



PATENTE DE INVENCION

MI-II (5063)

Int. Cl.<sup>2</sup>: C 23 F 9/02

433141

*Memoria Descriptiva*

*sobre:*

Procedimiento continuo para pasivar particu-  
las activas de esponja de hierro.

.....

*Solicitante:* MIDREX CORPORATION, entidad norteamericana, resi-  
dente en One NCNB Plaza, Charlotte, North Caroli-  
na, 28280 EE.UU. de A.

.....

La presente invención se refiere en general a un  
procedimiento para pasivar particulas activas de esponja de  
hierro, directamente reducidas y, más particularmente, a un  
procedimiento continuo para lo mismo.

5. En los últimos años ha habido una notable actividad

BAD ORIGINAL



5. en la producción de partículas, pastillas, briquetas, y similares de hierro (y los finos relacionados con las mismas) a partir de la reducción directa de pastillas o minerales naturales de óxido de hierro, a las que posteriormente se les denominará en general con el nombre de partículas de esponja de hierro.

10. La utilización de partículas de esponja de hierro permite producir acero alimentando estas pastillas directamente a un horno de arco eléctrico sin la elevada inversión de capital que se exige en grandes acerías.

15. Uno de los problemas asociados con el uso de partículas de esponja de hierro es su naturaleza propia para reoxidarse cuando se expone a las condiciones ambiente. Esta reoxidación provoca problemas relativos a la expedición de estas partículas, ya sea en barcaza, por ferrocarril, en camiones o similares. Ha habido muchos intentos para superar o disminuir, la reoxidación de partículas de esponja de hierro con el uso de revestimientos orgánicos e inorgánicos y con la reducción de la superficie expuesta. La mayoría de estos intentos han fracasado relativamente ya que no consiguen pasivar sustancialmente las partículas y/o el proceso resultante es demasiado caro. Por otra parte, la mayoría de los investigadores han trabajado con cantidades pequeñas de materiales que no muestran las características de las partículas de esponja de hierro cuando se almacenan en grandes cantidades.

20.

25.



- Más recientemente, se ha conseguido pasivar con éxito las partículas de esponja de hierro en secuencias de tipo discontinuo, introduciendo un gas conteniendo oxígeno en un lecho de tales partículas contenido dentro de un depósito de conservación de tipo discontinuo. Estos procesos deben emplear necesariamente al menos dos depósitos de conversión relativamente grandes, uno de los cuales recibe un flujo continuo, mientras que el otro se vacía de sus partículas de esponja de hierro pasivadas.
- 5.
10. Un objeto más de la presente invención es el de proporcionar un proceso en el que pueden pasivarse de manera continua partículas de esponja de hierro.
- Otro objeto más de la presente invención es el de proporcionar un proceso para pasivar continuamente partículas de esponja de hierro por medio de una mezcla gaseosa que circula constantemente.
- 15.
- Otro objeto de la presente invención es el de proporcionar, en un proceso continuo para pasivar partículas de esponja de hierro, una mezcla gaseosa que tiene un contenido controlado de oxígeno.
- 20.
- Otro objeto más de la presente invención es el de proporcionar un proceso para pasivar partículas de esponja de hierro que utiliza una mezcla gaseosa a temperatura y flujo controlados para pasivar dichas partículas.
25. Estos objetos, junto con otras características de



la presente invención se alcanzan en un proceso para pasivar partículas activas de esponja de hierro manteniendo una columna de partículas de esponja de hierro que desciende continuamente por gravedad dentro de un recipiente o alojamiento orientado verticalmente. A través de la columna descendente se hace recircular continuamente un medio gaseoso a contracorriente con las partículas descendentes. El medio gaseoso se mantiene a una temperatura predeterminada en su introducción a la columna de partículas descendentes. Además se añade oxígeno al medio gaseoso a un caudal predeterminado, y el flujo del medio gaseoso de la columna se mantiene igualmente a un caudal predeterminado.

