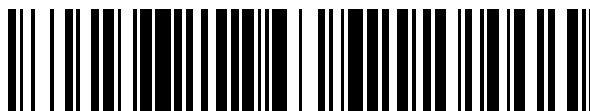


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 392 736**

51 Int. Cl.:

C21C 7/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08805930 .8**

96 Fecha de presentación: **04.06.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **2152918**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **17.02.2010**

54 Título: **Nuevo aditivo que comprende plomo y/o una aleación de plomo destinado a tratar los baños de acero líquido**

30 Prioridad:

05.06.2007 FR 0755486

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:

13.12.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:

13.12.2012

73 Titular/es:

**AFFIVAL (100.0%)
70 RUE DE L'ABBAYE
59730 SOLESMES, FR**

72 Inventor/es:

**POULALION, ANDRÉ y
GERARDIN, SÉBASTIEN**

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 392 736 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

Nuevo aditivo que comprende plomo y/o una aleación de plomo destinado a tratar los baños de acero líquido.

- 5 La presente invención se refiere a un aditivo en forma de alambre forrado destinado al tratamiento de los baños de acero líquido para obtener unos aceros con alto contenido en plomo.

10 El plomo es muy conocido porque mejora la mecanibilidad de los aceros ya que, insoluble en el acero, forma unas inclusiones exógenas de plomo (nódulos) que actúan como lubricante, y favorecen la división de las virutas durante el mecanizado de los aceros laminados. Adolece, por el contrario, de importantes inconvenientes de uso, debido a su toxicidad, su fuerte densidad (superior a la del acero líquido) y su bajo punto de fusión. Se introduce en los baños de acero líquido por inyección de bolas o de granallas a través de una lanza sumergida o bien en forma de alambre forrado, siendo esta última técnica conocida por ser generalmente más flexible y más fiable.

- 15 Los rendimientos de adición obtenidos en la actualidad con los alambres forrados clásicos no permiten realizar adiciones importantes de plomo, so pena de generar importantes cantidades de humos nocivos y por consiguiente molestias considerables con respecto a la higiene y la seguridad del personal.

20 El documento EP 0 316 921 describe un aditivo que contiene plomo para unos baños de acero, en forma de alambre forrado compuesto por una funda metálica y por un material de relleno finamente dividido, conteniendo este último plomo metálico y/o aleaciones de plomo y un material que contiene cal y que libera dióxido de carbono (CO_2) a la temperatura del baño de acero líquido. La liberación de CO_2 en el baño de acero produce, alrededor del alambre forrado, una turbulencia intensa que tiene por efecto emulsionar las partículas de plomo en el acero líquido y arrastrarlas en movimiento en el interior del baño, mejorando así su distribución en el baño de acero líquido. Por otra parte, la utilización de este aditivo ha permitido limitar las emisiones de humos nocivos y controlar mejor el proceso de adición, aumentando al mismo tiempo el rendimiento de adición con respecto a los conocidos anteriormente.

30 Sin embargo, se ha constatado que la utilización de este tipo de aditivo no permite obtener, en el recipiente de acero líquido, una repartición uniforme de las inclusiones de plomo durante la colada. Por otra parte, el producto final de acero obtenido gracias a la utilización de este aditivo no presenta una distribución homogénea de las inclusiones de plomo. Además, el rendimiento de la adición de plomo en el baño de acero líquido sigue todavía por debajo del 70%.

35 La presente invención tiene por objetivo paliar estos inconvenientes proporcionando un nuevo aditivo que comprende un polvo de plomo metálico y/o de aleación de plomo cuyo tamaño y repartición granulométrica son muy específicos, estando dicho polvo asociado a un compuesto capaz de asegurar una distribución homogénea del plomo en el baño de acero líquido.

40 Para ello, la invención se refiere, según un primer aspecto, a un aditivo que comprende plomo metálico y/o una o unas aleaciones de plomo, destinado a tratar unos baños de acero líquido, presentándose dicho aditivo en forma de alambre forrado compuesto por una funda metálica y por un material de relleno finamente dividido, estando este último constituido por un polvo de plomo metálico y/o de aleación de plomo y por un polvo de un compuesto apto para liberar un gas, inerte con respecto al acero líquido, a la temperatura del baño de acero líquido, estando dicho aditivo caracterizado porque dicho polvo de plomo metálico y/o de aleación de plomo consiste en una fracción granulométrica G_R comprendida entre 200 μm y 500 μm , y porque dicha fracción granulométrica G_R presenta las características siguientes:

