

189075

P.- 7535.



14 JUL 1949

14 JUL 1949

159015

E/L

MEMORIA DESCRIPTIVA

para solicitar

P A T E N T E     D E     I N T R O D U C C I O N E

• n

E S P A Ñ A

por D I E Z años

a nombre de THE MOND NICKEL COMPANY LIMITED, entidad británica establecida en Sunderland House, Curzon Street, Londres, Inglaterra, por:

"UN METODO DE PRODUCIR Y TRATAR HIERRO FUNDIDO".

5     Es bien sabido que el hierro se funde sea como fundición gris, blanca o manchada, y que el hierro de fundición blanca puede ser tratado por batido para descomponer el carbono combinado y tornar al hierro más maleable. La particularidad característica del hierro fundido gris es que la mayor parte del carbono no combinado en la estructura matriz, se halla presente como grafito. En las secciones



189075

5 En las secciones pulidas de hierro gris fundido, que se miran en el microscopio, el grafito aparece siempre en forma de configuraciones alargadas acordonadas, algunas veces distorsionadas. Algunos creen que la forma real es una partícula delgada encorvada, semejante a una escama, si se la mira en tres dimensiones. Este grafito se menciona universalmente como "copo de grafito" y su forma se designa como "copo".

10 Son bien conocidas las ventajas de la fundición gris de hierro. Ellas comprenden su baratura, sus buenas cualidades fundidoras, es decir, facilidad de fundir y colar y sus propiedades generales mecánicas útiles. Sin embargo, se reconoce que los grados comunes de la fundición gris de hierro carecen de tenacidad. Esto se debe principalmente al hecho de que la forma física, tamaño y distribución de los copos de grafito en ella, la debilitan y la forman quebradiza en grado muy desproporcionado con el volumen comparativo que ocupan los copos de grafito, probablemente porque el copo de grafito tiene forma tal que el área de superficie es muy grande en proporción con el volumen de grafito del copo, de modo que, para un volumen dado de grafito, la forma de copo introduce un gran número de discontinuidades debilitantes y quebradas en la estructura de la fundición de hierro gris.

25 Es sabido que el grafito puede hacerse presente en otra forma llamada algunas veces modular o esferical. El grafito en esta forma es bien conocido en ciertos tipos de fundición maleable de hierro, en los cuales se produce por tratamiento prolongado de calor del hierro que inicialmente



1949

1 8 9 0 7 5

ha sido fundido blanco y que consiste de gris-coloreado dispersado, partículas blancas de forma substancialmente esferoidales o esféricas que algunas veces tienen estructura radial bien definida.

5 La presente invención está basada en el descubrimiento de que la presencia de magnesio en el hierro fundido, que sin el magnesio sería gris, influencia la fundición en la forma en la cual el grafito está presente, y al hacerlo, mejora las propiedades mecánicas del hierro en la forma más sorprendente.

10 Es esencial que el metal sea grafitico cuando se funde, y la composición deberá ser apropiada para este fin teniendo en cuenta las condiciones de la fundición, o sea, el tipo de molde y el uso de cualquier agente inoculante, es decir, el agregado de un agente fuerte grafiticante justamente antes de la fundición. Además, no es meramente suficiente agregar magnesio al metal fundido; deberá mejor retenerse el magnesio en el hierro fundido. Es bien sabido que el

15 magnesio tiene gran afinidad para el oxígeno del metal y también que rápidamente se oxida en la superficie del hierro fundido, y por lo tanto, no hay magnesio residual cuando el mismo se usa simplemente para fines desoxidantes. Es bien sabido también que el magnesio tiene gran afinidad para el

20 azufre. Es de la esencia de la presente invención que el magnesio deberá ser agregado en cantidad suficiente y de manera tal que deje un contenido residual en el metal luego de la combinación con elementos altamente reactivos hacia el magnesio, y que el hierro tenga que ser fundido con sufi-

25



189075

5  
10  
15  
ciento rapidez para impedir que este magnesio residual sea perdido por reacciones tales como la de oxidación. Si se retiene suficiente magnesio, el hierro en su estado fundido, tiene una microestructura en la cual algo o prácticamente todo el grafito aparece en forma de partículas redondeadas compactas, blancas, coloreadas en gris, por lo general circulares o como aglomerados o grupos de tales partículas. Además, no obstante que el hierro es de composición tal que, si no contiene magnesio será fundición gris de hierro, tiene, cuando se le fractura, aspecto acerado en contraste con la fractura gris de la fundición de hierro gris común. Por esta razón se le llama grafitico artes que gris en esta descripción, pero este término no implica necesariamente que los nódulos consistan de carbono puro que tiene espacios reticulados que son característicos del grafito.

Las diferencias entre las varias microestructuras están claramente mostradas en los dibujos acompañados, en los cuales:

20  
Las figuras 1 y 2 son reproducciones de fotomicrografos tomados de una magnificación de 25 diámetros y que muestra, en secciones pulidas de hierro fundido, siendo obtenida la forma esferoidal del carbono obtenido en la condición de como fundido, con presencia de magnesio.

25  
La figura 3 es una reproducción de una fotomicrografo tomado en una ampliación de 50 diámetros y mostrada la estructura grabada en la condición de como fundido de hierro fundido que contiene la forma esferoidal del carbono en una matriz perlítica.



1949

189075

La figura 4 es una reproducción de un fotomicrográfico semejante pero tomado a 250 diámetros;

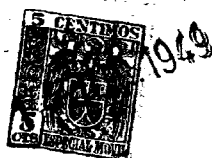
La figura 5 es una reproducción de un fotomicrográfico semejante pero tomado a magnificación de 1000 diámetros;

Las figuras 6 a 10 inclusive son reproducciones de fotomicrográficos tomados a magnificación de 100 diámetros para mostrar el efecto de aumentar progresivamente la cantidad retenida de magnesio; y

Las figuras 11 a 13 son reproducciones de fotomicrográficos que ilustran el efecto de un tratamiento por calor

Cuando la microestructura es como la mostrada en las figuras 1 a 4, en la cual todo, o substancialmente todo el grafito está en forma esferoidal (una sola partícula del cual se ve en la figura 5), las propiedades del hierro fundido estarán aproximadamente al máximo para la composición particular en cuestión. Esta microestructura se obtiene solamente asegurando una cantidad mínima de magnesio retenido, según será claro considerando las figuras 6 a 10, que muestran las microestructuras de hierros fundidos que difieren solamente en su contenido de magnesio.

El hierro mostrado en la figura 6 no contenía magnesio y era gris, estando el grafito presente en forma típica de copo. El hierro mostrado en la figura 7 contenía 0.03% de magnesio. A pesar de que prácticamente nada del grafito se ha tomado esferoidal, se verá que algunos de los copos están volviéndose redondeados en sus extremos y que en general son algo menos alargados. El hierro mostrado en la figura 8



189075

5 contenía 0,04 % de magnesio. Se vea que ha tenido lugar un cambio substancial en la forma del grafito y que hay algunos de los esferoides acompañados por una disminución substancial de los copos altamente alargados. Parece, en realidad que hay un cambio crítico de unos 0,04% de magnesio. El hierro mostrado en la figura 9 contenía 0,05% de magnesio y el grafito está ahora en forma predominante esferoidal. Finalmente, el hierro mostrado en la figura 10 contenía 0,09 % de magnesio y el grafito se ha tomado totalmente esferoidal.