La invención puede tomar forma física en ciertas partes y disposición de partes, una de cuyas realizaciones preferidas se describirá aquí con detalle y se ilustrará en el dibujo adjunto que forma parte de la presente invención, y en el que:

La figura 1 es una representación esquemática de aparato para llevar a cabo el proceso de pasivación de la presente invención.

Con referencia ahora a los dibujos en el que la representación se ofrece únicamente a fines de ilustrar una realización preferida de la invención y no con el fin de limitar la misma, en la figura 1 se representa un recipiente o alojamiento cerrado (10) para contener un lecho de partícu-



- las de esponja de hierro (11) que descienden por gravedad. Una tolva de alimentación (12) para recibir las partículas activas de esponja de hierro se conecta a un tubo de alimentación (13) para alimentar las partículas en el recipiente (10). El tubo de alimentación (13) se extiende por debajo de la parte superior del depósito para crear una cámara de salida de gases (14) entre la parte superior del recipiente y un ángulo de reposo de las partículas indicado en (15). Un alimentador de correa o cualquier otro tipo de alimentador de descarga (16) sirve para retirar del depósito (10) las partículas de esponja (10) repasivas a través de un tubo de descarga (17). El alimentador (16) se conecta a un dispositivo para medir la velocidad de descarga de las partículas (18) tal como un dispositivo convencional para una balanza de pesada del tipo de correa. Un miembro de introducción de gas (19) presentando como un miembro transversal de V invertida, sirve para proporcionar medios para introducir gas en el lecho de partículas en la región inferior del recipiente (10). Una salida de gas (20) se conecta a la cámara de salida de gases (14) y una entrada de gas (21) se conecta al miembro de introducción de gas (19). Un ventilador de recirculación (30) sirve para recircular el gas desde la salida de gas (20) a la entrada de gas (21) para provocar un flujo de gas generalmente hacia arriba en el recipiente (10) a contracorriente del descenso por gravedad de las partículas de esponja de hierro.
25. El sistema de recirculación de gas representado in-



- cluye un termointercambiador indirecto (31) para calentar o enfriar el gas retirado de la salida (20). Este termointercambiador puede ser, por ejemplo, un tubo convencional del tipo de aletas que lleva un medio de calentamiento tal como vapor procedente de una fuente (32) o bien un medio de refrigeración tal como agua procedente de una fuente (33), con unas válvulas de control asociadas (34) y (35). Un dispositivo para medir el flujo del gas en recirculación (36) tal como un medidor venturi recibe un dispositivo de medición del caudal (37). Una válvula de control del flujo del gas en recirculación (38) sirve para controlar el flujo del gas de la forma que se describirá más adelante. Un detector de la temperatura del gas (39), por ejemplo un termopar, se conecta a un controlador de temperatura (40) que sirve para controlar la acción de las válvulas (34) o (35) según que el gas en recirculación necesite ser calentado o enfriado en el termointercambiador (31), con el fin de mantener una temperatura deseada del gas en el detector (39). Un gas conteniendo oxígeno, por ejemplo, aire, se admite en la corriente de gas en recirculación a partir de una fuente (50), a través de una válvula de control (51) de la manera controlada que se describirá más adelante.

- Las partículas de esponja de hierro en forma de pastillas reducidas o terrones hechos con pastillas de óxido o mineral en grumos, tal como se producen cuando se exponen ini



- cialmente al aire se oxidarán a velocidades diferentes según las propiedades físicas y químicas del material de óxido, como por ejemplo su porosidad y el contenido de ganga. En muchas pruebas de laboratorio y en las pruebas reales a escala comercial, se ha descubierto que las partículas activas de esponja de hierro pueden pasivarse efectivamente con un mínimo de oxidación por exposición a un gas conteniendo oxígeno para un período de 1 a 2 días en condiciones controladas de oxígeno y temperatura.
5. Durante esta exposición, se forma un revestimiento muy fino de magnetita en la superficie de la esponja de hierro hasta el interior de las partículas, que inhibe la ulterior oxidación. Durante la exposición, las partículas se pasivan progresivamente y consumen oxígeno a una velocidad cada vez menor que se acerca al cero después de 1 ó 2 días.
- 10.
- 15.