- 45
- en un tamiz de 200 μm : $G_R \leq 5\%$;
 - en un tamiz de 300 μm : $90\% \geq G_R \geq 10\%$;
 - en un tamiz de 400 μm : $40\% \leq G_R \leq 100\%$;
 - 50 - en un tamiz de 500 μm : $100\% \geq G_R \geq 90\%$;

55 Según un segundo aspecto, la invención se refiere a un procedimiento de tratamiento de los baños de acero líquido por medio de un aditivo que comprende plomo metálico y/o una o unas aleaciones de plomo, que comprende una etapa de adición a dichos baños de acero de un aditivo que se presenta en forma de un alambre forrado compuesto por una funda metálica y por un material de relleno finamente dividido, estando este último constituido por un polvo de plomo metálico y/o de aleación de plomo y por un polvo de un compuesto apto para liberar un gas, inerte con respecto al acero líquido, a la temperatura del baño de acero líquido, consistiendo dicho polvo de plomo metálico y/o de aleación de plomo en una fracción granulométrica G_R que está comprendida entre 200 μm y 500 μm , y que presenta las características siguientes:

- 60
- en un tamiz de 200 μm : $G_R \leq 5\%$;
 - en un tamiz de 300 μm : $90\% \geq G_R \geq 10\%$;
 - en un tamiz de 400 μm : $40\% \leq G_R \leq 100\%$;
 - 65 - en un tamiz de 500 μm : $100\% \geq G_R \geq 90\%$;

Según un tercer aspecto, la invención tiene por objeto la utilización del aditivo que comprende plomo metálico y/o

una o más aleaciones de plomo, descrito anteriormente, para tratar unos baños de acero líquido.

La invención se refiere asimismo, según un cuarto aspecto, a cualquier producto laminado de acero con alto contenido en plomo obtenido mediante el procedimiento anterior, caracterizado porque los nódulos de plomo son de tamaño inferior a 100 μm y muy mayoritariamente, de altura de por lo menos el 80%, distribuidos en el acero laminado según un tipo de repartición aleatoria tal como se representa en la figura 3a. Esta repartición confiere al acero laminado unas características de mecanización óptimas.

La utilización de este nuevo aditivo permite mejorar muy sustancialmente los rendimientos de adición de plomo y por lo tanto la posibilidad de realizar adiciones más importantes en unas condiciones de higiene y de seguridad satisfactorias. Permite asimismo obtener una mejor repartición de los nódulos de plomo final en el acero sólido disminuyendo al mismo tiempo los fenómenos de remanencia y de contaminación de los refractarios de los recipientes utilizados para el tratamiento de estos aceros. Los costes de producción de estos aceros están así mejorados.

Otras características y ventajas de la invención se pondrán más claramente de manifiesto a partir de la lectura de la descripción detallada y de los ejemplos de realización siguientes, así como de las figuras adjuntas, en las que:

- la figura 1 representa las características de tamaños y de reparticiones granulométricas de la fracción granulométrica G_R ;
- la figura 2 presenta la variación del rendimiento en plomo en función de la cantidad de aditivo añadido al baño de acero expresada en longitud de alambre forrado añadida por tonelada de acero líquido;
- la figura 3 representa, de manera esquemática, los diferentes tipos de reparticiones de los nódulos de plomo en el producto final de acero sólido;
- la figura 4 representa un diagrama que permite el cálculo de la distancia mínima con el nódulo de plomo más cercano.

La presente invención se refiere a un nuevo aditivo que comprende plomo metálico y/o una o más aleaciones de plomo, destinado al tratamiento de baños de acero líquido para obtener unos aceros con alto contenido en plomo. De manera conocida, este aditivo se presenta en forma de alambre forrado compuesto por una funda metálica y por un material de relleno finamente dividido, estando este último constituido por un polvo de plomo metálico y/o de aleación de plomo y por un polvo de un compuesto apto para liberar un gas, inerte con respecto al acero líquido, a la temperatura del baño del acero líquido.

Ventajosamente, dicho polvo de plomo metálico y/o de aleación de plomo consiste en una fracción granulométrica G_R comprendida entre 200 μm y 500 μm . Esta fracción granulométrica se presenta preferentemente en forma de pequeños gránulos o de bolas muy finas.

De manera característica, dicha fracción granulométrica G_R presenta las características siguientes:

- en un tamiz de 200 μm : $G_R \leq 5\%$;
- en un tamiz de 300 μm : $90\% \geq G_R \geq 10\%$;
- en un tamiz de 400 μm : $40\% \leq G_R \leq 100\%$;
- en un tamiz de 500 μm : $100\% \geq G_R \geq 90\%$;

Estas características granulométricas están representadas esquemáticamente en la figura 1 adjunta.

