,13 m o mas.

5

Se ha comprobado que, al utilizar un cuerpo de aleación en partículas, calentado por resistencia, en un convertidor de esta clase, la aleación deberá ser precalentada hasta por lo menos 700 °C, y de preferencia hasta cerca de la temperatura de reacción (de acuerdo con la magnitud de otros modos de precalentamiento en el convertidor mismo), antes de alimentarla al convertidor. Si no se utiliza un precalentamiento apropiado, se podrá producir fusión entre las partículas y severa canalización de corriente.

10

15

Al poner en práctica la presente invención para el precalentamiento de la alimentación de la aleación, la columna de precalentamiento deberá tener una sección transversal substancialmente mas pequeña que la del convertidor. La sección transversal de la columna de precalentamiento no deberá ser mayor que la mitad del área de sección transversal de la zona de reacción, y de preferencia su diámetro deberá ser desde la mitad hasta un tercio del diámetro del convertidor, o menos. Considerándolo independientemente, una columna de precalentamiento de partículas de aleación cruda, a través de la cual se hace pasar corriente longitudinalmente con respecto al trayecto de desplazamiento, tiene preferiblemente un diámetro de seis veces el diámetro término medio de las partículas más 15,2 cm, cuando el diámetro término medio de las partículas es 10,2 cm o menos. De preferencia, el diámetro término medio de

20

25



322483

las partículas desde 1,27 a 10,2 cm, y mas ventajosamente desde 2,54 a 7,62 cm. Una dimensión útil de columna de precalentamiento es por consiguiente la que tiene un diámetro de aproximadamente seis a ocho veces el diámetro término medio de las partículas.

5                    Así, por ejemplo, una columna apropiada de precalentamiento para un convertidor que tiene un diámetro de 1,52 m, y utilizando una aleación granulada que tiene un diámetro término medio de las partículas de 5,08 cm (estando las partículas individuales comprendidas entre 1,27 y 6,35 cm), deberá tener un diámetro de 25,4 a 50,8 cm, y de preferencia  
10                    aproximadamente 45,7 cm. Se espera que el convertidor pueda manipular una alimentación de aleación de 900 a 2.700 kg/hr, pudiéndose lograr entonces un precalentamiento eficaz sin apreciable fusión mutua de las partículas alimentadas.

15                    Se describirá mejor la presente invención con referencia al dibujo que se acompaña, en el cual;

                    La fig. 1 es un corte vertical esquemático de un convertidor y una columna de precalentamiento, que incorpora la presente invención como ejemplo del aparato de la misma;

20                    La fig. 2 es un corte vertical a mayor escala de la columna de precalentamiento del sistema, según se la observa en la fig. 1, con la estructura ilustrada en forma simplificada; y

                    Las figs. 3 y 4 son respectivamente secciones según las líneas 3-3 y 4-4 de la fig. 2.

25                    Según se puede ver en la fig. 1, el convertidor 10 es un horno cilíndrico vertical que tiene electrodos superiores 12 y 12', y electrodos



inferiores 13 y 13', mediante los cuales se pueda hacer pasar verticalmente corriente alterna, de una fuente apropiada 14, a través del material de carga 15 dispuesto en la zona de reacción entre los electrodos superior e inferior. El convertidor 10, y todas las otras estructuras que serán descriptas mas adelante, pueden construirse con un casco hermático externo de acero (no ilustrado para el convertidor de la fig. 1, pero ilustrado para los otros recipientes en 16 y 17 en la fig. 2), que tiene un revestimiento refractario interno grueso 18 y 18' (figs. 1 y 2), por ejemplo alúmina densa altamente pura u otra substancia que es inerte a los gases involucrados en el procedimiento y que tiene características aislantes eléctricas apropiadas de manera de no derivar corriente en forma apreciable.

Se mantiene enteramente llena la zona de reacción, definida entre los electrodos superior e inferior 12 y 12', y 13 y 13', con la aleación granulada hasta un nivel por encima de los electrodos superiores. El gas tricloruro de aluminio precalentado entra a través del conducto 20 y es descargado dentro del convertidor mediante medios distribuidores apropiados 21 debajo de los electrodos inferiores, y luego circula hacia arriba a través del lecho de aleación en el cual, en virtud de la temperatura mantenida, el tricloruro de aluminio convierte el aluminio a monocloruro de aluminio gaseoso. Un conducto de descarga 22 lleva al gas producto, es decir una mezcla de monocloruro de aluminio y tricloruro de aluminio, hacia un descomponedor en el cual, por enfriamiento, el monocloruro de aluminio se descompone de manera de proporcionar aluminio puro y tricloruro de aluminio. Entra en el convertidor la alimentación de nueva aleación a través de un conducto inclinado de alimentación 24, mientras



que el residuo de sólido granulado, desprovisto de aluminio, abandona al fondo del convertidor a través de un conducto de descarga 25, facilitándose el retiro de la aleación usada, fuera del convertidor, mediante medios mecánicos tales como un cono de descarga convencional 26 llevado por un eje vertical 27 que lo hace girar.

