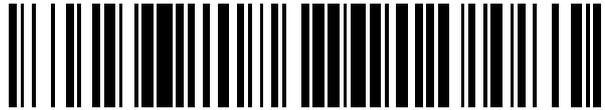


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 871 531**

51 Int. Cl.:

C21C 1/10 (2006.01)
C22C 33/08 (2006.01)
C22C 28/00 (2006.01)
C22C 33/04 (2006.01)
C22C 38/00 (2006.01)
C22C 38/06 (2006.01)
C22C 38/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.06.2017 PCT/NO2017/050175**
87 Fecha y número de publicación internacional: **04.01.2018 WO18004357**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.06.2017 E 17745885 (8)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.03.2021 EP 3478858**

54 Título: **Inoculante de hierro fundido y método de producción de un inoculante de hierro fundido**

30 Prioridad:

30.06.2016 NO 20161091

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

29.10.2021

73 Titular/es:

**ELKEM ASA (100.0%)
Drammensveien 169
0277 Oslo, NO**

72 Inventor/es:

KNUSTAD, ODDVAR

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 871 531 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

Inoculante de hierro fundido y método de producción de un inoculante de hierro fundido

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a un inoculante a base de ferrosilicio para la fabricación de hierro fundido con grafito lamelar, compactado o esferoidal y a un método de producción del inoculante.

10 Técnica anterior

Normalmente, el hierro fundido se produce en hornos de cúpula o inducción, y generalmente contiene entre un 2 y un 4 por ciento de carbono. El carbono se mezcla íntimamente con hierro y la forma que adopta el carbono en el hierro fundido solidificado es muy importante para las características y propiedades de las coladas de hierro. Si el carbono adopta la forma de carburo de hierro, entonces el hierro fundido se denomina hierro fundido blanco y tiene las características físicas de dureza y fragilidad lo que, en determinadas aplicaciones no resulta deseable. Si el carbono adopta la forma de grafito, el hierro fundido es blando y apto para maquinizado y se denomina hierro fundido gris.

El grafito puede aparecer en el hierro fundido con forma lamelar, compactada o esferoidal y variaciones de las mismas. La forma esferoidal produce la resistencia más elevada y el tipo más dúctil de hierro fundido.

La forma, tamaño y densidad numérica (número de nódulos por mm²) que adopta el grafito, así como también la cantidad de grafito frente a carburo de hierro, se puede controlar por medio de determinados aditivos que favorecen la formación de grafito durante la solidificación del hierro fundido. Estos aditivos se denominan inoculantes y su adición al hierro fundido inoculación. En los productos de hierro para fundición a partir de hierro líquido, existe siempre un riesgo de formación de carburos de hierro en secciones finas de la colada. La formación de carburo de hierro en la colada se denomina en el oficio "enfriamiento". La formación de enfriamiento se cuantifica midiendo la "profundidad de enfriamiento" y el potencial de un inoculante para evitar el enfriamiento y reducir la profundidad de enfriamiento es una forma apropiada para medir y comparar la potencia de los inoculantes.

En el hierro fundido que contiene grafito esferoidal la potencia de los inoculantes también se mide por la densidad numérica por área unitaria de partículas de grafito esferoidal en la condición tal y como se produce la colada. Un valor elevado de densidad numérica por área unitaria de los esferoides de grafito significa que la potencia de inoculación o nucleación de grafito ha mejorado.

Existe una constante demanda para encontrar inoculantes que reduzcan la profundidad de enfriamiento y mejoren la aptitud de maquinizado de los hierros fundidos grises, así como para aumentar la densidad numérica de los esferoides de grafito en los hierros fundidos dúctiles.

Debido a que la química exacta, el mecanismo de inoculación y el motivo por el cual funcionan los inoculantes como lo hacen no se comprenden por completo, un gran reto de investigación consiste en proporcionar inoculantes nuevos y mejorados a la industria.

Se piensa que calcio y otros elementos concretos evitan la formación de carburo de hierro y favorecen la formación de grafito. La mayoría de inoculantes contienen calcio. La adición de estos supresores de carburo de hierro normalmente se facilita mediante la adición de una aleación de ferrosilicio y probablemente la mayoría de aleaciones de ferrosilicio ampliamente usadas son aleaciones de alto contenido en silicio que contienen de un 70 a 80 % de silicio y la aleación de bajo contenido en silicio que contiene de un 45 a un 55 % en peso de silicio.

