

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 389 966**

51 Int. Cl.:
B03C 1/14 (2006.01)
B03C 1/033 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **06766336 .9**
96 Fecha de presentación: **15.06.2006**
97 Número de publicación de la solicitud: **2035149**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **18.03.2009**

54 Título: **Separador electromagnético y método de separación de materiales ferromagnéticos**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
05.11.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
05.11.2012

73 Titular/es:
SGM GANTRY S.P.A. (100.0%)
VIA LENO, 2/D
25025 MANERBIO, IT

72 Inventor/es:
MOLTENI, DANILO

74 Agente/Representante:
DURÁN MOYA, Luis Alfonso

ES 2 389 966 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Separador electromagnético y método de separación de materiales ferromagnéticos

5 La presente invención se refiere a un separador electromagnético y a un método de separación de materiales ferromagnéticos y, en particular, a un separador y a un método que permite separar fragmentos ferromagnéticos triturados que contienen cobre, reduciendo de este modo de forma significativa las operaciones manuales para su separación de otros fragmentos ferromagnéticos.

10 En los procesos de recuperación de materiales derivados de la trituración de vehículos, conocidos asimismo como "proler", las fragmentos ferromagnéticos que han sido triturados y separados de los no ferromagnéticos mediante un separador electromagnético, pueden ser reutilizados de forma ventajosa para la fabricación de acero. En el flujo de material ferromagnético procedente de este separador, es importante separar además los fragmentos ferromagnéticos que contienen cobre, tales como los rotores de los motores eléctricos. De hecho, tal como es conocido, el cobre contamina el acero fundido que se puede producir a partir de materiales ferromagnéticos triturados y por tanto es ventajoso que esté presente en porcentajes no superiores al 0,15%.

20 Se conocen numerosos separadores electromagnéticos y métodos de separación que, por ejemplo, disponen la utilización de tambores electromagnéticos rotativos situados a la salida de un molino triturador con el objeto de separar los fragmentos ferromagnéticos de los fragmentos no ferromagnéticos. Los tambores comprenden generalmente una envolvente rotativa, en el interior de la cual están presentes un sector magnético, que es fijo con respecto al eje de rotación del tambor, y un sector sustancialmente no magnético. El campo magnético inductivo está generado por medio de solenoides conectados a un suministro de potencia y activados con corriente continua. El material es conducido hacia el tambor por medio de un transportador, por ejemplo, una cinta transportadora, un plano vibratorio o una rampa. Cuando el material pasa coincidiendo con el tambor, los fragmentos ferromagnéticos son sometidos al campo magnético producido por el sector magnético del tambor y son atraídos hacia la superficie del tambor rotativo, mientras que los fragmentos no magnéticos caen por su propio peso en una zona de recogida de materiales inertes. Durante la rotación, el material ferromagnético atraído a la superficie cilíndrica del tambor pasa más allá del sector magnético y cae por gravedad en una zona de recogida diferente.

30 En la solicitud de patente WO2005/120714 y en las patentes GB607682, GB 100062 y GB 152549 se muestran ejemplos de separadores electromagnéticos del tipo mencionado anteriormente.

35 A pesar de los numerosos tipos constructivos y de funcionamiento de las plantas de separación, los procesos de separación de fragmentos ferromagnéticos por medio de tambores electromagnéticos no permiten realizar una selección entre fragmentos simplemente ferromagnéticos y fragmentos ferromagnéticos que contienen cobre. Por consiguiente, estos últimos deben ser separados manualmente, con costes muy elevados debido a las grandes cantidades de material tratado en las plantas de separación. Además, es bastante difícil identificar el cobre en los fragmentos triturados, ya que debido al triturado, tiene un color que es sustancialmente gris y similar al color del resto del material.

45 Otro problema de los procesos de separación por medio de separadores magnéticos está relacionado con la temperatura. En el transcurso de un ciclo de trabajo normal (8 a 16 horas) la potencia absorbida tiende a disminuir debido al efecto Joule. De hecho, el flujo de corriente eléctrica genera calor con una potencia igual al producto de la diferencia de potencial entre sus terminales por la intensidad de la corriente que circula a través de los mismos. Dado que este fenómeno produce un incremento de la resistencia eléctrica y una pérdida de energía en las líneas de transporte de la electricidad, la fuerza magnetomotriz generada por los solenoides disminuye considerablemente, con las consiguientes pérdidas de rendimiento en la recogida de material ferromagnético.

