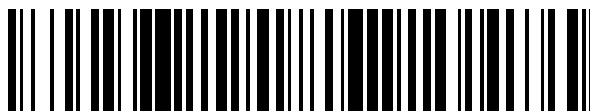


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 728 048**

51 Int. Cl.:

**C21B 5/04** (2006.01)

**C21B 13/00** (2006.01)

**C21C 7/06** (2006.01)

**C10L 5/04** (2006.01)

**C10L 5/10** (2006.01)

**C22B 1/242** (2006.01)

**C22B 1/245** (2006.01)

**C22B 9/10** (2006.01)

**C21C 5/52** (2006.01)

**C21C 5/54** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.09.2014 E 14184581 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.03.2019 EP 2949765**

54 Título: **Briqueta compuesta y método para la fabricación de una carga de horno de fabricación de acero**

30 Prioridad:  
**29.05.2014 US 201414289960**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**22.10.2019**

73 Titular/es:  
**EXOTHERMIC DISTRIBUTION CORPORATION  
(100.0%)  
1909-2160 Lakeshore Road  
Burlington, ON L7R 1A7, CA**

72 Inventor/es:  
**VAYDA, PIERRE**

74 Agente/Representante:  
**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

ES 2 728 048 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**

Briqueta compuesta y método para la fabricación de una carga de horno de fabricación de acero

**5 Campo**

La presente invención se refiere en general a la metalurgia ferrosa y, en particular, a una briqueta compuesta para una carga de horno de fabricación de acero o hierro.

**10 Antecedentes**

En el campo de la fabricación de acero, una carga de horno eléctrico normalmente se fabrica a partir de chatarra, carbono y fundentes tales como cal y/o cal dolomítica, todos en trozos que tienen un tamaño mínimo de 0,5 pulgadas (aproximadamente 12,7 mm).

15 Se sabe que se añaden materiales específicos a una carga de horno en forma de briquetas. Sin embargo, el carbono, que es una parte esencial de la mezcla de materiales, es bastante resbaladizo en su forma en polvo o triturada. En consecuencia, el carbono se emplea normalmente en un estado no pulverizado, por ejemplo, como coque metalúrgico. Sería ventajoso poder utilizar "finos" de carbono, por ejemplo, los recuperados de un colector de polvo y reciclar dichos finos en su estado pulverizado o en polvo. Un problema adicional se refiere a la densidad del carbono, que es generalmente bastante baja en comparación con los metales. Por ejemplo, cuando se añade carbono al horno a través de un cubo de carga, tenderá a flotar sobre el metal líquido, disminuyendo de este modo el rendimiento de carbono en solución en el acero.

25 También sería ventajoso mejorar la calidad de la escoria a través de la adición de una briqueta.

Es un objetivo, al menos, proporcionar una briqueta compuesta novedosa para una carga de horno de fabricación de acero o de hierro.

30 El documento NL 7 306 342 describe un proceso para el tratamiento y para la retirada de impurezas de una masa fundida de hierro que comprende carburo de magnesio y cianamida de magnesio.

El documento DE 101 49 465 describe una composición que contiene dos o más de hidróxido de magnesio, carbonato de magnesio y óxido de magnesio. También se describe un proceso para ajustar la escoria en una masa fundida de acero en un recipiente metalúrgico mediante la adición de esta composición.

El documento US 2007/051200 describe una briqueta y un método de fabricación de la misma, comprendiendo la briqueta aglutinante, finos de carbono y un material en polvo seleccionado entre el grupo que consiste en cal, cal dolomítica, magnesita, caliza, dolomita, carbonato de magnesio, mineral de hierro y mezclas de los mismos.

40 El documento US 2007/266824 describe un acondicionador de escoria que comprende en peso una mezcla y del 2 % del 25 % de aglutinante para aglomerados unidos o partículas más grandes de dicha mezcla, comprendiendo dicha mezcla: del 10 % al 60 % de partículas compuestas de polvo de cámara de filtros que contiene esencialmente óxidos de hierro, calcio, silicio, magnesio, cinc, plomo y cadmio; del 20 % al 90 % de agregados calcinados compuestos de partículas de menos de 8 mm, de las cuales al menos el 30 % son de 0,2 mm o más y que contienen entre el 35 % y el 94 % de MgO; hasta el 50 % de aditivo carbonoso que fabrica escoria; y hasta el 50 % de magnesita calcinada ligera.

**Sumario de la invención**

50 Se describe una briqueta compuesta para su adición a la carga en un horno de fabricación de acero o de hierro, comprendiendo la briqueta: al menos el 15 % en peso de carbonato de magnesio; y un aglutinante. Preferentemente, la briqueta comprende aproximadamente del 50 al 95 % en peso de carbonato de magnesio, más preferentemente aproximadamente del 70 al 95 % y mucho más preferentemente aproximadamente el 90 % en peso de carbonato de magnesio.

La briqueta puede comprender de aproximadamente el 1 al 20 % en peso del aglutinante. Preferentemente, la briqueta comprende de aproximadamente el 1 al 15 % en peso del aglutinante. Más preferentemente, la briqueta comprende aproximadamente del 5 al 15 % en peso del aglutinante, más preferentemente aproximadamente del 7 al 12 % en peso del aglutinante, mucho más preferentemente aproximadamente el 10 % en peso del aglutinante. Preferentemente, la briqueta comprende aproximadamente el 90 % en peso de carbonato de magnesio y aproximadamente el 10 % en peso del aglutinante.

