

337239

P.- 34.510

AJH/715



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, Montreal, Quebec, Canadá, por:

"UN DISPOSITIVO CALENTADOR DE RESISTENCIA ELECTRICA PARA CALENTAR UNA CORRIENTE DE GAS HASTA UNA TEMPERATURA ELEVADA"

Esta invención se refiere a un calentador por resistencia eléctrica para gases.

En el proceso de destilación de monohaluros para refinar aluminio se alimenta tricloruro o tribromuro de aluminio gaseosos a un horno convertidor a una temperatura de 1200-1300°C. y se calienta primeramente a esta temperatura desde una temperatura más baja, usualmente en el mar-

21.2.67.



gen de 200-700°C.

Las altas temperaturas de gas requeridas parecen excluir el uso de elementos de caldeo metálicos. Sin embargo, se han empleado elementos de caldeo por resistencia de material carbonoso para calentar gases no oxidantes, y, por consiguiente, la presente invención considera la utilización de una masa calentada por resistencia de material carbonoso contenida en una cámara adecuada forrada con material refractario. La masa carbonosa tiene una estructura permeable para el paso de gas. Por ejemplo, la masa puede estar constituida como un lecho de elementos carbonosos individuales de forma seleccionada y en contacto unos con otros para permitir el paso deseado de corriente eléctrica. Los materiales carbonosos apropiados incluyen carbón y grafito, utilizándose en esta memoria el término carbón, a no ser que se indique de otra forma, para significar carbono denominado amorfo. Así, puede utilizarse para calentar $AlCl_3$ gaseoso para el proceso de destilación de monohaluros un carbón muy puro, derivado del coque de petróleo u otra fuente purificada, y similar al carbón utilizado en cubas de reducción de aluminio. Se dispone preferiblemente el lecho de modo que el gas y la corriente eléctrica circulen en la misma dirección pero en algunos casos la corriente puede circular a través de la trayectoria de paso de gas.

Para calentar una corriente grande de gas, los calentadores de gas de este tipo requieren una masa permeable, correspondientemente grande de material carbonoso a través de la que es hecha pasar corriente eléctrica. Se ha visto que se produce una falta de uniformidad de caldeo en

21.2.67.

337239



las diversas regiones de la masa debido a que los materiales carbonosos tienen coeficientes de resistividad negativos en función de la temperatura.

5 Por ejemplo, en el tipo general de disposición en que se dispone un lecho o columna de elementos de carbón de modo que el gas y la corriente eléctrica circulan esencialmente a lo largo del eje geométrico de la columna, la zona de carbón adyacente a la entrada del gas permanece caracterizada por una alta resistividad debido a que el
10 gas entrante está frío, mientras que disminuye progresivamente la resistividad a lo largo de la columna hacia la salida. Este desequilibrio en la resistividad eléctrica proporciona un desequilibrio correspondientemente grande en la densidad de la corriente en los extremos opuestos de la
15 columna. Este estado desequilibrado conduce a un sobrecalentamiento de la zona de entrada de la columna y a una inestabilidad del funcionamiento, tendiendo todo a otras consecuencias indeseables, tales como formación de arco, canalización de corriente e incluso canalización de gas.

20 El desequilibrio y la inestabilidad pueden surgir igualmente en un calentador de circulación transversal en el que se dispone un lecho de elementos de carbón para que la corriente eléctrica circule transversalmente a la trayectoria del gas. En ese caso, el lado de entrada del
25 gas del lecho puede conducir relativamente poca corriente debido a la baja temperatura del gas y la mayor parte de la corriente puede circular en el lado de salida del gas del lecho. Con una entrada constante de corriente al lecho, hay, por consiguiente, una distribución no uniforme de la
30 corriente. En otras palabras, el lado de entrada del gas



5 puede enfriarse cada vez más, mientras que el lado de salida del gas se calienta cada vez más. Aun cuando el calentador puede haber sido calentado hasta una temperatura alta por el paso de corriente antes de que comience la
10 circulación de gas, el efecto de enfriamiento del gas y la distribución inestable de la corriente pueden incluso conducir a que "se apague" el calentador, en el sentido de que la corriente y la potencia caen sucesivamente a niveles más altos del lecho a medida que el efecto de enfriamiento del gas aumenta la resistividad del carbón, hasta el punto en que hay una generación relativamente pequeña de calor.

15 De acuerdo con la presente invención, se ha visto ahora que pueden neutralizarse las dificultades anteriores construyendo la masa carbonosa de caldeo por resistencia eléctrica de modo que tenga una resistividad progresivamente creciente a lo largo de la trayectoria de paso del gas, cuando se considera a una temperatura uniforme. Particularmente la invención implica el empleo de una masa
20 de caldeo por resistencia de material carbonoso, que difiere en composición en diferentes zonas a lo largo de la trayectoria de circulación de gas, de modo que la densidad de corriente es sustancialmente uniforme desde la entrada del gas a la salida del gas, entendiéndose que la densidad de
25 corriente se considera como corriente por unidad de volumen de la masa.

30 Así, cuando el gas y la corriente eléctrica circulan en la misma dirección en el calentador, se ha visto que, componiendo los elementos carbonosos, para dar una baja resistencia en el extremo de entrada del gas y una al
21.2.67.



ta resistencia en el extremo de salida del gas, con preferiblemente un cambio progresivo de resistividad entre tales extremos, se fomentan condiciones equilibradas y uniformes, con un funcionamiento correspondientemente estable y sin un sobrecalentamiento localizado objetable en el extremo de entrada o en otro lugar. En el calentador de circulación transversal, se obtiene una distribución más uniforme de corriente y potencia disponiendo de manera similar material de un carácter de resistencia más baja en el lecho en el lado de entrada y material de un carácter de resistencia más alta en el lado de salida, con una generación de calor correspondientemente estable y eficaz mientras se hace pasar el gas a su través.

