

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 972 009**

51 Int. Cl.:

**C21B 5/02** (2006.01)

**C08J 11/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.03.2020 PCT/IT2020/050064**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.09.2020 WO20188615**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.03.2020 E 20718834 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.11.2023 EP 3942081**

54 Título: **Método para la producción de productos metálicos a partir de material ferroso, mediante un horno de arco eléctrico**

30 Prioridad:

**20.03.2019 IT 201900004029**

**13.05.2019 IT 201900006770**

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

**10.06.2024**

73 Titular/es:

**I.BLU S.R.L. (100.0%)**

**Via Basaldella, 86**

**33037 Pasian di Prato, IT**

72 Inventor/es:

**GOSPARINI, PAOLO;**

**BOTTOLO, MIRKO y**

**GOSPARINI, ELIA**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 972 009 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**

Método para la producción de productos metálicos a partir de material ferroso, mediante un horno de arco eléctrico

5 Campo de la invención

Las realizaciones aquí descritas se refieren a un método para la producción de productos metálicos a partir de material ferroso, mediante un horno de arco eléctrico, y al uso de un material polimérico en dicho método.

10 Antecedentes de la invención

Se conocen métodos de hierro y acero para producir productos metálicos fundiendo material ferroso posconsumo.

Estos métodos normalmente proporcionan un ciclo térmico que consta de tres macropasos:

15

- precalentar el material ferroso;

- fusionar el material ferroso, en la que se obtiene un baño fundido de material metálico fundido;

20

- refinar el material metálico fundido, en donde se obtiene el producto final de metal fundido.

Aguas arriba y aguas abajo de estas etapas, típicamente se proporciona respectivamente el suministro del material ferroso y la fundición del producto de metal fundido.

25

Se sabe que la transición del material ferroso del estado sólido al estado líquido se produce a altas temperaturas, que varían de acuerdo con el tipo de material ferroso utilizado, y típicamente del orden de varios cientos, hasta miles, de grados centígrados.

30

En estos métodos es conocida la utilización de hornos de arco eléctrico para proporcionar el calor y por lo tanto la energía térmica necesaria para realizar esta transición.

Los hornos de arco eléctrico, por ejemplo, comprenden un crisol, en donde se carga el material ferroso a fundir, y electrodos, que pueden ser de tipo variable, por ejemplo de grafito, y que pueden estar dispuestos de forma variable de acuerdo con las diferentes configuraciones del horno.

35

A modo de ejemplo, el funcionamiento de los hornos de arco eléctrico se basa en la ignición de un arco eléctrico entre los electrodos del interior del crisol, el cual interactúa con el material ferroso mediante diferentes mecanismos.

40

El arco eléctrico puede alcanzar temperaturas muy elevadas, del orden de miles de grados, pudiendo por ejemplo alcanzar incluso 11000 °C, para proporcionar al material ferroso la energía térmica necesaria para llevarlo al estado líquido y redefinir sus características químico-físicas.

45

Por su disposición y por su mecanismo de funcionamiento se conocen diferentes tipos de hornos de arco eléctrico, que comprenden, por ejemplo, hornos monofásicos, hornos trifásicos, hornos de arco directo, hornos de arco indirecto y hornos de arco de resistencia.

50

También es conocido el uso de quemadores en el interior del crisol del horno de arco eléctrico, para desencadenar procesos de combustión que aportan energía y calor adicional al material ferroso, promoviendo la transición de fase al estado líquido.

55

En estos casos, en las etapas de precalentamiento y fusión del material ferroso, se genera calor por la acción combinada del arco eléctrico y los quemadores.

60

Normalmente, los quemadores pueden configurarse como lanzas que introducen directamente corrientes combinadas de oxígeno y combustibles en el crisol, tales como derivados del petróleo, derivados del coque, polvo de coque, hidrógeno, gas natural, gas de síntesis.

65

También se sabe que un parámetro clave en estos procesos de acero es la calidad del acero del producto metálico final.

70

En particular, se sabe que en el refinado del material metálico fundido, se prevé el uso de fuentes de carbono, adecuadas para generar un agente reductor capaz de reducir los óxidos de hierro presentes en el baño fundido de material metálico fundido.

75

Normalmente, las fuentes de carbono pueden incluir fuentes fósiles tradicionales, antracita, coque MET, PCI (carbón pulverizado inyectado), GPC (coque de petróleo verde).

A modo de ejemplo, las fuentes de carbono pueden reaccionar con oxígeno generando óxidos de carbono, incluido monóxido de carbono.

5 El monóxido de carbono puede reaccionar entonces con los óxidos de hierro, reduciéndolos y obteniendo así hierro metálico.

Las reacciones pueden ocurrir en diferentes modos e involucrar diferentes especies químicas de acuerdo con las condiciones en las que ocurren.

10 A modo de ejemplo, en rangos de temperatura comprendidos entre 900-1100 °C, se puede producir la reducción de FeO a Fe metálico, mientras que a temperaturas más bajas se pueden producir reacciones de reducción de los óxidos de hierro con alto número de oxidación (por ejemplo Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> y Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), puede ocurrir, produciendo óxidos de hierro con un número de oxidación más bajo (por ejemplo FeO).

15 Se sabe que en algunos casos y de acuerdo con los requisitos, las fuentes de carbono también se pueden utilizar como combustible en las etapas de precalentamiento y fusión.

20 Por lo tanto, una primera desventaja de estos métodos es que la generación del agente reductor, así como la combustión en las etapas de precalentamiento y fusión, requiere el uso de derivados de combustibles fósiles, con las consiguientes desventajas.

25 Por ejemplo, aunque el coque es un buen combustible, con un poder calorífico de alrededor de 26 MJ/Kg, tiene desventajas relacionadas con los costes y el impacto ambiental de los procesos de extracción y las plantas de procesamiento, como por ejemplo las coquerías.

Se sabe también que estos combustibles fósiles pueden contener frecuentemente compuestos de azufre o de nitrógeno que, tras su combustión, liberan sustancias contaminantes a la atmósfera.

30 También existen desventajas si se utiliza gas natural y/o metano como combustible y/o como fuente de carbono.

En efecto, el gas natural, aunque se caracteriza por un excelente poder calorífico, superior a 30 MJ/m<sup>3</sup>, y por una reducida presencia de contaminantes a base de azufre, presenta importantes costes de extracción y desventajas relacionadas con su transporte.

35 Estos inconvenientes pueden estar relacionados, por ejemplo, con la disponibilidad de gasoductos y/o con la necesidad de licuar el gas para transportarlo en metaneros y posteriormente regasificarlo.

40 También es conocido el uso de fuentes de carbono alternativas, de modo que se pueda reducir la cantidad de fuentes fósiles introducidas en el proceso. Estas fuentes alternativas pueden permitir una reducción en la cantidad de carbono procesado, pero también tienen importantes desventajas de acuerdo con el tipo de material utilizado.

45 Por ejemplo, por el documento US-B-5.322.544, se conoce el uso de ELT (neumáticos fuera de uso), neumáticos triturados a los que se les ha eliminado la parte de fibra textil/acero, como sustituto de la carga de antracita e Insuflado dependiendo del tamaño. Este tiene un poder calorífico similar al de la antracita y tiene un menor contenido de carbono a favor del porcentaje de hidrógeno. Sin embargo, existen diversos problemas relacionados con la presencia de azufre, ya que se trata de caucho vulcanizado. Esto limita las posibilidades de utilización de esta fuente de carbono dado el problema relacionado con la formación de compuestos químicos azufrados como el SO<sub>2</sub> o ácidos ternarios como el H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

50 El uso de ASR (Residuos Triturados de Automoción) como sustituto de fuentes fósiles también se conoce por el documento US-A-2019/0046992. Los ASR son una fracción de la trituración de los llamados ELV (vehículos fuera de uso) tras la eliminación de las fracciones reciclables como bolsas de aire, baterías, ruedas, correas. Este es de tamaño variable, pulverizado o briquetado, y puede utilizarse en sustitución de la antracita, sin embargo esta práctica presenta importantes inconvenientes. En particular, su poder calorífico es inferior al de la antracita (15-25 MJ/kg), tiene un contenido decididamente elevado en cenizas (10-25 %), metales pesados y una composición química no constante con una variabilidad muy elevada. A continuación se muestra un ejemplo de la variabilidad de la composición química en múltiples muestras del mismo tamaño de ASR:

%	Método	Fracción ligera	Fracción pesada
Ceniza	CNR IRSA 2 Q 64 VOL 2 1984	23	12.2
Cl	UNI EN 15408:2011	1.2	1.8
S	UNI EN 15408:2011	0.23	0.4
H	UNI EN 15407:2011	6.21	9.1
N	UNI EN 15407:2011	1.41	4.2
C	UNI EN 15407:2011	47.7	58.2
Materia volátil	ASTM D5142	72	84.8