La supresión de la formación de carburo se asocia a las propiedades de nucleación del inoculante. Por medio de las propiedades de nucleación se comprende el número de núcleos formados por un inoculante. Un elevado número de núcleos formados tiene como resultado una densidad nodular numérica de grafito más elevada y, de este modo, mejora la eficacia de inoculación y mejora la supresión de carburo. Además, una tasa de nucleación elevada también puede proporcionar mejor resistencia a la decoloración del efecto inoculante durante el tiempo de retención prolongado del hierro fundido tras la inoculación.

La patente de EE. UU. n.º 3.527.597 descubrió que se obtiene buena potencia de inoculación con la adición de entre aproximadamente un 0,1 a un 10 % de estroncio a un inoculante que contiene silicio que contiene menos de aproximadamente un 0,35 % de calcio y hasta un 5 % de aluminio.

A partir del documento WO 99/29911 se conoce un inoculante de hierro fundido que muestra una tasa de nucleación aumentada en comparación con el inoculante del documento US. 3.527.597. Este inoculante es un inoculante a base de ferrosilicio que contiene entre aproximadamente un 0,5 y un 10 % de calcio y/o estroncio y/o bario, menos de un 5 % de aluminio, y entre un 0,5 y un 10 % de oxígeno en la forma de uno o más óxidos metálicos y un 0,5 y un 10 % de azufre en forma de sulfuros metálicos.

En el documento WO 99/29911, los óxidos de hierro, FeO, Fe₂O₃ y Fe₃O₄ son los óxidos metálicos preferidos. Otros óxidos metálicos mencionados en esta patente son SiO₂, MnO, MgO, CaO, Al₂O₃, TiO₂ y CaSiO₃, CeO₂, ZrO₂.

La patente de Estados Unidos N°. 4.432.793 divulga un inoculante que contiene bismuto, plomo y/o antimonio, conocido como Spherix®. Se sabe que bismuto, plomo y/o antimonio tienen una elevada potencia de inoculación y provocan un aumento del número de núcleos. También se sabe que estos elementos son elementos anti-formación de esferoides, y se sabe que la presencia creciente de estos elementos en el hierro fundido provoca la degeneración de la estructura de grafito esferoidal. Spherix® es un ferrosilicio que contiene de un 0,005 % a un 3 % de tierras raras y de un 0,005 % a un 3 % de uno de los elementos bismuto, plomo y/o antimonio. De acuerdo con la patente de Estados Unidos N°. 5.733.502 los inoculantes de tipo Spherix® siempre contienen algo de calcio que mejora el rendimiento de bismuto, plomo y/o antimonio en el momento en que se produce la aleación y que contribuye a distribuir estos elementos de forma homogénea en la aleación, ya que estos elementos exhiben escasa solubilidad en las fases de hierro-silicio. No obstante, durante el almacenamiento el producto tiende a desintegrarse y la granulometría tiende a una cantidad mayor de finos. En la patente de Estados Unidos N°. 5.733.502 se encontró que una ferroaleación a base de ferrosilicio para inoculación que contiene (en % en peso) de un 0,005-3 % de tierras raras, un 0,005-3 % de bismuto, plomo y/o antimonio, un 0,3-3 % de calcio y un 0,3-3 % de magnesio, en el que la relación de Si/Fe es mayor que 2, no se desintegró, sin embargo, para inoculantes de FeSi con bajo contenido en silicio el producto se desintegró durante el almacenamiento.

La patente de EE. UU. n.º 2015/0284830 se refiere a una aleación inoculante para el tratamiento de piezas gruesas de hierro fundido a base de ferrosilicio, que contiene entre un 0,005 y un 3 % en peso de tierras raras y entre un 0,2 y un 2 % en peso de Sb. Dicho documento US 2015/0284830 descubrió que el antimonio, cuando se alea con tierras raras en una aleación a base de ferrosilicio, permitiría una inoculación eficaz, y con los esferoides estabilizados, de partes gruesas sin los inconvenientes de la adición de antimonio puro al hierro fundido líquido. El inoculante según el documento US 2015/0284830 se describe para ser usado normalmente en el contexto de una inoculación de un baño de hierro fundido, para preacondicionar dicho hierro fundido, así como un tratamiento nodularizante. Un inoculante según el documento US 2015/0284830 contiene (en % en peso) 65 % de Si, 1,76 % de Ca, 1,23 % de Al, 0,15 % de Sb, 0,16 % de RE, 7,9 % de Ba y el resto hierro.