10 Los hierros mostrados en las figuras 6 a 10 fueron sometidos a las pruebas usuales para asegurar sus propiedades mecánicas, y en particular la carga transversal requerida para la fractura de una barra, la desviación de la barra antes de la fractura, la fuerza tensora final, la resistencia al impacto y el número de la dureza Brinell. Las cifras comparativas que se obtuvieron están dadas en la tabla I.

T A B L A I

20

Número	Magnesio retenido	Transversal Dev. Carga	U.T.S.	Impacto	BRV
6	Nada	0.200	2000	7.0 27.5	118
7	0.03	0.194	2830	10.6 24.5	126
8	0.04	0.125	4270	19.6	207
9	0.05	0.300	9570	45.1 60.0	271
25 10	0.09	0.240	10050	48.4 100.0	300

Dev.- Desviación en veces 25,4 mm. en prueba transversal.



189075

Carga - Veces 454 gr. requeridos para la fractura de la barra transversal de prueba.

U/T.S. - Fuerza final tensora en toneladas por 25,42 mm.

BHN - - Número de dureza Brinell

5 Impacto - Libras de pie requeridas para quebrar la barra de prueba sin muescas por impacto.

10 Puede observarse que las propiedades del hierro fundido sin magnesio alguno (figura 6) era pobre, siendo la razón de ello que esta serie de fundiciones se hizo de hierro en lingotes sin escoria alguna de acero, pero la tabla claramente muestra los efectos relativos de las diferentes cantidades de magnesio retenido.

15 Se verá que son exhibidas las mejores propiedades cuando todo el grafito es esferoidal. Sin embargo, el porcentaje que aumenta con el esfuerzo tensor que es traído por 0,04% de magnesio, como está mostrado en la figura 8, es muy pronunciada, y la producción del tipo de microestructura mostrada en la figura 8, por medio de magnesio retenido o hierro fundido no aleado, se halla dentro de la presente invención. El contenido de magnesio puede ser tanto como 0,5 %, pero la gama preferida es 0,05 a 0,2 %. El contenido de magnesio retenido en el cual la forma esferoidal del grafito es generalmente inducida, aumenta levemente con el contenido de carbono, silicio o ambos, y con el tamaño de la sección de la fundición a ser producida. Así, cuando un baño dado tratado tiene que ser fundido en una gran sección, por ejemplo, de cuatro veces 25,4 mm., el contenido de magnesio retenido deberá ser aumentado ligeramente en comparación con el de sección pequeña, es decir, en 25,4 mm.



1943

189075

5 Un efecto peculiar que se ha observado en algunas composiciones que contienen cantidades en la línea de borde de magnesio retenido, o sea, 0,035 a 0,043 %, justamente suficiente para iniciar la ocurrencia de la forma esferoidal del carbono, es, que aparece en una zona cerca de la superficie de la pieza de fundición y en una barra quebrada, estando indicado por la presencia de un borde externo que tiene aspecto de acero. La presencia de este borde imparte una mejora notable en las propiedades del producto, pero que no es tan alta como cuando el producto contiene la forma esferoidal del carbono a través de la sección transversal.

10 El contenido de magnesio retenido al cual se ha hecho referencia, es la cantidad de magnesio detectable en la fundición terminada, por los métodos bien conocidos, tales como el análisis químico.

15 Como las cantidades del magnesio en cuestión son muy pequeñas, métodos diferentes de análisis pueden dar con facilidad resultados diferentes y es deseable, por ello, decir que las cifras dadas en esta descripción se obtuvieron por el siguiente método.

20 Disolver la muestra en ácidos perclórico y nítrico. Evaporar los vapores, diluir y filtrar. Quitar la masa del hierro del filtrado por electrólisis en una celda de cátodo de mercurio, dejando hierro suficiente para combinarlo con el fósforo presente. Hacer la solución amoniacal, agregar persulfato de amonio, hervir y filtrar. Precipitar el magnesio y el filtrado con fosfato de diamonio en la manera usual, filtrar, poner en ignición y pesar como  $Mg_2P_2O_7$ .



189075

Si el metal fundido contiene cualquier elemento que tienda a combinar con el magnesio y tornarlo así inefectivo, en particular azufre y oxígeno, la cantidad de magnesio introducida tendrá que ser aumentada en la cantidad requerida para quitar estos elementos o de otro modo dominar sus efectos.

El azufre es el elemento magnesio-reactivo que con más probabilidad se encontrará presente en cantidades molestas. Ningunos otros elementos comunes, en las cantidades usuales que se presentan en el hierro fundido, se ha encontrado que tengan efecto detrimental marcado en la interferencia con la función deseada del magnesio. Cuando se halla presente azufre en la fundición antes del tratamiento, es necesario introducir en ella una cantidad de magnesio que sea suficiente no solamente para producir el contenido deseado de magnesio retenido, sino también que reaccione con el azufre, y para este objeto se prefiere introducir una parte por peso por cada parte de azufre que va a ser quitada. Si se hace esto, el contenido de azufre generalmente será reducido a menos del 0,015 %. Solamente el exceso no consumido de magnesio se encuentra entonces disponible para realizar su función de controlar la forma del carbón no combinado y de proveer el contenido requerido de magnesio residual.

Como es esencial que el hierro fundido tenga que ser grafitico, el metal fundido deberá, al serlo, tener alta potencia grafiticante. Esto puede ser impartida por regulación apropiada de la composición del metal fundido en las varias formas bien conocidas en la producción de hierro fundido gris. En vista sin embargo del efecto blanqueador del magnesio en el



189075

5  
10  
15  
20  
25

hierro fundido, generalmente es deseable inocular el metal fundido. La inoculación del hierro fundido tiene efecto grafitizante y consiste de una adición tardía de un agente fuerte grafitizante, que usualmente es un agente que contiene silicio tal como ferro-silicio, siliciuro de calcio o de níquel, pero que puede ser, por ejemplo, aluminio. En la presente invención se emplea inoculación excepto en ciertos casos cuando la fundición tiene potencia grafitizante muy elevada. Se prefiere introducir el magnesio en la fundición y luego separadamente introducir separadamente el inoculante grafitizante, que consiste preferentemente en silicio agregado como por ejemplo, ferro-silicio. La cantidad de silicio agregada es generalmente de 0,3 a 2,3 % y preferentemente de entre 0,4 y 1,2 %. Si la inoculación precede a la introducción del magnesio, puede que no produzca los resultados deseados en el producto como fundido. Esto puede ser remediado con otra inoculación al mismo tiempo, que podría ser efectuada luego de la introducción del magnesio. La fundición inoculada conteniendo magnesio tendría que ser fundida muy rápidamente luego de la inoculación, por ejemplo, dentro de unos tres minutos después de ella. Se ha encontrado que si la fusión tratada es mantenida mucho más tiempo luego de la inoculación, el efecto de la última se desgasta y se pierde. Esto puede ser compensado por otro agregado de inoculación que puede incorporar una cantidad más pequeña del inoculante, por ejemplo silicio. Puede introducirse una cantidad tan pequeña como de unos 0,1 o 0,15 % de silicio para reinocular la fundición, aunque, naturalmente, puede emplearse cantidades mayores. En tales casos,



189075

como en el de una simple inoculación, la fusión tratada con magnesio e inoculada tendría que ser colada inmediatamente después de la última inoculación, es decir, dentro de unos 3 minutos. Reinoculando periódicamente la fundición mientras se retiene el contenido requerido de magnesio, es posible colar una fundición largamente tratada durante un período considerable de tiempo.