La fuerte variabilidad de los análisis en cuestión invalida el rendimiento del ASR en el proceso del acero, ya que la composición química inconstante no permite garantizar rendimientos constantes en el interior del horno. En particular, algunos parámetros, como la elevada presencia de cenizas, afectan negativamente a la eficiencia energética del proceso de fusión, ya que aumentan su consumo específico. Además, las reacciones de gasificación y volatilización del ASR son violentas y rápidas, por lo que no permiten gestionar eficientemente la entrada de productos químicos en el horno, y hacen que los perfiles de temperatura de los humos/paneles alcancen picos provocados por la cantidad de energía térmica no absorbida por el baño/desecho. Además, el porcentaje de cloro está descontrolado, ya que actualmente no se conoce ninguna técnica para seleccionar con precisión cada elemento presente en el ASR, y puesto que cada chatarra triturada es diferente de acuerdo con el vehículo y la tapicería interior típica. Además, la presencia no constante y/o controlada de cloro limita el uso de ASR dada la criticidad ligada a la formación de dioxinas/sales/ácido clorhídrico en el ciclo de producción del acero. Estos efectos comprometen sus beneficios como fuente sustitutiva de las fuentes fósiles tradicionales e implican, frente al coque, la necesidad de incrementar el aporte energético al baño a través de gas natural y oxígeno, incrementando el consumo tradicional. El uso de HDPE, posiblemente mezclado con coque MET, también se conoce por el documento V. Sahajwalla et al., "Recycling Waste Plastics in EAF Steelmaking: Carbon/Slag Interactions of HDPE-Coke Blends", Steel Research International, Verlag Stahleisen GmbH., Düsseldorf, DE, vol. 80, núm. 8, 1 de agosto de 2009. Esta solución tiene el inconveniente de que el HDPE tiene entre un 27 % y un 30 % de cenizas residuales. En consecuencia, aunque el uso de HDPE puede aportar beneficios a la espumación de la escoria, la práctica está limitada por el bajo poder calorífico y por la elevada cantidad de residuos de combustión (cenizas), que aumentan, también en este caso, el consumo energético del horno.

El documento CN-A-106350635 describe el uso combinado de ELT y residuos plásticos genéricos, pulverizados y utilizados de forma combinada, pero con el límite técnico/de aplicación de utilizar 379kg/cesta de residuos plásticos genéricos, 406kg/cesta de ELT y 462 kg/cesta de coque. El uso de esta mezcla también se limita al único efecto espumante de la escoria, debido a los límites químicos de la mezcla ELT-residuos plásticos. En particular, un problema con el uso de ELT reside en el porcentaje de azufre, incluso superior al 1 % en peso.

El documento US-A-2011/0239822 describe el uso, en el proceso de producción de ferroaleaciones, de una fuente de carbono y un polímero que contiene carbono, comprendiendo este último uno o más tipos de caucho (sintético o natural) y otros polímeros tales como PP, PS, polibutadieno estireno y APS, para inflar la escoria. La limitación técnica que se deriva de esta práctica deriva del hecho de que no existen otros beneficios adicionales al efecto espumante, y que no es posible sustituir la mezcla coque/antracita utilizada por más del 60 %.

Existe por lo tanto la necesidad de perfeccionar los procesos de hierro y acero que utilizan hornos de arco eléctrico y por lo tanto poner a disposición un método para la producción de productos metálicos a partir de material ferroso, mediante un horno de arco eléctrico, que pueda superar al menos una de las desventajas del estado de la técnica.

En particular, un propósito de la presente invención es por lo tanto proporcionar un método que elimine, o al menos reduzca, la necesidad de suministrar materiales provenientes de fuentes fósiles en los procesos de hierro y acero que utilizan hornos de arco eléctrico.

Otro propósito de la presente invención es también proporcionar un método que reduzca los costes de energía asociados con la producción, procesamiento y combustión de fuentes fósiles.

Otro propósito de la presente invención es reducir los costes asociados con el suministro de combustibles y/o fuentes de carbono en los procesos de hierro y acero que utilizan hornos de arco eléctrico.

Otro propósito de la presente invención es reducir el impacto ambiental de los procesos de hierro y acero que utilizan hornos de arco eléctrico.

Otro propósito de la presente invención es aumentar la disponibilidad de combustibles y/o fuentes de carbono adecuadas para ser utilizadas en procesos de hierro y acero que utilizan hornos de arco eléctrico.

Otro propósito de la presente invención es proporcionar combustibles y/o fuentes de carbono que tengan una composición química controlada, con una baja fracción de sustancias contaminantes, por ejemplo a base de azufre y cloro, reduciendo las emisiones contaminantes propias de las prácticas mencionadas arriba.

Otro propósito de la presente invención es proporcionar un combustible y/o una fuente de carbono que tenga características de densidad y morfología adecuadas para ser introducidas en el horno de arco eléctrico mediante quemadores y/o lanzas de introducción.

Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un producto polimérico que pueda sustituir, incluso completamente, la fuente de carbono tradicional utilizada, por ejemplo la antracita.

Otro propósito de la presente invención es proporcionar una fuente controlada de carbono e hidrógeno con características constantes encaminadas a estabilizar el proceso de hierro y acero y superar los límites del estado actual de la técnica que se derivan del uso de fuentes alternativas a las fuentes fósiles.

El Solicitante ha ideado, probado y puesto en práctica la presente invención para superar las deficiencias del estado de la técnica y obtener estos y otros propósitos y ventajas.

Resumen de la invención

5 La presente invención se expone y caracteriza en las reivindicaciones independientes. Las reivindicaciones dependientes describen otras características de la presente invención o variantes a la idea inventiva principal.

10 De acuerdo con los propósitos anteriores, las realizaciones de la presente invención se refieren a un método para la producción de productos metálicos a partir de material ferroso, por medio de un horno de arco eléctrico, que comprende:

15 - precalentar y fundir el material ferroso por la acción combinada del arco eléctrico del horno de arco eléctrico, y de la combustión de un combustible, en la que el material ferroso se transforma en un material metálico fundido;

- refinar el material metálico fundido, que se transforma en un producto metálico fundido mediante la acción de un agente reductor generado a partir de fuentes de carbono;

20 en donde se usa un material polimérico en el reemplazo al menos parcial del combustible para el precalentamiento y la fusión y/o las fuentes de carbono para el refinado.

La presente invención también se refiere al uso de un material polimérico en un método para la producción de productos metálicos a partir de material ferroso, mediante un horno de arco eléctrico, que comprende:

25 - precalentar y fundir el material ferroso por la acción combinada del arco eléctrico del horno de arco eléctrico y de la combustión de un combustible, en donde el material ferroso se transforma en un material metálico fundido;

30 - refinar el material metálico fundido, que se transforma en un producto metálico fundido mediante la acción de un agente reductor generado a partir de fuentes de carbono;

en donde se utiliza un material polimérico en sustitución al menos parcial del combustible para el precalentamiento y fusión y/o de las fuentes de carbono para el refinado.

35 El material polimérico mencionado anteriormente procede de residuos, de desechos o del reciclaje, en particular de residuos domésticos, urbanos y/o industriales.

El material polimérico anterior comprende dos o más de: polietileno (PE), polipropileno (PP), tereftalato de polietileno (PET), polietileno de alta densidad (HDPE), polietileno de baja densidad (LDPE), o combinaciones de los mismos.

40 El material polimérico anterior tiene un poder calorífico no inferior a 30 MJ/Kg, referido a la muestra seca después de 4 horas de secado a 105 °C.

El material polimérico anterior comprende una fracción polimérica al menos superior al 50 % en peso de la muestra seca.

45 De acuerdo con algunas realizaciones, el material polimérico como el anterior tiene un residuo de ceniza a 550 °C inferior al 8 %, en particular inferior al 7 %, más en particular inferior al 6 %, incluso más en particular inferior al 5 %, evaluado de acuerdo con el método CNR IRSA 2 Q64 Vol. 2 de 1984, u otra norma internacional reconocida equivalente. Por ejemplo, el contenido de residuos de cenizas puede estar entre 2.5 % y 8 %, en particular entre 2.5 % y 7 %, más en particular entre 2.5 % y 6 %, incluso más en particular entre 2.5 % y 5 %.

De acuerdo con algunas realizaciones, el material polimérico anterior comprende un contenido de cloro no superior al 2 %, referido a la muestra seca después de 4 horas de secado a 105 °C.

55 El material polimérico anterior comprende un contenido de azufre no superior a 5000 mg/kg, de acuerdo con el método DIN 51724-3 (2012-07), u otra norma internacional reconocida equivalente.