La masa o lecho de elementos puede estar compuesta de mezclas de diferentes materiales carbonosos, por ejemplo, carbón y grafito, y asimismo carbón grafitado (que es carbón parcialmente convertido en grafito, y se considera así como una combinación de los dos, o más simplemente, como otro material de la clase de carbón y grafito), con lo que se logran las características de resistencia deseadas en cualquier zona dada. El carbón y el grafito tienen resistividades eléctricas sustancialmente diferentes, de modo que mezclando o combinando apropiadamente los materiales o elementos de los mismos, es posible un control eficaz de la resistividad.

Se hace ahora referencia a los dibujos que se acompañan, en los que:

La figura 1 es una vista en sección diagramática de un calentador, siendo el paso de gas y de corriente eléctrica a lo largo de esencialmente la misma trayectoria

21.2.67.

337239



ria;

La figura 2 es una vista diagramática de un calentador del tipo de circulación transversal, en el que el gas circula a través de la trayectoria de la corriente eléctrica;

5

La figura 3 es una sección vertical de un calentador de acuerdo con la invención;

La figura 4 es una representación diagramática de la variación de densidad de corriente a alturas sucesivas en el lecho para una masa de resistencia que consta de un solo material, por ejemplo, carbón; y

10

La figura 5 es una representación diagramática de una masa de caldeo por resistencia diseñada para tener una uniformidad de densidad de corriente a diversas alturas en el lecho, estando constituida dicha masa por una composición que varía entre la parte superior y la inferior de manera continua.

15

Aunque la invención es aplicable al caldeo de otros gases, se describirá convenientemente con respecto al caldeo de tricloruro de aluminio ($AlCl_3$) gaseoso utilizado en el proceso de destilación de subhaluro de refinación de aluminio metálico, en el que es necesario calentar tricloruro de aluminio gaseoso desde una temperatura de 200-700°C. hasta una temperatura 1200-1300°C. o incluso hasta 1500°C.

20

25

En la figura 1 un calentador de gas vertical 10 tiene una entrada de gas 12 en el extremo superior, una salida de gas 14 en el extremo inferior, y una cámara cilíndrica de caldeo 16. Unos electrodos superiores 18, 20 y unos electrodos inferiores 18', 20' están dispuestos,

30

21.2.67.

337239



penetrando convenientemente en la cámara 16, para hacer contacto con la masa contenida 22 de resistencia eléctrica. Esta masa permeable al gas, que puede comprender un relleno de elementos de resistencia carbonosos, se apoya sobre una placa perforada 24. Unos conductores 26 se extienden hasta los electrodos desde una fuente adecuada de corriente, indicada como una fuente de corriente alterna, si bien puede emplearse corriente continua. Así, la corriente circula en dirección vertical a través de la masa entre los electrodos superiores 18, 20 y los electrodos inferiores 18', 20', respectivamente, junto a la entrada y a la salida de la cámara, teniendo así esencialmente la misma dirección las trayectorias de circulación del gas y de la corriente.

En la figura 2 se muestra un calentador 30 de circulación transversal que tiene una entrada de gas inferior 32 y una salida de gas superior 34, para recorrido del gas a través de una cámara de caldeo 36. Dos o más electrodos, 38, 38', penetran en la cámara en lados opuestos para hacer contacto con la masa 42 de caldeo por resistencia soportada por una placa perforada 44 de material refractario. Unos conductores 46 alimentan corriente a los electrodos para circular a través de la masa 42 transversalmente a la trayectoria de circulación del gas. La masa de resistencia eléctrica, como en 22 ó 42 está convenientemente constituida como un lecho de elementos individuales de resistencia eléctrica de material carbonoso, dispuestos en la cámara de caldeo. Así, los elementos que forman la masa están formados y dimensionados para proporcionar las circulaciones deseadas de corriente y

30
21.2.67.



gas; pueden ser del mismo tamaño y forma en toda la masa, o pueden tener diferentes tamaños o formas en las diferentes zonas de ella. Si bien estos elementos pueden ser cuerpos de forma irregular o cualesquiera de una variedad de cuerpos de forma regular tales como los utilizados convencionalmente en los aparatos de contacto de gas-líquido, se ve que se consiguen resultados excepcionalmente eficaces en las masas de caldeo por resistencia eléctrica con elementos que constan de anillos Raschig de material carbonoso. Debido a que las características de baja caída de presión y a la gran área superficial por unidad de volumen (en estado compacto), se prefieren en gran manera los anillos Raschig, siendo también satisfactorios para el funcionamiento deseado sus contactos eléctricos mutuos. Los anillos que tienen una relación de longitud a diámetro de aproximadamente 1 son especialmente adecuados.

De acuerdo con la invención, se controla la composición de la masa 22 ó 42 de caldeo constituida por elementos individuales de resistencia eléctrica para proporcionar una densidad de corriente sustancialmente uniforme a lo largo de la trayectoria de circulación del gas a través de la masa o para impedir desvíos de dicha densidad de corriente uniforme, o, en otro sentido, para fomentar la uniformidad de caldeo progresivo del gas a medida que atraviesa la columna o lecho. Como se ha explicado anteriormente, se consigue tal uniformidad, por una disposición en la que la resistencia, medida a una sola temperatura y con presión de contacto uniforme entre los elementos, aumenta de forma adecuada entre el lado de entrada de gas y el lado de salida de gas de la masa. Alternativa

21.2.67.



mente, puede definirse la situación como la provisión de una resistividad eléctrica sustancial o relativamente uniforme desde un extremo o lado de la masa al otro (a lo largo de la trayectoria de circulación del gas) bajo condiciones de trabajo en las que las temperaturas alcanzadas (en el equilibrio) son relativamente bajas en el lado de entrada y se elevan a un valor más alto junto a la salida.