65 La briqueta puede comprender adicionalmente una o más sustancias seleccionadas entre el grupo que consiste en: cal (CaCO<sub>3</sub>), dolomita (CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>), cal dolomítica (CaO·MgO), cal calcinada (CaO), cal hidratada (Ca(OH)<sub>2</sub>) y óxido de magnesio (MgO).

La briqueta puede comprender adicionalmente una o más sustancias carbonosas seleccionadas entre el grupo que consiste en: coque metalúrgico, finos de carbono, antracita y carbón no antracítico. La briqueta puede comprender del 5 al 50 % en peso de las sustancias carbonosas. Más preferentemente, la briqueta comprende aproximadamente del 10 al 40 % en peso de las sustancias carbonosas, aún más preferentemente aproximadamente del 10 al 35 % en peso de las sustancias carbonosas, mucho más preferentemente aproximadamente el 14 % o aproximadamente el 30 % en peso de las sustancias carbonosas.

Preferentemente, la sustancia carbonosa es coque metalúrgico. La briqueta puede comprender aproximadamente el 15 % en peso de coque metalúrgico. Preferentemente, la briqueta comprende aproximadamente el 75 % en peso de carbonato de magnesio, aproximadamente el 15 % en peso de coque metalúrgico y aproximadamente el 10 % en peso del aglutinante. La briqueta puede comprender adicionalmente del 1 al 15 % en peso de óxido de magnesio. Preferentemente, la briqueta comprende aproximadamente el 9 % en peso de óxido de magnesio. Preferentemente, la briqueta comprende aproximadamente el 52 % en peso de carbonato de magnesio, aproximadamente el 30 % en peso de coque metalúrgico, aproximadamente el 9 % en peso de óxido de magnesio y aproximadamente el 9 % en peso del aglutinante.

El carbonato de magnesio puede ser mineral de carbonato de magnesio en polvo y en el que la briqueta, después de la calcinación, puede comprender adicionalmente una o más sustancias seleccionadas entre el grupo que consiste en:  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$  y  $\text{Fe}_2\text{CO}_3$ .

El aglutinante puede comprender melaza y cal hidratada. El aglutinante puede comprender dextrina combinada con agua.

El horno puede ser un horno de arco eléctrico, un horno de oxígeno básico o un alto horno.

También se proporciona el uso de la briqueta como adición a la carga en el horno de fabricación de acero o de hierro, siendo el horno un horno de arco eléctrico, un horno de oxígeno básico o un alto horno.

Se describe un método de mejor de la carga cubierta de escoria en un horno de fabricación de acero o hierro, comprendiendo el método: introducir una cantidad de carbonato de magnesio a la carga por debajo de la escoria en el horno de fabricación de acero o hierro, por lo que, tras introducir la cantidad de carbonato de magnesio a la carga, se genera  $\text{CO}_2$ , de manera que el  $\text{CO}_2$  forma espuma en la escoria desde abajo.

La cantidad de carbonato de magnesio puede estar en forma de un polvo no unido. El polvo no unido puede ser mineral de carbonato de magnesio y, el polvo no unido, después de la calcinación, puede comprender adicionalmente una o más sustancias seleccionadas entre el grupo que consiste en:  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$  y  $\text{Fe}_2\text{CO}_3$ .

La cantidad de carbonato de magnesio puede combinarse con un aglutinante y el método puede comprender adicionalmente: antes de dicha introducción, comprimir dicha cantidad de carbonato de magnesio y dicho aglutinante en un molde adecuado para fabricar una briqueta, por lo que dicha introducción comprende introducir dicha briqueta a la carga por debajo de la escoria en el horno de fabricación de acero o de hierro. Preferentemente, la briqueta comprende aproximadamente del 50 al 95 % en peso de carbonato de magnesio, más preferentemente aproximadamente del 70 al 95 % y mucho más preferentemente aproximadamente el 90 % en peso de carbonato de magnesio.

La briqueta puede comprender de aproximadamente el 1 al 20 % en peso del aglutinante. Preferentemente, la briqueta comprende de aproximadamente el 1 al 15 % en peso del aglutinante. Más preferentemente, la briqueta comprende aproximadamente el 5 al 15 % en peso del aglutinante, más preferentemente aproximadamente el 7 al 12 % en peso del aglutinante, mucho más preferentemente aproximadamente el 10 % en peso del aglutinante. Preferentemente, la briqueta comprende aproximadamente el 90 % en peso de carbonato de magnesio y aproximadamente el 10 % en peso del aglutinante. La briqueta puede comprender adicionalmente una o más sustancias carbonosas seleccionadas entre el grupo que consiste en: coque metalúrgico, finos de carbono, antracita y carbón no antracítico. La briqueta puede comprender del 5 al 50 % en peso de las sustancias carbonosas. Más preferentemente, la briqueta comprende aproximadamente el 10 al 40 % en peso de las sustancias carbonosas, aún más preferentemente aproximadamente el 10 a 35 % en peso de las sustancias carbonosas, mucho más preferentemente aproximadamente el 14 % o aproximadamente el 30 % en peso de las sustancias carbonosas.