Por lo tanto, el Solicitante ha desarrollado un material polimérico sustancialmente diferente del estado de la técnica, en particular para su uso en hornos metalúrgicos tales como un horno de arco eléctrico.

60 En particular, para obtener el material polimérico utilizado aquí, se puede utilizar un flujo seleccionado de polímeros, que puede estar formado, por ejemplo, por dos o más de: Polietileno (PE), Polipropileno (PP), Tereftalato de polietileno (PET), Polietileno de Alta Densidad. El polietileno (HDPE), el polietileno de baja densidad (LDPE), o sus combinaciones, en contenidos al menos superiores al 50 %, se somete primero a un proceso de eliminación de contaminantes, como fracciones extrañas que contienen cloro/metales pesados y polímeros como el PVC no apto para el proceso de hierro y acero, por ejemplo por acción de lectores ópticos o flotación en aire/agua. Esto permite superar las limitaciones técnicas derivadas del alto porcentaje de azufre, cloro y cenizas. Gracias a la selección de las matrices

poliméricas descritas anteriormente, también es posible aumentar radicalmente el poder calorífico, de modo que no sea inferior a 30 MJ/kg, ventajosamente incluso muy por encima de 35 MJ/kg. Además, al elaborar el material polimérico mediante selección como se describe anteriormente, la composición química del mismo se vuelve constante, garantizando la continuidad del rendimiento del horno EAF.

5 Por lo tanto, usando un flujo seleccionado de polímeros como se describió ventajosamente anteriormente para obtener el material polimérico descrito aquí, es posible obtener ventajosamente un porcentaje bajo de cloro, azufre, residuo (cenizas), un poder calorífico alto y bajo, y una composición química constante, con las consiguientes ventajas aquí descritas.

10 Ventajosamente, en algunas realizaciones el material polimérico utilizado en las realizaciones aquí descritas se densifica, es decir, se somete a densificación. Aquí, en la presente descripción y en las reivindicaciones, con el término densificación nos referimos a cualquier proceso de reducción volumétrica que pueda atribuirse a aglomeración, conglomeración, extrusión, peletización, homogeneización y estirado de manera que se obtengan productos con una  
15 forma física que pueda ser rastreada a briquetas, aglomerados, escamas, gránulos, conglomerados y productos densificados. La densificación permite obtener un material polimérico densificado que ha sido homogeneizado. La densificación permite eliminar las inclusiones gaseosas, reduciendo como consecuencia la emisión no deseada de sustancias gaseosas en los pasos posteriores de procesamiento en el horno de arco eléctrico, reducir la humedad y aumentar la densidad y estratificación del material polimérico. En particular, el resultado de la operación de densificación del material polimérico permite una volatilización gradual y controlada de CO y H<sub>2</sub>, de modo que el material polimérico permanece en el horno EAF por más tiempo, evitando una gasificación violenta en las primeras etapas del ciclo de fusión. Una consecuencia directa es la liberación gradual de energía térmica, que puede ser procesada por el EAF y no disipada en paneles/humos; esto permite un aumento en la eficiencia del proceso.

25 A diferencia de otras prácticas que proporcionan mezclas de HDPE y coque o ELT, plásticos y coque o plásticos y ELT, el material polimérico así densificado permite poder sustituir, incluso completamente, el coque/antracita normalmente utilizado, por lo tanto con una proporción de sustituto que puede incluso llegar a 1:1. Además, la liberación constante y progresiva de CO-H<sub>2</sub> tras la densificación permite, además de espumar la escoria, obtener dos efectos igualmente importantes: uno es el efecto protector del baño y el otro es el efecto de sustitución de las ferroaleaciones. Normalmente, de hecho, en el estado de la técnica la liberación violenta de CO-H<sub>2</sub>, y la baja permanencia en el baño, no permitirían la protección homogénea de los porcentajes de determinados elementos del acero en el baño durante el ciclo de fusión, como por ejemplo, de acuerdo con el tipo de acero producido, Cr, Fe, Si. Esta característica es típica de los productos no densificados y/o pulverizados utilizados en el estado de la técnica, cuyo uso se limita únicamente a la espumación de la escoria, siendo necesario aún el uso de antracita cargada en la cesta y/o inyectada; por esta razón, en el estado de la técnica es de hecho imposible sustituir completamente la coque. En cambio, en la presente invención, gracias a la forma física densificada, el material polimérico densificado permanece por mucho tiempo y libera gradualmente CO-H<sub>2</sub> impidiendo la oxidación de los elementos típicos a conservar en el baño, logrando así el efecto protector. En consecuencia, al no ser necesario desoxidar los elementos oxidados en la escoria, es posible reducir el uso de ferroaleaciones y, por tanto, el material polimérico es de hecho un sustituto de las mismas.

40 Por lo tanto, el aumento de la eficiencia del proceso de fusión en el horno de arco es posible, en comparación con el estado de la técnica, gracias al uso del material polimérico aquí descrito. La diferenciación respecto al estado de la técnica mediante el uso del material polimérico aquí descrito se resume en lo siguiente:

- 45 - reducción del porcentaje de azufre y cloro;
- aumento del poder calorífico;
- reducción del porcentaje de cenizas;
- 50 - constancia de la composición química;
- uso del material polimérico en forma densificada, donde la densificación asegura una volatilización gradual en el baño;
- 55 - efecto protector y efecto reemplazante de ferroaleaciones;
- eficiencia de la transferencia de energía a la chatarra;
- 60 - posibilidad de sustitución completa de la antracita y del polvo de inyección normalmente utilizado, pudiendo así alcanzar una proporción de sustitución incluso de 1:1.

65 El Solicitante también ha descubierto que el uso del material polimérico de acuerdo con la presente invención actúa como estabilizador del método para la producción de productos metálicos a partir de material ferroso, por medio de un horno de arco eléctrico, observando en particular que algunos indicadores clave de rendimiento (KPI) del acero tienen una variabilidad reducida al utilizar el material polimérico que se describe aquí.

Breve descripción de los dibujos

Estos y otros aspectos, características y ventajas de la presente invención resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción de algunas realizaciones, dadas como ejemplo no restrictivo con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

- La FIGURA 1 muestra el resultado del análisis del poder calorífico de muestras de material polimérico de acuerdo con realizaciones de la presente invención;

- La FIGURA 2 muestra el resultado del análisis del contenido de cloro en muestras de material polimérico de acuerdo con realizaciones de la presente invención;

- La FIGURA 3 muestra el resultado del análisis del contenido de azufre en muestras de material polimérico de acuerdo con realizaciones de la presente invención;

- La FIGURA 4 muestra mediante un diagrama de bloques ejemplos de realizaciones del método de la presente invención.

Para facilitar la comprensión, se han utilizado, cuando ha sido posible, los mismos números de referencia para identificar elementos comunes idénticos en los dibujos. Se entiende que los elementos y características de una realización pueden incorporarse convenientemente a otras realizaciones sin más aclaraciones.

Descripción detallada de algunas realizaciones

Ahora nos referiremos en detalle a las diversas realizaciones de la invención, de las cuales uno o más ejemplos se muestran en los dibujos adjuntos. Cada ejemplo se proporciona a modo de ilustración de la invención y no se entenderá como una limitación de la misma. Por ejemplo, las características mostradas o descritas en la medida en que son parte de una realización pueden adoptarse en, o en asociación con, otras realizaciones para producir otra realización. Se entiende que la presente invención incluirá todas esas modificaciones y variantes.

Antes de describir estas realizaciones, también debemos aclarar que la fraseología y la terminología utilizadas aquí tienen fines de descripción únicamente y no pueden considerarse limitativas.

A menos que se defina lo contrario, todos los términos técnicos y científicos utilizados aquí y en lo sucesivo tienen el mismo significado que comúnmente entiende una persona con experiencia ordinaria en el campo de la técnica al que pertenece la presente invención. Incluso si se pueden utilizar en la práctica y en los ensayos de la presente invención métodos y materiales similares o equivalentes a los descritos aquí, los métodos y materiales se describen a continuación como ejemplo. En caso de conflicto, prevalecerá la presente solicitud, incluidas sus definiciones. Los materiales, métodos y ejemplos tienen un propósito puramente ilustrativo y no deben entenderse de manera restrictiva.

Todos los porcentajes y proporciones indicados se refieren al peso de la composición total (p/p), a menos que se indique lo contrario.

Todos los rangos de porcentaje mostrados aquí se proporcionan con la condición de que la suma con respecto a la composición general sea 100 %, a menos que se indique lo contrario.

Se entenderá que todos los intervalos aquí informados incluyen los extremos, incluidos aquellos que informan un intervalo "entre" dos valores, a menos que se indique lo contrario.

La presente descripción también incluye los intervalos que se derivan de unir o superponer dos o más intervalos descritos, a menos que se indique lo contrario.

