



31

378057

SECRETARIA DE ECONOMIA  
REGISTRACION DE PATENTES  
CLASE C-21  
SUBCLASE D

MEMORIA DESCRIPTIVA  
correspondiente a la solicitud de una  
PATENTE DE INVENCION

Solicitante: MEEHANITE METAL CORPORATION

Domicilio: New King Street, WHITE PLAINS, New York 10604, U.S.A.

Enunciado: "UN METODO DE FUSION DE FUNDICION GRIS".

PRIORIDAD: de la solicitud de patente estadounidense  
núm. 854.606 del 2 de Septiembre de 1969.

FB.

378057

31 M



Extracto de la descripción

Un método mejorado para la fusión de la fundición gris a altas temperaturas, para obtener las numerosas ventajas de la fusión a alta temperatura, que incluye una mayor fluidez, a la vez que supera los inconvenientes de la fusión a alta temperatura, por ejemplo, un sub-enfriamiento reducido por el medio que consiste en añadir una cantidad pequeña pero eficaz de un carburo de silicio al baño de fundición gris.

Descripción del invento

El presente invento se refiere a un método mejorado para la fusión de la fundición gris en un horno eléctrico, y más particularmente a un método de fusión a temperaturas elevadas.

Para la fusión de fundición gris en un horno eléctrico, se acostumbra ejercer un control estricto de la temperatura a la que se calienta el baño, porque un sobrecalentamiento excesivo, por encima de la temperatura de solidificación de la fundición gris, producirá en el metal un endurecimiento excesivo o dureza debida al carburo, o, en variante, producirá un grafito de la variedad sub-enfriada e interdendritica. Esta limitación de la temperatura de fusión, no permite la utilización completa de las características principales del horno eléctrico, es decir el hecho de que las temperaturas de colada elevadas, así como una mayor fluidez del metal pueden obtenerse muy facilmente.

El presente invento está basado en el descubrimiento de que se pueden añadir al baño pequeñas cantidades de carburo de silicio evitando completamente los efectos perjudiciales de las temperaturas de sobrecalentamiento ele-



31 MAR

378057

vadas.

5

Un objeto del presente invento consiste en proveer un dispositivo con el cual la fundición gris puede calentarse a una temperatura de colada elevada sin efecto perjudicial.

Otro objeto consiste en facilitar la producción de fundición gris que tiene una estructura de grafito normal, a temperaturas de sobrecalentamiento elevadas.

10

Otro objeto consiste en mejorar la fluidez de un baño de fundición gris.

Otro objeto consiste en proveer una fusión mejorada para fundición gris nodular.

15

Otro objeto consiste en reducir el grado de control de temperatura necesario para la fusión de la fundición gris.

Otros objetos y ventajas del presente invento, se revelarán a los peritos en la materia en la siguiente descripción, tomada en conjunto con los siguientes ejemplos gráficos en los que:

20

El gráfico A representa la estructura ampliada en 100 diámetros de una fundición gris calentada a  $1427^{\circ}\text{C}$  ( $2.600^{\circ}\text{F}$ ), caracterizado por grafito al azar normal y zonas de grafito sub-enfriado.

25

El gráfico B representa la estructura con un aumento de 100 diámetros de la misma fundición gris, calentada a una temperatura de  $1.538^{\circ}\text{C}$  ( $2.800^{\circ}\text{F}$ ), caracterizado por grafito sub-enfriado tipo "D" e igualmente, de la variedad interdendritica del tipo "E".

30

El gráfico C es la estructura con aumento de 100 diámetros de una fundición gris que ha sido calentada a

378007



1.593°C (2.900°F), después de añadir 0,25% de carburo de silicio, caracterizado por grafito escamoso normal y una cierta cantidad de grafito sub-enfriado, pero no de grafito interdendrítico sub-enfriado del tipo "E".