50 La patente US 4702825 da a conocer un imán de gradiente elevado para un separador electromagnético que tiene una bobina de un material superconductor. Está dispuesto un suministro de potencia bipolar para el imán superconductor, con lo que el imán se magnetiza y se desmagnetiza con una variación rápida. La corriente suministrada a la bobina se varía mediante un transformador de corriente a través de un divisor de tensión en base a una tensión de control de referencia. Con el objeto de evitar el problema de la acumulación de calor, el separador está dotado de una protección contra el calor que comprende unos recipientes de helio líquido y nitrógeno líquido y una cámara de vacío.

60 El objetivo de la presente invención es pues dar a conocer un dispositivo de separación de materiales ferromagnéticos que está libre de dichos inconvenientes. Dicho objetivo se consigue por medio de un separador electromagnético y un método de separación cuyas características principales están especificadas en las reivindicaciones 1 y 8, respectivamente, mientras que otras características están especificadas en las reivindicaciones restantes.

65 Gracias a la particular selección y ajuste de los parámetros de funcionamiento de los solenoides del separador, es posible separar los fragmentos ferromagnéticos que tienen un porcentaje despreciable o nulo de cobre de los

fragmentos ferromagnéticos que tienen un porcentaje notable de cobre, en particular las bobinas de los rotores, con el objeto de llevar a cabo las operaciones manuales solamente en este flujo de fragmentos ferromagnéticos.

5 Además, la particular selección y ajuste de los parámetros de funcionamiento permite la estabilización del campo magnético y de la fuerza magnetomotriz, permitiendo de este modo mantener unas condiciones de funcionamiento óptimas durante todo el ciclo de trabajo.

10 Además, el separador y el método de separación, según la presente invención, permiten la atracción de todos los tipos de fragmentos ferromagnéticos que componen el material triturado, comprendiendo los que tienen bajos factores de forma, es decir, la proporción entre la altura y el diámetro de la sección, tal como los rotores, por ejemplo.

15 Otras ventajas y características del dispositivo y del método de separación, según la presente invención, serán evidentes a los expertos en la materia a partir de la siguiente descripción detallada de una realización de la misma, haciendo referencia al dibujo adjunto, que muestra una vista esquemática en sección de un tambor de un separador magnético.

20 La figura muestra un separador electromagnético que comprende un tambor -1- y un transportador -2- que conduce el material a separar hacia el tambor -1-.

25 El tambor -1- incluye una envolvente cilíndrica -3- y puede girar, por ejemplo, alrededor de su eje por medio de un motor y un accionamiento a cadena. En la figura, la flecha -F- indica un sentido probable de rotación del tambor -1-. La envolvente cilíndrica -3- está dotada de una serie de perfiles salientes -4- que están dispuestos a lo largo de la dirección longitudinal del tambor, paralelos a su eje, y ayudan a transportar el material ferromagnético atraído por el tambor -1- sobre la superficie de la envolvente -3- durante la rotación del tambor. Unos solenoides -6- y -7- están dispuestos en el interior de la cámara -5-, rodeados por la envolvente cilíndrica -3- del tambor -1-, estando conectados dichos solenoides a un suministro -8- de potencia en corriente continua dispuesto al exterior del tambor. Estos solenoides -6- y -7- al estar activados con una corriente continua generan un campo magnético capaz de atraer sobre el tambor -1- los fragmentos ferromagnéticos que constituyen el material conducido por el transportador -2-, incluyendo los que tienen unos factores de forma bajos, por ejemplo, iguales a 2,5. El polo norte -N- del campo magnético generado por los solenoides -6- y -7- está cerca del extremo del transportador -2-, a una distancia -Δ- del mismo comprendida entre 10 y 30 cm. El polo sur -S- está orientado sustancialmente perpendicular con respecto al polo norte -N- a lo largo de la dirección de rotación del tambor -1-. Por consiguiente, los solenoides -6- y -7- definen en la cámara -5- del tambor -1- un sector magnético comprendido entre 150° y 180°, dispuesto delante del tambor -1-, es decir, junto al transportador -2-, y un sector sustancialmente no magnético comprendido entre 180° y 210° dispuesto detrás del tambor -1-, es decir, alejado del transportador -2-.