La composición óptima de la masa de resistencia es la que da un cambio esencialmente continuo en la resistividad eléctrica a lo largo de la trayectoria de circulación del gas, de modo que se consigue durante el funcionamiento una densidad de corriente esencialmente uniforme. En la figura 5(a) se ilustra una masa de esta composición continuamente variable. Puede conseguirse una estrecha aproximación a esta composición óptima formando la masa como una pluralidad de zonas en las que la resistencia de una zona está relacionada con la resistencia de la zona o zonas inmediatamente adyacentes con el fin de evitar grandes desvíos de densidad de corriente uniforme o de la uniformidad general del caldeo progresivo del gas en avance durante el funcionamiento.

Es usualmente más conveniente disponer zonas o capas sucesivas, definidas de diferentes composiciones a niveles sucesivos de la masa de caldeo por resistencia, en vez de preparar una masa de composición continua o gradualmente variable. Para fines prácticos, se ha hallado un acercamiento suficientemente estrecho a los resultados deseados con un número de zonas razonablemente pequeño, teniendo cada una una composición uniforme en sí misma.

21.2.67.



Incluso en la disposición de la figura 1 son usualmente suficientes cuatro a diez zonas, dependiendo en cualquier caso el número particular de zonas del tamaño del calentador y de los materiales utilizados en la masa.

5 En una disposición, la resistencia, en forma de anillos Raschig, tiene características diferentes de resistencia en diferentes zonas de la masa. Alternativamente, en cualquier posición dada el lecho puede estar compuesto de una mezcla de elementos de resistencia que

10 tienen diferentes características de resistencia, siendo luego progresivamente variadas desde una parte a otra de la masa las proporciones de dos o más clases de elementos. Por ejemplo, pueden utilizarse diferentes mezclas de anillos de carbón y anillos de grafito y alternativamente o

15 además pueden conseguirse resistividades modificadas grafitando elementos de carbón a los valores deseados de resistencia. Pueden también producirse elementos con otras características de resistencia haciéndolos de mezclas granulares de carbón y grafito en diversas proporciones.

20 Para calentar cloruro o bromuro de aluminio gaseoso pueden hacerse los elementos individuales de resistencia de carbón, grafito, carbón grafitado hasta cualquier grado deseado, y mezclas comprimidas de partículas de carbón y grafito. Como el grafito tiene una resistividad eléctrica de un tercio a un sexto (dependiendo de la

25 temperatura y de la presión de contacto) de la del carbón, se consigue fácilmente el control de las características de resistencia utilizando estos materiales solos o mezclados para la producción de los elementos de resistencia.

30 Mientras que la resistividad de los elementos

21.2.67.

- 10 - 337239



individuales es el factor principal para controlar la resistividad de la masa, ésta es afectada también por la presión de contacto. La resistividad es más baja en las regiones inferiores de la masa debido a que el peso del material de por encima aumenta la presión de contacto entre los anillos u otros elementos de resistencia. Por consiguiente, deberá tenerse en cuenta este factor en la construcción de una masa de caldeo. Como se explica más adelante, puede ser ventajoso cargar la parte superior de la masa con un material denso químicamente inerte, por ejemplo, ladrillos con 99% de alúmina, apilados de modo que permitan el paso fácil de gas para reducir al mínimo las diferencias de presión de contacto en la masa.

La carga con peso de la columna es particularmente deseable en la construcción de la figura 1, si el gas es hecho pasar hacia abajo a través de la masa, y, por consiguiente, es necesario proporcionar una resistividad más baja en la parte superior de la masa. La carga con peso tiene también la ventaja de mejorar el contacto eléctrico entre los elementos y los electrodos superiores, y el uso de ladrillos de alúmina es apreciablemente más económico que extender la altura de la masa de resistencia en una distancia suficiente por encima de los electrodos superiores para conseguir las mismas condiciones de presión de contacto.

Puede disponerse la masa de resistencia para la circulación del gas en cualquier dirección a través de ella. Con la disposición preferida de la masa de resistencia como columna vertical, la circulación del gas desde la parte inferior hasta la parte superior tiene ventajas

24 FEB



teóricas debido a que el efecto de presión de contacto más grande en la parte inferior cancela parcialmente el efecto de temperatura sobre la resistividad eléctrica de los elementos; es menos necesario un cambio de composición entre la parte inferior y superior, aprovechando las diferencias en la presión de contacto. Sin embargo, la circulación de gas descendente puede tener una gran ventaja práctica, al permitir cortos conductos de gas desde el calentador a otro aparato en el proceso de destilación de aluminio como monohaluro. En tal disposición, el control de la composición de la masa de resistencia es lo más eficaz para lograr un caldeo uniforme a altos caudales de gas.

Así, se han construido calentadores para tricloruro de aluminio gaseoso del tipo mostrado en la figura 1, que funcionan muy satisfactoriamente con circulación de gas descendente utilizando adiciones de grafito variables o sustituciones en los elementos de carbón utilizados en las diferentes partes de la masa.