La inoculación no es siempre necesaria. Por ejemplo, una fundición inoculada que contenga 4 % de carbono y 2 % de silicio (incluyendo 0,75 % de silicio introducido en la inoculación justamente antes de la introducción del magnesio) no requirió otra o subsiguiente inoculación aunque la inoculación de parte de la fundición era beneficiosa y elevó las propiedades transversales de la fundición. Sin embargo, una fundición inoculada similar que contenía unos 3 % de carbono y 2,3 % de silicio (incluyendo 0,75 % de silicio introducido para inoculación justamente antes de la introducción del magnesio) solidificó en forma de hierro fundido blanco cuando se le coló luego de la introducción del magnesio sin inoculación adicional acompañante. Cuando de nuevo se inoculó una porción de esta fundición después de la introducción del magnesio con 0,2 % de silicio y fue colado brevemente después, se produjo la forma esferoidal deseada del carbono.

Para algunos fines puede ser deseable producir una fundición que tenga superficie enriada dura en la cual el carbono está en forma combinada para proveer resistencia al desgaste o semejantes, mientras el alma o cuerpo tiene cantidades substanciales de carbono no combinado en la forma esfe-



189075

roidal. Tales fundiciones pueden ser producidas controlando los factores conocidos que afectan la cantidad de grafitación que tendrá lugar en las varias partes de las fundiciones.

5                    Como es bien conocido, los elementos más importantes para determinar la potencia grafificante de una fundición son el carbono y silicio. En la presente invención, el contenido de silicio es, preferentemente, de por lo menos unos 0,8 % y puede ser de tanto como 5 % o hasta 6 %, aunque las ocasiones en que se emplearían tales cantidades grandes de silicio son raras, excepto si se desean las propiedades especiales de las fundiciones de hierro de alto silicio. La razón es que el carbono es más efectivo para impartir potencia graficante y que el silicio, en cantidades grandes a un nivel dado de carbono, tiene tendencia a reducir las propiedades, especialmente la tenacidad, ductilidad y fuerza tensora. El silicio es un formador fuerte de ferrita y por esta razón puede ser deseable emplear contenidos grandes de silicio, cuando se desea una matriz que contenga proporción grande de ferrita en condición de grano fundido. Después del tratamiento con magnesio y cualquier inoculación requerida, la fundición contendrá generalmente por lo menos unos 1 % de silicio, y preferentemente entre unos 1,5 % y 3 % de silicio. El contenido de carbono puede variar entre 1,7 y 5%, pero preferentemente es de entre 2,0 y 4,5 %. Una gama particularmente respondiente de composición que tiene potencia graficante suficiente para impedir, bajo las condiciones más prácticas de fundición,



1949

189075

La ocurrencia de carburos masivos o enfriamientos acciden-  
tales en las secciones de 3/8 de 25,4 mm. de espesor o más,  
está definida por límites de silicio de 1,0 % a 4,0 % con  
el contenido de silicio de tal modo relacionado con el con-  
tenido de carbono, que la suma de

5

<u>% Si</u>	<u>% C</u>
3.1	4.5

es mayor de 1,0.

En general en todo el carbono está presente en  
la forma de esferoides blandos, coloreados de gris, porque  
algo del carbono, como carbono combinado, es usualmente  
retenido en la estructura matriz. En la mayoría de los  
casos, las fundiciones producidas de acuerdo con la inven-  
ción, tendrán contenido combinado de carbono de no más del  
contenido total de carbono. La ocurrencia de algo de car-  
bono en la forma muy substancialmente compacta esferoidal  
o esférica en la condición como fundida, es acompañada por  
redondeados de los copos que restan.

10

15

20

25

El hierro, como fundido, puede estar libre de  
elementos de aleación o puede contener cantidades substancial-  
es de elementos aleadores. Así, el hierro puede con-  
tener tales elementos aleadores como níquel, molibdeno,  
cromo, manganeso y aluminio. Las propiedades blanquea-  
doras o estabilizadoras del carbono de algunos elementos  
aleadores tienen que ser tenidos en cuenta, en vista de  
requisitos de que el metal fundido posee suficiente, poder  
grafítico para producir una cantidad substancial de  
carbono grafítico al enfriarse de las temperaturas de verter.  
Por esta razón, el contenido de promio deberá no exceder nor-



189075

malmente de 1 % y preferentemente no deberá exceder de 0,6%. Sin embargo, la cantidad de cromo que puede ser tolerada depende de la composición del metal fundido en conjunto, y la cantidad máxima de cromo es la que proveerá un metal fundido que tiene la potencia grafiticante requerida cuando está fundido. El manganeso, un blanqueador más suave o estabilizador de carbono, puede ser tolerado en cantidades mayores, digase de hasta 2,5 %. Cantidades mayores de manganeso pueden estar presentes cuando la aleación tiene composición o matriz austenítica. En general, el manganeso tiende a bajar ciertas propiedades mecánicas, especialmente en aquellas aleaciones como fundidas en las cuales el hierro está en la forma alfa, y por esta razón se prefiere que el contenido de manganeso no exceda de 1 %. El aluminio disminuye la estabilidad del carbono y actúa como grafiticante. No deberá emplearse cobre en cantidades que excedan de 3 % o aún de 2 %, sin primero determinar el efecto del cobre sobre las características generales y las propiedades del hierro fundido. Ciertos elementos aleadores como el níquel pueden aumentar la tolerancia para el cobre. Se ha encontrado que ciertos otros elementos, que usualmente no se encuentran en el hierro fundido, tienen que ser evitados o deberán hallarse presente solamente en vestigios o muy pequeñas cantidades, porque, con la formación de la forma esferoidal del carbono, se interfieren. Estos elementos perjudiciales son estaño, plomo, antimonio, bismuto, arsénico, selenio y telurio. El estaño se encuentra que es especialmente perjudicial y el contenido de él deberá ser



1 8 9 0 7 5

5 mantenido tan bajo como sea posible y ciertamente debajo de 0,1 %. El fósforo no interfiere con la formación de carbono esferoidal y el contenido de fósforo puede ser tan alto como de 0,5 % o más, no obstante que si se desean propiedades muy altas, especialmente propiedades de impacto y ductilidad, el contenido de fósforo no deberá exceder de 0,06%, por ejemplo, 0,02 % a 0,06 %.