Preferentemente, la sustancia carbonosa es coque metalúrgico. La briqueta puede comprender aproximadamente el 15 % en peso de coque metalúrgico. Preferentemente, la briqueta comprende aproximadamente el 75 % en peso de carbonato de magnesio, aproximadamente el 15 % en peso de coque metalúrgico y aproximadamente el 10 % en peso del aglutinante. La briqueta puede comprender adicionalmente del 1 al 15 % en peso de óxido de magnesio. Preferentemente, la briqueta comprende aproximadamente el 9 % en peso de óxido de magnesio. Preferentemente, la briqueta comprende aproximadamente el 52 % en peso de carbonato de magnesio, aproximadamente el 30 % en peso de coque metalúrgico, aproximadamente el 9 % en peso de óxido de magnesio y aproximadamente el 9 % en peso del aglutinante. El carbonato de magnesio puede ser mineral de carbonato de magnesio en polvo y la briqueta, después de la calcinación, puede comprender adicionalmente una o más sustancias seleccionadas entre el grupo

que consiste en: CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> y Fe<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. El aglutinante puede comprender melaza y cal hidratada. El aglutinante puede comprender dextrina combinada con agua.

El horno puede ser un horno de arco eléctrico, un horno de oxígeno básico o un alto horno.

5 En un aspecto, se proporciona una briqueta compuesta para su adición a la carga en un horno de fabricación de acero o de hierro, comprendiendo la briqueta: una cantidad de finos de carbono; un material en forma de polvo, el material seleccionado entre el grupo que consiste en: polvo de hierro y óxido de hierro, densificando el material la briqueta y suprimiendo el material la naturaleza resbaladiza de los finos de carbono; una cantidad de carbonato de magnesio; y un aglutinante.

El 50 % del peso total de la briqueta son finos de carbono, el 25 % del peso total de la briqueta es polvo de hierro y el resto del peso total de la briqueta, aparte del aglutinante, es carbonato de magnesio y piedra caliza.

15 El aglutinante puede comprender melaza y cal hidratada. El aglutinante puede comprender dextrina combinada con agua.

El horno puede ser un horno de arco eléctrico, un horno de oxígeno básico o un alto horno.

20 También se proporciona el uso de la briqueta como adición a la carga en el horno de fabricación de acero o de hierro, siendo el horno un horno de arco eléctrico, un horno de oxígeno básico.

En otro aspecto, se proporciona un método de mejora de la carga cubierta de escoria en un horno de fabricación de acero, comprendiendo el método: hacer una mezcla de: una cantidad de finos de carbono, una cantidad de polvo de hierro, una cantidad de carbonato de magnesio, una cantidad de piedra caliza y un aglutinante; comprimir una porción de dicha mezcla en un molde adecuado para fabricar una briqueta; e introducir dicha briqueta a la carga por debajo de la escoria en el horno de fabricación de acero.

30 El 50 % del peso total de la briqueta son finos de carbono, el 25 % del peso total de la briqueta es polvo de hierro y el resto del peso total de la briqueta, aparte del aglutinante, es carbonato de magnesio y piedra caliza.

El material puede ser polvo de hierro, por lo que, tras introducir la briqueta a la carga, se genera CO<sub>2</sub>, de manera que el CO<sub>2</sub> forma espuma en la escoria desde abajo.

35 El material puede ser óxido de hierro, por lo que, tras introducir la briqueta a la carga, se añade baño fundido calórico a la misma mientras se genera hierro y CO<sub>2</sub>, de manera que el CO<sub>2</sub> forma espuma en la escoria desde debajo.

40 La mezcla puede comprender del 1 al 20 % en peso del aglutinante. Preferentemente, la briqueta comprende de aproximadamente el 1 al 15 % en peso del aglutinante. Más preferentemente, la briqueta comprende aproximadamente el 5 al 15 % en peso del aglutinante, más preferentemente aproximadamente el 7 al 12 % en peso del aglutinante, mucho más preferentemente aproximadamente el 10 % en peso del aglutinante.

45 El aglutinante puede comprender melaza y cal hidratada. El aglutinante puede comprender dextrina combinada con agua.

El horno puede ser un horno de arco eléctrico o un horno de oxígeno básico.

#### Descripción detallada

50 Lo siguiente se refiere a una briqueta compuesta para su adición a la carga en un horno de fabricación de acero o de hierro y que comprende carbonato de magnesio (MgCO<sub>3</sub>).

55 Se sabe que el carbonato de magnesio se descompone térmicamente a una temperatura más baja que la dolomita (CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) y la piedra caliza (CaCO<sub>3</sub>). Específicamente, el MgCO<sub>3</sub> se descompone térmicamente en óxido de magnesio (MgO) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a aproximadamente 402 °C, mientras que el CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> y el CaCO<sub>3</sub> se descomponen térmicamente cada uno en sus óxidos constituyentes a aproximadamente el 730 °C y aproximadamente el 825 °C, respectivamente. Como resultado, cuando se añade a la carga en un horno de fabricación de acero o de hierro, el carbonato de magnesio se descompone térmicamente con mayor rapidez y más fácilmente que la piedra caliza o la dolomita.