Se han obtenido resultados satisfactorios mezclando anillos de grafito con anillos de carbón en proporciones, dependiendo del lugar en la columna, para producir una masa que tiene resistividad eléctrica sustancialmente uniforme en condiciones de trabajo.

La proporción de grafito a carbón, específicamente la proporción de anillos Raschig de grafito a anillos Raschig de carbón, requerida en cualquier zona en la columna puede determinarse fácilmente de la temperatura calculada y de la presión de contacto de los anillos a diversos niveles y de los valores de la resistividad eléc-

21.2.67.

337239

24 FEB



trica de los materiales.

Haciendo referencia a las figuras 4 y 5, la figura 4(a) muestra esquemáticamente una cámara de caldeo vertical 54 utilizada con circulación de gas descendente y conteniendo solamente anillos de carbón en la masa encerrada 54'. La figura 4(b) muestra una gráfica de la resistividad eléctrica y densidad de potencia (variando ambas de la misma manera) a lo largo de la altura de la masa durante el funcionamiento del calentador para elevar el gas a una temperatura por encima de 1000°C; como resultara evidente, hay una gran disminución progresiva en estas características desde la entrada del gas hasta la salida del gas.

La figura 5(a) muestra esquemáticamente una cámara de caldeo vertical 55, otra vez con circulación de gas descendente, conteniendo una masa 55' de acuerdo con la invención y teniendo específicamente un cambio esencialmente continuo en su composición entre la parte superior y la inferior. Así, puede concebirse la masa 55' como formada de gránulos de carbón y grafito mezclados, que varían del 100% de carbón en la salida del gas, con disminución continua en contenido de carbón de la mezcla, hasta 77% de carbón y 23% de grafito en el extremo de entrada del gas, es decir, la parte superior. La figura 5(b) muestra que con esta disposición, tal como para calentar tricloruro de aluminio a temperaturas por encima de 1000°C, la masa 55' tiene una resistividad eléctrica y una densidad de corriente sustancialmente uniformes durante el funcionamiento.

30
21.2.67.

Una estructura útil, como se muestra en la fi



gura 3, puede implicar zonas sucesivas en la columna, teniendo cada una una composición en sí misma sustancialmente uniforme, pero caracterizadas por una composición progresivamente variable. Por ejemplo, la zona más inferior, adyacente a la salida del gas, puede estar compuesta de 100% de carbón, con cuatro zonas superiores sucesivas que tienen, respectivamente, un contenido de carbón del 95%, 90%, 80% y 60%, siendo grafito el resto en cada caso. Si bien durante el funcionamiento puede existir cierta falta de uniformidad de resistividad y densidad de corriente desde la parte superior hasta la inferior de cada zona, los resultados globales son satisfactorios, proporcionando una uniformidad sustancial de densidad de corriente, y particularmente evitando desvíos localizados grandes de uniformidad tales que interfieran con el funcionamiento satisfactorio. Una importante ventaja de la invención es permitir el funcionamiento con grandes circulaciones del gas, apreciándose que se hacen cada vez más agudas las dificultades de canalización de la corriente eléctrica o del gas en los calentadores contruídos de carbón solo al intentar calentar grandes volúmenes de gas en un aparato de tamaño conveniente.

No es siempre necesaria la uniformidad completa de resistividad o densidad de corriente (en condiciones de trabajo). Las variaciones no deberán ser de más de aproximadamente el 25% del promedio de la columna, y siempre que este valor no sea sobrepasado durante el funcionamiento, pueden considerarse sustancialmente uniformes la resistividad y la densidad de corriente, para el fin de la presente invención. Así, por ejemplo, en el tipo de ca

21.2.67.



lentador mostrado en la figura 1, es tolerable usualmente cierta variación local entre las partes superior e inferior de cada zona y la zona adyacente a la entrada del gas puede tener algunas veces una densidad de corriente
5 algo más baja, debido a las dificultades en la distribución tanto del gas como de la corriente eléctrica. En el calentador de circulación transversal (figura 2) es ordinariamente preferible que la resistividad en zonas o capas sucesivas desde la entrada a la salida del gas, en condiciones de trabajo, sea tal que la densidad de corriente
10 en la zona de entrada no esté significativamente por debajo de la densidad de corriente media a lo largo de la trayectoria de circulación del gas.

La figura 3 muestra un calentador 60 diseñado
15 para calentar una corriente descendente de tricloruro de aluminio gaseoso a la velocidad de 225 Kg. por hora a aproximadamente 1250°C. La cámara cilíndrica 62 de caldeo está forrada con 114,3 mm. de un material refractario denso
20 64 de alúmina de alta pureza y 228,6 mm. de un material refractario aislante 66 de alúmina de alta pureza. Una parte 68, por debajo de la zona para el paso de corriente eléctrica, está convenientemente lleno de anillos Raschig de grafito, disminuyendo en tamaño desde 101,6 mm. en la
25 misma base, hasta 25,4 mm. con el fin de proporcionar medios para separar el gas caliente de la masa de caldeo por resistencia sin crear una restricción u originar una canalización de gas.