La presente descripción también incluye los intervalos que pueden derivarse de la combinación de dos o más valores tomados en diferentes puntos, a menos que se indique lo contrario.

El Solicitante ha desarrollado un material polimérico para ser utilizado en métodos de hierro y acero que utilizan un horno de arco eléctrico para la producción de productos metálicos a partir de material ferroso.

En algunas realizaciones, el material polimérico desarrollado por el Solicitante comprende una mezcla de materiales plásticos heterogéneos.

En algunas realizaciones, los materiales plásticos heterogéneos pueden derivar de material de desecho, de desperdicio o de reciclaje, o derivar de material virgen, es decir, no de reciclaje, desechos o desperdicio.

Por ejemplo, los materiales plásticos heterogéneos que se pueden utilizar pueden comprender residuos o materiales plásticos reciclados, por ejemplo procedentes de residuos domésticos, urbanos y/o industriales, de tipo heterogéneo y eventualmente con un alto contenido en plástico.

Los materiales plásticos de desecho pueden comprender, por ejemplo, residuos o reciclaje de material doméstico, residuos industriales, envases, objetos de plástico desechables, desperdicios plásticos en general.

5 En algunas realizaciones, los materiales plásticos heterogéneos también pueden derivar de métodos de reciclaje de estos materiales plásticos de desecho.

10 En particular, a modo de ejemplo no limitativo, los materiales plásticos de desecho pueden recogerse en plantas especiales de eliminación o selección, y posiblemente enviarse a plantas de reciclaje especiales, equipadas para seleccionar adicionalmente los diversos componentes del plástico.

15 A modo de ejemplo, una separación típica que se produce en estas plantas separa materiales plásticos de desecho reutilizables, por ejemplo porque se prestan a ser fundidos de nuevo y procesados para formar nuevos productos, y materiales de desecho plásticos no reutilizables, por ejemplo porque si se someten a nuevos tratamientos térmicos o químicos, pueden degradarse y posiblemente carbonizarse.

Como materias primas plásticas secundarias se indican típicamente los materiales plásticos procedentes del reciclaje y aptos para un nuevo uso.

20 Los materiales plásticos, desechos y/o materias primas secundarias normalmente comprenden una gran variedad de polímeros heterogéneos con estructuras químicas variables.

25 En algunas realizaciones, el material polimérico desarrollado por el Solicitante comprende, por lo tanto, plásticos y polímeros en todas sus formas, incluyendo, a modo de ejemplo no limitativo, en forma de materia prima, materia prima secundaria, subproducto, desperdicio, o combinaciones de los mismos.

En algunas realizaciones, el material polimérico puede comprender al menos un polímero termoplástico, por ejemplo una poliolefina termoplástica, o una mezcla de polímeros termoplásticos, por ejemplo poliolefinas termoplásticas.

30 En algunas realizaciones, el material polimérico puede comprender una mezcla de materiales plásticos reciclados a base de polímeros.

35 En algunas realizaciones, el material polimérico puede comprender cualquier polímero plástico, por ejemplo polietileno (PE), polipropileno (PP), tereftalato de polietileno (PET), polietileno de alta densidad (HDPE), polietileno de baja densidad (LDPE), o combinaciones de los mismos, ventajosamente dos o más de los polímeros como anteriormente, o combinaciones de los mismos.

En algunas realizaciones, el material polimérico comprende una mezcla binaria de polietileno (PE) y polipropileno (PP).

40 El material polimérico puede comprender, además de al menos uno de estos polímeros plásticos, también uno o varios elastómeros, por ejemplo caucho de estireno-butadieno (SBR) y/o caucho natural (NR).

45 En algunas realizaciones, el material polimérico de la presente invención puede por lo tanto incluir una fracción polimérica, que en algunas realizaciones puede estar presente en un porcentaje superior al 50 %, preferiblemente superior al 65 %, incluso más preferiblemente superior al 80 % por peso sobre la muestra seca, y una fracción no polimérica, en un porcentaje sustancialmente complementario a la fracción polimérica.

50 Ventajosamente, la fracción no polimérica del material polimérico puede incluir materiales heterogéneos, por ejemplo materiales inertes, o incluso materiales adecuados para proporcionar características adicionales al material polimérico, de modo que se garantice una amplia versatilidad de uso del mismo.

55 En particular, puede ser ventajoso utilizar el material polimérico con un bajo porcentaje de fracción polimérica, en cualquier caso dentro de los rangos indicados anteriormente, en operaciones de hierro y acero que requieren características o funcionalidades particulares, que pueden proporcionarse mediante los materiales incluidos en la fracción no polimérica.

60 Por otro lado, puede resultar ventajoso utilizar el material polimérico con un alto porcentaje de fracción polimérica, en cualquier caso dentro de los rangos indicados anteriormente, en operaciones de hierro y acero que requieren altos contenidos de carbono y/o alto poder calorífico.

Aquí y en esta descripción, cuando se menciona el poder calorífico, siempre nos referimos al denominado poder calorífico inferior (LCV), determinado normalmente restando el calor latente de vaporización del agua formada durante la combustión del valor calorífico superior (HCV).

65 De hecho, en estos casos un alto contenido de polímeros heterogéneos asegura una alta fracción de carbono e hidrógeno en el material polimérico.

Gracias a esta elevada fracción de carbono e hidrógeno, el material polimérico es adecuado para ser utilizado como combustible en reacciones de combustión, en las que el carbono contenido en los polímeros se convierte, por ejemplo, en monóxido de carbono y/o dióxido de carbono.

5 En algunas realizaciones, fracciones poliméricas altas, que contienen carbono e hidrógeno, pueden asociarse con un alto poder calorífico.

Ventajosamente, variando los porcentajes de fracción polimérica y no polimérica es posible modular el contenido de carbono y el poder calorífico del material polimérico.

10 En algunas realizaciones, el material polimérico puede tener un poder calorífico no inferior a 30 MJ/Kg, referido a la muestra seca después de 4 horas de secado a 105 °C, de acuerdo con la norma UNI EN 15400, u otra norma internacional equivalente reconocido.

15 Por ejemplo, la FIGURA 1 muestra los resultados de cinco análisis de poder calorífico realizados sobre cinco muestras diferentes de material polimérico, en los que se puede observar que el poder calorífico es siempre superior a 30 MJ/Kg.

En algunas realizaciones, algunas sustancias, potencialmente no deseadas, procedentes de materiales plásticos de desecho y/o de desperdicio, también pueden estar presentes en la fracción no polimérica del material polimérico.

20 Sin embargo, el Solicitante ha encontrado que estas sustancias, incluso cuando están presentes, constituyen una fracción mínima e insignificante del material polimérico, y no exceden las normas técnicas y la legislación vigente y aplicable a los productos utilizados en la industria siderúrgica.

25 Por ejemplo, en algunas realizaciones, el material polimérico puede comprender un contenido de cloro no superior al 2 %, referido a la muestra seca después de 4 horas de secado a 105 °C, de acuerdo con la norma UNI EN 15408, u otra norma internacional equivalente reconocida.

30 La FIGURA 2 muestra los resultados de diversos procedimientos de análisis destinados a cuantificar la fracción de cloro contenida en cinco muestras de material polimérico.

35 Se puede observar que, en estos ejemplos, los valores máximos de fracción de cloro registrados se sitúan en torno a 13.000 mg/Kg, lo que corresponde a un 1.3 % en peso. Este valor es inferior al umbral límite del 2 % previsto por la legislación para el uso de materiales en procesos de hierro y acero. Además, la FIGURA 3 muestra los resultados de los análisis realizados sobre cinco muestras de material polimérico para la cuantificación del contenido de azufre.

Se puede observar cómo el material polimérico puede comprender fracciones muy pequeñas de azufre, incluso iguales a cero.

40 Por ejemplo, la barra 4 de la FIGURA 4 muestra valores de azufre ligeramente superiores a 1000 mg/kg, lo que corresponde aproximadamente a una quinta parte del valor límite del contenido de azufre para el uso del hierro y el acero.

45 En general, en todos los casos se registraron fracciones de azufre inferiores a 5000 mg/kg, lo que corresponde al valor límite para el contenido de azufre en materiales para uso del hierro y el acero.

50 Por lo tanto, en algunas realizaciones, el material polimérico puede comprender un contenido de azufre no superior a 5000 mg/kg, que corresponde al 0.5 % en peso, de acuerdo con el método DIN 51724-3 (2012-07), u otra norma internacional reconocida equivalente.