La Tabla 1 muestra un ejemplo no limitante de una mezcla a partir de la cual puede diseñarse una briqueta:

TABLA 1:

Carbón	C	50 %
Hierro en polvo	Fe	25 %
Carbonato de magnesio	MgCO <sub>3</sub>	25 %
Total		100 %

5 En la tabla anterior, son permisibles desviaciones de los porcentajes indicados. En esta mezcla, el carbono está en forma de finos de carbono sueltos recuperados de un colector de polvo, tal como un colector de polvo de un horno de arco eléctrico y el carbonato de magnesio está en forma de mineral de carbonato de magnesio en polvo. La mezcla puede combinarse con un aglutinante adecuado, tal como, por ejemplo, melaza industrial y cal hidratada en polvo (Ca(OH)<sub>2</sub>) y el aglutinante puede representar del 1 al 20 % o más, del peso total de la briqueta.

10 El ejemplo ilustrado en la Tabla 1 especifica hierro en polvo. Sin embargo, este contenido no pretende ser restrictivo, ya que es posible usar uno o más de entre hierro, óxido de hierro, cromo, óxido de cromo, níquel y óxido de níquel para conseguir el mismo efecto. Si se usa óxido de hierro, los productos de reacción serán hierro y CO<sub>2</sub> gaseoso, así como baño fundido calórico que es resultado de la combustión del óxido de hierro. El hierro volverá al baño, aumentando de este modo su rendimiento.

15 El carbonato de magnesio podría combinarse con piedra caliza y/o dolomita, cada una de las cuales producirá CO<sub>2</sub> gaseoso. También pueden incluirse cal dolomítica (CaO·MgO), cal calcinada (CaO), cal hidratada (Ca(OH)<sub>2</sub>) y/u óxido de magnesio (MgO).

20 El horno de fabricación de hierro puede ser, por ejemplo, un alto horno. El horno de fabricación de acero puede ser, por ejemplo, un horno de arco eléctrico, un horno de oxígeno básico y similares. Preferentemente, el horno es un alto horno o un horno de arco eléctrico.

25 En su uso, la briqueta se añade a la carga en un horno de fabricación de acero o de hierro, de manera que se sumerge dentro de la carga. La briqueta se disuelve y reacciona con el contenido de la carga. El hierro en polvo vuelve al baño, aumentando de este modo su rendimiento. El carbonato de magnesio se descompone térmicamente en óxido de magnesio (MgO) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). El MgO producido es absorbido por la escoria. El CO<sub>2</sub> producido tiene el efecto de formar espuma en la escoria desde abajo, ya que la ubicación donde el CO<sub>2</sub> se genera está enterrada dentro de la carga.

30 Como se apreciará, la baja temperatura de descomposición del carbonato de magnesio permite ventajosamente aumentar el espesor de la escoria con mayor rapidez que y con menos consumo de energía que otras sustancias tales como la piedra caliza, la dolomita y similares. Como se comprenderá, la rápida formación de una escoria gruesa disminuye la cantidad de oxidación del hierro en el baño, lo que mejora el rendimiento de la reacción. De forma adicional, si el horno de fabricación de acero es un horno de arco eléctrico, el espesor aumentado de la escoria provoca que el arco se localice más fácilmente dentro del baño y debajo de la escoria, lo que mejora la eficiencia del horno de arco eléctrico y, de este modo, permite acortar los tiempos de fusión. Estas características de rendimiento ayudan a mitigar el impacto ambiental de las operaciones de fabricación de acero y hierro y conservan recursos.

40 Como se apreciará, la producción acompañante de CO<sub>2</sub> gaseoso que se produce tras la descomposición de carbonato de magnesio provoca formación de burbujas debajo de la superficie del baño, lo que provoca ventajosamente la mezcla y mejora la calidad de la escoria y, en concreto, la capacidad de formación de espuma, la consistencia y la estabilidad de la escoria.

45 Como se apreciará, la adición de MgO a la escoria da como resultado ventajosamente la formación de una capa protectora de MgO en las paredes del horno. Como se comprenderá, a medida que la masa fundida se drena del horno, la escoria entra en contacto con las superficies de las paredes del horno y deposita una capa de MgO sobre las mismas. Como resultado, se deposita automáticamente un nuevo recubrimiento refractario protector sobre las paredes del horno con cada uso, lo que elimina la necesidad de la aplicación separada de un recubrimiento protector de paredes que de otro modo formaría parte del mantenimiento habitual del horno.

55 Preferentemente, la briqueta comprende del 20 al 80 % en peso de los finos de carbono. Más preferentemente, la briqueta comprende del 30 al 70 % en peso de los finos de carbono, más preferentemente del 40 al 60 %, mucho más preferentemente aproximadamente el 45 % o aproximadamente el 50 %.

Aunque el carbono se ha descrito anteriormente como que está en forma de finos de carbono, el carbono puede estar, como alternativa, en forma de una o más sustancias carbonosas, tales como, por ejemplo, coque metalúrgico, antracita, carbón no antracítico y similares.

60 La briqueta no se limita a la composición descrita anteriormente, la briqueta puede tener, como alternativa, otras composiciones. Por ejemplo, puede añadirse carbonato de magnesio a la carga de un horno de fabricación de acero

o de hierro para mejorar la calidad de la escoria.