El aparato incluye electrodos superiores 70, 72 y electrodos inferiores 70' 72', penetrando ambos pares de electrodos en la cámara. Los electrodos están conecta-

21.2.67.



dos a una fuente de corriente alterna para suministrar una circulación de corriente a lo largo de la masa de resistencia. Los electrodos son preferiblemente fabricados de grafito y pueden ser rectangulares en sección transversal. Su tamaño y forma vienen convenientemente determinados por los requisitos de área superficial y resistencia, en lugar de por los requisitos de área en sección transversal para la corriente. Una relación de altura a anchura de 2:1 y una relación de distancia saliente a altura de 1:1 proporcionan un área superficial satisfactoria, compatible con los requisitos de resistencia. La cámara está llena de anillos Raschig de material carbonoso. Se reduce al mínimo la resistencia de contacto entre los electrodos y los anillos, rodeando la parte saliente de cada electrodo con el tamaño más pequeño de anillos, permitido por consideraciones de caída de presión del gas. Preferiblemente, la presión de contacto media de los anillos sobre las superficies superiores y laterales de los electrodos es al menos de $0,07 \text{ Kg/cm}^2$. También es deseable limitar la corriente hasta aproximadamente 25 amperios por contacto entre un anillo y una cara de electrodo, para evitar la posibilidad de formación de arco y sobrecalentamiento. El uso de una pluralidad de electrodos, tanto en la parte superior como en la inferior proporciona la mejor distribución de corriente en la cámara.

El diámetro interno de la cámara en las regiones 71, 73 junto a los electrodos superior e inferior está algo agrandado, de modo que no hay ninguna restricción local de circulación de gas, debido a que los electrodos salientes ocupan una parte del área en sección transversal.

21.2.67.



sal de la masa.

En la parte inferior de la cámara una losa 74 de material refractario protege el conducto horizontal 76 de salida de gas. Se comprenderá que pueden emplearse otros medios, tales como una rejilla de material refractario, para soportar los anillos carbonosos y separar el gas caliente, sin producir una restricción.

La masa de resistencia 80 eléctrica llena la cámara hasta un nivel por encima de los electrodos superiores 70, 72. Puede considerarse que la masa de caldeo eficaz comienza unos pocos centímetros por encima de los electrodos inferiores 70', 72', y se extiende hasta un lugar justamente por debajo de los electrodos superiores 70, 72. Para una mejor distribución de corriente, se rellenan las regiones inmediatamente alrededor de los electrodos de un material de resistencia más baja, por ejemplo, anillos de grafito; por ejemplo, pueden emplearse anillos de grafito de 25,4 mm. en la región 71 y anillos de grafito de 38 mm. a 50,8 mm. en la región 73. Verticalmente entre estas zonas se rellena la masa de caldeo por resistencia 80 con unos anillos, por ejemplo, anillos Raschig de 25,4 mm., repartidos en zonas de composición como se explica más adelante. Entre las regiones 71 y 73, la cámara tiene un diámetro de 355,6 mm. y una altura aproximadamente 1,5 m. Para circulaciones más grandes de gas pueden emplearse dimensiones correspondientemente más grandes.

En teoría, para una entrada de potencia uniforme a lo largo de la trayectoria de circulación del gas, deberá graduarse la composición de la masa de anillos de 100% de carbón en la parte inferior (en la zona 73) hasta

21.2.67.

337239



anillos de aproximadamente 77% de carbón (dependiendo de la temperatura, la presión del anillo y otros factores como resultará evidente ahora) en la parte superior, es decir por debajo de la zona 71. El resto de los anillos en cada nivel, por encima del nivel de 100% de carbón consta de anillos de grafito. Como tal graduación es difícil de instalar, y no es esencial una uniformidad exacta de entrada de corriente, se divide convenientemente la masa de resistencia en zonas de contenido de carbón decreciente, desde la parte inferior hacia arriba, con un aumento correspondiente del contenido de grafito. Así, en la figura 3, la masa de resistencia comprende cinco zonas que contienen respectivamente anillos de 100%, 95%, 90%, 80% y 60% de carbón; el resto de los anillos en cada zona (por encima de la más inferior) son de grafito.

De manera ventajosa, se carga la masa de resistencia con una pila abierta de ladrillos 88 de alúmina de gran pureza, dispuestos para permitir el paso libre del gas. Con ocho de tales ladrillos, se aumenta la presión de contacto de anillos en la parte superior de la masa de resistencia en aproximadamente $0,035 \text{ Kg/cm}^2$, y se reduce en una medida significativa la variación en la presión de contacto de anillos entre las partes superior e inferior de la masa. Un conducto 90 de entrada de gas está previsto en la cámara en la región de los pesos 88. Una abertura 92 conteniendo normalmente un tapón está prevista en la parte superior del aparato, a través de la que pueden cargarse los anillos en el calentador. Una abertura inclinada 94 está prevista en la parte inferior para

21.2.67.



24

5 permitir la retirada de los anillos, cerrándose esta abertura con un tapón similar. Se comprenderá que durante el funcionamiento, pueden incluirse sondas de tensión (no mostradas) en lugares convenientes a lo largo de la masa

10 80 de resistencia para medir la caída de tensión de cada zona y permitir con ello la determinación de su resistividad eléctrica media. Pueden instalarse, de manera similar, termopares (no mostrados) para advertir sobre la posible canalización de la corriente, que podría conducir en último extremo a la fusión de la pared de material refractario.

15 Puede instalarse un forro compresible 96 en la parte inferior o caliente de la cámara para proporcionar espacio para la expansión de los anillos al calentarse, especialmente al tener lugar el caldeo inicial, y evitar con ello un desarrollo de presiones excesivas que podrían provocar la canalización de la corriente o podrían producir otros cambios o falta de uniformidad de las características de resistencia, lo que sería indeseable.

20 Convenientemente tal forro puede ser de cartulina, cartón ondulado o similar, que se carbonizarían durante el funcionamiento, sin afectar a su función principal.