La solicitud de patente de EE. UU. n.º 2016/047008 desvela un inoculante en partículas para el tratamiento de hierro fundido líquido, que comprende partículas de soporte elaboradas a partir de un material fusible en el hierro fundido líquido, y partículas de superficie elaboradas a partir de un material que promueve la germinación y el crecimiento del grafito, dispuestas y distribuidas de manera discontinua en la superficie de las partículas de soporte, presentando las partículas de superficie una distribución de tamaño de grano tal que su diámetro d₅₀ sea menor o igual a una décima parte del diámetro d₅₀ de las partículas de soporte.

El documento CN 103418757 A desvela el procesamiento múltiple de hierro fundido de hierro fundido nodular. En dicho procesamiento múltiple se incluyen un agente de formación de nódulos, una pluralidad de agentes de mezcla, un polvo de agente desgasificante de metal fundido, arena de anortita, un cilindro de formación de nódulos y un separador. El agente de formación de nódulos se coloca uniformemente en un pozo en el lado izquierdo del separador dentro del barril de formación de nódulos, la pluralidad de agentes mezcladores cubren uniformemente al agente de formación de nódulos, el polvo del agente desgasificante de metal fundido cubre la pluralidad de agentes mezcladores uniformemente, la arena de anortita cubre el polvo de agente desgasificante de metal fundido uniformemente, y el polvo de agente desgasificante de metal fundido y la arena de anortita se compactan a través de un extremo plano de manipulación. El hierro fundido se vierte en el lado derecho del separador.

La producción de un inoculante, en el que una pequeña cantidad de antimonio se alea en una aleación a base de ferrosilicio, es relativamente complicada. Debido al alto peso atómico del antimonio, el antimonio tenderá a hundirse hasta el fondo en la masa fundida de ferrosilicio, lo que puede dar como resultado una composición inoculante no homogénea. Por tanto, puede resultar difícil reproducir la composición correcta de dicho inoculante a base de ferrosilicio, que comprende pequeñas cantidades de antimonio.

Es un objetivo de la invención proporcionar un inoculante a base de FeSi que contiene antimonio sin las desventajas anteriores. Otro objetivo de la invención consiste en proporcionar un inoculante a base de FeSi homogéneo que contiene antimonio, que no sea susceptible de desintegración cualquiera que sea la relación de Fe/Si. Otro objetivo consiste en introducir de manera deliberada una cantidad controlada de oxígeno con el inoculante en forma de Sb₂O₃. Estas y otras ventajas con la presente invención resultarán evidentes en la siguiente descripción.

Divulgación de la invención

Se ha encontrado que la adición de partículas de óxido de antimonio, Sb₂O₃, al inoculante del documento WO 99/29911 en lugar de los otros óxidos metálicos y sulfuro metálico divulgados en el documento WO 99/29911, tiene como resultado, sorprendentemente, un número significativamente más elevado de densidad numérica nuclear o nodular en los hierros fundidos cuando se añade el inoculante que contiene partículas de Sb₂O₃ al hierro fundido.

La presente invención se define en las reivindicaciones adjuntas.

Sorprendentemente, se ha descubierto que el inoculante de acuerdo con la presente invención que contiene óxido de antimonio (Sb_2O_3) tiene como resultado una densidad nodular numérica mayor cuando se añade el inoculante al hierro fundido, obteniéndose de este modo una supresión mejorada de la formación de carburo de hierro usando la misma cantidad de inoculante como con el caso de los inoculantes convencionales, u obteniéndose la misma supresión de carburo de hierro usando menos inoculante que cuando se usan inoculantes convencionales. En la presente solicitud, el inoculante novedoso se comparó con los inoculantes convencionales de acuerdo con la técnica anterior en el documento WO 99/29911.