35 El material conducido hacia el tambor -1- por medio del transportador -2- es separado y recogido en dos zonas -A- y -B- dispuestas detrás del tambor -1-, debajo del sector no magnético y delante del mismo, bajo el extremo del transportador -2-, respectivamente. Los fragmentos de material ferromagnético con un menor porcentaje de cobre, indicados en la figura por medio de un asterisco, se adhieren a la envolvente -3- del tambor -1- y son recogidos en la zona -A-, mientras que los fragmentos del material no ferromagnético y/o del material ferromagnético con un porcentaje de cobre más elevado, indicados en la figura mediante una elipse, son descargados directamente en la zona -B- por medio del transportador -2-. Con el objeto de permitir que un fragmento fabricado de material ferromagnético sea atraído por el campo magnético del tambor -1-, se debe generar una fuerza magnetomotriz específica, o una fuerza por unidad de volumen, superior al peso específico medio del acero, sustancialmente igual a 78,5 N/dm³. Los fragmentos de material ferromagnético caracterizados por un contenido adicional de cobre tienen, por el contrario, un peso específico más elevado, que depende del porcentaje en peso del cobre añadido. Por consiguiente, con un factor de forma igual, con el objeto de seleccionar de forma efectiva fragmentos ferromagnéticos normales sin atraer los que contienen cobre, es necesario que la fuerza de atracción generada por la fuerza magnetomotriz específica sea superior al peso específico medio del acero, pero inferior al peso específico de los fragmentos ferromagnéticos que contienen cobre. De hecho, los fragmentos ferromagnéticos que tienen un porcentaje de cobre menor serán atraídos de esta manera por el campo magnético generado por los solenoides -6- y -7- y separados a continuación, mientras que los que tienen un porcentaje de cobre más elevado permanecerán junto con los fragmentos no ferromagnéticos, que generalmente son una cantidad despreciable dado que han sido ya separados mediante otro separador situado más arriba.

60 Tal como se ha explicado anteriormente, está claro que los valores de la fuerza de atracción, es decir, los valores del campo magnético y su gradiente, deben estar identificados y fijados con precisión. Con el objeto de identificar dichos parámetros, los inventores llevaron a cabo una intensa actividad de investigación y experimentación. Por ejemplo, en el caso bastante frecuente de que el material triturado procedente de un molino triturador contenga rotores, el porcentaje de cobre de los fragmentos ferromagnéticos que no debe ser atraído por el campo magnético generado por los solenoides -6- y -7- está comprendido habitualmente entre el 12% y el 20% en peso. El peso específico de las muestras de rotores que contienen cobre está comprendido de este modo entre 87,9 N/dm³ (12% de cobre) y 94,2 N/dm³ (20% de cobre). Los inventores han hallado que los valores de la intensidad del campo magnético y del gradiente del campo que son efectivos para la separación de los fragmentos ferromagnéticos solamente, son en este

caso, iguales a $47.750 \pm 5\%$ A/m para la intensidad del campo magnético, e iguales a $1.750 \pm 5\%$ A/m para el gradiente, respectivamente, generando de esta manera una fuerza de atracción específica comprendida entre 80 y 81 N/dm^3 . De hecho, dicha fuerza específica es mayor que el peso específico del hierro y menor que el peso específico de los fragmentos ferromagnéticos que contienen cobre.

5 La gama de los valores de la fuerza específica de atracción que son adecuados para seleccionar los fragmentos ferromagnéticos de los no ferromagnéticos y/o los que contienen un porcentaje en peso de cobre considerable es bastante estrecha, de manera que es muy importante que los rendimientos del sistema sean constantes en todo el ciclo de trabajo del tambor electromagnético. Con el objeto de mantener constantes los rendimientos del sistema en
10 todo el ciclo de trabajo de un tambor electromagnético, es necesario mantener constante la fuerza magnetomotriz generada por medio del circuito electromagnético. La fuerza magnetomotriz producida por las bobinas de los solenoides es el producto de la intensidad de corriente por el número de espiras, de tal modo que, activando los solenoides -6- y -7- con una corriente sustancialmente constante, es posible mantener la fuerza magnetomotriz sustancialmente constante. Además, es posible escoger de forma adecuada y establecer los valores de la corriente
15 para obtener los valores más efectivos de la fuerza de atracción con el objeto de incrementar la eficiencia del proceso de separación. Con el objeto de mantener sustancialmente constante la corriente suministrada, el suministro de potencia -8- regula la tensión de suministro. En consecuencia, la potencia absorbida por el sistema variará proporcionalmente al producto de la tensión por la intensidad de corriente.