5 El gráfico D, representa la estructura ampliada en 100 diámetros de una fundición gris que ha sido calentada a 1.649°C (3.000°F), después de añadir 0,25% de carburo de silicio, caracterizado por grafito escamoso normal y una muy pequeña tendencia a contener grafito interdendrítico.

10 El gráfico E es la prueba de endurecimiento en probetas en forma de cuña de una fundición gris calentada hasta 1.649°C (3.000°F), desde 1.427°C (2.600°F) por escalones de 37,8°C (100°F), que muestra el aumento del enfriamiento brusco cuando se aumenta la temperatura de sobrecalentamiento.

15 El gráfico F es la prueba de endurecimiento en probetas en forma de cuña de una fundición gris después de añadir 0,25% de carburo de silicio calentando hasta 1.649°C (3.000°F) desde 1.427°C (2.600°F) por escalones de 37,8°C (100°F), que muestra el endurecimiento prácticamente constante para todas las temperaturas de sobrecalentamiento.

20 Para la fusión de fundición gris en un horno eléctrico se ha comprobado desde hace mucho tiempo que se producen cambios importantes en la propensión al endurecimiento y en la estructura resultante cuando se aumenta la temperatura de sobrecalentamiento. Esto ocurre en todos  
25 los hornos eléctricos capaces de producir un elevado sobrecalentamiento, sean del tipo de arco directo, de arco indirecto, del tipo de canal de baja frecuencia o del tipo sin núcleo de frecuencia baja, media o alta.  
30



Se comprueba generalmente que los efectos del sobrecalentamiento son más pronunciados y más rápidos en los hornos eléctricos que tienen entradas de potencia elevada y en los que la acción de agitación del baño es más fuerte. En los hornos tales como los hornos de arco eléctrico, por ejemplo, se produce un sobrecalentamiento localizado muy fuerte en la proximidad de los electrodos, y este fenómeno tiene un efecto bien definido sobre la calidad del baño. Cuando se calienta un baño de fundición gris, de composición dada, por encima de su temperatura de fusión, y, finalmente por encima de su temperatura normal de colada en un horno eléctrico, el primer cambio que se nota en las características del hierro es que se produce un aumento del valor de endurecimiento del baño. Esto se representa en el gráfico E, que muestra el aumento del valor de endurecimiento con la temperatura de sobrecalentamiento de una fundición gris típica de la clase 40.

No se sabe por qué se produce este aumento del endurecimiento, porque en numerosos casos se produce de hecho un cambio muy pequeño de la composición química del baño. La mayoría de los peritos en la materia explican que este mayor valor de endurecimiento se produce en razón de la coagulación y de la flotación en la parte superior del baño de los fangos o escorias de silicato que tienen usualmente algún efecto sobre la formación de núcleos en la fundición gris. La eliminación de estos núcleos produce un mayor valor de endurecimiento.

Conjuntamente con este cambio de valor de endurecimiento y muy a menudo sin ningún cambio apreciable en el valor de endurecimiento, se comprueba que el baño presenta

378057



una mayor tendencia a solidificarse estando el grafito en  
condición sub-enfriada, cuando se aumenta el grado de sobre-  
calentamiento. Este grafito sub-enfriado, puede o no ser  
conveniente y, en la fabricación de fundición gris de alta  
5 resistencia, es usualmente indeseable puesto que no puede  
eliminarse completamente por la formación de núcleos ulte-  
rior o adiciones grafitizantes, que se añaden generalmente  
al metal fundido antes de la colada.

Normalmente se nota que la fundición gris que ha  
10 sido muy sobrecalentada, aunque presenta una mayor fluidez,  
debido al hecho de que calienta más allá del punto de soli-  
dificación, no presenta un aumento de fluidez proporcional  
al grado de sobrecalentamiento. Cuando el sobrecalentamien-  
to aumenta, particularmente en ciertas composiciones del ba-  
15 ño, se verifica a menudo que se produce una ligera reducción  
de la fluidez.