Por ejemplo, el mineral de carbonato de magnesio en polvo puede combinarse con un aglutinante adecuado, tal como, por ejemplo, melazas industriales y cal hidratada en polvo, y puede comprimirse en un molde adecuado para fabricar una briqueta. El aglutinante puede representar del 1 al 20 % o más del peso total de la briqueta.

La cantidad de carbonato de magnesio en la briqueta puede seleccionarse de acuerdo con las características particulares del horno y con la calidad del acero particular. Preferentemente, la briqueta comprende al menos el 15 % en peso de carbonato de magnesio. Más preferentemente, la briqueta comprende del 50 al 95 % en peso de carbonato de magnesio, aún más preferentemente del 70 al 95 % y mucho más preferentemente el 90 %.

El carbonato de magnesio podría combinarse con una o más sustancias adicionales, si se desea el ajuste de las funcionalidades de la escoria (por ejemplo, el proceso de absorción de alúmina, la desulfuración, etc.). Dichas sustancias pueden comprender, por ejemplo, piedra caliza y/o dolomita, cada una de las cuales producirá CO<sub>2</sub> gaseoso tras su descomposición y/o cualquiera de entre cal dolomítica, cal calcinada, cal hidratada y óxido de magnesio. Pueden combinarse otras sustancias más con el carbonato de magnesio. Como se comprenderá, una ventaja de usar un aglutinante que comprende cal hidratada es la adición eficiente y controlada de CaO a la escoria para el ajuste predecible de las funcionalidades de la escoria.

El horno de fabricación de hierro puede ser, por ejemplo, un alto horno. El horno de fabricación de acero puede ser, por ejemplo, un horno de arco eléctrico, un horno de oxígeno básico y similares. Preferentemente, el horno es un alto horno o un horno de arco eléctrico.

En su uso, la briqueta se añade a la carga en un horno de fabricación de acero o de hierro, de manera que se sumerge dentro de la carga. La briqueta se disuelve y reacciona con el contenido de la carga. El carbonato de magnesio se descompone térmicamente en óxido de magnesio (MgO) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). El MgO producido es absorbido por la escoria. El CO<sub>2</sub> producido tiene el efecto de formar espuma en la escoria desde abajo, ya que la ubicación donde se genera el CO<sub>2</sub> está enterrada dentro de la carga.

Puede añadirse mineral de carbonato de magnesio, en ausencia de un aglutinante, en forma granular o en polvo a la carga de un horno de fabricación de acero o de hierro para mejorar la calidad de la escoria.

La briqueta puede comprender como alternativa una mezcla de carbonato de magnesio y una o más sustancias carbonosas, tales como coque metalúrgico, finos de carbono, antracita, carbón no antracítico y similares. Por ejemplo, puede combinarse mineral de carbonato de magnesio en polvo y el coque metalúrgico en polvo con un aglutinante adecuado, tal como, por ejemplo, melaza industrial y cal hidratada en polvo, y puede comprimirse en un molde adecuado para fabricar una briqueta. El aglutinante puede representar del 1 al 20 % o más del peso total de la briqueta.

La cantidad de carbonato de magnesio en la briqueta puede seleccionarse de acuerdo con las características particulares del horno y con la calidad del acero particular. Preferentemente, la briqueta comprende al menos el 15 % en peso de carbonato de magnesio. Preferentemente, la briqueta comprende del 30 al 90 % en peso de carbonato de magnesio, más preferentemente del 40 al 90 %, mucho más preferentemente de aproximadamente el 50 a aproximadamente el 75 %.

Preferentemente, la briqueta comprende del 5 al 50 % en peso de una o más sustancias carbonosas. Más preferentemente, la briqueta comprende del 10 al 40 % en peso de una o más sustancias carbonosas, aún más preferentemente del 10 al 35 %, mucho más preferentemente aproximadamente el 14 % o aproximadamente el 30 %.

Podría combinarse una o más sustancias adicionales con el mineral de carbonato de magnesio en polvo y el coque metalúrgico en polvo, si se desea el ajuste de las funcionalidades de la escoria (por ejemplo, el proceso de absorción de alúmina, la desulfuración, etc.). Dichas sustancias pueden comprender, por ejemplo, piedra caliza y/o dolomita, cada una de las cuales producirá CO<sub>2</sub> gaseoso tras su descomposición y/o cualquiera de entre cal dolomítica, cal calcinada, cal hidratada y óxido de magnesio. Pueden combinarse otras sustancias con el carbonato de magnesio y el coque metalúrgico en polvo.

El horno de fabricación de hierro puede ser, por ejemplo, un alto horno. El horno de fabricación de acero puede ser, por ejemplo, un horno de arco eléctrico, un horno de oxígeno básico y similares. Preferentemente, el horno es un alto horno o un horno de arco eléctrico.

En su uso, la briqueta se añade a la carga en un horno de fabricación de acero o de hierro, de manera que se sumerge dentro de la carga. La briqueta se disuelve y reacciona con el contenido de la carga. El carbonato de magnesio se descompone térmicamente en óxido de magnesio (MgO) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). El MgO producido es absorbido por la escoria. El CO<sub>2</sub> producido tiene el efecto de formar espuma en la escoria desde abajo, ya que la ubicación donde se genera el CO<sub>2</sub> está enterrada dentro de la carga.