El sistema de alimentación incluye una tolva de suministro 30 que recibe la aleación granulada y que la guía hacia la estructura de la columna ilustrada debajo de la tolva. Esta estructura de columna puede incluir trabas apropiadas para permitir que la aleación baje hacia una tolva de alimentación cerrada inferior 32 sin pérdidas apreciables hacia arriba de gases y sin acceso apreciable de aire. Este sistema de traba puede consistir en un par de válvulas rotativas 33 y 34 en el conjunto de columna de alimentación 35, con una tolva intermedia 36 entre ellas, estando provista la tolva 36 de un conducto de entrada provisto de válvula 37 para la introducción de gas inerte en momento deseados.

Debajo de la tolva de alimentación 32, la sección de precalentamiento comprende una columna superior de precalentamiento 40, una columna inferior de precalentamiento 41, y una cámara mezcladora intermedia 42 de sección transversal substancialmente mayor. Puesto que se mantiene a la columna 40, cámara 42 y columna 41, llenadas con aleación granulada, se provee medios, debajo de la columna 41, para facilitar la entrada de la aleación en el conducto de entrada 24 del convertidor, pudiendo ser estos medios una plataforma, cono, miembro helicoidal, u otros dispositivos de alimentación rotativo, incorporando específicamente al equipo, aquí ilustrado, una plataforma 43 que gira en una cámara de alimentación inferior

1 FEB 1944

322483

44.

Haciendo referencia también a las figs. 2 y 3, se puede ver que cada una de las columnas de precalentamiento 40 y 41 está provista de electrodos para el paso de corriente a través del material de aleación móvil. La columna superior 40 tiene juegos verticalmente espaciados de electrodos de grafito, carbón u otro material apropiado 45 y 45', y 46 y 46'. La columna inferior 41 tiene juegos similares de electrodos superiores e inferiores 47 y 47', y 48 y 48'.

La cámara mezcladora 42 comprende una sección cilíndrica 50 desde la cual se extiende una sección cónica 51 hacia abajo hasta la columna 41, mientras que una sección cónica superior 52 se extiende desde el extremo inferior de la columna 40 hasta la parte superior de la sección 50.

En la cámara de alimentación inferior 44, la plataforma rotativa 43 es llevada por un eje vertical 53 convenientemente impulsado mediante medios no ilustrados. Una paleta estacionaria 54 puede estar montada encima de la plataforma en el lado adyacente al conducto 24, de manera que, cuando la plataforma gira, el material de aleación es raspado de la plataforma para caer en este último conducto. Raspadores coactuantes, tales como la estructura de cadena 55, pueden ser llevados por el lado inferior de la plataforma 43 para facilitar el barrido del material hacia el conducto 24.

Se suministra corriente, para las columnas de precalentamiento, desde una fuente de corriente alterna 56. Tal como se ilustra en la fig. 1, los pares superiores de electrodos 45 y 45', y 46 y 46', son alimentados con corriente desde un transformador 58, mientras que los pares inferiores

POOR QUALITY



5 de electrodos 47 y 47', y 48 y 48', son alimentados desde un transformador similar 59. El circuito de corriente de calentamiento para las columnas, incluye arrollamientos de reactancia inductiva 60 y 61 que estabilizan substancialmente el funcionamiento. En ausencia de estos arrollamientos, puede haber grandes fluctuaciones de la entrada de alimentación, lo cual produciría algunas dificultades en el control del funcionamiento.