20 Con el objeto de minimizar los problemas de la pérdida de eficiencia del funcionamiento debidos al efecto Joule, los solenoides -6- y -7- están dotados de conductores que tienen una gran sección transversal. Esto permite obtener unos reducidos valores de densidad de corriente eléctrica y de este modo reducir al mínimo los incrementos de resistencia eléctrica debidos al efecto Joule durante el ciclo de trabajo. Los valores adecuados del área de la sección transversal de los conductores utilizados para la fabricación de los solenoides están comprendidos, por ejemplo,
25 entre 70 y 80 mm^2 . Los valores adecuados de la densidad de corriente eléctrica están comprendidos, por ejemplo, entre $0,2$ y $0,7 \text{ A/mm}^2$, preferentemente entre $0,45$ y $0,5 \text{ A/mm}^2$. Todavía con el objetivo de reducir al mínimo la disipación de la energía debido al efecto Joule, se ha escogido que los solenoides -6- y -7- funcionen a potencias mucho más bajas que las de los separadores electromagnéticos de la técnica anterior. Los valores adecuados de la potencia están comprendidos, por ejemplo, entre 4 y 6 kW , estando comprendidos entre el 25% y el 40% de la potencia de los separadores de la técnica anterior. Por consiguiente, con una estructura igual de los solenoides -6- y
30 -7-, existirá una masa mayor para cada kW de potencia absorbida. En particular, la masa de un solenoide -6- ó -7- por cada kW de potencia absorbida es mayor de 200 kg/kW y está comprendida preferentemente entre 380 y 500 kg/kW .

35 Al comparar el funcionamiento de la planta a tensión constante, es decir, según la técnica anterior, con el funcionamiento a corriente constante, es decir, según la presente invención, se advierte que en todo el ciclo de trabajo a tensión constante, por ejemplo, a 230 V , el incremento de la resistencia eléctrica debido al efecto Joule tiene como resultado una disminución de la corriente absorbida durante el ciclo ($I = V/R$), por ejemplo, de $69,5$ a 42 A . En consecuencia, la potencia ($W = V \times I$) y la densidad de corriente ($\delta = I / \text{área de la sección transversal del conductor}$) se reducen, por ejemplo, de 16.000 a 9.600 W y de $0,919$ a $0,604 \text{ A/mm}^2$, respectivamente. La fuerza magnetomotriz ($F = \text{número de espiras} \times I$) generada por el campo magnético se reduce, por ejemplo, de 163.230 amperios por espira a 98.642 amperios por espira, con una pérdida de la capacidad de atracción efectiva del $39,6\%$ y la consiguiente pérdida de rendimiento del separador.

45 En el funcionamiento a corriente constante, por ejemplo, a 35 A , según la presente invención, la tensión se incrementa en proporción al incremento de la resistencia eléctrica debido al efecto Joule ($V = R \times I$), por ejemplo, de 115 a 175 V . En consecuencia, la potencia se incrementa ($W = V \times I$), por ejemplo, de 4.000 a 6.125 W en el transcurso del ciclo. Como resultado, la regularidad sustancial de la corriente tiene como resultado la regularidad sustancial de la densidad de corriente ($\delta = I / \text{área de la sección transversal del conductor}$) que está comprendida,
50 por ejemplo, entre $0,45$ y $0,5 \text{ A/mm}^2$ con conductores que tienen una sección transversal comprendida entre 70 y 80 mm^2 y, en particular, la regularidad sustancial de la fuerza magnetomotriz ($F = \text{número de espiras} \times I$), por ejemplo, igual a 82.200 A por espira para la duración total del ciclo.

55 El separador electromagnético, según la presente invención, permite estabilizar la fuerza electromagnética y, por lo tanto, mantener dicha fuerza dentro de la estrecha gama de valores adecuados para obtener la separación de los fragmentos de material sustancialmente ferromagnético únicamente durante todo el ciclo de trabajo. El rendimiento de la separación se incrementa de este modo considerablemente.