55 En algunas realizaciones, seleccionando adecuadamente el material polimérico, de modo que comprenda ventajosamente dos o más de: Polietileno (PE), Polipropileno (PP), Tereftalato de polietileno (PET), Polietileno de alta densidad (HDPE), Polietileno de baja densidad. (LDPE), o combinaciones de los mismos, es posible obtener valores aún más ventajosos de poder calorífico, contenido de cloro y contenido de azufre, como se resume en la siguiente tabla para los análisis realizados en cinco muestras de material polimérico seleccionado como se describe anteriormente (los métodos de análisis utilizados son los anteriores):

	Análisis 1	Análisis 2	Análisis 3	Análisis 4	Análisis 5
Cl %	0.36	0.36	0.48	0.37	0.53
S %	0.05	0.12	0.0584	0.173	0.07
LCV MJ/Kg	43	36.1	39.1	35.41	35.68

60 Por lo tanto, en algunas realizaciones es posible obtener valores caloríficos superiores a 35 MJ/kg.

En otras formas de realización, es posible obtener valores de contenido en cloro inferiores al 1 %, ventajosamente inferiores al 0.6 %.

5 En otras formas de realización, es posible obtener valores de contenido de azufre inferiores al 1 %, ventajosamente inferiores al 0.6 %.

Además, en algunas realizaciones, el porcentaje de humedad residual presente en el material polimérico de la presente invención se puede controlar y ajustar si es necesario.

10 Ventajosamente, es posible variar el porcentaje de humedad residual de acuerdo con los requerimientos, dando versatilidad de uso al material polimérico de la presente invención.

En algunas realizaciones, el material polimérico puede tener una humedad residual no superior al 10 % en peso, preferiblemente no superior al 2 % en peso.

15 El material polimérico también se puede conformar en formas y tamaños variables de acuerdo con los requisitos.

Por ejemplo, en algunas realizaciones puede tener forma de esferas, comprimidos o gránulos de diámetro variable, o escamas, densificados, o incluso en formas cilíndricas, discoideas o alargadas.

20 En algunas realizaciones, el material polimérico también se puede triturar o pulverizar finamente, para recogerlo y moverlo, por ejemplo, mediante corrientes de aire y/o gas a alta presión o alta velocidad.

25 Por ejemplo, en algunas realizaciones el material polimérico se puede fabricar como gránulos con un diámetro que varía entre 0.1 mm y 10 mm, y en otras realizaciones este rango también puede ser más amplio, por ejemplo, entre 0.1 mm y 300 mm.

30 En algunas realizaciones, el material polimérico está densificado, es decir, se ha sometido a una operación de densificación, en la que el material fragmentado se procesa para obtener un material densificado, para mejorar sus propiedades físicas.

35 Con el término densificación se entiende cualquier proceso de reducción volumétrica atribuible a aglomeración, conglomeración, extrusión, peletización, homogeneización, estirado y plastificación, o sus derivados, tales como "densificador", "densificado", "plastificante" o "plastificado", "conglomerador" o "conglomerado", etcétera. Cada uno de estos procesos puede entenderse como "densificación", es decir, un proceso mediante el cual la fracción polimérica de una mezcla heterogénea primaria, o incluso solo una parte de ella, se lleva al punto de fusión, para que se espese y se homogeneice, por ejemplo debido al efecto de calentamiento térmico y al efecto de fricción debido al roce. Aquí y en la siguiente descripción, será posible utilizar de manera equivalente también el término "densificación", o sus derivados, tales como "densificador" o "densificado", o el término "aglomeración", o sus derivados, tales como "aglomerado" y "aglomerador" como sustituto de "plastificante" o sus derivados, como "plastificante" o "plastificado".

En algunas realizaciones, la operación de plastificación se puede llevar a cabo usando una extrusora, posiblemente una extrusora de doble tornillo.

45 En algunas realizaciones, esta operación se puede realizar por ejemplo alimentando el material polimérico fragmentado por medio de una tolva al plastificante, por ejemplo a la extrusora, que puede trabajar en un rango de temperatura variable, adecuado para fundir los materiales que componen el material fragmentado.

50 Después de ser enfriado, el material polimérico densificado se puede cortar o seccionar directamente a medida a la salida del plastificante, por ejemplo mediante cizallas, para obtener material densificado de formas y tamaños variables, en función de una sección de salida del plastificante y la cadencia de corte.

55 En algunas realizaciones, después del enfriamiento, el material polimérico densificado se puede someter a fragmentación en un dispositivo de fragmentación especial. La fragmentación puede realizarse, por ejemplo, mediante una trituración, que normalmente puede realizarse mediante un molino.

60 El material polimérico densificado se puede fragmentar entonces en los tamaños deseados, para obtener un material polimérico en la forma fragmentada deseada, por ejemplo en forma de gránulos, granos, partículas o formas fragmentadas similares, en lo sucesivo denominados gránulos por simplicidad.

En algunas realizaciones, los gránulos de material polimérico densificado pueden tener tamaños comprendidos entre 0.01 mm y 300 mm.

65 En posibles implementaciones, los gránulos de material polimérico densificado pueden tener tamaños comprendidos entre 0.01 mm y 3 mm.

En otras implementaciones posibles, los gránulos de producto polimérico pueden tener tamaños comprendidos entre 3 mm y 10 mm.

5 Aún en otras implementaciones posibles, los gránulos de producto polimérico pueden tener tamaños comprendidos entre 10 mm y 300 mm.

En algunas realizaciones, el material polimérico densificado y fragmentado se puede someter a cribado para obtener un material polimérico con tamaños uniformes.

10 Sobre la base de las características del material polimérico de acuerdo con las realizaciones aquí descritas, el Solicitante ha utilizado el material polimérico de la presente invención en un método para la transformación de material ferroso en un producto metálico por medio de un horno de arco.

15 Las realizaciones del método de la presente invención se describen por medio del diagrama de bloques mostrado en la FIGURA 4.

El método proporciona inicialmente el suministro de material ferroso A.

20 El material ferroso puede comprender cualquier material que contenga una cantidad adecuada de metal, adecuado para ser fundido en un horno de arco eléctrico, tal como por ejemplo materiales o productos de chatarra, materiales de matriz ferrosos, chatarra, en particular chatarra ferrosa.

25 El material ferroso puede almacenarse, por ejemplo, en un almacén o depósito de chatarra, o en un almacén de almacenamiento.

El material ferroso se carga, en modos conocidos, en un horno de arco eléctrico de una planta siderúrgica, también conocida en sí misma, para la producción de un producto metálico a partir de material ferroso por medio de un horno de arco eléctrico.

30 El material ferroso se puede cargar, por ejemplo, mediante un aparato de carga, mediante una o más cestas de carga y/o mediante una línea transportadora, por ejemplo provista de una cinta transportadora.

El método también puede proporcionar el suministro de combustible B y/o material polimérico.

35 El combustible, en sí mismo conocido, puede comprender gas natural, metano y/u otros hidrocarburos, derivados del petróleo, derivados del coque, polvo de coque, antracita en diversos tamaños, hidrógeno, metano y/o gas de síntesis.

En algunas realizaciones, el material polimérico se puede utilizar en al menos un reemplazo parcial del combustible.

40 Ventajosamente, las características de alto poder calorífico y baja fracción de cenizas del material polimérico permiten un uso ventajoso del mismo además de, o al menos en sustitución parcial, del combustible.

45 A modo de ejemplo, el combustible gaseoso (gas natural) normalmente utilizado varía típicamente entre 3 Nm<sup>3</sup>/tonelada y 6 Nm<sup>3</sup>/tonelada de chatarra cargada (carga metálica en el horno de arco eléctrico), mientras que el combustible sólido utilizado generalmente en el estado de la técnica, por ejemplo carga de antracita, polvo de coque, puede variar del 0.2 % al 2 % del peso de la chatarra cargada. Por ejemplo se puede introducir entre un 0.2 % y un 1.5 % en peso de combustible sólido, en particular entre un 0.4 y un 1.3 %.

50 Aquí, en la presente descripción y en las reivindicaciones, con la expresión “proporción de reemplazo” o “proporción de reemplazo en masa” o “proporción de reemplazo en peso” nos referimos a la cantidad de combustible genérico y/o fuente de carbono que es posible eliminar del proceso para producir un producto metálico, reemplazándolo con el material polimérico aquí descrito, correlacionado con la cantidad total de combustible sólido y/o fuente de carbono normalmente utilizada. Por ejemplo, en un proceso en donde la cantidad total de combustible normalmente utilizado, por ejemplo antracita, es igual a 1000 kg, y es posible eliminarlo por completo y en su lugar utilizar el material polimérico de acuerdo con las realizaciones aquí descritas, entonces la proporción de sustitución será 1:1. En caso contrario, si sólo se pueden retirar 250 kg, el ratio de reposición será de 0.25. En otras palabras, nos referimos a la proporción entre la cantidad de fuente fósil eliminada/cantidad de fuente fósil utilizada anteriormente, donde las cantidades normalmente se expresan en kilogramos, y por fuente fósil nos referimos a un combustible genérico o una fuente de carbono, de acuerdo con el caso.