25 La resistencia de una masa de anillos Raschig carbonosos se concentra casi completamente en los puntos de contacto entre los anillos. La resistencia en los puntos de contacto es, sin embargo, función de la composición de los anillos. Debido a que el número de tales contactos aumenta al disminuir el tamaño de los anillos, puede esperarse que la entrada de corriente volumétrica límite o densidad de corriente aumente con tal disminución de tama

30

21.2.67.



ño de los anillos. De esta manera, por ejemplo, se ha visto
to que son prácticas densidades de corriente de hasta 482
kilovatios por m^3 cuando se utilizan anillos de carbón y
grafito de 38,1 , mm. e igualmente densidades de corriente
5 te de hasta aproximadamente 704 kilovatios por m^3 cuando
se utilizan anillos de 25,4 mm. Con densidades de potencia
más altas las características eléctricas de la masa
de resistencia pueden tender a hacerse progresivamente más
inestables, y se ha visto subsiguientemente alguna evidencia
10 cia de formación de arco. Las densidades de corriente permisibles
más altas resultan del uso de anillos más pequeños
y pueden permitir verdaderamente la reducción en tamaño
del calentador, pero en algunos casos estas condiciones
pueden imponer otra limitación, porque un aumento en
15 la caída de presión del gas a través del calentador resulta
del empleo de anillos más pequeños.

Los siguientes son ejemplos de la disposición
y funcionamiento de un calentador utilizando mezclas de
anillos de grafito y anillos de carbón. Se construyó un
20 calentador para tricloruro de aluminio gaseoso, que tiene
las dimensiones explicadas anteriormente para la figura 3,
y se hizo funcionar con circulación de gas descendente duran
te períodos de varios días a la vez, variándose tales
funcionamientos para determinar las limitaciones de las
25 diversas disposiciones de anillos en la columna. Un caso
representativo, satisfactorio del funcionamiento y condicion
es, utilizando una disposición de zonas como se muestra
en la figura 3, aparece recogido en la tabla siguiente.

337239

21.2.67.



Datos de los anillos:

	Tamaño:	25,4 mm
	No. de anillos por m ³	49074, aprox.
	Area superficial	188 m ² /m ³
5	Densidad aparente	0,45 Kg/dm ³
	Espacio libre	74%

Datos de funcionamiento:

10	Caudal de tricloruro de aluminio gaseoso	225 kg/h (12 horas de duración)
	Temperatura de entrada del gas	220°C.
	Temperatura de salida del gas	1210°C.
	Corriente total	774 amps.
	Entrada media de potencia	87,5 kw.
15	Densidad media de potencia	608 Kw/m ³
	Resistividad media de la columna	0,93 ohm-cm
	Velocidad media de transferencia de calor	264,60 cal/(h) (cm ²)
	Caída de presión estimada en el gas	7,62 mm de columna de agua

337239

21.2.67.

21.2.67.

Zona de resistencia	% Anillos de carbón	% Anillos de grafito	Temp. Med. en Zona $^{\circ}\text{C}$	Caída de vol taje	Densidad media de potencia Kw/m^2	Resistividad media (en funcionamiento) ohm-cm
0 a -0,15 m \bar{x}	60	40	320	40	715	0,11
-0,15 a -0,45 m	80	20	490			
-0,45 a -0,75 m	90	10	725	23	615	0,96
-0,75 a -1,05 m	95	5	1090	21	563	0,87
-1,05 a -1,5 m	100	0	1320	29	518	0,81

\bar{x} Medido desde la parte superior (98) de la masa de resistencia 80.





El funcionamiento del calentador con un caudal de 225 Kg. por hora de tricloruro de aluminio gaseoso fue completamente satisfactorio. Este caudal fue subsiguientemente aumentado hasta 270 Kg. por hora durante otro período de 12 horas con un funcionamiento satisfactorio continuado. En estas dos series de ensayos, se vió que la densidad de potencia o de corriente y la resistividad eran anormalmente altas en la zona más superior (40% de grafito) de la masa, probablemente debido al uso de algunos anillos de carbón contaminados de alúmina; de aquí que en la tabla anterior se hayan promediado los valores de las dos zonas superiores para reflejar mejor las condiciones usuales del funcionamiento práctico con un calentador constituido de acuerdo con la invención. No obstante, durante el funcionamiento real del ejemplo, el caldeo progresivo del gas fluyente hacia abajo fue deseablemente uniforme, y puede todavía (sinceramente) caracterizarse la densidad de corriente como sustancialmente uniforme en esencia por toda la trayectoria del gas.

En otro ejemplo con el mismo aparato, se emplearon anillos Raschig de 38,1 mm. en el cuerpo de la masa, que tenían igual composición en cuanto a grafito y carbón en las mismas zonas. Se calentó satisfactoriamente tricloruro de aluminio gaseoso a caudales de hasta 180 Kg. por hora hasta una temperatura alta similar, por ejemplo, por encima de 1240°C. (a partir de un valor de entrada similar, bajo), con una densidad media de potencia de 493 kilovatios por m^3 y con una buena uniformidad de densidad de corriente (máxima: 666,6 kilovatios por m^3) a lo largo de la masa de resistencia. La corriente media total fue de

21.2.67.



1130 amperios, la resistividad media de la columna fue de 0,36 ohm-cm. y la velocidad media de transferencia de calor fue de 326,70 cal/(h) (cm²).