10 Descripción detallada de la invención

Descripción de los dibujos

La Figura 1 muestra una barra de ensayo de fundición de hierro.

La Figura 2 es un diagrama que muestra la densidad nodular numérica en muestras de hierro fundido.

La Figuras 3a-b muestran fotos SEM de un inoculante de acuerdo con la presente invención; FeSi revestido con polvo de Sb_2O_3 .

En el proceso de fabricación para la producción de hierro fundido con grafito esferoidal, la masa fundida de hierro se trata normalmente con un agente de formación de nódulos, convencionalmente usando una aleación de Mg-FeSi, antes del tratamiento de inoculación. El tratamiento de formación de nódulos tiene el objetivo de cambiar la forma de grafito de escamas a nódulos cuando se precipita y posteriormente se somete a crecimiento. La forma en que esto se lleva a cabo es mediante la modificación de la energía de interfaz de la masa fundida/grafito de la interfaz. Se sabe que Mg y Ce son elementos que modifican la energía de la interfaz, siendo Mg más eficaz que Ce. Cuando se añade Mg a la masa fundida de hierro de base, primero reacciona con oxígeno y azufre. Únicamente el "magnesio libre" tiene un efecto de formación de nódulos. La reacción de formación de nódulos tiene como resultado la agitación, es violenta y genera flotación de escoria sobre la superficie. La violencia de la reacción tiene como resultado la eliminación de la mayoría de los sitios de nucleación de grafito que ya se encontraban en la masa fundida (introducidos por medio de las materias primas) y otras inclusiones aparte de la escoria en la parte superior. No obstante, algunas inclusiones de MgO y MgS producidas durante el tratamiento de formación de nódulos permanecen en la masa fundida. Estas inclusiones no son buenos sitios de nucleación como tales.

La función primaria de la inoculación es evitar la formación de carburo mediante la introducción de sitios de nucleación para el grafito. Además de introducir sitios de nucleación, la inoculación también transforma las inclusiones de MgO en MgS formadas durante el tratamiento de formación de nódulos en sitios de nucleación mediante la adición de una capa (con Ca, Ba o Sr) sobre las inclusiones.

De acuerdo con la presente invención, las aleaciones de base de FeSi comprende de un 40 a un 80 % en peso de Si. La aleación de base de FeSi puede ser una aleación de alto contenido en silicio que contiene de un 60 a un 80 % en peso, por ejemplo, de un 70 a un 80 % en peso de silicio o una aleación de bajo contenido en silicio que contiene de un 45 a un 60 %, por ejemplo, de un 45-55 % en peso de silicio. La aleación de base de FeSi debería tener un tamaño de partícula que esté dentro del intervalo convencional de inoculantes, por ejemplo, entre 0,2 y 6 mm, por ejemplo, de 0,2 a 3 mm.

De acuerdo con la invención, la aleación a base de FeSi en forma de partículas comprende entre un 0,1 y un 10 % en peso de Ca. Usando una cantidad mayor de Ca, se puede reducir el rendimiento del inoculante, aumentar la formación de escoria y aumentar el coste. Se obtiene un buen rendimiento de inoculación también cuando la cantidad de Ca en la aleación de base de FeSi es de aproximadamente un 0,5-6 % en peso. Preferiblemente la cantidad de Ca en la aleación de base de FeSi es de aproximadamente un 0,5-5 % en peso.

La aleación de base de FeSi comprende hasta un 10 % en peso de tierras raras (RE). RE, por ejemplo, pueden ser Ce y/o La. En algunas realizaciones, la cantidad de RE debería ser de hasta un 6 % en peso. La cantidad de RE debería preferentemente ser de al menos un 0,1 % en peso. Preferentemente, el RE es Ce y/o La.

Las partículas de Sb_2O_3 deberían tener un tamaño de partícula pequeño, es decir, un tamaño micrónico (por ejemplo, 10-150 μm), lo cual tiene como resultado una disolución y/o fusión muy gruesa de las partículas de Sb_2O_3 cuando se introducen en la masa de hierro fundido. Ventajosamente, las partículas de Sb_2O_3 se mezclan con la aleación de base de FeSi en forma de partículas antes de la adición del inoculante en la masa de hierro fundido. En este caso, las partículas de FeSi se cubren completamente con las partículas de Sb_2O_3 , véase la figura 3. La mezcla de partículas de Sb_2O_3 con partículas de aleación de base de FeSi tiene como resultado un inoculante estable y homogéneo. Se debe indicar, sin embargo, que la mezcla y/o combinación de partículas de Sb_2O_3 con la aleación de base de FeSi particulada no es obligatoria para lograr el efecto inoculante. La aleación de base de FeSi en partículas y las partículas de Sb_2O_3 se puede añadir por separado pero simultáneamente al hierro fundido.