Esta repartición granulométrica (contenida en la zona materializada en la figura 1) confiere al alambre forrado unas propiedades de relleno óptimas que conducen a un tratamiento metalúrgico con buenas prestaciones de los baños de acero líquido. La selección de dicha repartición granulométrica garantiza un nivel de porosidad residual muy inferior a los observados en unos alambres forrados fabricados a partir de un polvo de plomo clásico. La porosidad está así comprendida entre el 5% y el 20% como máximo, mientras que para un alambre clásico, el valor está generalmente comprendido entre el 15 y el 40%.

La funda metálica que rodea el aditivo está realizada en un material apto para disolverse en el baño de acero con una velocidad suficientemente elevada para permitir la liberación de dicho aditivo y sin introducir en el mismo unos componentes no deseados. Preferentemente, la funda metálica es de acero dulce no aleado. Su grosor está comprendido entre 0,1 y 1 mm, preferentemente entre 0,2 y 0,6 mm.

Por otra parte, el diámetro del alambre forrado según la invención está comprendido entre 5 y 20 mm, preferentemente entre 9 y 15 mm.

El aditivo según la invención se presenta en forma de alambre forrado que contiene de 100 a 1000 g de plomo por

metro de alambre.

Tratándose del polvo del compuesto apto para liberar espontáneamente un gas, inerte con respecto al acero líquido, a la temperatura del baño de acero líquido (comprendida entre 1550 y 1650°C aproximadamente), éste se presenta asimismo en forma finamente dividida, con un tamaño de partícula inferior a 1 mm, preferentemente inferior a 0,5 mm.

Ventajosamente, la liberación de las burbujas de gas en el baño de acero líquido crea una corriente ascendente que conduce a una repartición muy aleatoria de las inclusiones de plomo formadas a partir de la fracción granulométrica según la invención, uniformizando así su distribución en el baño de acero líquido.

En un modo particular de realización, el compuesto apto para liberar espontáneamente un gas, inerte con respecto al acero líquido, es un compuesto mineral tal como caliza (carbonato de calcio) o dolomita no cocida, y dicho gas inerte con respecto al acero líquido es el dióxido de carbono. En este caso, el compuesto mineral se utiliza en una cantidad del 3 al 30% en peso con respecto al peso del plomo metálico y/o de la aleación o de las aleaciones de plomo utilizada(s).

Según un segundo aspecto, la invención se refiere a un procedimiento de tratamiento de los baños de acero líquido por medio de un aditivo que comprende plomo metálico y/o una o unas aleaciones de plomo, que comprende una etapa de adición a dichos baños de un aditivo que se presenta en forma de alambre forrado, descrito anteriormente.

Un alambre forrado que contiene dicho polvo permite obtener un rendimiento en plomo en el acero líquido superior al obtenido con un alambre clásico o también con el descrito en el documento EP 0 316 921.

La figura 2 presenta unos resultados industriales que se refieren al rendimiento en plomo en función de las cantidades añadidas (la variación del rendimiento en plomo en función de la cantidad de aditivo añadido al baño de acero expresada en longitud de alambre forrado por tonelada de acero).

El rendimiento en plomo se define mediante la ecuación siguiente:

$$Y_{pb} = (C_F - C_i) / C_A$$

En esta ecuación:

- C_i es el contenido inicial en plomo en el recipiente de acero líquido;
- C_F es el contenido final en plomo obtenido en el recipiente de acero líquido;
- C_A es el contenido objetivo en plomo en el recipiente de acero líquido;
- Y_{pb} es el rendimiento de la adición de plomo.

El alambre forrado que contiene el polvo de plomo y/o una aleación de plomo cuya granulometría respeta las especificidades descritas en la presente invención, permite obtener un rendimiento de plomo más elevado que con un polvo clásico. Permite asimismo obtener unos rendimientos muy regulares y constantes sea cual sea la longitud del alambre inyectado en el baño de acero líquido. Así, la dispersión más reducida permite aumentar muy sustancialmente las posibilidades de éxito de obtención de la previsión en plomo en el acero final.

Gracias a un rendimiento más elevado, las condiciones de higiene y de seguridad durante el tratamiento de los recipientes de acero líquido se encuentran además sustancialmente mejoradas. Hay menos liberación de humos nocivos por encima del recipiente. Los fenómenos de sedimentación del plomo en el fondo del recipiente y de contaminación de las paredes refractarias de los recipientes están asimismo muy reducidos.

La adición del aditivo según la invención en el recipiente de acero líquido tiene lugar antes de la colada. Según el contenido final en plomo deseado, se introduce una cantidad comprendida entre 0,1 y 10 kg de aditivo en forma de alambre forrado por tonelada de acero líquido a tratar. El alambre forrado se devana en el baño de acero a una velocidad comprendida entre 50 y 200 m/min, preferentemente entre 100 y 150 m/min.