60 Los expertos en la materia pueden realizar posibles variaciones y/o adiciones a la realización de la invención descrita e ilustrada anteriormente en esta descripción, manteniéndose dentro del ámbito de las reivindicaciones siguientes.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Separador electromagnético, que comprende dos o más solenoides (6, 7) dispuestos en el interior de un tambor rotativo (1) y conectados a un suministro de potencia (8) en corriente continua para generar un campo magnético adecuado para separar fragmentos ferromagnéticos, **caracterizado porque** dicho suministro de potencia (8) está dispuesto para suministrar a los solenoides (6, 7) una corriente sustancialmente constante durante un ciclo de trabajo del separador y con un incremento de la tensión durante dicho ciclo.
- 10 2. Separador, según la reivindicación anterior, **caracterizado porque** el suministro de potencia (8) está dispuesto para suministrar a los solenoides (6, 7) una tensión que se incrementa proporcionalmente al incremento de la resistencia eléctrica de los solenoides (6, 7) debido al efecto Joule.
- 15 3. Separador, según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** dichos solenoides (6, 7) tienen una masa por unidad de potencia absorbida mayor de 200 kg/kW.
4. Separador, según la reivindicación anterior, **caracterizado porque** dichos solenoides (6, 7) tienen una masa por unidad de potencia absorbida comprendida entre 380 y 500 kg/kW.
- 20 5. Separador, según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** dichos solenoides (6, 7) tienen una densidad de corriente comprendida entre 0,2 y 0,7 A/mm².
6. Separador, según la reivindicación anterior, **caracterizado porque** dichos solenoides (6, 7) tienen una densidad de corriente comprendida entre 0,45 y 0,5 A/mm².
- 25 7. Separador, según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la fuerza magnetomotriz resultante del campo magnético generado por los solenoides (6, 7) es sustancialmente constante durante el ciclo de trabajo.
- 30 8. Método para la separación de fragmentos ferromagnéticos, que comprende las etapas de funcionamiento siguientes:
- transporte de los fragmentos ferromagnéticos por medio de un transportador (2);
 - disponer un separador electromagnético dotado de un tambor rotativo (1) al final de dicho transportador (2);
 - generar un campo magnético mediante el suministro de corriente continua a los solenoides (6, 7) introducidos en dicho tambor (1);
 - hacer girar el tambor (1),
- 40 **caracterizado por** suministrar a los solenoides (6, 7) una corriente sustancialmente constante durante un ciclo de trabajo del separador y una tensión que se incrementa durante dicho ciclo.
- 45 9. Método de separación, según la reivindicación anterior, **caracterizado porque** la tensión suministrada a los solenoides (6, 7), se incrementa proporcionalmente al incremento de la resistencia eléctrica de los solenoides (6, 7) debido al efecto Joule.
- 50 10. Método de separación, según la reivindicación 8 ó 9, **caracterizado porque** la fuerza magnetomotriz resultante del campo magnético es sustancialmente constante durante el ciclo de trabajo.

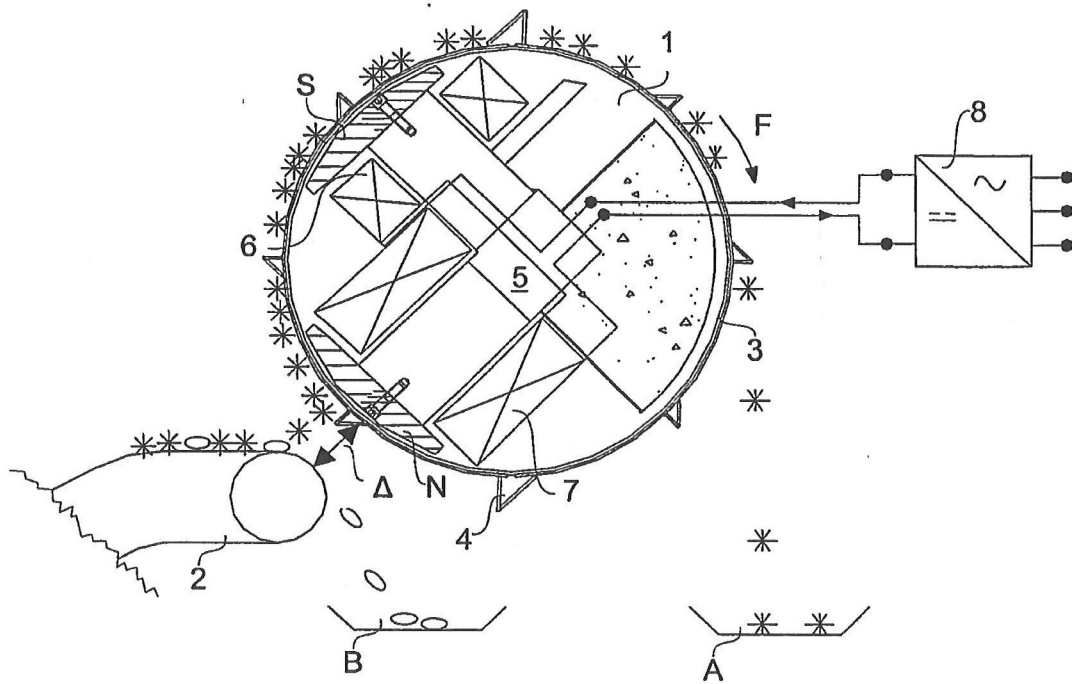


Fig. 1