La adición de partículas de Sb_2O_3 junto con partículas de aleación de base de FeSi, en lugar de alear Sb con la aleación FeSi, ofrece varias ventajas. Tanto el antimonio como el oxígeno del compuesto Sb_2O_3 es esencial para el

rendimiento del inoculante. Otra ventaja es la buena reproducibilidad de la composición del inoculante ya que la cantidad y la homogeneidad de las partículas de Sb_2O_3 en el inoculante se controla fácilmente. La importancia de controlar la cantidad de inoculantes y tener una composición homogénea del inoculante es evidente dado el hecho de que el antimonio se añade normalmente a un nivel de ppm. La adición de un inoculante no homogéneo puede dar como resultado cantidades incorrectas de elementos de inoculación en el hierro fundido. Otra ventaja más es la producción más rentable del inoculante en comparación con los métodos que implican la aleación de antimonio en una aleación a base de FeSi.

Ejemplos

Se realizaron cuatro ensayos de inoculación en un cucharón de 600 kg de hierro fundido tratado con magnesio mediante la adición de un 1,3 % en peso de aleación de formación de nódulos de MgFeSi. La aleación de formación de nódulos de MgFeSi tuvo la siguiente composición en peso: un 5,8 % en peso de Mg, un 1 % en peso de Ca, un 1 % en peso de RE, un 0,7 % en peso de Al, un 46 % en peso de Si, siendo hierro el resto hasta el equilibrio.

Los cuatro ensayos se dividieron en dos repeticiones usando dos inoculantes diferentes. Los dos inoculantes consistieron en una aleación de ferrosilicio, inoculante A, que contenía un 71,8 % en peso de Si, un 1,07 % en peso de Al, un 0,97 % en peso de Ca, un 1,63 % en peso de Ce, siendo el resto hierro. A una parte del inoculante A se añadió 1,2 % en peso de Sb_2O_3 en forma de partículas, y se mezcló mecánicamente para proporcionar el inoculante de la presente invención. A otra parte del inoculante A, se le añadió un 1 % en peso de FeS y un 2 % en peso de Fe_2O_3 , y se mezcló mecánicamente. Este es el inoculante de acuerdo con el documento WO 99/29911 producido por Elkem AS bajo la marca registrada Ultraseed®.

Los cuatro ensayos se dividieron en dos repeticiones de los dos inoculantes diferentes. Dos ensayos con FeS y Fe_2O_3 en polvo añadidos para elaborar el inoculante Ultraseed®, y dos ensayos con Sb_2O_3 en polvo añadidos para elaborar el inoculante de la presente invención.

La Tabla 1 muestra una descripción general de los inoculantes utilizados. Las cantidades de óxido de antimonio (Sb_2O_3), el óxido de hierro y el sulfuro de hierro se basan en el peso total de los inoculantes.

Tabla 1

n.º	Inoculante de base	Tasas de adición (% en peso)			Referencia
		FeS	Fe_2O_3	Bi_2O_3	
Cucharón 1	Inoculante A	1 %	2 %	-	Ultraseed (Técnica anterior)
Cucharón 2	Inoculante A	-	-	1,2 %	Sb_2O_3 (Invención)
Cucharón 3	Inoculante A	-	-	1,2 %	Sb_2O_3 (Invención)
Cucharón 4	Inoculante A	1 %	2%	-	Ultraseed (Técnica anterior)

Se añadieron los inoculantes a las masas de hierro fundido en una cantidad de un 0,2 % en peso. Los hierros fundidos inoculados se colaron para dar lugar a barras de ensayo cilíndricas de diámetro de 28 mm. Se examinaron las microestructuras en una barra de ensayo a partir de cada ensayo. Se cortaron las barras de ensayo, se prepararon y se evaluaron por medio de análisis de imágenes en la posición 2 mostrada en la Figura 1. Se determinó el número de nódulos (número de nódulos/mm²). Los resultados se muestran en la Figura 2.