Los dos ejemplos siguientes ilustran los valores elevados del rendimiento en plomo obtenidos gracias a la utilización del nuevo aditivo según la invención.

Ejemplo 1

Alambre forrado de 13,6 mm de diámetro exterior
Grosor de fleje comprendido entre 0,35 mm y 0,40 mm
Cantidad de carbonato de calcio en la mezcla: 6,3% en peso
Peso métrico del alambre: 970 g/m
Velocidad de inyección: 120 m/min
Peso del acero líquido en el recipiente: 95 t

Contenido en plomo previsto: 0,260%
 Contenido en plomo obtenido después del tratamiento: 0,248%
 El rendimiento de la adición de plomo en alambre forrado obtenido es de: 71,8%

5 Ejemplo 2

Alambre forrado de 13,6 mm de diámetro exterior
 Grosor de fleje comprendido entre 0,35 mm y 0,40 mm
 Cantidad de carbonato de calcio en la mezcla: 5,8% en peso
 10 Longitud de alambre inyectado: 334 m
 Velocidad de inyección del alambre: 150 m/min
 Peso del acero líquido en el recipiente: 115 t
 Contenido en plomo previsto: 0,200%
 Contenido en plomo inicial en el baño de acero líquido: 0,009%
 15 Contenido en plomo obtenido después del tratamiento: 0,191%
 El rendimiento de la adición de plomo en alambre forrado obtenido es de: 72,0%

Puesto que la granulometría de las partículas de plomo contenidas en el alambre forrado se ha elegido en un intervalo muy pequeño de 200 a 500 µm, las inclusiones de plomo, insolubles en el acero líquido, se reparten de manera uniforme en todo el recipiente.

Ventajosamente, el tamaño reducido de las inclusiones de plomo permite disminuir en gran medida su sedimentación en el fondo del recipiente. Esto conduce a tener un contenido en plomo constante en el baño de acero líquido desde el principio del vaciado del recipiente hasta el final de la colada. El producto solidificado es por lo tanto más homogéneo en contenido en plomo, sea cual sea la cantidad de acero líquido que queda por fundir. Esto se ilustra en el ejemplo siguiente.

Ejemplo 3

30 Alambre forrado de 13,6 mm de diámetro exterior
 Grosor de fleje comprendido entre 0,35 mm y 0,40 mm
 Cantidad de carbonato de calcio en la mezcla: 6,5% en peso
 Cantidad de polvo inyectado por alambre forrado: 297 kg
 Velocidad de inyección: 120 m/min
 35 Peso del recipiente: 95 t
 Contenido en plomo previsto: 0,260%
 Contenido en plomo obtenido sobre los primeros palancones colados: 0,252%
 Contenido en plomo sobre palancones en medio del recipiente: 0,245%
 Contenido en plomo sobre palancones al final del vaciado del recipiente: 0,249%

40 El término "palancón" designa una unidad de acero solidificado (lingote de acero de sección redonda, rectangular o poligonal).

45 Por otra parte, la utilización del alambre forrado que contiene un polvo de plomo finamente dividido según la invención permite disminuir las operaciones de lavado de los recipientes utilizados para la elaboración de los aceros líquidos con alto contenido en plomo. Los recipientes refractarios están menos contaminados por unas infiltraciones importantes de plomo. El acerista constata menos residuos de plomo en los sistemas de apertura/cierre del orificio de colada así como en las juntas entre los ladrillos refractarios.

50 El porcentaje de desechos de los productos laminados (barras) de acero con alto contenido en plomo está muy reducido gracias a la utilización del aditivo que contiene un polvo de plomo y/o de aleación de plomo cuya granulometría se describe en la presente invención. Se rechazan las barras si el tamaño y la repartición de los nódulos de plomo no responden a las especificaciones impuestas por el cliente del siderúrgico. Gracias al aditivo según la invención, el 100% de las barras son adecuadas, mientras que la utilización de un alambre forrado que
 55 contiene un polvo de plomo clásico puede conllevar hasta el 30% de desechos.

Además de los tamaños más pequeños, los nódulos de plomo están repartidos de manera más adecuada en el producto laminado que favorece así las propiedades de mecanización. No existe ningún método estándar o internacional para caracterizar la repartición de los nódulos de plomo en los productos laminados; por ello, se ha desarrollado específicamente un criterio de calificación de la repartición de la población de los nódulos de plomo en los productos laminados.

60 Así, la solicitante ha desarrollado específicamente un criterio de calificación de la repartición de la población de los nódulos de plomo en los productos laminados. Define por lo tanto unos índices de repartición y los criterios asociados y por último, las condiciones de mediciones experimentales.