60 En algunas realizaciones, la proporción de sustitución entre combustible genérico, por ejemplo sólido, y material polimérico puede ser variable, en función del porcentaje de fracción polimérica presente en el material polimérico y del tipo de combustible utilizado, su forma física, la cinética de uso y la reactividad en el sistema termodinámico en donde se utiliza. Para los fines de la presente descripción, la definición proporcionada a continuación se aplica al término “proporción de reemplazo”.

65

En algunas realizaciones, la proporción de reemplazo de masa entre combustible genérico y material polimérico descrito aquí puede estar comprendida entre 0.2 y 1, preferiblemente entre 0.5 y 0.99.

5 Los modos para introducir el material polimérico en el horno de arco eléctrico pueden variar, por ejemplo, en base al tipo de horno de arco eléctrico utilizado, los tamaños del material polimérico y el combustible genérico reemplazado.

En algunas realizaciones, el material polimérico se puede introducir directamente en el horno de arco eléctrico junto con el material ferroso.

10 En algunas realizaciones, el material polimérico se puede cargar directamente en el horno de arco eléctrico mediante medios de transporte mecánico.

15 Los medios de transporte mecánico pueden comprender, por ejemplo, cintas transportadoras, posiblemente integradas con tecnologías de alimentación continua, que alimentan el material polimérico directamente al horno de arco por medio de una abertura practicada en el crisol.

Otras realizaciones pueden prever que el material polimérico se cargue en la cesta junto con el material metálico.

20 En estas realizaciones, los tamaños del material polimérico pueden ser variables, preferiblemente reducidos para facilitar la mezcla.

En algunas realizaciones, el material polimérico se puede introducir en el horno de arco eléctrico mediante lanzas de introducción, situadas, por ejemplo, en la base del crisol.

25 En estas realizaciones, el material polimérico se puede llevar a un tamaño adecuado para que sea transportable e inyectable neumáticamente, por ejemplo adecuado para ser movido por corrientes de aire o gas a alta presión y velocidad.

30 Posiblemente, el material polimérico puede introducirse mediante lanzas que permiten tener corrientes combinadas de oxígeno, material polimérico y/o combustible, por ejemplo gas natural y/u otros tipos de combustibles fósiles.

Por lo tanto, el método de la presente invención proporciona el precalentamiento C del material ferroso, destinado a aumentar la temperatura del material ferroso, mediante la combustión del combustible y/o del material polimérico.

35 Durante el precalentamiento C, el calor es proporcionado por el arco eléctrico, alcanzando por ejemplo picos de 11000 °C, y por quemadores especiales que queman una corriente combinada de oxígeno, combustible y/o material polimérico, o también por medios para precalentar los humos.

40 El suministro de calor elimina la humedad y los componentes volátiles del material ferroso.

45 Ventajosamente, el uso de material polimérico en procesos de combustión permite obtener cantidades de calor comparables o superiores a las que se pueden obtener, por ejemplo, de la combustión de gas natural, pero con costes de producción, costes de transporte y disponibilidad de producto utilizable significativamente más ventajosos, así como un rendimiento energético optimizado.

Ventajosamente, la baja fracción de humedad residual contenida en el material polimérico favorece, en el proceso de precalentamiento del material ferroso, la eliminación de la humedad y de los componentes volátiles.

50 Ventajosamente, las bajas fracciones de azufre y de cloro contenidas en el material polimérico mantienen la emisión de contaminantes postcombustión a la atmósfera, tales como dióxido de azufre y/o dioxinas, a niveles bajos.

55 Ventajosamente, las emisiones de contaminantes a base de azufre y cloro a la atmósfera relacionadas con la combustión del material polimérico son menores en comparación con las emisiones relacionadas con los combustibles fósiles, en particular coque, antracita, y en comparación con las fuentes de sustitución de los tradicionales combustibles tal como ELT y ASR.

Después del precalentamiento C del material ferroso, se proporciona la fusión D del material ferroso, en la que se forma un baño fundido de material metálico fundido en el crisol del horno eléctrico.

60 En la fusión D, el material ferroso pasa del estado sólido al estado líquido.

65 También en la fusión D, como en el precalentamiento C, el calor puede generarse mediante el arco eléctrico del horno de arco eléctrico y mediante quemadores especiales, que queman corrientes combinadas de oxígeno, combustible y/o material polimérico.

Los detalles operativos relacionados con la fusión D y relacionados con el uso, las características y los modos de uso del material polimérico en esta etapa pueden por lo tanto ser similares a lo que se describió anteriormente con respecto al precalentamiento C.

5 En algunas realizaciones, considerando la similitud, el precalentamiento C y la fusión D pueden formar una única etapa de calentamiento destinada a la fusión, en la que se utiliza el material polimérico aquí descrito.

En algunas realizaciones, el suministro de material ferroso A, el suministro de combustible B, el precalentamiento C y la fusión D se pueden realizar de forma cíclica.

10 Por ejemplo, en el caso de que el material ferroso tenga un volumen considerable y llene completamente el crisol del horno de arco eléctrico, es posible fundirlo parcialmente para reducir su volumen, y posteriormente proceder a una nueva introducción de material ferroso directamente al baño fundido.

15 De acuerdo con la presente invención, también se proporciona un refinamiento E, en donde el material metálico fundido del baño fundido se transforma en el producto metálico final.

El refinamiento E proporciona dar al acero el grado de acero deseado mediante la acción de un agente reductor adecuado, por ejemplo CO y H<sub>2</sub>, que puede generarse mediante una o más fuentes de carbono adecuadas.

20 En algunas realizaciones, el material polimérico se puede utilizar en el reemplazo al menos parcial de las fuentes de carbono, gracias a su alto contenido de carbono e hidrógeno.

25 En las realizaciones descritas con la FIGURA 4, paralelamente al refinamiento E, también se proporciona el suministro de fuentes de carbono F y/o del material polimérico de la presente invención.

Las fuentes de carbono tradicionales típicas pueden comprender, por ejemplo, antracita, coque MET, carbón pulverizado inyectado (PCI), GPC (coque de petróleo verde) u otros tipos de fuentes de carbono fósil.

30 Es obvio que los detalles operativos y los modos de introducción descritos con referencia al paso de suministrar combustible B también se pueden usar, en algunas realizaciones, con referencia al paso de suministrar fuentes de carbono F, y se pueden usar diferentes modos en cada ocasión, de acuerdo con necesidades específicas.

35 En algunas realizaciones, en la etapa de suministrar fuentes de carbono F, el material polimérico se inyecta preferiblemente debajo de la escoria, promoviendo la reducción de los óxidos presentes. En otras realizaciones, se carga en la cesta, junto con el material ferroso, y/o directamente en el horno de arco eléctrico, mediante los medios de transporte mecánico.

40 A modo de ejemplo, el agente reductor se genera mediante la reacción de las fuentes de carbono y/o el material polimérico con oxígeno, en condiciones cinéticas y termodinámicas apropiadas.

Normalmente, el agente reductor puede comprender monóxido de carbono y/o hidrógeno.

45 En algunas realizaciones, el monóxido de carbono se puede generar a partir de dióxido de carbono, o a partir del carbono aportado por la fuente de carbono y/o el material polimérico.

50 A modo de ejemplo, el Solicitante ha comprobado que al menos la fracción polimérica de material polimérico, en las condiciones de trabajo del horno de arco eléctrico, puede sufrir reacciones a partir de las cuales se producen monóxido de carbono e hidrógeno.

El monóxido de carbono y el hidrógeno así producidos participan entonces en los mecanismos de reacción de reducción, por ejemplo de los óxidos de hierro, a partir de los cuales se produce el hierro metálico.

55 Normalmente, los flujos de fuentes de carbono para producir acero con carbono medio están entre 0.2 % y 1.5 %, preferiblemente entre 0.5 % y 1.3 %.

En algunas realizaciones, la relación de reemplazo de masa entre las fuentes de carbono y el material polimérico puede variar en un rango comprendido entre 0.1 y 1, por ejemplo entre 0.1 y 0.99, preferiblemente entre 0.5 y 0.75.

60 Además, en algunas realizaciones, durante el refinamiento E, las corrientes de gas dentro del baño fundido, por ejemplo de monóxido de carbono, permiten reducir el contenido de óxido de hierro.

Esta operación, que favorece la generación de CO y H<sub>2</sub>, combinada con otras operaciones, puede conducir al hinchamiento de la escoria (prácticas de espumación), necesario para una correcta optimización del proceso.