10 El efecto del fósforo en las propiedades tensores, incluyendo el punto de cesión (Y.P.) medido en toneladas por 25,4<sup>2</sup> mm. y la dureza de los productos de esta invención, están ilustrados en la siguiente tabla:

T A B L A 2

Composición: 2,5 %; 2,4 % Si; 0,05-0,083 Mg; 0,8% Mn; 1,9% Ni

	% P	YP	UTS	El	VHM
15	0.015	29.9	44.6	5.0	258
	0.052	36.6	44.0	1.5	278
	0.089	33.5	40.2	1.5	264
	0.20	n.d.	37.5	- -	307
	0.43	n.d.	30.7	- -	269
20	0.67	n.d.	30.2	0	312

n.d. = No determinado; muestra rota antes de lograr desplazamiento de 0,2 %

25 El contenido de hierro de los hierros no aleados o de baja aleación será de por lo menos 87 % de la composición total. En el caso de composiciones aleadas más altamente usualmente tienen matriz austenítica, el contenido



1949

189075

de hierro tiene que ser más bajo que 67 %; pero sujeto, sin embargo, a lo que ha sido dicho arriba sobre los elementos de trimer tales, el producto como fundido contendrá la forma esferoide del carbono.

5

El magnesio puede ser introducido en un número de formas. La cantidad de magnesio a ser agregada a la fundición dependerá del magnesio retenido deseado, de la cantidad adicional de magnesio requerido para vencer la presencia de elementos intervinientes tales como azufre, la cantidad de magnesio perdido por demora en la colada del baño luego de la introducción del magnesio, y la proporción del magnesio en el agente de adición del magnesio perdido en la introducción del mismo al interior de la fundición. Comúnmente

10

se cree que el magnesio no forma aleación con el hierro, y en realidad, cuando se intenta introducir magnesio metálico en forma elemental en hierro fundido a la temperatura ordinaria elevada que se requiere para fundición satisfactoria, tiene lugar una reacción de tal violencia explosiva que el hierro fundido puede ser soplado del receptáculo. El magnesio metálico puede ser agregado con la debida precaución en forma sólida elemental, directamente a la fundición cuando ella está a temperatura no muy por encima de la líquida de la composición fundida, por ejemplo, unos 1235°C. La temperatura deberá ser solamente lo suficientemente alta para que la fundición esté completamente fundida pero viscosa.

15

20

25

Tal agregado de magnesio elemental es acompañada generalmente por la combustión del magnesio en la superficie de la fundición con destello consiguientemente brillante, evo-



189075

lución de cantidades grandes de humo de óxido de magnesio y la pérdida de, en mucho, la porción mayor del magnesio agregado. Sin embargo, habrá suficiente magnesio retenido si se agrega una cantidad suficiente mente grande de él. Cuando se usa este método, la temperatura de la fundición, después de la introducción del magnesio, es con preferencia elevada rápidamente a 1370°C. o más, siendo luego inoculada la fundición y rápidamente colada. El magnesio puede ser agregado también en forma de brickets con diluyentes y semetales para disminuir la combustión del magnesio y permitir que el mismo se incorpore con más rapidez y con mayor retención del magnesio en el baño.

No obstante que pueden usarse los métodos a que se ha hecho referencia arriba, un procedimiento conveniente es agregar magnesio en forma de aleación metálica que contenga de 2 hasta unos 40 % de magnesio. Aleaciones apropiadas comprenden aquellas aleaciones que algunas veces se denominan compuestos intermetálicos, por ejemplo  $MgTi_2$ , o mezclas de un compuesto intermetálico con un metal o con otro compuesto intermetálico tal como  $MgTi_2 + Ni$  o  $MgTi_2 + MgTi_2 + Mg_2Ti$ . Se ha encontrado que es deseable introducir el magnesio como aleación con uno o más metales que son solubles en hierro en la condición fundida. Al llevar la invención a realización, el níquel, cobre y/o silicio, son los metales preferidos con los cuales es aleado el magnesio para formar el agente de edición. La utilidad del cobre es algo limitada por lo deseable que es mantener al contenido de cobre del producto final relativamente bajo. Del mismo



189075

modo, el efecto adverso de un contenido alto de silicio en las propiedades mecánicas del producto final, restringe la utilidad del agregado de aleaciones de alto silicio. Puede obtenerse resultados muy satisfactorios con aleaciones binarias y más complejas de níquel y magnesio. Preferentemente, el magnesio se introduce como una aleación que tiene una densidad que se aproxima a la del baño fundido, o que la excede, puesto que se ha encontrado que cuanto mayor es la densidad, mayor es la proporción del magnesio retenido en el metal bajo una fijación dada de condiciones. Las aleaciones que dan resultados satisfactorios son las de níquel-magnesio que contienen de unos 4 a unos 20 % de magnesio. Se ha encontrado que cuando las aleaciones de níquel-magnesio contienen asimismo carbón, por ejemplo hasta la cantidad máxima que tomarán las aleaciones, las características de agregado de las aleaciones, especialmente de las que contienen de 10 a 15 % de magnesio, son mejoradas. Además, produciendo primeramente una aleación de níquel-carbono e introduciendo después magnesio en la manufactura de una aleación de agregado de níquel-magnesio, se la facilita. Las aleaciones de níquel-magnesio-carbono que contienen de 10 a 15 % de magnesio y que contienen carbono dentro de la gama de la 4 % son muy apropiadas.

En general, cuanto más alta es la concentración del magnesio en el agente de agregado, más baja es la proporción de magnesio que efectivamente es introducida en la fundición. Y de ese modo, en un caso, cuando ha sido agregado magnesio en la superficie de la fundición como aleación que



1949

189075

5 contiene 5 % de magnesio y 95 % de níquel, aproximadamen-  
te 90 % del magnesio en la aleación de agregado fué rete-  
nida en la fundición, mientras que cuando el magnesio fué  
agregado como una aleación que contiene 20 % de magnesio  
y 80 % de níquel, aproximadamente 25 % del magnesio de  
la aleación de agregado fué retenida en la fundición.  
Cuanto más baja es la temperatura de la fundición en el mo-  
mento de la introducción del magnesio, sea como aleación  
o en otra forma, más elevada será la proporción de magnesio  
10 retenido.