10 Se puede emplear también medios equilibradores eléctricos para distribuir la corriente entre los electrodos y evitar así cualquier paso preferencial de corriente a través de cualquier electrodo determinado, con la correspondiente tendencia a falta de uniformidad de circulación de corriente a través de la columna, estando indicados estos arrollamientos equilibradores en 62 y 62', y 63 y 63'. Tal como se ilustra en este sistema, que incluye dos electrodos, en vez de mas, en cada juego, los dos electrodos 45 y 45' están respectivamente conectados a los extremos del arrollamiento 62 que tiene su derivación central conectada a uno de los extremos del secundario del transformador 58, y en este caso a través del arrollamiento estabilizado 60. Los arrollamientos equilibradores restantes 62', 63 y 63', están conectados en una manera similar a los pares restantes de electrodos, respectivamente 46 y 46', 47 y 47', y 48 y 48'.  
15  
20  
25  
Corresponde aclarar que los transformadores 58 y 59 están proyectados o ajustados (por ejemplo mediante arrollamientos con derivaciones, u otra clase de arrollamientos variables, por ejemplo un arrollamiento primario con derivaciones tal como se ilustra), para proporcionar tensiones deseadas respectivamente para las columnas de calentamiento superior e inferior, y también para una regulación apropiada de entradas de alimentación a es-



tas columnas.

Aunque se prefiere corriente alterna para excitar a los circuitos de calentamiento ilustrados, se podrá usar también corriente continua (bajo controles apropiados).

5                   Puesto que la resistividad de la aleación de alimentación granulada en las columnas 40 y 41 disminuye a medida que aumenta su temperatura, es por lo general necesario aplicar diferentes tensiones a las diferentes secciones de la columna. Por ejemplo, la tensión entre los electrodos de la columna 40 puede ser por conveniencia substancialmente  
10                   mayor que la aplicada sobre los electrodos de la columna 41. La resistencia del cuerpo de material en la columna 40 es correspondientemente mayor que la del cuerpo más caliente en la columna 41, haciendo deseable la diferencia de tensiones, mencionada más arriba, para lograr alta entrada de alimentación y máximo calentamiento en ambas columnas.

15                   A continuación se describirá a título de ejemplo, un calentador apropiado de dos etapas, según se ilustra en el dibujo que se acompaña, para proporcionar aleación granulada precalentada a un convertidor 10 que tiene un diámetro interno de 1,52 m y una distancia vertical entre los electrodos superior e inferior 12 y 12', y 13 y 13', de aproximadamente 7,62 m. Cada una de las columnas 40 y 41 tiene, en este ejemplo, un diámetro interno de 35,6 cm y una distancia vertical, entre  
20                   los electrodos superior e inferior (centro a centro) de 2,36 m. La cámara mezcladora intermedia 42 tiene un diámetro máximo de 99,1 cm, y una capacidad total de aproximadamente 0,778 m<sup>3</sup>, es decir que una partícula de aleación permanecerá aproximadamente tres veces más tiempo en  
25



la cámara 42 que en cualquiera de las columnas de precalentamiento.

En funcionamiento la aleación entra en la parte superior de la columna 40 aproximadamente a la temperatura ambiente y se la calienta en dicha columna hasta 400 a 500 °C bajo una tensión aplicada de 70 a 140 V. En la columna 41 se calienta la aleación hasta 700 °C y mas, mediante una tensión aplicada de 40 a 70 V. Se obtiene estos resultados con regímenes de alimentación comprendidos entre 1150 y 2950 kg/hr. En una puesta en marcha práctica, con aleación fría a través de toda una columna determinada, serán necesarias inicialmente tensiones considerablemente mas altas del orden de 150 a 300 V.

La carga y manipulación mecánica prácticas del aparato resultan relativamente simples. Al comienzo, se cierra las válvulas 33 y 34 y las tolvas 36 y 32 están vacías, mientras que la tolva superior 30 está llena de aleación carbotérmica granulada. Se hace girar primeramente la válvula superior 33 y simultáneamente se suministra una corriente de gas inerte a través del conducto 37, descargándose a través de la válvula superior y la tolva 30 a medida que la aleación desciende hacia la tolva 36. Se cierra entonces la válvula 33 y se hace girar la válvula inferior 34 de manera de permitir que la aleación descienda en la tolva 32, y desde aquí hacia la columna de precalentamiento 40, cámara 42 y columna 41. Se vuelve a llenar la tolva 32, de acuerdo con las necesidades, de manera que se mantiene un suministro continuo de aleación granulada para las columnas de precalentamiento.

Haciendo girar a la plataforma 43, la aleación precalentada es continuamente retirada y cae dentro del conducto inclinado de descarga 24.



322483

La velocidad de rotación de la plataforma 43 gobierna el régimen de retiro de aleación precalentada, y se la puede emplear para controlar el rendimiento de manera de adaptarlo al rendimiento deseado en el convertidor 10.