Gracias a un estudio profundizado por simulación digital que modela las diferentes reparticiones consideradas en la figura 3, la solicitante ha demostrado unos índices pertinentes que permiten calificar estas reparticiones. Ha determinado asimismo los límites asociados a cada uno de estos índices. De esta manera, se ha demostrado que un índice de repartición I_R superior al 1,4% permite diferenciar con un intervalo de tolerancia del 99% una repartición aleatoria de los demás tipos de repartición.

El índice I_R se define de esta manera:

$$I_R = (100 / D) * \left(\sum_{i=1}^{NI} (d_i) / NI \right)$$

I_R : índice de repartición

D : diagonal de la zona de análisis

d_i : distancia mínima entre los nódulos de plomo (los más próximos - figura 4)

NI : número de nódulos de plomo con una distancia mínima asociada.

Los nódulos de plomo están repartidos de manera aleatoria (favoreciéndose así la mecanización), cuando I_R es superior a 1,4%.

Este índice I_R es pertinente sólo con la condición de tener en cuenta un número elevado de nódulos de plomo. Este número se ha fijado en 500. Se ha desarrollado así un método de análisis específico.

La caracterización de los nódulos de plomo se realiza sobre la superficie de una muestra extraída a mitad de radio de una barra de acero laminado de un diámetro superior 1 40 mm, y observada en el sentido del laminado. La superficie de la muestra extraída se pule hasta una hoja de 1 μ m.

Los nódulos de plomo se identifican y caracterizan mediante observación de la superficie de la muestra con un microscopio electrónico de barrido equipado con un detector de electrones retrodifusos (MEB.FEG) acoplado a un analizador de imágenes. Con este modo de observación y gracias al contraste químico, los nódulos de plomo aparecen con un nivel de gris medio claramente superior al de la matriz de acero y de las inclusiones de otros naturales (tales como sulfuros, óxidos, nitruros, etc.), lo cual permite distinguirlos y aislarlos fácilmente.

El método de medición consiste en observar una superficie de un mínimo de 25 mm², en una zona de forma cuadrada centrada a mitad de radio de la barra. Se tienen en cuenta y se miden todos los nódulos de plomo con un diámetro pequeño de Féret superior a 2 micrones. Más de 500 nódulos de plomo deben ser tenidos en cuenta. Para cada uno de estos nódulos, los parámetros de posición (coordenadas X e Y en la referencia de la zona examinada) y los parámetros morfológicos principales (superficie del nódulo, diámetro de Féret, etc.) se guardan en un fichero de resultados.

Los parámetros de repartición se calculan entonces con el fin de demostrar la repartición de los nódulos de plomo que permiten optimizar las propiedades de mecanización del producto. Se tienen en cuenta varios tipos de reparticiones, representadas en la figura 3 adjunta: aleatorio (figura 3a), en montones (figura 3b), en bandas (figura 3c) o en red (figura 3d). Para garantizar una diferencia de aptitud a la mecanización suficiente con respecto a la conocida para los aceros laminados con alto contenido en plomo tratados con unos alambres forrados clásicos, se ha determinado que la proporción de nódulos repartidos según el tipo aleatorio debe ser máximo y preferentemente por lo menos igual al 80%.

La utilización de un aditivo que se presenta en forma de alambre forrado que contiene un polvo de plomo, cuya granulometría es tal como se define en la figura 1, permite obtener un producto en acero laminado homogéneo que contiene unos nódulos de plomo de tamaño muy pequeño, inferior a 100 μ m, y distribuidos según una repartición muy mayoritariamente aleatoria. Esta repartición confiere al acero unas propiedades de mecanización mejoradas con respecto a las obtenidas sobre los aceros tratados con unos alambres forrados clásicos o los descritos en el documento EP 0 316 921.

La utilización del nuevo aditivo que comprende plomo metálico y/o una aleación de plomo, según la invención, para tratar los recipientes de acero líquido para obtener unos aceros con alto contenido en plomo presenta numerosas ventajas y conduce en particular a:

- la mejora del rendimiento de la adición de plomo en el baño de acero líquido;
- la mejora de las condiciones de elaboración y de tratamiento de los aceros con alto contenido en plomo: en efecto, el incremento del rendimiento de adición permite reducir la emisión de los humos nocivos y por lo tanto una mejora de las condiciones de higiene y de seguridad para el personal de acería;
- una fuerte mejora de la distribución y de la finura de las inclusiones de plomo en el acero líquido que permite

mantener constante el contenido en plomo del acero del principio de la colada hasta el vaciado completo del recipiente;