5 La presente solicitud que corresponde a la presentada en los Estados Unidos de América, el 25 de Febrero de 1.966, bajo el número 530.112, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

N O T A

10 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 siguientes:

15 1.- Un dispositivo calentador de resistencia eléctrica para calentar una corriente de gas hasta una temperatura elevada, que comprende una cámara que contiene una masa de resistencia de material carbonoso a través de la cual puede pasar una corriente de gas, una entrada de gas, y una salida de gas desde dicha cámara y medios para alimentar corriente eléctrica para que pase a través de
20 la masa de resistencia, caracterizado porque dicho material carbonoso tiene una composición que varía progresivamente en esencia a lo largo de la trayectoria de circulación de gas para mantener una uniformidad sustancial de densidad de corriente a lo largo de la trayectoria de circu

24
21.2.67.



culación del gas durante el funcionamiento del calentador.

2.- Un dispositivo calentador según la reivindicación 1, caracterizado además porque el calentador comprende un recipiente vertical que encierra una cámara que tiene una entrada y una salida de gas verticalmente espaciadas en sus extremos opuestos para proporcionar una trayectoria de gas en dirección vertical a través de masa de resistencia, y en el que los medios de alimentación de corriente eléctrica están dispuestos para proporcionar una circulación de corriente también en dirección vertical a través de la masa de resistencia.

3.- Un dispositivo calentador según las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado además porque la masa de resistencia comprende una pluralidad de elementos individuales de resistencia que forman un relleno en la cámara encerrada.

4.- Un dispositivo calentador según la reivindicación 3, caracterizado además porque un peso inerte descansa sobre la parte superior del relleno para reducir la variación de resistencia de contacto entre los elementos a través de la altura de relleno.

5.- Un dispositivo calentador según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado además porque la entrada y la salida de gas están respectivamente en la parte superior y en la parte inferior de la cámara para proporcionar una circulación descendente del gas a través de la masa de resistencia, teniendo dicha masa un contenido creciente de carbón con relación al grafito a lo largo de la trayectoria de circulación del gas pa

21.2.67.



ra proporcionar una resistividad creciente de la masa carbonosa, medida a temperatura uniforme.

5 6.- Un dispositivo calentador según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado además porque se compone la masa de resistencia carbonosa de anillos Raschig de material carbonoso.

10 7.- Un dispositivo calentador según cualquiera de las reivindicaciones precedentes caracterizado además porque un forro en la cámara, que rodea al menos una parte de la masa de resistencia, comprende un material compresible destinado a carbonizarse al tener lugar el caldeo para absorber la expansión de la masa de resistencia cuando es llevada a una temperatura alta por el paso de corriente eléctrica.

15 8.- Un dispositivo calentador según la reivindicación 3, caracterizado además porque los elementos de resistencia individuales constan de elementos de grafito y de elementos de carbón, y porque la proporción de elementos de carbón aumenta a lo largo de la trayectoria de circulación del gas.

20 9.- Un dispositivo calentador según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado además porque la alimentación de corriente a la masa de resistencia es efectuada por electrodos que penetran en dicha masa.

25 10.- Un dispositivo calentador según la reivindicación 9, caracterizado además porque los electrodos tienen una sección transversal rectangular para proporcionar una resistencia estructural con un área superficial eficaz del electrodo para contacto con la masa de resis-

30 21.2.67.



tencia.

5 11.- Un dispositivo calentador según la reivindicación 3, caracterizado además porque los elementos de resistencia que forman la masa de resistencia, descansan sobre un cuerpo de anillos Raschig de tamaño progresivamente más grande, hacia el extremo inferior de la cámara, que los elementos que constituyen la masa de resistencia para facilitar el paso del gas a través de dicho cuerpo.

10 12.- Un dispositivo calentador de resistencia eléctrica para calentar una corriente de gas hasta una temperatura elevada.

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

Esta Memoria consta de veintisiete hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid,

24 FEB. 1964

P. A.

Alberto del Ezaburu
Ingeniero

337239

337239

24 FEB 1911

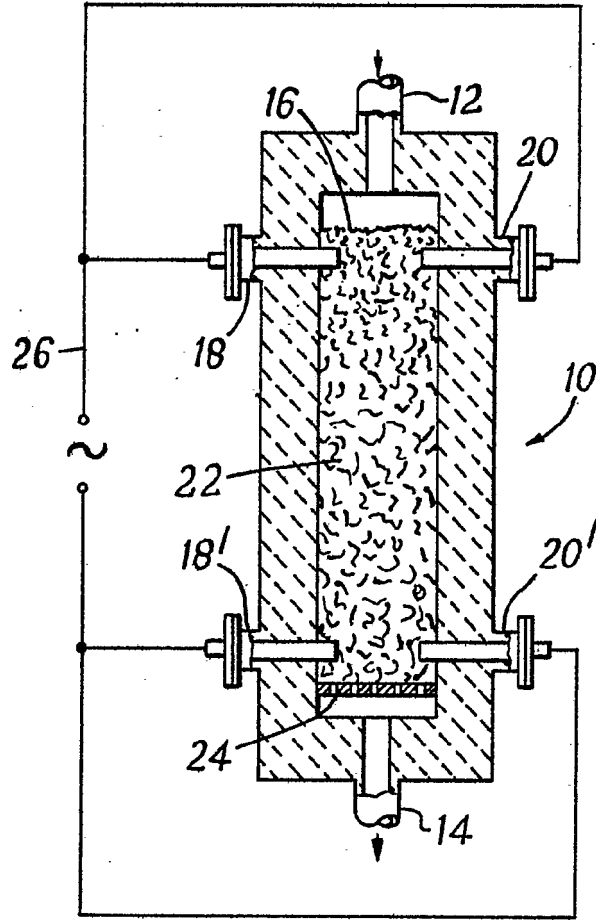
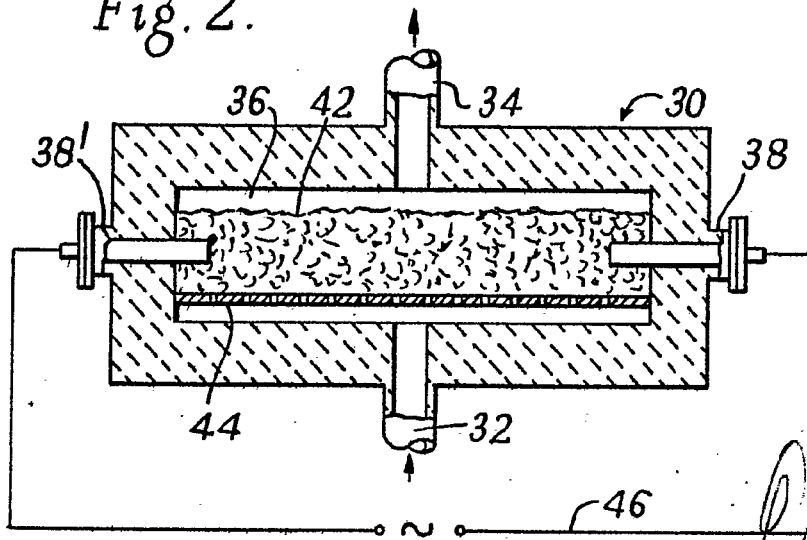