5                    Como ejemplos específicos de operación de un sistema de precalentamiento que tiene las dimensiones indicadas mas arriba, la siguiente tabla indica características eléctricas típicas para diversos regímenes de alimentación de una aleación carbotérmica granulada que contiene aluminio, expresados en kilogramos por hora. La composición de la aleación

10                    es: aluminio 50 a 53 %; hierro 28 a 31 %; carbón 3,5 a 4,5 %; silicio 8,5 a 9,5 %; titanio 3,3 a 3,6 %. En las columnas 40, se lleva la aleación móvil desde la temperatura ambiente hasta un término medio de aproximadamente 500 °C y se la calienta desde este último valor hasta un término medio de aproximadamente 700 °C en la columna 41. La potencia suministradas en las respectivas etapas está indicada como kilowatts necesarios. Se puede calcular entonces la densidad término medio de potencia ( $\text{kW/m}^3$ ) en cada etapa (que tiene una sección transversal de aproximadamente  $929 \text{ cm}^2$ ) dividiendo el valor indicado de la potencia suministrada, por la altura de la columna, en metros, entre los electrodos. Según

15                    se indica en la tabla, cada valor indicado de potencia necesaria incluye una pérdida de calor de aproximadamente 20 kW. La tabla indica también la resistencia total y la resistividad de volumen (término medio a través de la columna) del cuerpo de aleación granulada en cada etapa, para las condiciones indicadas de régimen de alimentación y circulación de

20                    corriente.

25



322483

TABLA I

	Régimen de alimentación, kg/hr	kW necesarios (incluyendo una pérdida de calor de 20kW)	Valores típicos			
			Corriente, A	Tensión, V	Resistencia, m/cm	Resistividad, m/cm
Primera etapa, salida 500 °C	454	80	1300	62	48	200
	908	140	2000	70	35	147
	1362	200	2750	72,5	26,4	111
	1816	260	3800	68	17,9	75
Segunda etapa, salida 700 °C	454	42	1150	36,5	32	133
	908	67	1600	42	26	110
	1362	92	2050	48	22	92
	1816	117	2600	44,5	17	72

La operación resulta enteramente satisfactoria bajo las condiciones descritas mas arriba, en el sentido de que no se produce fusión indeseable entre partículas de la aleación, y que la aleación se desplaza hacia abajo en la manera continua deseada sin canalización objetable de la corriente. Se cree que la cámara mezcladora intermedia 42 contribuye al funcionamiento eficaz, al proveer un tiempo de permanencia que permite que la aleación pueda alcanzar una temperatura relativamente uniforme a través de toda ella, antes de entrar en la columna de la segunda etapa.

Según se indicó mas arriba, y de acuerdo con lo que se indica en la Tabla I, la resistividad eléctrica de una columna de este material granulado o en partículas puede describirse como una resistividad pura o no "ohmica"; disminuye con el aumento de la temperatura y con el aumento de



322483

la densidad de corriente. Según se emplea aquí esta expresión, la resistencia de una columna significa la resistencia en cuerpo de la masa entera de partículas en la columna, tal como es compactada por su propio peso; la resistividad de una columna o lecho significa en una manera similar la resistividad en cuerpo término medio de la masa de partículas; y cada referencia, que se hace aquí, a un coeficiente térmico de resistividad, se caracteriza explícitamente o por su contexto, de manera de tener uno elegido de dos significados, a saber (a) una propiedad de la columna o lecho en cuerpo, o (b) una propiedad del material sólido mismo, por ejemplo de aleación masiva, como en el cuerpo de una sola partícula.

Otros ensayos han demostrado que esta aleación, en forma granulada, puede ser fácilmente calentada en esta manera hasta temperaturas en cuerpo de mas de 1000 °C sin dificultad por fusión. En efecto, la experiencia indica que hasta las temperaturas próximas al punto de ablandamiento de la aleación (aproximadamente 1300 °C en las aleaciones mencionadas mas arriba), cuanto mas alta es la temperatura alcanzada en la salida del precalentador, tanto mejores son los resultados que proporciona el sistema.

En estos ensayos adicionales, las columnas utilizadas tienen un diámetro interno de 35,6 cm y una longitud de 2,13 m entre electrodos. La aleación carbotérmica utilizada tiene una gama de dimensiones de partícula comprendida aproximadamente entre 6,35 mm y 6,35 cm, considerándose que tiene dimensiones de partícula término medio de 3,81 a 5,08 cm. Se utiliza regímenes de alimentación de 675 a 2700 kg/hr, lo cual o-



322483

quivalente aproximadamente de 3,82 a 15,6 cm<sup>3</sup>/hr del material granulado.