- 5 - una fuerte disminución de la sedimentación del plomo en el fondo del recipiente y así una casi desaparición de los residuos de plomo en los sistemas de apertura/cierre de los orificios de colada así como en las juntas de los ladrillos refractarios;
- 10 - la mejora de las propiedades finales de mecanización de los productos de acero laminado gracias a una mejor distribución de los nódulos de plomo en el acero laminado según una repartición muy mayoritariamente de tipo aleatorio, caracterizada por un método innovador desarrollado especialmente para paliar la ausencia de método estándar internacional;
- 15 - la fuerte reducción de los porcentajes de desechos de los productos laminados por defectos internos relacionados con la presencia de nódulos de plomo de gran tamaño no deseables y/o mal repartidos en los productos de acero laminados.

REIVINDICACIONES

1. Aditivo que comprende plomo metálico y/o una o unas aleaciones de plomo, destinado a tratar unos baños de acero líquido, presentándose dicho aditivo en forma de alambre forrado compuesto por una funda metálica y un material de relleno finamente dividido, estando este último constituido por un polvo de plomo metálico y/o de aleación de plomo y por un polvo que contiene un material apto para liberar un gas, inerte con respecto al acero líquido, a la temperatura del baño de acero líquido, estando dicho aditivo caracterizado porque dicho polvo de plomo metálico y/o de aleación de plomo consiste en una fracción granulométrica G_R comprendida entre 200 μm y 500 μm , y porque dicha fracción granulométrica G_R presenta las características siguientes:
 - en el tamiz de 200 μm : $G_R \leq 5\%$;
 - en el tamiz de 300 μm : $90\% \geq G_R \geq 10\%$;
 - en el tamiz de 400 μm : $40\% \leq G_R \leq 100\%$;
 - en el tamiz de 500 μm : $100\% \geq G_R \geq 90\%$;
2. Aditivo según la reivindicación 1, en el que la funda metálica está realizada en acero dulce no aleado.
3. Aditivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 ó 2, en el que la funda metálica tiene un grosor de 0,1 a 1 mm, preferentemente de 0,2 a 0,5 mm.
4. Aditivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el alambre forrado tiene un diámetro de 5 a 20 mm, preferentemente de 9 a 15 mm.
5. Aditivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el material de relleno tiene un tamaño de partículas que no supera 1 mm.
6. Aditivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el alambre forrado contiene de 100 a 1000 g de plomo por metro.
7. Aditivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el material apto para liberar un gas, inerte con respecto al acero líquido, es un compuesto mineral constituido por caliza (carbonato de calcio) o por dolomita no cocida, siendo el gas liberado entonces el dióxido de carbono.
8. Aditivo según la reivindicación 7, en el que el material mineral está presente en una cantidad de 3 a 30% en peso con respecto al peso de plomo utilizado o de la aleación (o aleaciones) de plomo utilizada(s).
9. Procedimiento de tratamiento de los baños de acero líquido por medio de un aditivo que comprende plomo metálico y/o una o unas aleaciones de plomo, que comprende una etapa de adición a dicho recipiente de un aditivo que se presenta en forma de alambre forrado compuesto por una funda metálica y por un material de relleno finamente dividido, estando este último constituido por un polvo de plomo metálico y/o de aleación de plomo y por un polvo de material apto para liberar un gas, inerte con respecto al acero líquido, a la temperatura del baño de acero líquido, consistiendo dicho plomo metálico y/o de aleación de plomo en una fracción granulométrica G_R comprendida entre 200 μm y 500 μm , y que presenta las características siguientes:
 - en el tamiz de 200 μm : $G_R \leq 5\%$;
 - en el tamiz de 300 μm : $90\% \geq G_R \geq 10\%$;
 - en el tamiz de 400 μm : $40\% \leq G_R \leq 100\%$;
 - en el tamiz de 500 μm : $100\% \geq G_R \geq 90\%$;
10. Procedimiento según la reivindicación 9, en el que se introducen 0,1 a 10 kg de alambre forrado por tonelada de acero líquido a tratar.
11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 10 u 11, en el que se introduce el alambre forrado en el recipiente de acero líquido a una velocidad de 50 a 200 m/min, preferentemente de 100 a 150 m/min.
12. Utilización de un aditivo que comprende plomo metálico y/o una o unas aleaciones de plomo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8 para tratar unos baños de acero líquido.
13. Producto laminado en acero con alto contenido en plomo, cuyos nódulos de plomo tienen un tamaño inferior a 100 μm , caracterizado porque se ha obtenido mediante el procedimiento según una de las reivindicaciones 9 a 11, estando la repartición de los nódulos definida según la fórmula siguiente:

$$I_R = (100 / D) * \left(\sum_{i=1}^{NI} (d_i) / NI \right)$$

en la que:

I_R : índice de repartición

D : diagonal de la zona de análisis

d_i : distancia mínima entre los nódulos de plomo más próximos

5 Nl : número de nódulos de plomo con una distancia mínima asociada,

I_R es superior a 1,4%.