Fig. 1.

Fig. 2.



Alberto de Ercabona
Per. S. P.



337239

24

Fig. 3.

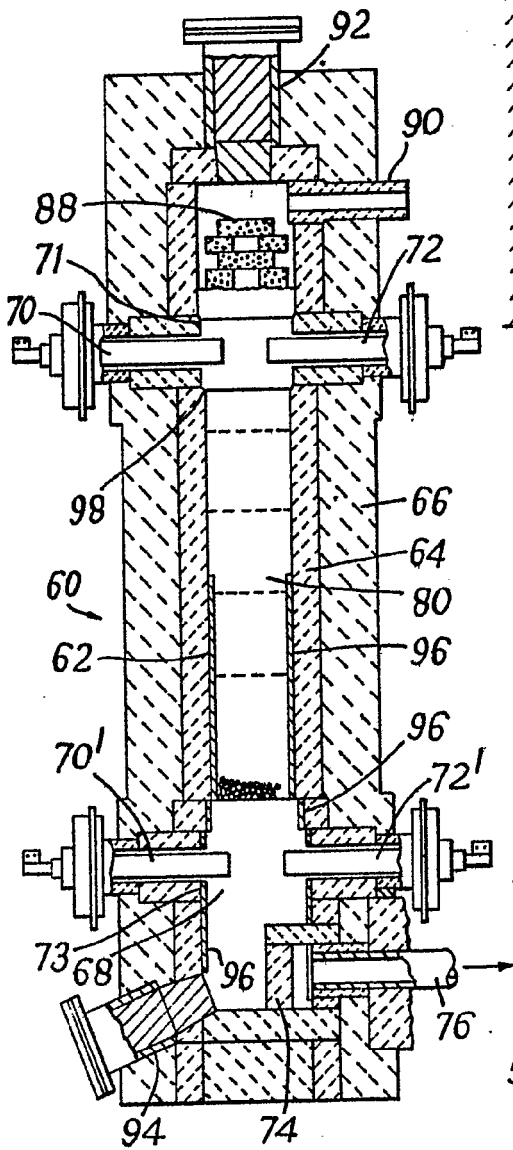


Fig. 4. (a) (b)

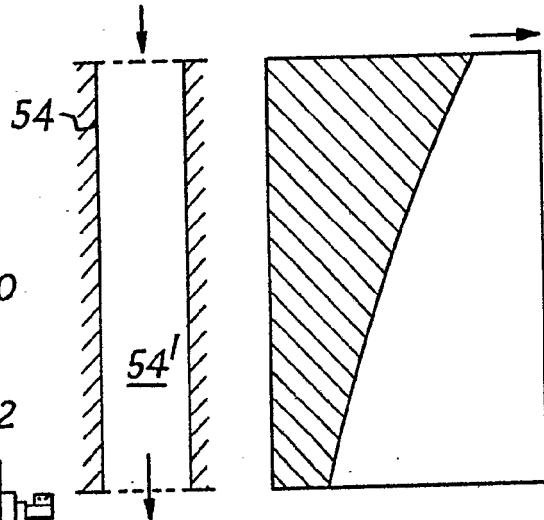
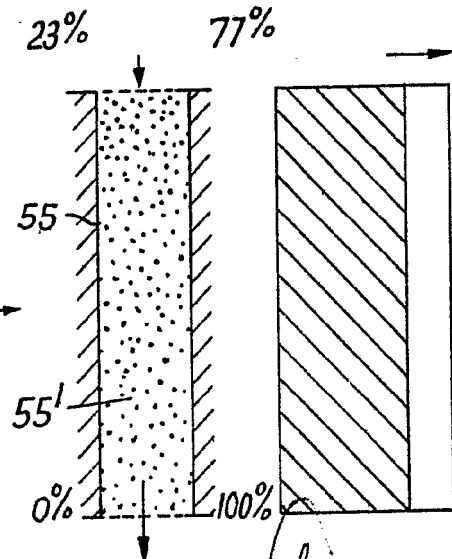


Fig. 5. (a) (b)



Handwritten signature and text at the bottom right of the page.