65 El material metálico fundido presente en el baño fundido, una vez que se ha alcanzado la composición deseada, se convierte en producto de metal fundido.

A continuación puede tener lugar la descarga o extracción G del producto metálico fundido del horno de arco eléctrico.

5 A modo de ejemplo, la descarga, o extracción, G se puede lograr inclinando el crisol del horno de arco eléctrico, típicamente hecho pivotante horizontalmente, para permitir la salida del producto de metal fundido, por ejemplo en una cuchara.

10 El Solicitante ha realizado además pruebas experimentales de comparación en el uso, por un lado, del material polimérico de acuerdo con la presente descripción, y por otro lado de ASR (Residuos Triturados de automóviles) como sustituto de fuentes fósiles en la producción de productos metálicos a partir de material ferroso, mediante horno de arco eléctrico.

15 A partir de los datos experimentales que se muestran a continuación en la tabla, el Solicitante ha descubierto sorprendentemente que el material polimérico aquí descrito actúa ventajosamente como estabilizador del proceso de producción de productos metálicos a partir de material ferroso, mediante un horno de arco eléctrico.

20 En particular, el Solicitante ha encontrado que, para las mismas condiciones límite tales como el tipo de chatarra, la entrada eléctrica y química, al final del ciclo de fusión y refinado algunos Indicadores Clave de Rendimiento (KPI) del acero parecen tener, utilizando el material polimérico aquí descrito, variabilidad reducida. Después de los análisis realizados en piezas fundidas realizadas con ASR y otras piezas fundidas realizadas, en comparación con el material polimérico aquí descrito, se obtuvieron los datos que se muestran en la siguiente tabla para el contenido de carbono en el vertido (%C) y la temperatura detectada en el vertido (°C).

Parámetro	Usando ASR	Usando el material polimérico descrito aquí
Vertido %C	0.07-0.47	0.10-0.20
Vertido °C	1540-1620	1595-1610

25 Por lo tanto, es evidente que en comparación con el rendimiento del proceso con el uso de ASR, el uso del producto polimérico reduce la variabilidad de KPI significativos del acero, en particular los parámetros de contenido de carbono al vertido (%C) y la temperatura medida al vertido (°C). Estos parámetros son fundamentales ya que en la industria del hierro y el acero generalmente indican si el proceso es eficiente o no, por lo que una variabilidad limitada o pequeña se considera sumamente ventajosa.

30 Está claro que se pueden realizar modificaciones y/o adiciones de etapas al método como se describe anteriormente, sin apartarse del campo y alcance de la presente invención.

35 También está claro que, aunque la presente invención se ha descrito con referencia a algunos ejemplos específicos, una persona experta en la técnica ciertamente podrá lograr muchas otras formas equivalentes de método, que tengan las características establecidas en las reivindicaciones y, por lo tanto, todas las que entran dentro del campo de protección definido por ellas.

40 En las siguientes reivindicaciones, el único propósito de las referencias entre paréntesis es facilitar la lectura: no deben considerarse factores restrictivos con respecto al campo de protección reivindicado en las reivindicaciones específicas.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método para la producción de productos metálicos a partir de material ferroso, mediante horno de arco eléctrico, que comprende:
- precalentar (C) y fundir (D) dicho material ferroso mediante la acción combinada del arco eléctrico de dicho horno de arco eléctrico, y de la combustión de un combustible, en donde dicho material ferroso se transforma en un material metálico fundido;
- 10 - refinar (E) dicho material metálico fundido, que se transforma en un producto metálico fundido mediante la acción de un agente reductor generado a partir de fuentes de carbono;
- en donde se usa un material polimérico en el reemplazo al menos parcial de dicho combustible para dicho precalentamiento (C) y dicha fusión (D) y/o dichas fuentes de carbono para dicho refinado (E),
- 15 en donde dicho material polimérico deriva de desechos, de desperdicios o de reciclaje, en particular de desechos domésticos, urbanos y/o industriales, y comprende dos o más de: Polietileno (PE), Polipropileno (PP), Tereftalato de polietileno (PET), Polietileno de alta densidad (HDPE), polietileno de baja densidad (LDPE) o combinaciones de los mismos
- 20 en donde dicho material polimérico tiene un poder calorífico no inferior a 30 MJ/Kg, referido a la muestra seca después de 4 horas de secado a 105 °C,
- en donde dicho material polimérico comprende una fracción polimérica superior al 50 % en peso de la muestra seca,
- 25 en donde dicho material polimérico comprende un contenido de azufre no superior a 5000 mg/kg, de acuerdo con el método DIN 51724-3 (2012-07).
- 30 2. Método como en la reivindicación 1, en donde dicho material polimérico deriva de o comprende materias primas plásticas secundarias.
3. Método como en la reivindicación 1 o 2, en donde dicho material polimérico comprende al menos un polímero termoplástico, en particular una poliolefina termoplástica, o una mezcla de polímeros termoplásticos, en particular una mezcla de poliolefinas termoplásticas.
- 35 4. Método como en cualquier reivindicación anterior, en donde dicho método también comprende una etapa para suministrar combustible (B) y una etapa para suministrar fuentes de carbono (F), en donde dicho material polimérico se suministra en reemplazo al menos parcial de dicho combustible y/o dichas fuentes de carbono.
- 40 5. Método como en la reivindicación 4, en donde el suministro de fuentes de carbono (F) y/o el suministro de combustible (B) proporcionan que dicho material polimérico sea finamente triturado o pulverizado, para ser recogido y movido.
- 45 6. Método como en la reivindicación 4, en donde el suministro de fuentes de carbono (F) y/o el suministro de combustible (B) prevé que dicho material polimérico se cargue en el horno de arco eléctrico junto con el material metálico mediante medios de transporte mecánico.
- 50 7. Método como en cualquier reivindicación anterior, en donde la proporción de sustitución de masa entre dichas fuentes de carbono y dicho material polimérico está en un rango comprendido entre 0.1 y 1.
8. Método como en cualquier reivindicación anterior, en donde la proporción de sustitución de masa entre dichas fuentes de carbono y dicho material polimérico está en un rango comprendido entre 0.1 y 0.99.
- 55 9. Método como en cualquier reivindicación anterior, en donde la proporción de sustitución de masa entre dichas fuentes de carbono y dicho material polimérico está en un rango comprendido entre 0.5 y 0.75.
10. Método como en cualquier reivindicación anterior, en donde la proporción de reemplazo de masa entre dicho combustible y dicho material polimérico está entre 0.2 y 1.
- 60 11. Método como en cualquier reivindicación anterior, en donde la proporción de reemplazo de masa entre dicho combustible y dicho material polimérico está entre 0.5 y 0.99.
12. Método como en cualquier reivindicación anterior, en donde dicho material polimérico comprende una fracción polimérica superior al 65 % en peso.
- 65 13. Método como en cualquier reivindicación anterior, en donde dicho material polimérico comprende una fracción polimérica superior al 80 % en peso.

14. Método como en cualquier reivindicación anterior, en donde dicho material polimérico comprende un contenido de cloro no superior al 2 %, referido a la muestra seca después de 4 horas de secado a 105 °C.
- 5 15. Método como en cualquier reivindicación anterior, en donde dicho material polimérico también comprende uno o más elastómeros, en particular caucho de estireno butadieno y/o caucho natural.
16. Método como en cualquier reivindicación anterior, en donde dicho material polimérico está densificado.
- 10 17. Método como en cualquier reivindicación anterior, en donde dicho material polimérico tiene un residuo de ceniza a 550 °C inferior al 8 %, evaluado de acuerdo con el método CNR IRSA 2 Q64 Vol. 2 de 1984.
18. Método como en cualquier reivindicación anterior, en donde el precalentamiento (C) y la fundición (D) de dicho material ferroso constituyen una única etapa operativa de dicho método.
- 15 19. Uso de un material polimérico en un método para la producción de productos metálicos a partir de material ferroso, mediante un horno de arco eléctrico, que comprende:
- 20 - precalentar (C) y fundir (D) dicho material ferroso por la acción combinada del arco eléctrico de dicho horno de arco eléctrico y de la combustión de un combustible, en el cual dicho material ferroso se transforma en un material metálico fundido;
- 25 - refinar (E) dicho material metálico fundido, que se transforma en un producto metálico fundido mediante la acción de un agente reductor generado a partir de fuentes de carbono;
- en donde dicho material polimérico se usa en al menos reemplazo parcial de dicho combustible para dicho precalentamiento (C) y fundido (D) y/o de dichas fuentes de carbono para dicho refinado (E);
- 30 en donde dicho material polimérico deriva de desechos, de desperdicios o de reciclaje, en particular de desechos domésticos, urbanos y/o industriales, y comprende dos o más de: Polietileno (PE), Polipropileno (PP), Tereftalato de polietileno (PET), Polietileno de alta densidad (HDPE), Polietileno de baja densidad (LDPE), o combinaciones de los mismos,
- 35 en donde dicho material polimérico tiene un poder calorífico no inferior a 30 MJ/Kg, referido a la muestra seca después de 4 horas de secado a 105 °C,
- en donde dicho material polimérico comprende una fracción polimérica superior al 50 % en peso de la muestra seca,
- 40 en donde dicho material polimérico comprende un contenido de azufre no superior a 5000 mg/kg, de acuerdo con el método DIN 51724-3 (2012-07).