- Se ha comprobado que puede alcanzarse una pasivación efectiva manteniendo las partículas a una temperatura en la gama de  $51^{\circ}$  a  $80^{\circ}\text{C}$  durante el periodo de exposición. A  $37^{\circ}\text{C}$ , la exposición al oxígeno no pasiva eficazmente en un periodo de dos días. Desde  $93^{\circ}\text{C}$  en adelante, la pasivación es eficaz pero existe la tendencia a oxidar más del hierro de lo que se desea con el fin de alcanzar una pasivación efectiva.
- 20.

25. Durante la exposición en la gama de temperaturas



5. preferidas anteriormente citadas de 51° a 79°C, el consumo de oxígeno necesario para obtener una pasivación efectiva se encuentra en la gama de 0,11 a 0,28 litros de oxígeno por cada 450 gramos de partículas de esponja de hierro. Esto equivale a la oxidación de aproximadamente un 0,1 a un 0,25% del hierro de las partículas.

10. Se ha comprobado que durante el periodo de exposición unas concentraciones de oxígeno en la gama de 500 ppm a 20.000 ppm consiguen la pasivación. No obstante, la reacción de oxidación es exotérmica y se prefieren concentraciones de oxígeno en la gama de 500 a 2.000 ppm con el fin de limitar la velocidad inicial de reacción y el aumento consiguiente de temperatura.

15. Con el fin de establecer y mantener la temperatura de las partículas en la gama preferida de la presente invención sin depender de la temperatura de las partículas de entrada, es necesario no sólo que se controle la temperatura del gas de entrada dentro de la gama, sino que la capacidad térmica del gas debe ser también al menos igual a la capacidad térmica de las partículas. Con una capacidad térmica igual, un cambio de 1°C en la temperatura del gas representa la misma cantidad de calor que un cambio de 1°C en la temperatura de las partículas. El calor específico de la esponja de hierro es de aproximadamente 0,12 calorías por gramo por grado C, y el calor específico de todos los gases es de apro

20.

25.



ximadamente 93 calorías por litro por grado C, en una gama de temperaturas de 51°C a 80°C. Así, aproximadamente 0,12 dividido por 0,3 o 184 litros de gas tendrá la misma capacidad térmica que 450 gramos de esponja de hierro.

5. Haciendo referencia a la figura 1, se describirá a continuación el procedimiento preferido de operación.

La temperatura del gas recirculado que se introduce en el lecho de partículas a través del miembro (19) se controla por la acción del control de la temperatura (40) que actúa en la válvula de control del calentamiento (34) o la válvula de control de la refrigeración (35) de manera convencional para mantener la temperatura de introducción en la gama preferida de 51 a 80°C.

15. La admisión de oxígeno al gas recirculado procedente de la fuente (50) se controla por la acción del dispositivo de medición de la velocidad de descarga de partículas (18) que actúa en la válvula de control (51) de manera convencional para admitir entre 113,2 cm<sup>2</sup> y 283 cm<sup>3</sup> de oxígeno por cada 450 gramos de partículas que se descargan por el alimentador de descarga (16). Opcionalmente, la válvula de control (51) puede accionarse por un controlador - analizador de oxígeno (no representado) para mantener el nivel de oxígeno en la gama de 500 a 2.000 ppm en el gas recirculado. El ventilador 30, además de proporcionar los medios para la recirculación del gas sirve también para mezclar el oxígeno recién

20.

25.

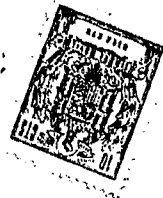
admitido con el gas recirculado.