La proporción de magnesio retenido puede ser au-  
mentada soplando una aleación en polvo con contenido de  
magnesio a través de un tubo o semejante a la fundición de-  
bajo de la superficie por medio de un gas que no sea oxi-  
dante con respecto del magnesio, o sumergiendo una aleación  
15 con contenido de magnesio debajo de la superficie de la fun-  
dición. Del punto de vista de la facilidad de introducir  
el magnesio, la aleación de 96 % de níquel y 4 % de magne-  
sio es muy satisfactoria porque esta aleación tiende a sumer-  
girse en la fundición de modo que substancialmente no tiene  
lugar combustión del magnesio. Cuando es aumentada la  
20 concentración del magnesio en las aleaciones de níquel-magne-  
sio, es aumentada la combustión y la pérdida del magnesio  
puesto que las aleaciones flotan en la fundición, se tornan  
progresivamente menos densas y son sumergidas menos en la  
25 fundición. Aleaciones buenas, razonablemente económicas  
apropiadas para introducir magnesio en la fundición son (1)  
una aleación que contiene 10% de magnesio y 90% de níquel (2)



189075

aleaciones que contienen 12 a 15 % de magnesio, 2 a 4 %  
 de carbono y el resto esencialmente níquel. Las aleacio-  
 nes de níquel-magnesio pueden contener también otros elemen-  
 tos tales como silicio, manganeso, cobre y hierro, pero se  
 encuentra que, en general, la proporción de magnesio que es  
 retenida en la fundición de la aleación de agregado aumenta  
 con el aumento del contenido de la aleación de agregado.  
 Por ejemplo, reemplazando la parte de níquel por hierro,  
 usualmente disminuye la proporción de magnesio que es incor-  
 porada como magnesio retenido.

EJEMPLOS E INFORMACION ILUSTRATIVA

Para uso general se desea usualmente una matriz  
 perlítica compuesta sea en todo de perlita o en parte de  
 perlita como en una matriz perlita-ferrita; y para este fin  
 el hierro fundido puede contener las cantidades indicadas  
 de los elementos mencionados en la tabla 3.

T A B L A 3

Elemento	Gama
Carbono	2,5 a 3,8 %
Silicio	1,5 a 2,7 %
Magnesio	0,06 a 0,15 %
Níquel	0,5 a 3 %
Manganeso	0,1 a 1 %

El hierro fundido puede contener también cromo,  
 por ejemplo, hasta 0,5%. El resto será caso todo hierro



excepto para certidumbres incidentales pequeñas de impurezas. Naturalmente, la sección promedio del tamaño de la fundición deberá tomarse en cuenta. En general, cuanto mayor es la sección promedio de tamaño, mayor será el contenido de magnesio y menor deberá ser el contenido de carbono. Composiciones apropiadas para las dos gamas de tamaños de sección se establecen en la tabla 4.

T A B L A 4

	<u>Tamaño de sección</u>	<u>% C</u>	<u>% Si</u>	<u>0 Mg</u>	<u>% Mn</u>
10	0.25-1.5"	3.2-3.6	1.8-2.5	0.06-0.10	1-3
	2 a 4"	3.0-3.2	1.8-2.5	0.08-0.12	1-3

Las propiedades de los hierros fundidos de esta clase, idénticas excepto para el contenido de magnesio retenido, se dan en la información de la tabla 5. Todos los hierros fundidos fueron inoculados con agregado de 0,5 % de silicio como ferro-silicio. Los hierros conteniendo magnesio fueron inoculados brevemente después del agregado de magnesio.

T A B L A 5

20 Composición: 3,6 % C; 2,3 % Si; 2% Mn; 0,7 % Pb; 0,02 % P

Transversal

<u>Hierro No.</u>	<u>% Mg</u>	<u>Desv.</u>	<u>Carga</u>	<u>U.T.S.</u>	<u>BEV</u>	<u>Impacto</u>
1	ninguna	0.170	2,180	8.2	156	19.5
2	0.02	0.169	2,600	9,9	165	21.0
3	0.039	0.180	4.530	16.7	226	38.0
4	0.067	0.240	8,980	50.0	290	84.0
5	0.096	0,146	9.040	45.5	301	54.0



189075

La importancia de una inoculación luego de la introducción de la cantidad requerida de magnesio, fué ilustrada omitiendo el tratamiento de inoculación de una porción del baño conteniendo magnesio, empleado para producir el hierro no. 4. Mientras el hierro inoculado no. 4 tenía la fractura típica acerada y contenía la forma esférica del carbono característica de la invención, el magnesio no inoculado conteniendo fundición de hierro semejante, era dura y tenía fractura blanca definida como la que está mostrada por la fundición blanca de hierro.

Las composiciones de alguna de los hierros no aleados con grafito o de aleación baja de grafito de acuerdo con la invención, se definen en la tabla 6 y sus propiedades en la tabla 7.

T A B L A 6

Aleación no.	% C	% Si	% Mn	% Mg	% Mn	% otros	
6	3.2	5.7	-	0.085	2.2		
7	2.6	2.3	1.9	0.072	0.9		
8	2.8	3.1	1.7	0.069	0.8		
9	3.1	2.2	1.9	0.083	0.8		
10	3.2	4.5	1.9	0.063	0.8		
11	3.4	2.0	1.9	0.058	0.8		
12	3.4	2.3	1.9	0.058	0.8		
13	3.7	1.9	1.9	0.075	0.8		
14	3.6	2.3	3.6	0.084	0.73		
15	3.6	2.3	3.6	0.10	0.17		
16	3.6	2.1	4.7	0.053	0.8		
17	3.2	2.2	-	0.069	1.41	0.96	Cu
18	3.3	2.3	-	0.074	2.1	1.88	Cu
19	3.5	2.1	1.5	0.054	0.1	0.66	Mo
20	3.6	1.9	1.5	0.059	0.1	0.36	Cr



189075

T A B L A 7

No.	Y. P.	U.T.S.	EI	Impact	Transversal Desv.	Carga	HN
6	34.8	32.5		40	0.113	5810	321
7	34.8	39.8	0.8				296
8		43.6		65	0.156	7820	275
9	31.7	44.8	1.8		0.270	9990	298
10	31.3	34.0	0.5	19	0.127	5940	283
11	27.9	44.6	5	105	0.335	9550	238
12	29.0	37.8	2	55	0.230	8870	247
13		53.8		120	0.324	9450	273
14	47.3	57.2	1.5	24	0.161	9130	340
15	40.6	54.2	3	97	0.235	10450	308
16	35.7	50.5		65	0.167	6930	477
17		42.8		109	0.206	8880	298
18		41.1		34	0.178	9030	317
19		53.3		120	0.314	10320	298
20		52.2		82	0.345	9360	282

Cifras comparables obtenidas con los hierros fundidos de alto contenido de níquel y con matrices austeníticas, unas conteniendo 2,8 % de carbono, 1,6 % de silicio, 20.2% de níquel, 0.8 % de manganeso y 0.17 % de magnesio y otras conteniendo 2,9 % de carbono, 1,7 % de silicio, 0.8 % de manganeso y 20 % de níquel y libres de magnesio, están dadas en la tabla 8.