Como se puede apreciar a partir de la Figura 2, los resultados muestran una tendencia muy significativa de que los hierros fundidos tratados con Sb_2O_3 que contienen inoculantes, tienen una densidad nodular numérica mayor en comparación con las mismas masas de hierro fundido tratadas con el inoculante Ultraseed® de la técnica anterior.

Habiendo descrito las realizaciones preferidas de la invención, resultará evidente para los expertos en la técnica que se pueden usar otras realizaciones que incorporen los conceptos. Se pretenden estos y otros ejemplos de la invención ilustrados anteriormente y en los dibujos adjuntos a modo de ejemplo únicamente, y el alcance real de la invención viene determinado por medio de las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un inoculante para la fabricación de hierro fundido con grafito lamelar, compactado o esferoidal, en donde dicho inoculante comprende una aleación de ferrosilicio en forma de partículas entre aproximadamente un 40 y un 80 % en peso de silicio, entre aproximadamente un 0,1 y un 10 % en peso de calcio, entre un 0 y un 10 % en peso de tierras raras, y hasta un 5 % en peso de aluminio, siendo el resto hasta el equilibrio hierro e impurezas accidentales en cantidad ordinaria, en donde dicho inoculante adicionalmente contiene de un 0,1 a un 10 % en peso de Sb_2O_3 , basado en el peso total de inoculante, donde dicho Sb_2O_3 está en forma de partículas.
- 10 2. Inoculante de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la aleación de ferrosilicio comprende entre un 45 y un 60 % en peso de silicio.
- 15 3. Inoculante de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la aleación de ferrosilicio comprende entre un 60 y un 80 % en peso de silicio.
- 20 4. Inoculante de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la aleación de ferrosilicio comprende entre un 0,5 y un 5 % en peso de calcio.
- 25 5. Inoculante de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la aleación de ferrosilicio comprende entre un 0,5 y un 5 % en peso de aluminio.
- 30 6. Inoculante de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la aleación de ferrosilicio comprende hasta un 6 % en peso de tierras raras.
- 35 7. Inoculante de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el inoculante comprende entre un 0,2 y un 5 % en peso de Sb_2O_3 en partículas.
- 40 8. Inoculante de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las tierras raras son cerio y/o lantano.
- 45 9. Inoculante de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el inoculante está en forma de mezcla o combinación de las partículas de aleación de ferrosilicio en forma de partículas y partículas de Sb_2O_3 .
- 50 10. Inoculante de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el inoculante está en forma de aglomerados formados a partir de una mezcla de la aleación de ferrosilicio en forma de partículas y partículas de Sb_2O_3 .
11. Inoculante de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el inoculante está en forma de briquetas formadas a partir de una mezcla de la aleación de ferrosilicio en forma de partículas y partículas de Sb_2O_3 .
12. Un método para producir un inoculante para la fabricación de hierro fundido con grafito lamelar, compactado o esferoidal de acuerdo con la reivindicación 1 que comprende: proporcionar una aleación de ferrosilicio en forma de partículas que comprende de un 40 a un 80 % en peso de silicio, entre aproximadamente un 0,1 y un 10 % en peso de calcio, entre un 0 y un 10 % en peso de tierras raras, y hasta un 5 % en peso de aluminio, siendo el resto hasta el equilibrio hierro e impurezas accidentales en cantidad ordinaria, mezclar con dicha aleación de base, en forma de partículas, de un 0,1 a un 10 % en peso, basado en el peso total de inoculante, de partículas de Sb_2O_3 , para producir dicho inoculante.
13. Un método de acuerdo con la reivindicación 12, en donde las tierras raras son cerio y/o lantano.