Como se apreciará, la combinación de una sustancia carbonosa con uno o más compuestos más densos, tales como carbonato de magnesio, en forma de briquetas, permite ventajosamente que el carbono se introduzca en el baño de una manera más fácil, en comparación con la adición de polvo carbonoso suelto y, por tanto, aumenta la eficiencia de la adición de carbono. Esta mayor eficiencia en la adición de carbono permite ventajosamente que la composición final de carbono en el baño y en la escoria se prevea con mayor precisión.

Aunque el aglutinante se ha descrito anteriormente como que comprende melazas industriales y cal hidratada, el aglutinante puede comprender como alternativa dextrina y agua, que pueden combinarse, por ejemplo, en una relación de peso de 7:3. Pueden usarse como alternativa otros aglutinantes adecuados.

La briketa puede comprender del 1 al 20 % o más, en peso, del aglutinante. Preferentemente, la briketa comprende del 1 al 15 % en peso del aglutinante. Más preferentemente, la briketa comprende del 5 al 15 % en peso del aglutinante, más preferentemente del 7 al 12 %, más preferentemente del 10 %.

Aunque el carbonato de magnesio en polvo se ha descrito anteriormente como que está en forma de mineral de carbonato de magnesio en polvo, pueden usarse como alternativa otras fuentes adecuadas de carbonato de magnesio.

La briketa descrita anteriormente puede fabricarse a partir de polvos que tengan tamaños de partícula dentro de cualquier intervalo adecuado.

Los siguientes ejemplos ilustran diversas aplicaciones de la presente invención.

#### Ejemplo 1

En este ejemplo, se fabricó una briketa que tenía la composición que se muestra en la Tabla 2:

TABLA 2:

Finos de carbono	43,6 %
Fe	22,1 %
Dolomita	24,3 %
Melaza	6,0 %
Cal (hid.)	4,0 %

La briketa se formó proporcionando una mezcla de finos de carbono sueltos (intervalo de tamaño de partícula de aproximadamente 0,8 a aproximadamente 1,0 mm) recuperados de un colector de polvo de un horno de arco eléctrico, hierro en polvo (intervalo de tamaño de partícula de aproximadamente 0,4 a aproximadamente 0,6 mm) y un mineral de dolomita en polvo (intervalo de tamaño de partícula de aproximadamente 0,8 a aproximadamente 4,8 mm), junto con un aglutinante que consiste en una mezcla de melaza industrial y cal hidratada en polvo.

Como se comprenderá, el hierro en polvo podría reemplazarse por óxido de hierro en polvo ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), que producirá  $\text{CO}_2$  gaseoso y contribuirá al efecto de formación de espuma descrito anteriormente.

La briketa tenía la composición posterior a la calcinación que se muestra en la Tabla 3:

TABLA 3:

C	43,7 %
Fe	22,5 %
CaO	12,2 %
MgO	6,6 %
S	2,9 %
P.P.I.	12,1 %

La pérdida por ignición (P.P.I) se atribuye principalmente a la descomposición de la dolomita y el aglutinante utilizado. La capa de CO y  $\text{CO}_2$  producida protegerá el baño de la oxidación y potenciará el rendimiento de carbono.

El proceso de fabricación mediante el cual se forma la briketa tiene el efecto de densificación, con los siguientes valores típicos: el carbón suelto antes de la compresión tiene una densidad de aproximadamente 0,63 a 0,65 g/cm<sup>3</sup>. Si una briketa se fabrica solamente a partir de carbón suelto, la densidad puede elevarse al intervalo de 1,6 a 1,75 g/cm<sup>3</sup>. Sin embargo, el uso de la formulación proporcionada al principio de este ejemplo y la compresión de la formulación proporcionarán una densidad en el intervalo de 2,4 a 2,6 g/cm<sup>3</sup>.

La densificación debida a la compresión tiene el efecto de aumentar la eficiencia de la adición de carbono, puesto

que se permite que el carbono penetre en el baño, en lugar de simplemente flotar sobre el baño.

**Ejemplo 2**

- 5 En este ejemplo, se fabricó una briqueta que tenía la composición posterior a la calcinación que se muestra en la Tabla 4:

TABLA 4:

MgO	92,19 %
CaO	2,46 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,85 %
SiO <sub>2</sub>	2,58 %
TiO <sub>2</sub>	0,14 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,71 %
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,02 %
MnO	0,05 %
S	<0,001 %
Humedad	1,0 %
Total	100 %

- 10 La briqueta se formó proporcionando una mezcla de mineral de carbonato de magnesio en polvo (intervalo de tamaño de partícula de aproximadamente 0,8 a aproximadamente 4,8 mm) y un aglutinante, combinados en una relación de peso de 90:10, y comprimiendo la mezcla en un molde adecuado. El aglutinante era una mezcla de melazas industriales y cal hidratada en polvo, combinadas en una relación de peso de 3:2.
- 15 La briqueta tenía una forma en general cuadrada y un tamaño de aproximadamente 40 mm por lado, con una densidad de 2,18 g/cm<sup>3</sup> y un color blanco. La briqueta tenía un valor de P.P.I. del 35,0 %, que se atribuye principalmente a la descomposición del carbonato de magnesio y el aglutinante. En concreto, el valor de P.P.I. de la briqueta es más bajo que el valor de P.P.I. del polvo no unido del Ejemplo 3.
- 20 La briqueta se usó durante reacciones en un horno de arco eléctrico de 125 toneladas. En la Tabla 5 se muestra un resumen del rendimiento de la briqueta ("Briqueta A") durante las reacciones. A modo de comparación, también se muestra un resumen del rendimiento de un aditivo convencional estándar, en concreto, ladrillo triturado ("práctica convencional"), durante las reacciones:

25

TABLA 5:

	Práctica convencional	Briqueta A	Diferencia
Número de hornadas	44	11	
Cantidad añadida (lb)	3500 (1587,57 kg)	3500 (1587,57 kg)	
MgO real añadido (lb)	3220 (1460,57 kg)	2100 (952,54 kg)	-34,78 %
MgO promedio en solución (%)	8,79 ± 1,75	9,20 ± 1,88	+4,66 %
Briqueta A con 1ª carga (%)		10,69 ± 1,80	
Briqueta A con 2ª carga (%)		7,95 ± 0,62	

- Como puede observarse, el uso de Briqueta A da como resultado una reducción del MgO real añadido de aproximadamente el 35 %, aumentando al mismo tiempo ventajosamente el MgO promedio en la escoria en aproximadamente el 4,5 %. La cantidad de MgO en la escoria fue aproximadamente un 34 % más alta cuando la Briqueta A se añadió con la primera carga (es decir, cuando existía poca o ninguna capa de escoria anteriormente) que cuando la Briqueta A se añadió con la segunda carga.
- 30

La descomposición del carbonato de magnesio dentro de la Briqueta A produce partículas finas activas de MgO, que son absorbidas por la escoria. Cuando se añadieron Briquetas A y las briquetas penetraron la escoria de manera de quedar enterradas en la carga, se observó que se formaron pequeñas burbujas de CO<sub>2</sub>.

35

La composición promedio de la escoria después de las reacciones, en porcentaje en peso, se muestra en la Tabla 6:



TABLA 6:

	Práctica convencional	Briqueta A	Diferencia
CaO	36,07 ± 3,72	36,41 ± 3,04	+ 0,93 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,99 ± 1,98	7,68 ± 0,99	+ 9,87 %
SiO <sub>2</sub>	11,83 ± 3,75	13,23 ± 1,44	± 11,83 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	27,71 ± 7,32	24,59 ± 5,53	-11,26 %
Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,46 ± 1,03	5,31 ± 0,37	-2,82 %

5 Como puede observarse, el uso de Briqueta A da como resultado una reducción del contenido de hierro de la escoria en más del 11 %, en comparación con la práctica convencional. Esto puede atribuirse a la capacidad del carbonato de magnesio para descomponerse rápidamente y contribuir a o formar la escoria, lo que permite que se forme una barrera protectora más rápidamente sobre la superficie del baño. Como resultado, se oxida menos hierro en el baño durante la reacción, lo que aumenta ventajosamente el rendimiento de la reacción.

10 Durante el ensayo, se realizaron 22 hornadas con ladrillo triturado, seguidas de 11 hornadas con Briqueta A, seguidas de 22 hornadas con ladrillo triturado. El rendimiento operativo del horno de arco eléctrico de 125 toneladas, antes, durante y después de la adición de Briqueta A se muestra en la Tabla 7:

TABLA 7:

	Práctica convencional (antes del ensayo)	Práctica convencional (después del ensayo)	Práctica convencional (promedio)	Briqueta A
Uso de energía (KWh/T)	427,0 ± 24,1	428,0 ± 14,4	427,5	420,0 ± 9,9

15 Como puede verse, la cantidad de potencia requerida para la reacción es menor cuando se usa Briqueta A, en comparación con la práctica convencional.

#### Ejemplo 3

20 El carbonato de magnesio puede añadirse como alternativa a la carga en forma de un polvo no unido. Se usó un mineral de carbonato de magnesio en polvo no unido (intervalo de tamaño de partícula de aproximadamente 0,8 a aproximadamente 4,8 mm) que tiene la composición de post calcinación que se muestra en la Tabla 8:

TABLA 8:

MgO	97,0 %
CaO	2,0 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,2 %
SiO <sub>2</sub>	0,3 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,5 %
Total	100 %

25 El polvo no unido tenía una densidad de 2,28 g/cm<sup>3</sup> y un color blanco.

El polvo no unido se usó durante una reacción en un horno de arco eléctrico de 125 toneladas.

30 El polvo no unido tenía un valor de P.P.I. del 51,1 %. Notablemente, el valor de P.P.I. del polvo no unido es superior al valor de P.P.I. de la briqueta del Ejemplo 2.

#### Ejemplo 4

35 En este ejemplo, se fabricó una briqueta que tenía la composición que se muestra en la Tabla 9:

TABLA 9:

Coque metalúrgico	30,3 %
MgO	9,1 %
MgCO <sub>3</sub>	51,6 %
Melaza	5,4 %
Cal (hid.)	3,6 %

40 La briqueta se formó proporcionando una mezcla de coque metalúrgico en polvo (intervalo de tamaño de partícula de aproximadamente 0,8 a aproximadamente 1,0 mm), óxido de magnesio en polvo (intervalo de tamaño de

partícula de aproximadamente 0,4 a aproximadamente 0,6 mm) y mineral de carbonato de magnesio en polvo (intervalo de tamaño de partícula de aproximadamente 0,8 a aproximadamente 4,8 mm), junto con un aglutinante que consiste en una mezcla de melaza industrial y cal hidratada en polvo.