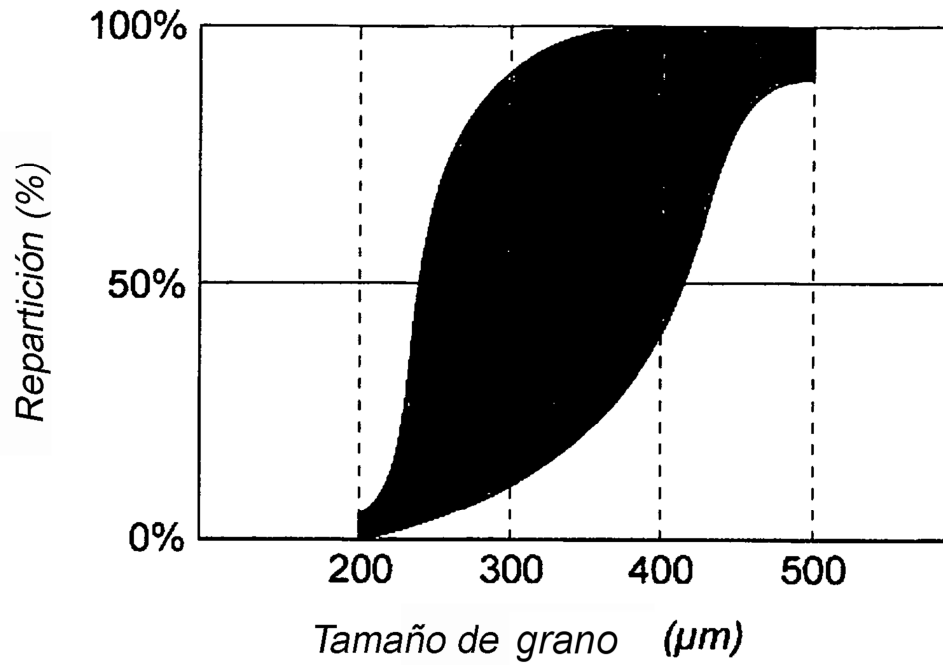


Fig. 1

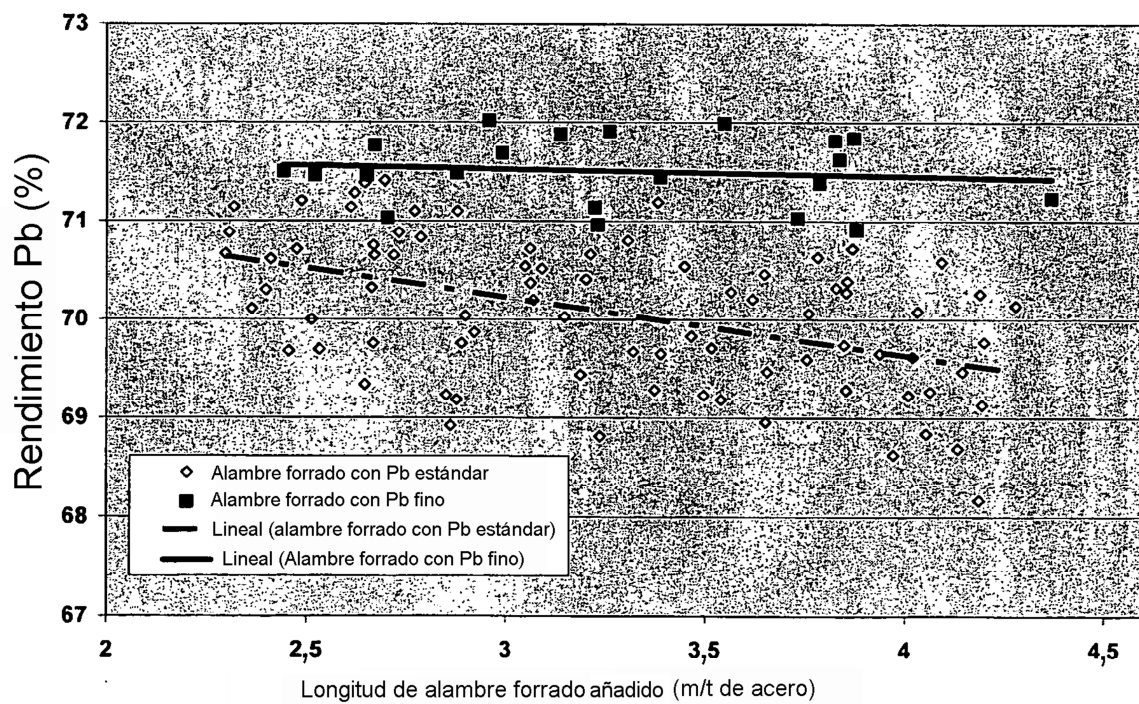


Fig. 2

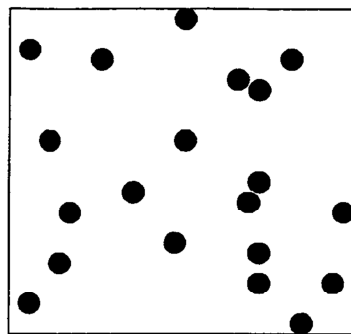


Fig. 3a

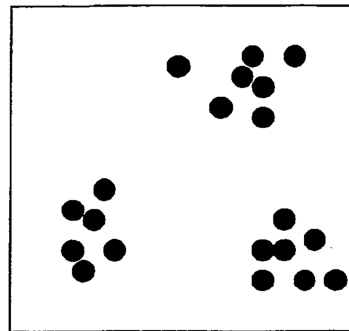