Los registros gráficos de la corriente encada columna de precalentamiento muestran una sucesión contigua de fluctuaciones de corriente, con disminuciones bruscas y aumentos graduales. Estas disminuciones bruscas parecen corresponder a movimientos hacia abajo de la aleación, cuando las partículas se desplazan y son reorientadas, con nuevos puntos relativamente mas frios de contacto entre partículas, y por lo tanto puntos de mayor resistencia de contacto. La siguiente tabla, a la cual se ha derivado a partir de recuentos de estas fluctuaciones principales de corriente a través de una cantidad considerable de operaciones exitosas, resume los valores de tiempo de los intervalos comprendidos entre fluctuaciones, para diversos regimenes de alimentación de la aleación.

TABLE II

Régimen de alimentación de aleación carbotúmica de -6,35 cm y +6,35 mm	Tiempo necesario para incluir el porcentaje indicado de fluctuaciones		
	50 %	95 %	99 %
908 kg/hr	26 seg	75 seg	93 seg
1362 kg/hr	18 seg	50 seg	62 seg
1816 kg/hr	14 seg	37 seg	62 seg
2724 kg/hr	9 seg	25 seg	30 seg

Se comprenderá que los porcentos en la cabeza de cada una de las columnas de valores de tiempo (en segundos) se refieren a una manera de promediar o caracter numéricamente los periodos de reposo; por ejemplo, a 907 kg/hr, el 50 % de los intervalos entre fluctuaciones son de 26 seg o menos, y 99 % de estos intervalos son de 93 seg o menos. Por lo tanto se puede ver, por lo menos en primera aproximación, que los mayores o máximos



322483

intervalos entre sacudidas o impulsos hacia abajo son aproximadamente 75 a 100 seg para el mas reducidos de los regimenes de alimentación, y aproximadamente 25 a 30 seg para los mas altos. En efecto, el término de intervalo máximo aproximado entre impulsos se adopta aquí como una medida conveniente de la frecuencia de impulsos y significa el período de tiempo dentro del cual queda comprendido el 99 % de las fluctuaciones, es decir los valores como los que se dan a título de ejemplo en la última columna de la Tabla II. Aunque el intervalo de reposo permisible (es decir considerado como el máximo aproximado) se ve influenciado un poco por la temperatura y la distribución de dimensiones de las partículas de la aleación, la Tabla II indica sin embargo aproximadamente una gama mas bien amplia de tiempos de impulsos que se ha comprobado que es útil para una operación exitosa. Se comprenderá que es posible emplear tiempos un poco mas prolongados, por ejemplo con columnas un poco mas largas.

Se puede observar que, en los precedentes ejemplos, empleando regimenes de alimentación como los indicados en la Tabla II y mayores, en columnas de las dimensiones indicadas, la velocidad hacia abajo de las partículas tiene un término medio de 8,64 a 25,9 cm/min.

Según se indicó mas arriba, el procedimiento y aparato aquí descritos se relacionan con lechos de precalentamiento de material metálico sólido granulado que tiene por lo general dimensiones máximas de partícula comprendidas aproximadamente entre 6,35 mm y 12,7 cm, y dimensiones término medio de las partículas comprendidas entre 2,54 y 10,2 cm, teniendo un coeficiente negativo de resistividad sobre una gama de temperaturas elevadas.



322483

La presente invención se relaciona particularmente con el proca-  
 lentamiento de material que es metal granulado, incluyendo un contenido  
 substancial, aunque no necesariamente principal, de aluminio, por ejemplo  
 la aleación carbotérmica descripta, que se utiliza para la refinación de  
 5 aluminio en el monohaluro. Son aleaciones que permanecen en estado sólido  
 a la temperatura de reacción, es decir mas de 1000 °C, y por lo general  
 aproximadamente 1300 °C. Un coeficiente térmico negativo de resistividad,  
 sobre una gama que se aproxima a las temperaturas de conversión, es carac-  
 10 terístico de cuerpos masivos de la mayoría de estas aleaciones o metales  
 crudos, por ejemplo según se indica mas adelante, y de lechos o columnas  
 en condición granular; de todos ellos, es decir incluyendo las composi-  
 ciones que tienen un contenido relativamente alto de aluminio, mientras  
 que piezas individuales de las mismas pueden mostrar poco cambio de resis-  
 15 tencia con la temperatura.

En los ejemplos aquí dados, las aleaciones carbotérmicas utili-  
 zadas, en forma sólida granulada, tienen por lo general composiciones com-  
 prendidas dentro de la siguiente gama (excluyendo leves cantidades o ves-  
 20 tigos de otros metales).