- 5 La briqueta tenía una forma en general cuadrada y un tamaño de aproximadamente 54 mm por lado, con una densidad de aproximadamente 2,0 g/cm<sup>3</sup> y un color negro.

La briqueta tenía la composición posterior a la calcinación que se muestra en la Tabla 10:

10

TABLA 10:

C	28,7 %
Fe	0,5 %
CaO	3,5 %
MgO	35,3 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,5 %
SiO <sub>2</sub>	1,7 %
N	0,1 %
P.P.I.	29,7 %

La briqueta tenía un valor P.P.I. del 29,7 %, lo que se atribuye principalmente a la descomposición del carbonato de magnesio y del aglutinante.

- 15 La densidad de la briqueta, es decir, 2,0 g/cm<sup>3</sup>, es superior a la del coque metalúrgico en polvo suelto, que tiene una densidad de aproximadamente el 0,5 g/cm<sup>3</sup>. Como se apreciará, la densidad superior de la briqueta tiene el efecto de aumentar la eficiencia de la adición de carbono, puesto que se permite que el carbono penetre en el baño, en lugar de simplemente flotar sobre el baño.

## 20 Ejemplo 5

En este ejemplo, se fabricó una briqueta que tenía la composición que se muestra en la Tabla 11:

TABLA 11:

Coque metalúrgico	14,0 %
MgCO <sub>3</sub>	76,0 %
Melaza	6,0 %
Cal (hid.)	4,0 %

25

La briqueta se formó proporcionando una mezcla de coque metalúrgico en polvo (intervalo de tamaño de partícula de aproximadamente 0,8 a aproximadamente 1,0 mm) y mineral de carbonato de magnesio en polvo (intervalo de tamaño de partícula de aproximadamente 0,8 a aproximadamente 4,8 mm), junto con un aglutinante que consiste en una mezcla de melaza industrial y cal hidratada en polvo.

30

La briqueta tenía una forma en general cuadrada y un tamaño de aproximadamente 54 mm por lado, con una densidad de aproximadamente 2,0 g/cm<sup>3</sup> y un color negro.

La briqueta tenía la composición posterior a la calcinación que se muestra en la Tabla 12:

35

TABLA 12:

c	14,1 %
FeO	0,2 %
CaO	3,4 %
MgO	38,7 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,1 %
SiO <sub>2</sub>	0,6 %
N	0,1 %
P.P.I.	42,8 %

La briqueta tenía un valor de P.P.I. del 42,8 %, que se atribuye principalmente a la descomposición del carbonato de magnesio y del aglutinante.

40

La densidad de la briqueta, es decir, 2,0 g/cm<sup>3</sup>, es superior a la del coque metalúrgico en polvo suelto, que tiene una

densidad de aproximadamente el 0,5 g/cm<sup>3</sup>. Como se apreciará, la densidad superior de la briqueta tiene el efecto de aumentar la eficiencia de la adición de carbono, puesto que se permite que el carbono penetre en el baño, en lugar de simplemente flotar sobre el baño.

- 5 Aunque se han descrito realizaciones anteriormente, los expertos en la materia apreciarán que pueden realizarse variaciones y modificaciones sin apartarse del alcance de las mismas como se definen en las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Una briqueta compuesta para su adición a la carga en un horno de fabricación de acero, comprendiendo la briqueta:
- 5 una cantidad de finos de carbono;  
una cantidad de polvo de hierro;  
una cantidad de carbonato de magnesio;  
una cantidad de piedra caliza; y
- 10 un aglutinante,  
en donde el 50 % del peso total de la briqueta es de finos de carbono, el 25 % del peso total de la briqueta es polvo de hierro y el resto del peso total de la briqueta, aparte del aglutinante, es carbonato de magnesio y piedra caliza.
- 15 2. La briqueta de la reivindicación 1, en donde la briqueta comprende del 1 al 10 % en peso del aglutinante.
3. La briqueta de las reivindicaciones 1 o 2, en la que el aglutinante comprende melaza y cal hidratada.
4. Uso de la briqueta de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 como adición a la carga en el horno de fabricación de acero, siendo el horno un horno de arco eléctrico o un horno de oxígeno básico.
- 20 5. Un método de mejora de la carga cubierta de escoria en un horno de fabricación de acero, comprendiendo el método:
- 25 hacer una mezcla de: una cantidad de finos de carbono, una cantidad de polvo de hierro, una cantidad de carbonato de magnesio, una cantidad de piedra caliza y un aglutinante, en la que el 50 % del peso total de la briqueta son finos de carbono, el 25 % del peso total de la briqueta es polvo de hierro y el resto del peso total de la briqueta, aparte del aglutinante, es carbonato de magnesio y piedra caliza;
- 30 comprimir una porción de dicha mezcla en un molde adecuado para fabricar una briqueta; e introducir dicha briqueta a la carga por debajo de la escoria en el horno de fabricación de acero.
6. El método de la reivindicación 5, en el que la mezcla comprende del 1 al 10 % en peso del aglutinante.
7. El método de las reivindicaciones 5 o 6, en el que el aglutinante comprende melaza y cal hidratada.