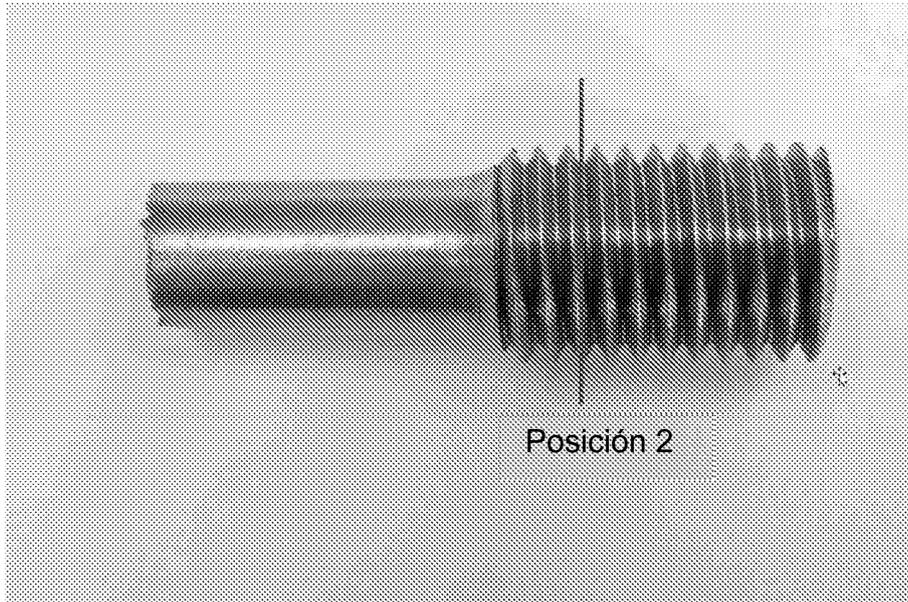


Figura 1

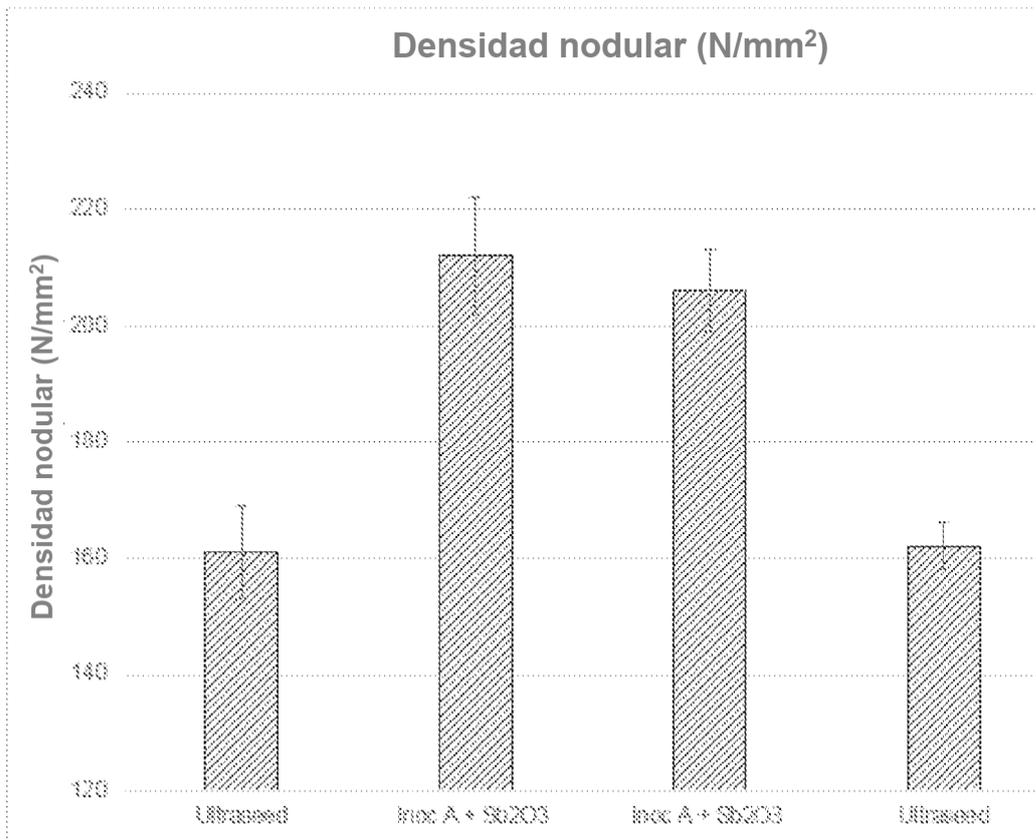


Figura 2