Todos estos factores exigen un control exacto  
del grado de sobrecalentamiento que se permite con un baño  
de fundición gris. En caso contrario, se obtiene un metal  
20 de calidad mediocre que presenta estructuras de grafito de-  
fectuosas, bordes blancos duros, piezas defectuosas, etc.

Por otra parte, se ha comprobado a menudo, par-  
ticularmente en las cargas que tienen un elevado contenido  
de carbono grafitico, que el calentamiento hasta un grado  
25 limitado, no permite siempre la solución completa del grafito  
cargado en el baño. Se ha comprobado que esto da lugar  
igualmente a una estructura de grafito relativamente medio-  
cre en piezas fundidas fabricadas con este baño, cuando se  
permite solamente un sobrecalentamiento limitado.

30 Desde el punto de vista práctico de tener una



3.1

37 2057

5 temperatura elevada en el baño, lo que a su vez permite un tiempo más largo para la manipulación del metal, una condición mucho más conveniente y que por consiguiente es de uso general, consiste en sobrecalentar el baño hasta el grado más elevado posible, tratando al mismo tiempo de evitar la producción de grafito sub-enfriado en exceso o de valores elevados de endurecimiento en el metal.

10 Con relación al grafito sub-enfriado, se ve que el grafito sub-enfriado es completamente normal en un baño de horno eléctrico, pero que el grafito interdendritico o del tipo "E", que parece producirse solamente a una temperatura igual o superior a 1.510°C (2.750°F) es más perjudicial, puesto que no responde completamente a la formación de núcleos ulterior, lo que es una práctica corriente de los peritos en la materia.

15 Para la fabricación de fundición gris nodular, se ha comprobado igualmente que un valor de endurecimiento reducido en el baño inicial, es extremadamente deseable. Este reducido valor de endurecimiento produce un número de nódulos más elevado con mejores propiedades mecánicas y permite igualmente la producción de una buena fundición gris de grafito nodular, con adiciones normales de agentes nodulizantes tales como magnesio y cerio.

20 La utilización de un baño que tiene un elevado valor de endurecimiento conduce a carburos libres en las piezas fundidas finales que se obtienen a partir de este baño y conducen finalmente a una cantidad reducida de nódulos y a nódulos de forma algo inferior.

25 Cuando se utiliza cerio como agente nodulizante, se comprueba que un baño de endurecimiento elevado producirá

30

378057

31



carburos extremadamente estables al añadir cerio, y estos carburos exigen una temperatura de recocido extremadamente elevada en las piezas fundidas finales hechas a partir de este baño.

5                    Por consiguiente, en general, los baños de fundición gris preparados en hornos eléctricos, se usen para piezas fundidas que contienen grafito escamoso o para piezas fundidas que contienen grafito nodular, deben fabricarse con un valor de endurecimiento relativamente bajo, para la composición particular del baño. Esto permite el desarrollo de valores de endurecimiento más elevados que los que se prevén para una composición dada que conducen a un metal de calidad inferior por los motivos expuestos más arriba.

15                    Al respecto, es particularmente importante ejercer un control absoluto y limitar el sobrecalentamiento del baño a un valor algo inferior a  $1.566^{\circ}\text{C}$  ( $2.850^{\circ}\text{F}$ ) en la mayoría de los casos, y muchas veces a un valor no superior a  $1.538^{\circ}\text{C}$  ( $2.800^{\circ}\text{F}$ ).

20                    Se ha descubierto que la presencia de una pequeña cantidad de carburo de silicio en el baño de fundición gris fundida, permite la producción de temperaturas de sobrecalentamiento mucho más elevadas, sin que aparezcan los efectos perjudiciales del sobrecalentamiento.

25                    El gráfico F de la Memoria, representa el valor de endurecimiento de un baño de fundición gris clase 40, al que se añadió inmediatamente antes de la fusión, pero antes del sobrecalentamiento, 0,25% de carburo de silicio en forma granular. El sobrecalentamiento de este baño a temperaturas de hasta  $1.649^{\circ}\text{C}$  ( $3.000^{\circ}\text{F}$ ), no aumenta el valor de endurecimiento respecto a lo que era con temperaturas de sobrecalen-

30

- 9 -  
378057



tamiento tan bajas como  $1.427^{\circ}\text{C}$  ( $2.600^{\circ}\text{F}$ ).