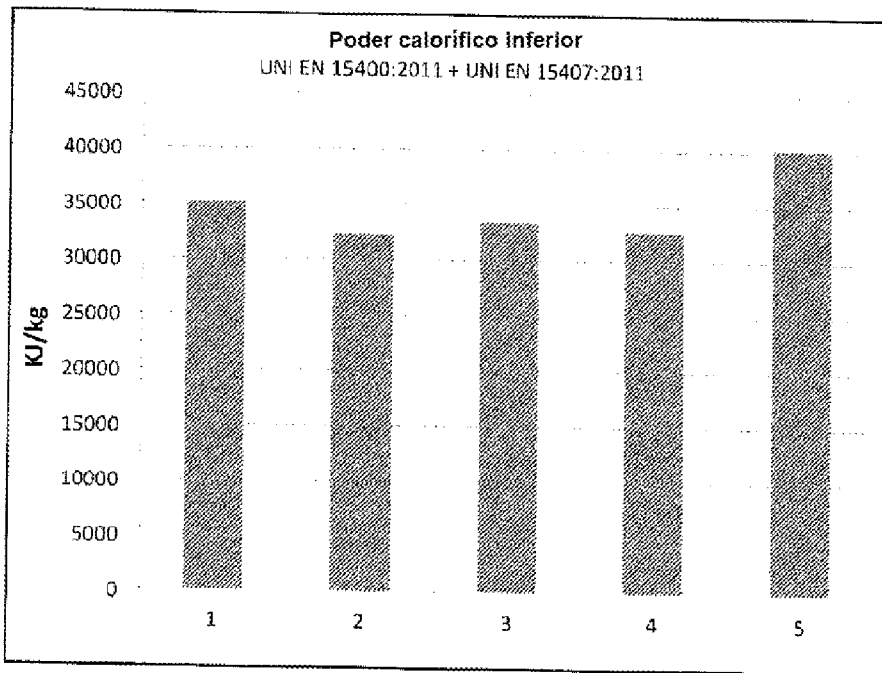


fig. 1

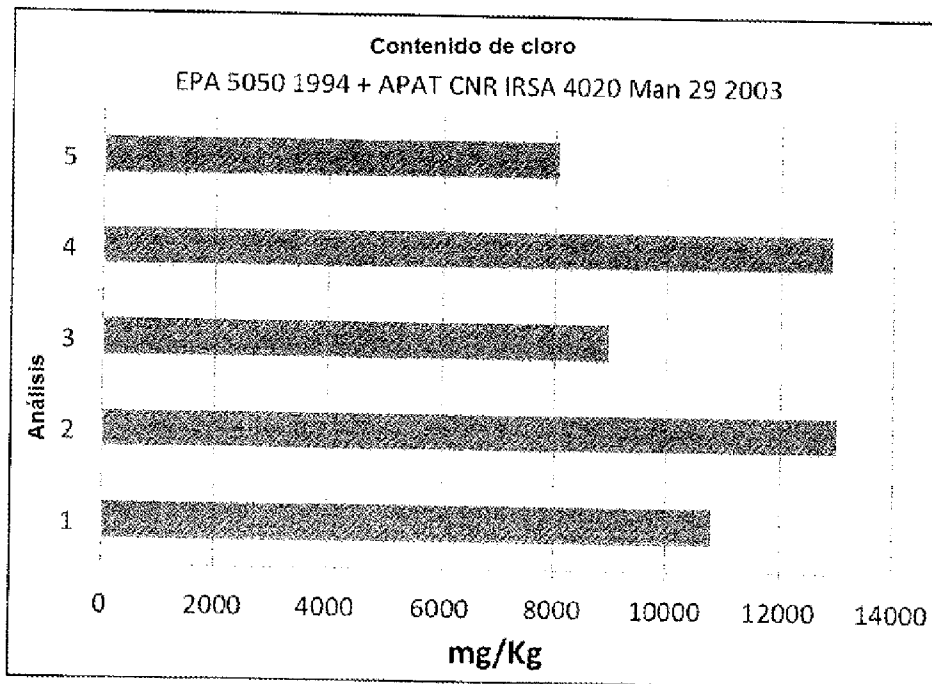


fig. 2

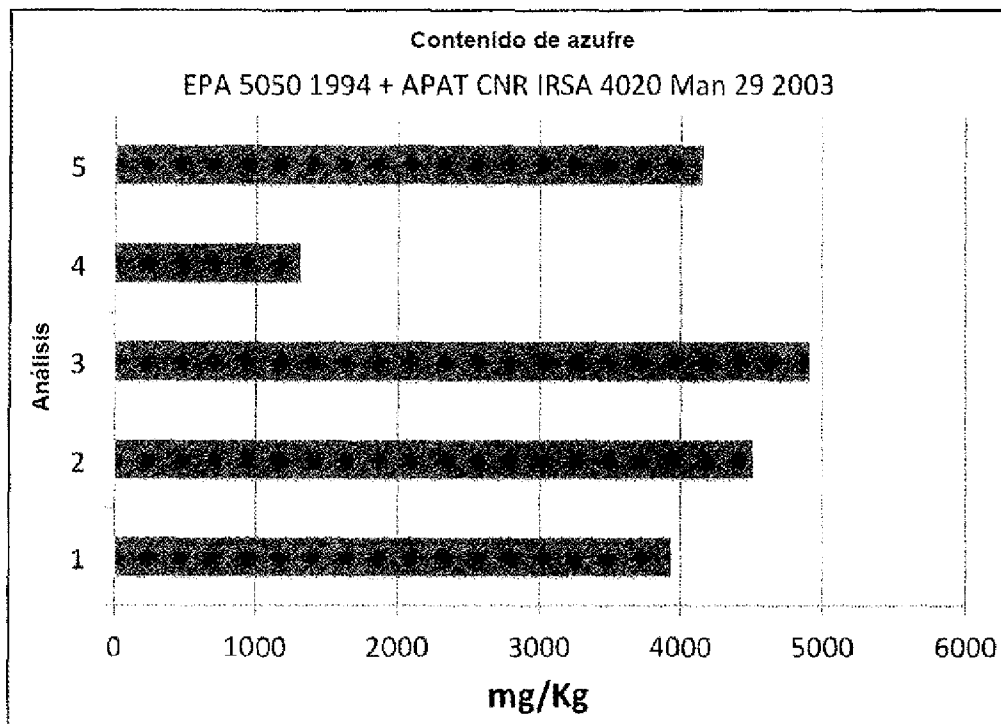


fig. 3

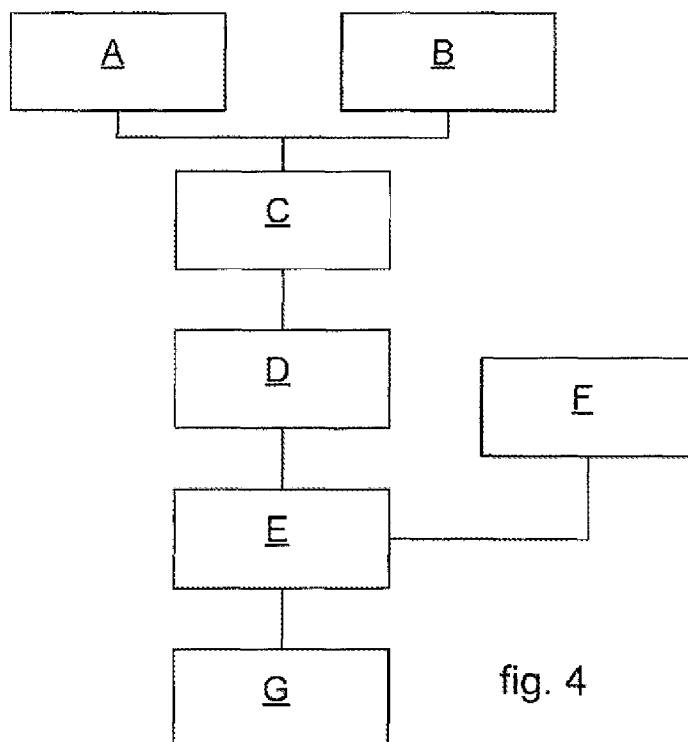


fig. 4