Tabla III

	<u>%</u>
Aluminio	40 - 65
Hierro	20 - 45
Silicio	2 - 20
Titanio	2 - 6
Carbón	3 - 6



322483

5            Los lechos de aleaciones granuladas de este carácter tienen una resistividad, a 20 °C, de aproximadamente 50 a 5000  $\Omega$ /cm. La resistividad disminuye rápidamente con el aumento de la temperatura hasta un valor de aproximadamente 0,1  $\Omega$ /cm entre 1000 y 1100 °C, y luego disminuye solo muy lentamente (en efecto, en una manera relativamente insignificante) hasta un valor no menor de aproximadamente 0,05 entre 1400 y 1500 °C.

10            En general resulta apropiado, para el funcionamiento correcto del convertidor 10, precalentar la carga de aleación hasta aproximadamente 1000 °C, aunque la temperatura operativa que se mantiene en la zona de reacción puede ser 1200 a 1400 °C. En efecto, es posible, con un rendimiento bajo del convertidor, alimentar al mismo la aleación granulada a temperaturas tan bajas como 700 a 800 °C, aunque se prefiere una temperatura un poco mayor.

15            Aunque no es esencial en todos los casos, la cámara mezcladora 42 es de importancia material en la operación de precalentamiento, puesto que permite considerable desplazamiento de puntos de contacto entre las partículas, y también permite la igualación de la temperatura.

20            Se puede elegir la cantidad y las dimensiones de las columnas de precalentamiento, y también de cámaras igualadoras intermedias (que en algunos casos pueden ser simples conexiones en forma de columna de un diámetro no mayor, entre las zonas eléctricamente excitadas), de manera de adaptarse a cualquier circunstancia deseada. Por ejemplo, en algunos casos, puede ser suficiente una sola columna de precalentamiento mientras  
25            que en otros se puede emplear dos o mas columnas de las mismas dimensio-



322483

nes, de preferencia separadas por una cámara intermedia. En general se prefiere usar columnas del diámetro más pequeño que permita tolerar el régimen deseado de alimentación y que no impida la circulación deseada del material.

5                    Aunque que se comprenderá que es posible llevar a la práctica este procedimiento con otros medios, incluso un equipo tal como un horno rotativo cilíndrico muy lentamente basculante o rotativo, convenientemente inclinado y revestido con material refractario y que lleva embutidos electrodos anulares o de otra forma para el paso de la corriente a través de la masa móvil contenida en el horno, o en efecto con otro aparato apropiado que involucre un lecho de partículas que tengan una libertad de movimiento apreciable, aunque leve, unas con relación a las otras como consecuencia del avance de lecho o de porciones principales del mismo, el uso de columnas verticales (o una pluralidad de sistemas de columnas en paralelo) a través de las cuales se desplaza hacia abajo el material granulado, resulta particularmente eficaz para lograr el carácter deseado de movimiento y reorientación de los contactos (en virtud de esta libertad de movimiento) mientras se mantiene suficiente presión entre las partículas para asegurar en todo momento una considerable multiplicidad de contactos conductores de corriente. En general, estos y otros modos similares de manipular el material tienden inherentemente a caracterizarse por el movimiento pulsante definido a medida que el material se mueva hacia abajo por el recipiente que lo contiene.

20                    Un factor principal es el régimen al cual se interrumpen los  
25                    contactos entre partículas y al cual son reorientadas las partículas, es



322483

decir la frecuencia de las pulsaciones o sacudidas en el desplazamiento del material hacia abajo.

Para un material determinado se puede considerar al régimen de calentamiento como densidad de potencia (incluyendo la necesaria para tener en cuenta las pérdidas de calor) por metro cúbico, tomando el término medio a través de la altura de la columna. Usando el intervalo máximo aproximado entre pulsaciones como medida de la frecuencia de movimiento del material, se comprenderá que el valor permisible de este intervalo máximo disminuye con el aumento de la temperatura que se mantiene en la salida de la columna, y disminuye especialmente con el aumento de la densidad de potencia en la columna; por ejemplo, los ensayos han indicado, con operaciones como las indicadas en los ejemplos precedentes, que a medida que aumenta la densidad de potencia hasta valores muy elevados (por ejemplo del orden de  $1400 \text{ kW/m}^3$  y mas) el intervalo deberá ser substancialmente menor que el valor máximo indicado en la Tabla II, resultando esto efectivamente evidente de acuerdo con las Tablas I y II. Se menciona aquí una cantidad de valores del intervalo máximo aproximado entre impulsos que se ha comprobado que es apropiado bajo una variedad de condiciones, pero en cualquier caso se podrá determinar fácilmente las características apropiadas de desplazamiento del material (para determinadas circunstancias) mediante un simple ensayo en base a los principios descritos, teniendo presente que la frecuencia de los impulsos de movimiento es suficiente cuando no permite una apreciable adhesión mutua de las partículas por fusión. El intervalo máximo aproximado entre impulsos puede ser relativamente prolongado, por ejemplo 3 min o mas, cuando se emplea