T A B L A 8

Mg Contenido	U.T.S.	Transversal Desv.	Carga	Impacto	BHW
0	7.1	1.250	2470	2 golpes no quebrados después de	95
0.17	29.0	2.150	7000	10 golpes	155

Los hierros fundidos con substancialmente todo el carbono en forma esferoidal se caracterizan por la resistencia excelente, a los efectos deletéreos combinados del calor y la oxidación, por ejemplo, la resistencia al desarrollo.



189075

5 Esto está ilustrado por pruebas conducidas en cuatro fundiciones que contienen 2,5 % de carbono, 2,5 % de silicio, 1,5 % de níquel y 0,6 % de manganeso. Dos de los productos (hierro nos. 21 y 22) están desprovistos de magnesio mientras los otros dos (hierros nos. 23 y 24) contienen 0.063 % de magnesio retenido. Todos fueror inoculados brevemente antes de la fundición.

10 Piezas de cada una de las cuatro fundiciones fueron sometidas a prueba de oxidación de 100 ciclos, cada ciclo de la cual consistió en calentar la pieza en aire a 870°C. en una media hora, mantenerla durante una hora a 870°C. en aire y luego enfriarla al aire durante una hora. La información lograda por estas pruebas se dá en la siguiente tabla 9.

15

T A B L A 9

Hierro No.	% Mg	Longitud		Desarrollo % aumento en longitud
		Original	Final	
21	ninguna	3.130	3.483	11.30
22	ninguna	3.140	3.551	13.05
23	0.063	3.122	3.185	2.01
20 24	0.063	3.134	3.198	2.04

25 Si se desea mejorar ciertas propiedades particulares de los hierros fundidos de esta invención, pueden ser sometidos a tratamientos aprobados de calor. Para ilustrar como estas propiedades pueden ser modificadas, las tablas 10 y 11 establecen tres tratamientos de calor y sus influencias sobre las propiedades tensores y dureza de estos tres hierros fundidos producidos de acuerdo con la invención.



189075

T A B L A 10

Tratamiento No.	Tratamiento
1	Como fundido
2	Enfriado de 845°C. en baño de sal a 125°C. y manteniendo a 425°C. durante cinco horas.
3	Enfriado en aceite de 845°C. y templado a 595°C. por cinco horas.
4	Normalizado de 845°C. y templado a 595°C. cinco horas.

T A B L A 11

Tratamiento No.	Hierro No.	Y.B. (ton. por 25.4 <sup>2</sup> mm)	U.T.S.	VHM
1	7	34.8	39.8	296
1	9	31.7	44.6	298
1	12	29.0	37.8	247
2	7	46.0	53.0	344
2	9	46.7	56.6	328
2	12	44.0	47.7	316
3	7	43.0	45.2	280
3	9	41.1	43.5	264
3	12	36.8	38.4	246
4	7	33.9	49.7	299
4	9	35.1	50.6	285
4	12	31.3	41.2	272



189075

Si se desea ductilidad aumentada, es preferible emplear un tratamiento de calor que va a ser descrito ahora y que constituye otra característica de esta invención. En este tratamiento térmico el hierro fundido es calentado a temperatura cercana a, pero inferior, a su punto crítico, para hacer que cualquier carbón que permanezca en la forma combinada, al enfriarse de bajo del punto crítico, se rompa y saque del granito. El punto crítico (o el punto "A<sub>1</sub>") se refiere a la temperatura más baja a la cual tiene lugar la transformación alfa-gama en el hierro fundido en cuestión. El tratamiento térmico se efectúa preferentemente dentro de 45°C. del punto crítico y su duración es, preferentemente, de por lo menos dos horas, pero no hay limitaciones particulares en el tiempo máximo de tratamiento. Los tiempos de tratamiento de hasta quince o veinte horas dan resultados satisfactorios, es decir, cinco o diez horas.

El resultado del tratamiento térmico es hacer que el carbón combinado en la matriz quebrante el granito. Esto es acompañado por ductilidad aumentada y se marca con un cambio en la microestructura que está ilustrada en las figuras 11 a 13. La figura 11 muestra un fotomicrografo tomado a magnificación de 350 diámetros del hierro fundido que contiene 0,06 % de magnesio, con el granito en forma esférica. La figura 12 es un fotomicrografo similar del mismo hierro fundido después del tratamiento. La figura 13 es un fotomicrografo de uno de los esferoides de carbono luego del tratamiento térmico y deberá ser comparado con la figura 5. Como se verá en la figura 12, la perlita ha



189075

5 sido transformada en ferrita y el grafito producido ha migra-  
do a los esferoides de carbono existentes. Además, el as-  
pecto de los esferoides individuales ha cambiado, como el ara-  
mar te se ve en la figura 13; en particular, la ornamentación  
y rebordes de la partícula esférica tiene ahora aspecto áspe-  
ro o rugoso.

10 La calefacción debajo del punto crítico es prece-  
dida, preferentemente, por un tratamiento de temperatura alta  
superior al punto crítico, para quebrantar cualquier exceso  
de carburos masivos libres que pueda estar presente en la  
estructura como fundida. Este tratamiento de temperatura  
15 más alta es realizado a temperatura de entre 985°C. y el  
punto crítico, preferentemente entre 815°C y 955°C. y por  
lo menos dos horas, y sirve esencialmente para quebrantar  
cualquiera carburos masivos libres que puedan existir en  
la fundición como resultado de las variaciones del método  
de producción. No hay limitación particular sobre el  
tiempo máximo del tratamiento de alta temperatura, pero en  
general dura menos de 15 horas, y puede durar 3 a 5 horas.  
20 Este tratamiento de temperatura más alta que precede al  
tratamiento de temperatura más baja, puede ser efectuado  
manteniendo la fundición a una o más temperaturas y luego  
enfriando a cualquier razón conveniente, o por enfriamiento  
gradual de la fundición a través de la gama de temperaturas.  
25 Tal tratamiento gradual de refrigeración se obtiene por  
medio de refrigeración en el horno, en pozo o hasta enfria-  
do en el molde cuando la masa es suficientemente grande para  
mantener razón lenta de enfriamiento. Las razones promedio



JUL 1949

189075

de enfriamiento de unos 40 a 110°C. por hora, por ejemplo, de unos 55°C. por hora, a través de la gama de temperaturas bajando hasta la temperatura crítica, puede ser utilizada como tratamiento de alta temperatura para producir resultados satisfactorios. El tratamiento que antecede puede ser realizado en un número de formas. Por ejemplo, conforme a un método que utiliza el calor contenido en fundiciones calientes, siendo las fundiciones calientes retiradas de sus moldes al rojo o negro, transferidas a un pozo previamente calentado a 760-985°C. y dejadas enfriar lentamente en el pozo hasta que la temperatura es ligeramente menor que la temperatura crítica, en cuyo punto se interrumpe el enfriamiento y se dejan las fundiciones a esa temperatura el tiempo requerido. Alternativamente, las fundiciones frías pueden ser colocadas en pozos previamente calentados y mantenidos el tiempo que se requiera para elevar la temperatura hasta dentro de la gama de 760 a 985°C. tratándose luego en la misma forma. Las fundiciones frías pueden asimismo ser transferidas a un horno o pozo y mantenidas a temperatura de entre 760 y 985°C., luego enfriadas a aire rápidamente, por ejemplo a la temperatura del ambiente o apenas debajo de la temperatura crítica, siendo luego tratadas dentro de la gama de temperaturas justamente debajo de la temperatura crítica. En vez de mantener la fundición a una temperatura o un número de temperaturas justamente debajo de la temperatura crítica o interrumpir la refrigeración de encima de la temperatura crítica cuando es alcanzada una temperatura justamente inferior a la temperatura crítica, pueden obtenerse