El gráfico E muestra el valor de endurecimiento de la misma fundición gris, pero a la cual no se añadió nada antes del sobrecalentamiento.

5 Los gráficos A y B ilustran la estructura de un hierro típico de la clase 40, que ha sido calentado a  $1.427^{\circ}\text{C}$  ( $2.600^{\circ}\text{F}$ ) en el gráfico A y a  $1.538^{\circ}\text{C}$  ( $2.800^{\circ}\text{F}$ ) en el gráfico B. Se colaron unas porciones del baño en probetas que se examinaron ulteriormente para determinar su microestructura.

10 En la pieza fundida con sobrecalentamiento a  $1.427^{\circ}\text{C}$  ( $2.600^{\circ}\text{F}$ ) que se ilustra en el gráfico A, la estructura consistía en grafito escamoso normal al azar, conjuntamente con una cierta cantidad de grafito sub-enfriado, que sería típico de una fundición gris no inoculada con esta temperatura de sobrecalentamiento.

15

El gráfico B ilustra el mismo hierro que ha sido sobrecalentado a una temperatura más elevada, en concreto a  $1.538^{\circ}\text{C}$  ( $2.800^{\circ}\text{F}$ ). En este caso la estructura tomada a partir de la probeta representativa, contiene una proporción

20 bastante elevada de grafito interdendrítico conjuntamente con grafito sub-enfriado normal. La aparición de grafito interdendrítico es típica en los baños de fundición gris calentados hasta temperaturas próximas a los  $1.538^{\circ}\text{C}$  ( $2.800^{\circ}\text{F}$ )

El calentamiento de estos hierros a temperaturas todavía más elevadas producirá un aumento de la cantidad de grafito interdendrítico, e igualmente la aparición de carburos libres en la estructura.

25

Los gráficos C y D representan una fundición gris similar de la clase 40 sobrecalentada a temperaturas de

30  $1.593^{\circ}\text{C}$  y  $1.649^{\circ}\text{C}$ , respectivamente, ( $2.900^{\circ}\text{F}$  y  $3.000^{\circ}\text{F}$ ). En

378057

31



este caso, se añadió 0,25% de carburo de silicio granulado al baño inmediatamente después de la fusión. Unas porciones del baño, tomadas y coladas en probetas representativas mostraron que la estructura en el caso que se muestra en el gráfico C en el que la temperatura de calentamiento era de 1.593°C (2.900°F) consistía en grafito escamoso al azar normal, conjuntamente con grafito sub-enfriado. A la temperatura de sobrecalentamiento de 1.649°C (3.000°F) que se muestra en el gráfico D, la estructura consistía en grafito escamoso al azar normal, con solamente trazas muy ligeras de grafito interdendrítico sub-enfriado.

Esto ilustra claramente el hecho de que el carburo de silicio es eficaz para evitar la formación de grafito interdendrítico, incluso a temperaturas de sobrecalentamiento tan altas como 1.649°C (3.000°F). Cuando no hay carburo de silicio presente, estas estructuras indeseables, pueden producirse a temperaturas tan bajas como 1.538°C (2.800°F).

Se ha comprobado que la cantidad de carburo de silicio necesaria para llevar a la práctica el procedimiento del invento, puede tener un valor no superior a 1/8% del peso del baño, o puede llegar al 2% o más del peso del baño.

Se prefiere usualmente añadir una cantidad más pequeña, por ejemplo de 0,25% del peso del baño, porque esta cantidad es normalmente, completamente eficaz y que desde el punto de vista económico es más conveniente. Se prefieren igualmente estas cantidades más pequeñas porque no cambian apreciablemente la composición del baño.