322483

regímenes mas bajos de calentamiento (por ejemplo densidades de potencia hasta solamente  $175 \text{ kW/m}^3$ ) y cuando se utiliza columnas mas largas o mayor cantidades de zonas igualadoras para aprovechar mejor dichos regímenes.

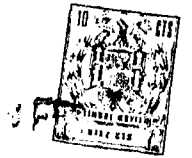


322483

REIVINDICACIONES

Habiendo así especialmente descripto y determinado la naturaleza de la presente invención y la manera cómo la misma ha de ser llevada a la práctica, se declara reivindicar como de propiedad y derecho exclusivo:

5 1.- Un procedimiento para la recuperación de aluminio a partir de aleaciones que contienen aluminio, haciendo pasar una corriente de trihaluro de aluminio gaseoso hacia arriba a través de una masa de aleación que se mueve hacia abajo, en forma granulada, en una zona de conversión a la cual se mantiene a la temperatura de reacción en exceso de 1000°C para generar monohaluro de aluminio, al cual se enfría en una zona de condensación para efectuar la deposición de aluminio metálica, teniendo la aleación sólida un coeficiente térmico negativo de resistividad sobre una  
10 gama de temperaturas por debajo de dicha temperatura de reacción, caracterizado por el hecho de que se precalienta dicha aleación sólida en forma granulada antes de su introducción en la zona de conversión haciendo  
15 avanzar continuamente la aleación sólida a través de una zona de precalentamiento y haciendo pasar simultáneamente una corriente de calentamiento a través de dicha aleación en una dirección paralela a su movimiento para elevar la temperatura de dicha aleación hasta una temperatura por lo  
20 menos superior al límite inferior de la gama de coeficiente térmico negativo de resistividad, mientras que al avance de la aleación sólida incluye comunicar impulsos a la masa de aleación granulada de manera de producir el desplazamiento relativo de los puntos de contacto entre partículas adyacentes, aplicándose dichos impulsos con suficiente frecuencia para impedir una substancial fusión superficial de las partículas en los puntos  
25



de contacto entre partículas.

5 2.- Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado además por el hecho de que el área de sección transversal de la zona de precalentamiento es substancialmente mas pequeña que el área de sección transversal de la zona de conversión y el movimiento de la aleación granulada en la zona de precalentamiento tiene lugar a una velocidad correspondientemente mayor que en la zona de conversión.

10 3.- Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado además por el hecho de que se precalienta la aleación granulada hasta una primera temperatura elevada mediante el paso de corriente a través de la misma en una primera zona de precalentamiento, se la hace pasar entonces a través de una zona intermedia para permitir la igualación de la temperatura de las partículas, y se la precalienta entonces desde dicha primera temperatura elevada hasta una segunda temperatura mas elevada, mediante el paso de corriente a través de la misma en una segunda zona de precalentamiento.

15 4.- Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, caracterizado además por el hecho de que las partículas de aleación granulada descienden, bajo la influencia de la gravedad, a través de la primera y la segunda zonas de precalentamiento y a través de la zona intermedia, teniendo dicha zona intermedia un área de sección transversal mayor que dichas primera y segunda zonas de precalentamiento de manera de permitir que la aleación granulada sea desplazada lateralmente al pasar a través de dicha zona intermedia para cambiar los puntos de contacto entre por lo menos algunas de las partículas de aleación mutuamente en contacto.

20

25



322483

5

5.- Un procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 3 ó 4, caracterizado además por el hecho de que la tensión aplicada a la aleación granular para establecer en ella una corriente de calentamiento, es mayor a través de la primera zona de precalentamiento que a través de la segunda zona de precalentamiento.

10

6.- Un procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 3 ó 4, caracterizado además por el hecho de que las partículas de aleación granulada tienen dimensiones de 1,27 a 10,2 cm y tienen dimensiones término medio de 2,54 a 7,62 cm, mientras que se las somete, en ambas zonas de precalentamiento, a una densidad de potencia aplicada de por lo menos 175 kw/m<sup>3</sup>.