1949

189075

5 resultados satisfactorios enfriando lentamente la fundición a través de la gama de temperaturas apenas por debajo de la temperatura crítica, es decir, enfriamiento en horno, en pozo y a un enfriado extremadamente lento en un molde, o sea, a razón de unos 28°C. por hora, pero preferentemente a unos 15°C. por hora o más lentamente. La temperatura crítica es influenciada por muchos factores, pero como usualmente es del orden de 731°C. La gama de temperatura de 685 a 710°C. es generalmente apropiada para el tratamiento de baja temperatura.

10

Se comprenderá que el tratamiento térmico no siempre necesita llevar al quebrantamiento de todo el carbono combinado o a la descomposición de todos los carburos masivos. En algunos casos, por ejemplo, cuando el tratamiento térmico no ha sido conducido durante un tiempo suficientemente largo o cuando la composición contiene una cantidad substancial de un estabilizador de carbono tal como cromo y manganeso, una proporción mínima del carbono combinado o de los carburos, puede estar presente en el producto final.

15

20

Como se ha indicado arriba, generalmente es necesario introducir el magnesio en el metal fundido en forma de una aleación, o sea, una aleación de níquel-magnesio. En consecuencia, el hierro fundido es usualmente una aleación de hierro fundido, sea o no que los elementos de la aleación hayan sido incorporados de otro modo en ella. El tratamiento térmico de acuerdo con la presente invención sirve para convertir cualquier aleación tal de hierro fundido en

25



949

189075

aleación de hierro maleable. Puesto que el hierro fundido maleable normalmente se hace por recocido de fundición de hierro fundido blanco y la presencia de un constituyente de una aleación, introduce tales complicaciones en el procedimiento, que no puede ser fácilmente producida aleación maleable de hierro fundido en escala comercial. La presente invención ofrece la posibilidad, por primera vez, de producir aleación maleable de hierro en escala comercial, en una manera simple.

Las fundiciones tratadas previamente con calor se distinguen de la maleable ferrítica por una combinación mejorada de propiedades de fundición, potencia y ductilidad. Usualmente, las fundiciones poseen ductilidad alta que es evidenciada por una elongación en la tensión de sobre 5 % y tan alta como de 20 % o más. La alta ductilidad se obtiene conjuntamente con la potencia más alta que se ha obtenido en hierro maleable y aleaciones semejantes. Las fundiciones pueden ser producidas en secciones de gran tamaño, por ejemplo, de hasta 4 ó 5 veces 25,4 mm. o más, sin indebidamente sacrificar las propiedades o apreciablemente aumentar el tiempo de tratamiento previo requerido y no están limitadas a las secciones de tamaños menores las cuales con frecuencia restringen la producción normal de los productos de hierro maleable.

La tabla 12 expone la información que muestra las alteraciones en las propiedades que se obtienen en la fundición que contiene 2,5 % de carbono, 1,2 % de silicio, 2,0% de níquel 0,074% de manganeso y 0,15 % de manganeso por tratamiento durante 5 horas a 705°C.



1949

189075

T A B L A 12

	<u>Propiedad</u>	<u>Como fundición</u>	<u>Tratada con calor.</u>
	% de elongación (50.8 mm)	7	20.5
	% reducción del área	6.4	17.6
5	Potencia a la cesión (0,2%) ton. por 25,42 mm.	26.8	21.6
	Fuerza tensora final en ton. por 25,42 mm.	43.0	29.5
	Número de dureza Vickers	238	181

Los tratamientos típicos son los siguientes;

10

Fundiciones frías calentadas a unos 955°C. mantenidas 5 horas, enfriada a horno a la temperatura del ambiente, recalentadas a unos 705°C. y mantenidas 5 horas.

Fundiciones frías calentadas a unos 925°C. mantenidas 15 minutos, enfriadas a horno o pozo hasta unos 695°C. y mantenidas 5 minutos.

15

Fundiciones calientes al rojo (retiradas del molde), enfriadas a horno o pozo de unos 925°C a unos 690°C. y mantenidas 2 horas.

Fundiciones calientes al rojo (retiradas del molde) enfriadas al horno o pozo de unos 925°C. a unos 690°C. y mantenidas 5 horas.

20

Fundiciones frías normalizadas por mantenimiento de 1 hora a unos 845°C. y enfriadas al aire a la temperatura del ambiente, recalentadas a unos 705°C. y mantenidas por 5 horas.

Fundiciones frías calentada a unos 845°C. y mantenidas durante 1 hora, enfriadas en aceite, recalentada a unos 705°C. y mantenidas por 5 horas.

Variando el tratamiento térmico es posible obtener varias diferentes combinaciones de ductilidad y potencia.

25

En general, a medida que aumenta la ductilidad, las propiedades de fuerza de las fundiciones tratadas térmicamente disminuyen.



189075

y vice versa. Así, la ductilidad será usualmente más alta cuanto mayor sea el tiempo de tratamiento a ser por debajo de la temperatura crítica de la composición. Este efecto de variar el tiempo de tratamiento está ilustrado en la tabla 13, que muestra el efecto en las propiedades de las fundiciones hechas de una fundición por tratamiento térmico que comprende calentar las fundiciones frías hasta unos 925°C., enfriar a horno a una razón promedio de unos 45 a 55°C. por hora a unos 690°C. y mantener la última temperatura para los varios períodos de tiempo indicados en la tabla.

10

T A B L A 13

Composición: 3,6% C, 2,1% Si, 1,9% Mn, 0,075% Mg y 0,09% Cu

<u>Tiempo de mantenimiento</u>	<u>El.</u>	<u>R.A.</u>	<u>VHM</u>	<u>Y.S.</u>	<u>U. T. S.</u>
30 minutos	8.0	8.8	190	22.5	34.9
1 hora	9.0	9.8	177	22.1	33.0
2 horas	15.0	12.5	179	21.7	31.1
5 horas	18.6	15.6	150	20.6	28.6

15

El tratamiento térmico de acuerdo con la presente invención produce resultados en particular satisfactorios cuando se le aplica al tratamiento de las fundiciones que tienen una matriz perlítica, pero puede ser aplicado también a otras matrices que contengan carbono combinado, por ejemplo, matrices de martensítica acicular y de bainitas. Sin embargo, estas matrices no perlíticas son más difíciles de tratar y en general requieren tiempos más largos de tratamiento, por ejemplo, de por lo menos 3 ó 4 horas debajo del punto crítico.