A título de ejemplo típico, cuando se añade 0,25% en peso de carburos de silicio de malla 1/16 aproximadamente

378057

31



se comprueba que los cambios químicos y demás cambios que se producen en el metal son los que se indican en la siguiente tabla:

	A.	B.	C.	D.	E.	
	1.427°C (2.600°F)	1.482°C (2.700°F)	1.538°C (2.800°F)	1.593°C (2.900°F)	1.649°C (3.000°F)	
5	Carbono Total	3,18%	3,19%	3,14%	3,12%	3,09%
	Silicio	1,72%	1,73%	1,73%	1,74%	1,77%
	Manganeso	0,72%	0,73%	0,73%	0,74%	0,73%
10	C/E (Calc.)	3,59	3,62	3,55	3,70	3,68
	C/E (Eutectico)	3,75	3,77	3,72	3,55	3,49
	Líquido	2252	2246	2260	2260	2273
	Sólido	2085	2084	2085	2080	2085
	Gama	167	162	175	180	188
15	Nº de Células	950	950	950	1500	1500

En el presente caso, el número constante de células que ha sido obtenido en muestras realizadas a partir de estos baños a temperaturas de sobrecalentamiento diferentes, tiene un interés particular. El ligero aumento en el número de células para las temperaturas de sobrecalentamiento más elevadas se debe probablemente a un cierto grado de solución del carburo de silicio en el baño a estas temperaturas y, sin limitar el presente invento a una teoría exacta, se cree que esta solución evita una parte de los efectos perjudiciales que estarían normalmente asociados con el sobrecalentamiento a estas temperaturas.

Aunque se prefiera utilizar carburo de silicio granular, principalmente por ser más fácil de añadir al baño, se ha comprobado igualmente que trozos de carburo de silicio



31

son muy aceptables porque la solución del carburo de silicio, que es muy refractario, es lenta y puesto que esta solución se produce a partir de la superficie del carburo de silicio, puede ser muy eficaz. Por este motivo se ha comprobado

5 igualmente, que se puede añadir carburo de silicio en trozos directamente a la carga fría en el horno eléctrico. Perdura durante todo el ciclo de fusión y se disuelve solamente en el baño a las temperaturas altas de sobrecalentamiento, cuando es necesario para evitar el aumento de endurecimiento y fe-  
10 nómenos parecidos. Sin embargo, se prefiere añadir este carburo de silicio en cantidad relativamente pequeña directamente en el baño fundido porque, al proceder de esta manera, es posible conseguir un mejor control de la química del baño.

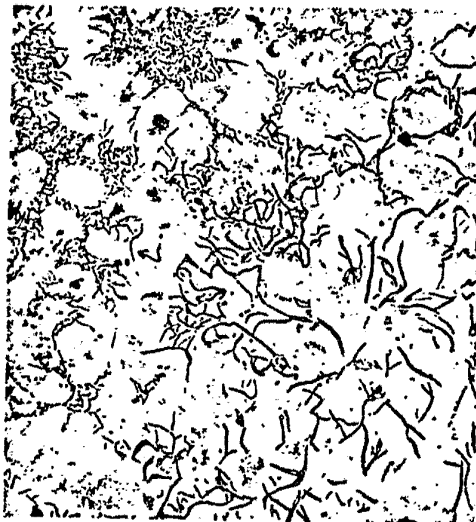
Aunque el presente invento haya sido descrito en  
15 su forma preferida con un cierto grado de particularidad, se entiende que la presente descripción de la forma preferida se ha dado solamente a título de ejemplo, y que se podrán realizar numerosos cambios en los detalles de construcción en la combinación y en la disposición de los elementos, sin alejar-  
20 se del espíritu del invento, tal y como se reivindica a conti-  
nuación.