Fig. 3b

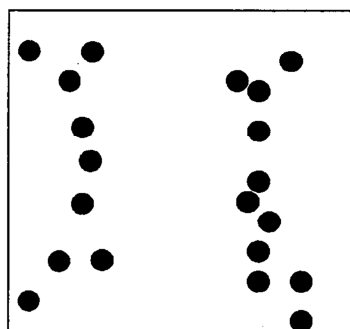


Fig. 3c

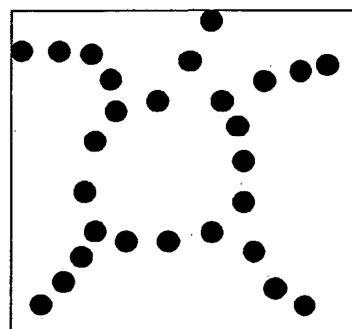


Fig. 3d

Fig. 3

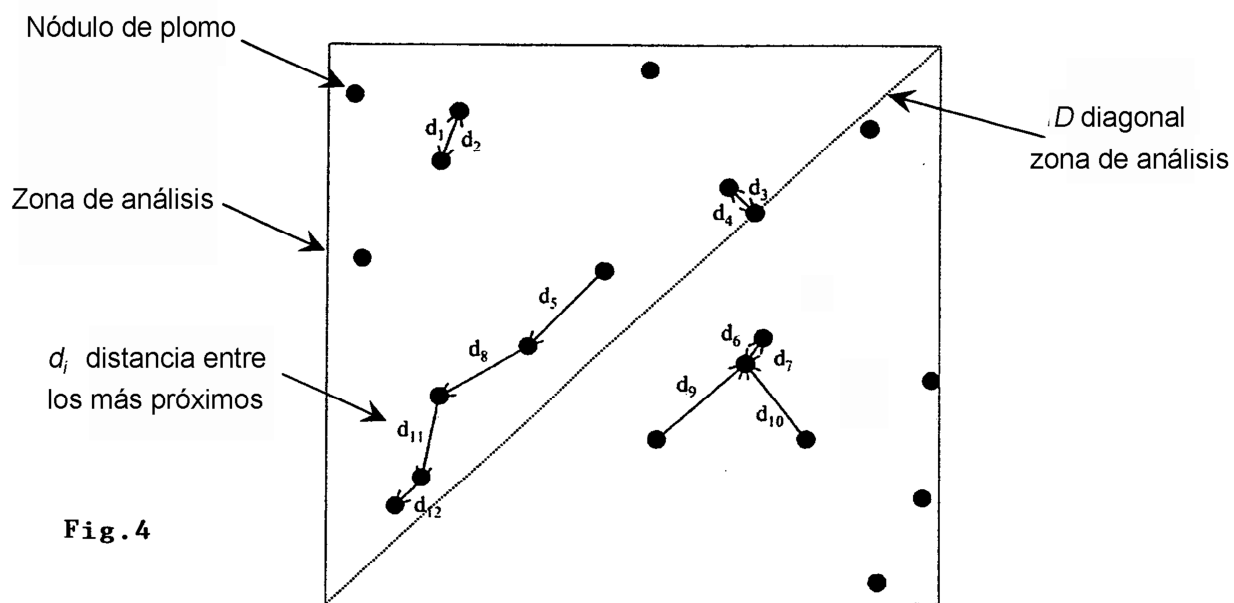


Fig. 4