5. El caudal del gas en recirculación se controla por la acción del dispositivo de medición de descarga de partículas (18) que actúa en el dispositivo de medición del flujo (37) el cual a su vez actúa en la válvula del control de flujo (38) de manera convencional para mantener un flujo de al menos 184 litros de gas recirculado por cada 450 gramos de partículas que se descarga por el alimentador de descarga (16)

10. Como parte del trabajo de investigación realizado en unión con la presente invención, se desarrolló un procedimiento de prueba de la actividad de las esponjas de hierro para comprobar su actividad cuando se expone al aire. Este procedimiento de prueba consiste en llenar un recipiente de un cuarto con partículas de esponja de hierro, colocar a continuación

15. una tapa apretada que tenga una válvula de entrada y una válvula de salida, purgar con nitrógeno y a continuación cerrar ambas válvulas. El recipiente se pesa y a continuación se lleva a una temperatura controlada de  $27,8^{\circ}\text{C}$  en un horno y se deja igualar durante algunas horas para asegurarse de

20. que todas las partículas se encuentran a  $37,8^{\circ}\text{C}$ . Ato seguido se purga con aire el recipiente, se cierra una de las válvulas de la tapa y se conecta un manómetro indicador de la presión a la otra válvula que se deja abierta. Cuando se consume el oxígeno del aire en el recipiente, disminuye la presión en el recipiente. Por la velocidad de disminución de la  
25. presión, puede calcularse la velocidad de consumo de oxígeno,



y la actividad de la esponja de hierro se expresa en términos de litros de oxígeno consumido por hora y por tonelada de partículas de esponja de hierro.

5. Como ejemplo típico de la eficacia del proceso de pasivación de la presente invención unas partículas frescas y activas de esponja de hierro expuestas a 500 ppm de oxígeno en nitrógeno durante 1, 2 y 3 días a 51°C mostrarán las actividades siguientes:

	Frescas	8,8
10.	1 Día	0,15
	2 Días	0,037
	3 Días	0,031

15. La invención se ha descrito con referencia a una realización preferida. Es evidente que a cualquiera que lea y comprenda la presente exposición se le ocurrirán modificaciones y alteraciones. Mi intención es la de incluir todas estas modificaciones y alteraciones siempre que entren dentro del ámbito de la presente invención.

20. Por consiguiente, la esencia de la presente invención es la de proporcionar un proceso para la pasivación continua de partículas de esponja de hierro con el uso de un medio gaseoso controlado exactamente.

NOTA

25. Descrita suficientemente la naturaleza del invento, así



- como la manera de realizarlo en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren su principio fundamental. También se hace constar que el invento corresponde a una solicitud de patente presentada en Norteamérica con el número 428.147 de 26 de diciembre de 1.973 acogiéndose por lo tanto a los beneficios que conceden los Convenios Internacionales en vigor, siendo lo que constituye la esencia del referido invento, y por lo que se solicita Patente de Invención por 20 años en España sobre: PROCEDIMIENTO CONTINUO PARA PASIVAR PARTICULAS ACTIVAS DE ESPONJA DE HIERRO, caracterizándose por lo siguiente.
- 5.
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.
- 1.- Procedimiento continuo para pasivar partículas activas de esponja de hierro, caracterizado porque comprende las etapas de; mantener una columna de partículas de esponja de hierro que desciende continuamente por gravedad dentro de un alojamiento orientado verticalmente, hacer recircular continuamente un medio gaseoso a través de la columna descendente en contracorriente con las partículas descendentes, mantener una temperatura predeterminada de introducción del medio gaseoso en la columna, añadir oxígeno al medio gaseoso de recirculación en la columna.
  - 2.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la temperatura predeterminada se encuentra en la gama de 51°C a 80°C.



5. 3.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la velocidad de adición del oxígeno se encuentra comprendida entre 113,2 a 283 centímetros cúbicos normales de oxígeno por cada 450 gramos de esponja de hierro a pasivar,