25

30

31 MAR 1968  
ESTADO GTO

5



10

EJEMPLO GRAFICO A

15



20

EJEMPLO GRAFICO B

25

30

378057



31

5



10

EJEMPLO GRAFICO C

15



20

EJEMPLO GRAFICO D

25

30

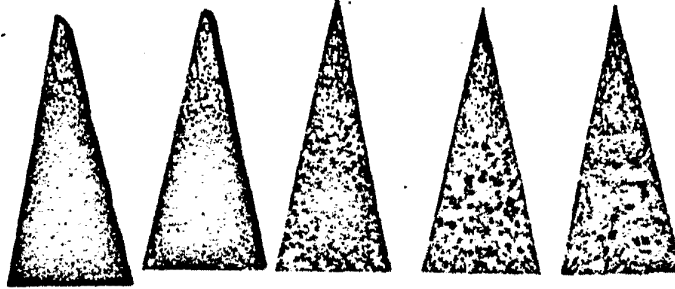


31 MAR 1970

378057

EJEMPLO GRAFICO E

-5

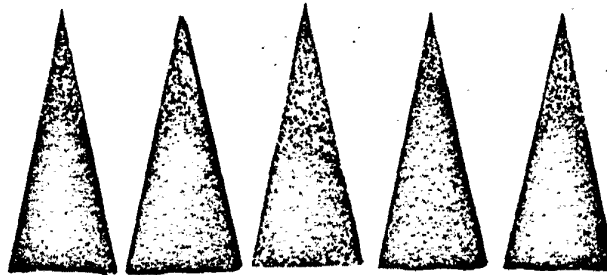


2600°F (1427°C) 2700°F (1482°C) 2800°F (1538°C) 2900°F (1593°C) 3000°F (1649°C)

-15

EJEMPLO GRAFICO F

-20



2600°F 2700°F 2800°F 2900°F 3000°F

-25

En resumen: La Patente de Invención que se solicita deberá recaer sobre las reivindicaciones siguientes:



### REIVINDICACIONES

- 5                   1. Un método de fusión de fundición gris a temperaturas altas para aumentar la fluidez reduciendo al mismo tiempo el sub-enfriamiento que se produce normalmente, cuyo método incluye las etapas que consisten en fundir una carga de fundición gris a la que se ha añadido una cantidad pequeña pero eficaz de carburo de un silicio.
- 10                   2. Un método según la reivindicación 1, caracterizado porque dicha cantidad pequeña pero eficaz de carburo de silicio está incluida entre 1/8% y 2%, basada en el peso del hierro.
3. Un método según la reivindicación 1, caracterizado porque dicha cantidad pequeña pero eficaz de carburo de silicio, es del orden de 0,25% del peso del hierro.
- 15                   4. Un método según la reivindicación 1, caracterizado porque dicho carburo de silicio se añade al metal después de que se ha fundido.
5. Un método según la reivindicación 1, caracterizado porque dicho carburo de silicio se añade a la fundición gris antes de su fusión.
- 20                   6. Un método para la fusión de fundición gris a temperaturas elevadas, para aumentar la fluidez del hierro reduciendo a la vez el sub-enfriamiento que se produce normalmente a las temperaturas elevadas, cuyo método está caracterizado porque incluye las etapas que consiste en colocar
- 25                   una carga de fundición gris en un horno eléctrico y en hacer la fusión de la carga, y en añadir a la carga antes de que alcance una temperatura de 1.510°C (2.750°F), una cantidad pequeña pero eficaz de un carburo de silicio.
- 30                   7. Un método según la reivindicación 6, caracter-

378057



31 M

terizado porque dicha cantidad pequeña pero eficaz de carburo de silicio está incluida entre 1/8% y 2% del peso del hierro,

5

8. Se reivindica por último como objeto sobre el que ha de recaer la patente de invención que se solicita "UN METODO DE FUSION DE FUNDICION GRIS".

Todo conforme queda descrito y reivindicado en la presente memoria descriptiva que consta de diecisiete páginas mecanografiadas.

10

Madrid 31 de Marzo 1970

BERNARDO UNGRIA

p.p.

15

20

25

30