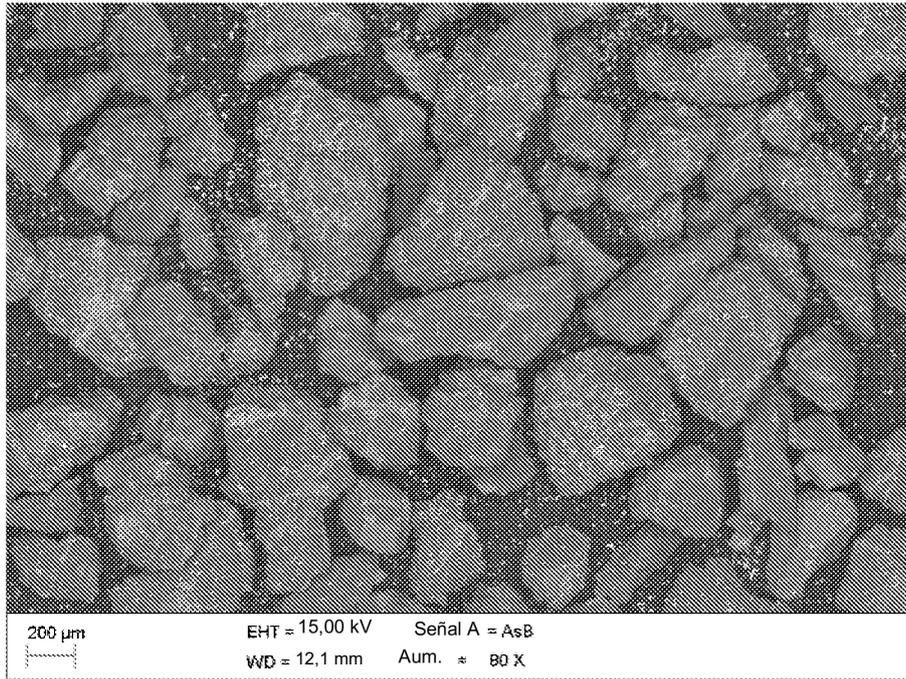


Figura 3a

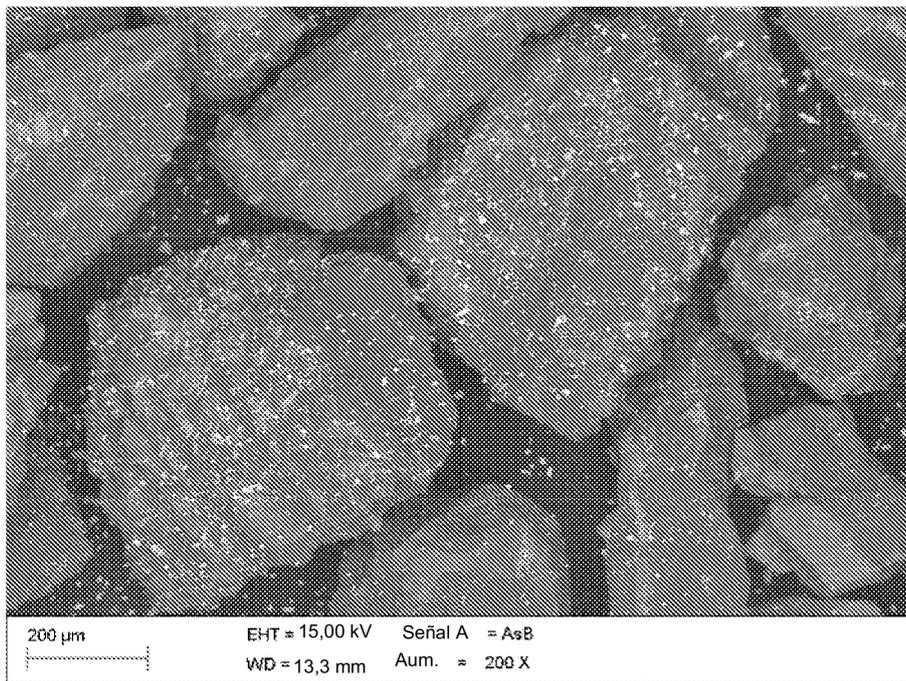


Figura 3b