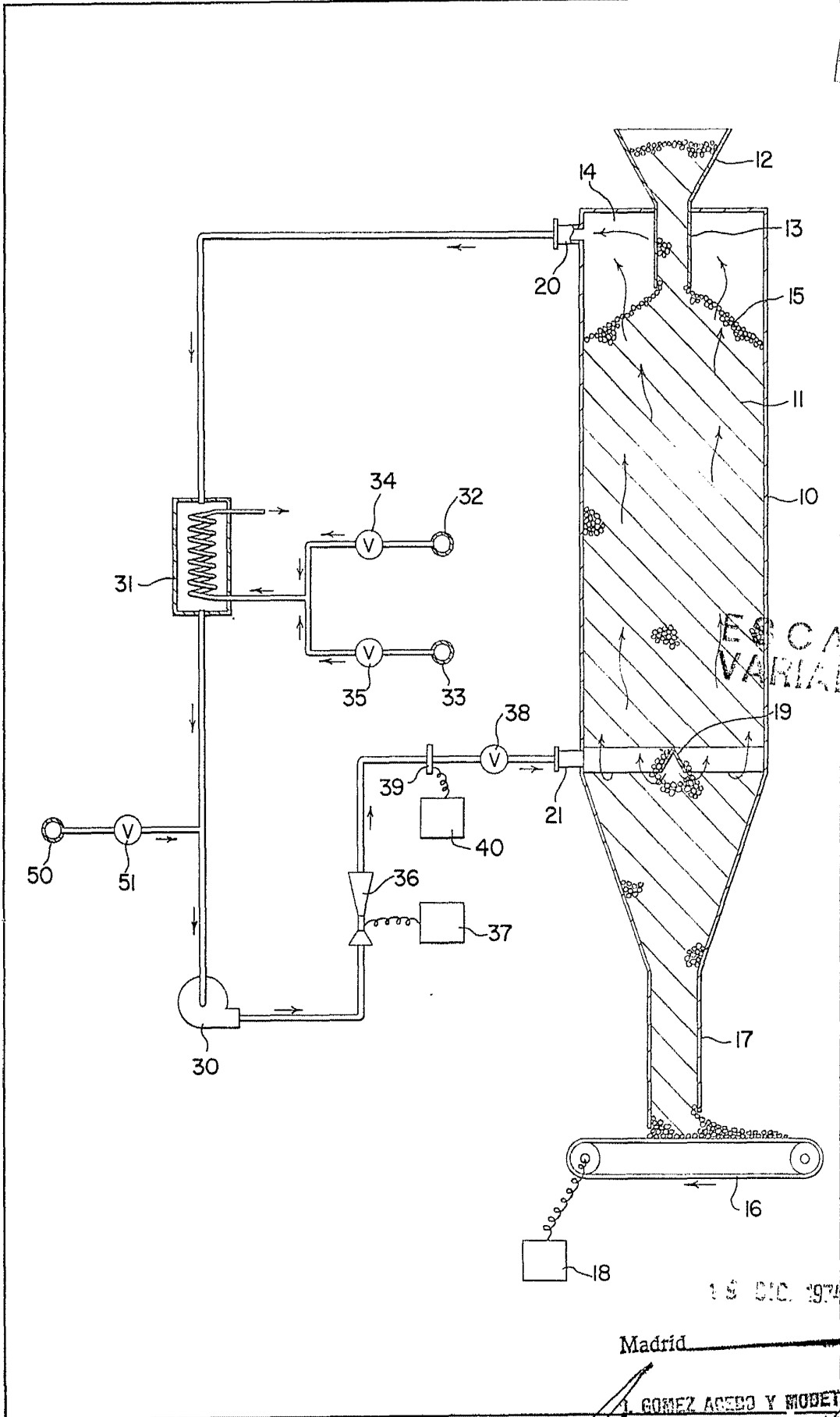
10. 4.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la velocidad de adición de oxígeno es suficiente para mantener una concentración de oxígeno en la gama de 500 a 2.000 ppm en el medio gaseoso que se introduce en la columna.

15. 5.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el caudal predeterminado del medio gaseoso de recirculación en la columna es un mínimo de 184 litros normales aproximadamente por cada 450 gramos de esponja de hierro a pasivar.

20. 6.- Procedimiento continuo para pasivar partículas activas de esponja de hierro, tal y como queda sustancialmente descrito en la presente Memoria, y en los dibujos adjuntos.

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

Madrid, 19 DIC. 1974  
MIDREX CORPORATION,  
GOMEZ ACEBO Y RODRIGUEZ  
Firmado: L. García Fernández



19 DIC. 1974

Madrid

GOMEZ ACEBO Y MOJER  
 S.p. Firmado: L. Gomez Fernández  
*[Handwritten signature]*