15

7.- Un procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 2, 3 ó 4, caracterizado además por el hecho de que la zona de precalentamiento es cilíndrica y tiene un diámetro de aproximadamente seis veces la dimensión término medio de las partículas más 15,2 cm.

8.- Un procedimiento para la recuperación de aluminio a partir de aleaciones que contienen aluminio.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, y con los fines que se han especificado.

20

La presente Memoria consta de veintinueve hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid,

1 FEB 1951

Alberto de Eizabens  
Por Patent



ESCALA VARIABLE

322483

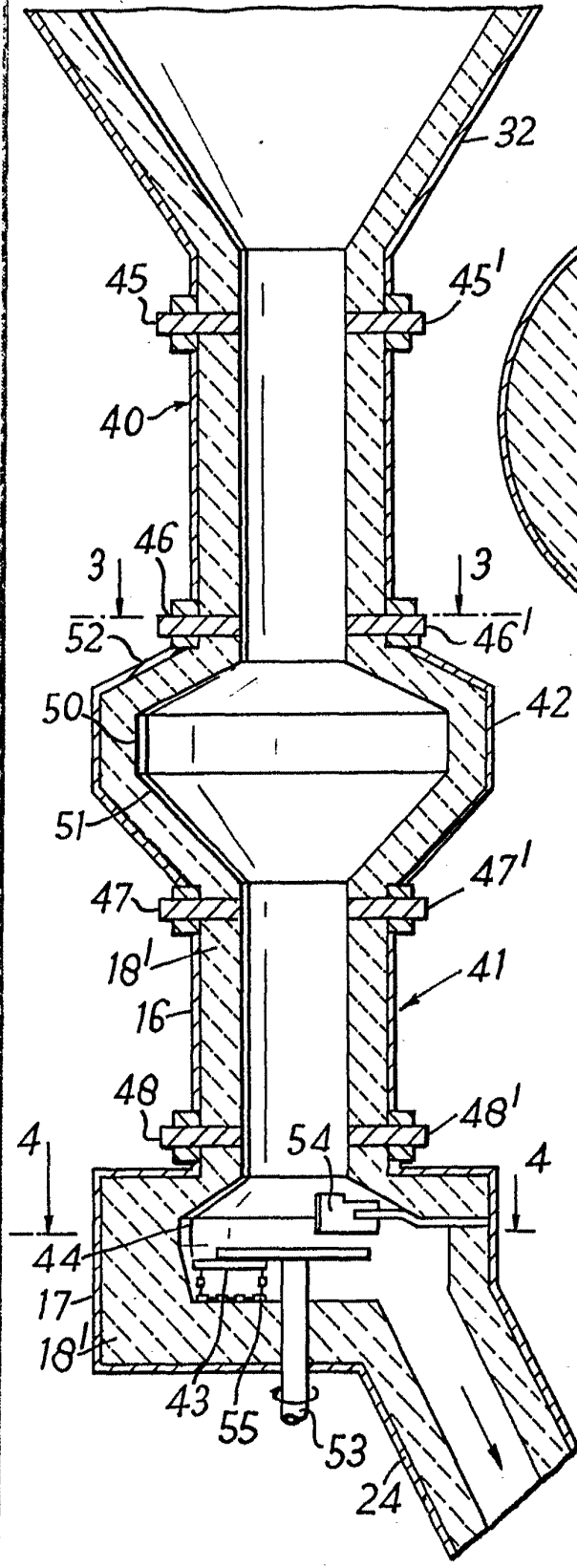


Fig. 4.

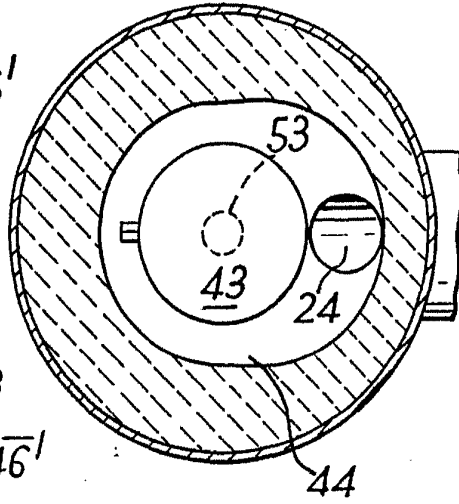


Fig. 2.

Alberto de Eizaburu  
Per Dadas