20



189075

DIC. 1949

- 1 DIC. 1949

- o - N O T A - o -

Los puntos de invención propia, no nueva, pero no establecida practicada ni divulgada que se presentan para que sean objeto de esta patente de introducción en España por DIEZ años, son los siguientes:

5 1º.- Un método de producir la forma substancialmente esferoidal del grafito en una fundición de hierro fundido aleado o sin alear, en el cual el magnesio es del tal modo agregado a la fusión que deja entre 0,04 y 0,5 % de magnesio en la fundición.

10 2º.- Un método de producir fundición de hierro aleado o sin alear de acuerdo con lo descrito en esta Memoria, en el cual el magnesio es introducido en la fusión, y la fusión es luego inoculada y fundida brevemente después de la inoculación.

15 3º.- Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual la inoculación se efectúa por medio de silicio.

20 4º.- Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el cual el magnesio es introdu-



DIC. 1943

189075

cido en la fusión en la forma de una aleación de base de níquel conteniendo entre 2 y 40% de magnesio.

5 5º.- Un método de acuerdo con la reivindicación 4 en el cual la aleación es una de níquel-magnesio que contiene de 4 a 20% de magnesio.

6º.- Un método de acuerdo con la reivindicación 4 en el cual la aleación es una de níquel-magnesio-carbono que contiene de 10 a 15% de magnesio y de 1,0 a 4% de carbono.

10 7º.- Un método de tratar fundición de hierro de acuerdo con lo descrito en esta Memoria con el objeto de aumentar su ductilidad, que comprende calentar el hierro fundido a temperatura cercana a, pero inferior, al punto de la transformación alfa-gamma para hacer que sea quebrantado en la matriz el carbono combinado en grafito.

15 8º.- Un método de acuerdo con la reivindicación 7 en el cual la calefacción es efectuada a una temperatura no mayor de 45º C. inferior a la del punto de transformación alfa-gamma.

20 9º.- Un método de acuerdo con la reivindicación 7, o con la reivindicación 8, en el cual la duración de la calefacción es de por lo menos dos horas.

25 10º.- Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, en el cual la calefacción inferior al punto de transformación alfa-gamma es precedido por calefacción a una temperatura de entre 985º C. y ese punto para ocasionar la descomposición de los carburos masivos libres.

11º.- Un método de acuerdo con la reivindicación 10 en el cual la calefacción preliminar se efectúa a una



189075

temperatura de entre 815°C. y 955°C.

12º.- Un método de acuerdo con la reivindicación 10 o con la reivindicación 11 en el cual la duración de la calefacción preliminar es de por lo menos dos horas.

5 13º.- Un método de producir y tratar hierro fundido.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede representado en los dibujos que se acompañan y con los fines que se han especificado.

10 Esta Memoria consta de treinta y cinco hojas escritas por una sola cara.

Madrid. - 1 DIC. 1949

P. A.

Alberto de Elzaburu

Por Poder

189045

18907

FIG.1

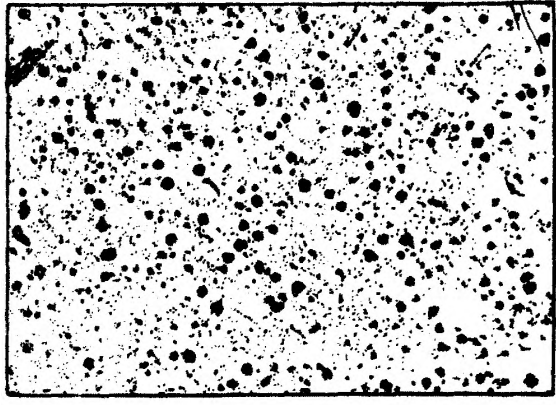


FIG.2

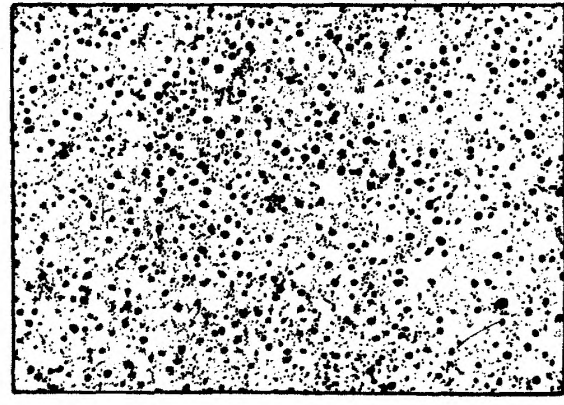


FIG.3

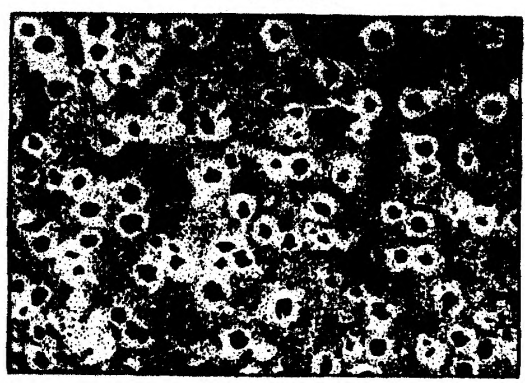


FIG.4



FIG.5



*Handwritten signature or initials.*

FIG.6



FIG.7



189075-189075

APR 19 1907



FIG. 8.



FIG. 9.

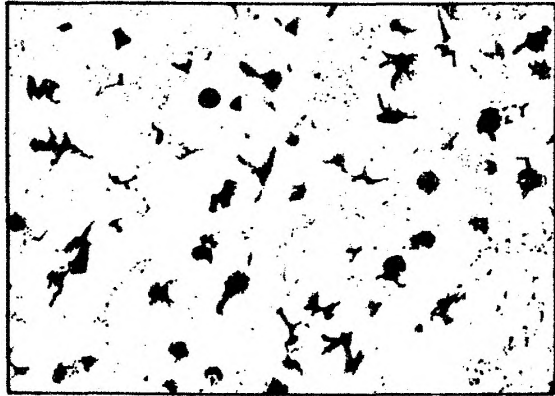
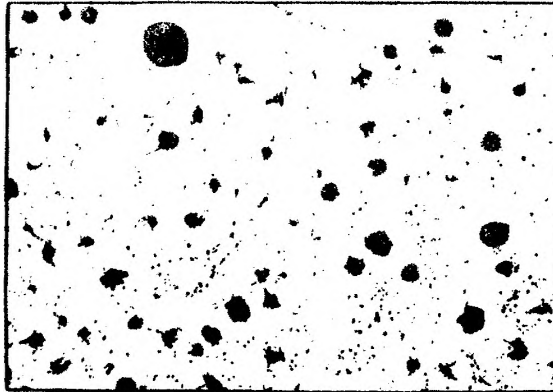


FIG. 10.



*W. H. ...*  
*...*