



Case No. W-5901.

*Memoria Descriptiva*  
*sobre*

"Método para preparar un agente para producir fundiciones nodulares"

*Solicitante:* AMERICAN CAST IRON PIPE COMPANY, entidad norteamericana, residente en 2930 North 16th Street, Birmingham, Alabama, EE.UU. de A.

Este invento se refiere en términos generales a materiales para tratar metales fundidos y aleaciones, y más particularmente a agentes alcalinos de baja temperatura de ebullición para tratar hierro -  
5. fundido o ferroaleaciones para producir fundición -

EJEMPLO VI.

Se agregó a una tapa de cucharón de colada un bloque de grafito poroso de 355,6 milímetros por 355,6 mm, por 152,4 mm, pesando aproximadamente 20,865 kilos, y se calentó previamente por inmersión en hierro fundido a una temperatura aproximadamente de 1404,44°C. El bloque de grafito poroso calentado se sumergió entonces en magnesio fundido en el cual se impregnó. Se utilizó este bloque para tratar un cucharón de colada de 1905,1 kilos de hierro fundido. Después del tratamiento, el hierro tenía un contenido de magnesio residual de 0,139 % el cual es por lo menos dos veces el necesario para producir hierro nodular o dúctil.

Después del tratamiento de este cucharón de colada, se dejó enfriar el bloque de grafito poroso y entonces se cortó a la mitad. El reconocimiento mostró aproximadamente que el 50 % del magnesio original había sido expulsado de la superficie exterior del bloque. El bloque poroso utilizado fue un grafito de tamaño 45, disponible comercialmente en la National Carbon Company, que tiene un tamaño de poros de 0,0584 milímetros de diámetro promedio y una porosidad de 48%.

En este ejemplo, la cantidad de magnesio absorbida por el bloque fue aproximadamente 18,144 kilos como se determinó por la disminución en la altura del magnesio fundido en el crisol de fusión del magnesio, o aproximadamente el 40 % del peso total del bloque impregnado. Esta cantidad de magnesio sería suficiente para tratar un cucharón de colada conteniendo 3629-4082 kilos de hierro fundido en el caso de que se hubiese -



22 DIC. 1904

307443

nodular.

- El hierro nodular, conocido también con el nombre de hierro de grafito esferoidal o de hierro dúctil, es un producto que tiene un contenido alto en carbono y alto en silicio en el cual la mayor parte del carbono se ha hecho coagular transformándose en esferas por un procedimiento de fabricación especial. Durante el proceso de fabricación, se añade un ingrediente como el magnesio, seguido por otros ingredientes como el silicio, calcio o una combinación de estos ingredientes. El producto resultante adquiere la estructura de acero moteado con esferas de grafito, y sus propiedades lo hacen útil para muchísimas aplicaciones mecánicas.

- Las fusiones de hierro o aleaciones de hierro (ferroaleaciones) frecuentemente se tienen que someter a un tratamiento de refinación en el horno de fundición, o en el caldero de colada, antes de que se pueda fundir el metal. Ejemplos del citado tratamiento de fusión son la desoxidación, desulfuración, desnitrogenación, desfosforización, desescoriado, desgasificación y aleación. Otros tratamientos se pueden necesitar también por los cuales se elimina o disminuye el contenido de alguna substancia perjudicial en la fusión hasta un grado conveniente. Muchos de estos tratamientos han sido conocidos desde el principio del procedimiento de producción para las aleaciones de acero o las ferroaleaciones, mientras que otros se han desarrollado cuando la utilización de materia bruta impura ha ocasionado la introducción de impurezas perjudiciales.

- Con el fin de disminuir o eliminar las impurezas

307443



se están desarrollando constantemente nuevos métodos de refinación, y ha adquirido considerable importancia la introducción de magnesio y sodio a los metales férricos fundidos y aleaciones, en los últimos años.

5. El efecto del magnesio y sodio como agentes de oxidantes y detergentes se atribuye a su capacidad para reducir los óxidos disueltos del grupo férrico y los silicatos finamente dispersados y, a su vez, para formar magnesio insoluble u óxidos sódicos y silicatos. Se
10. conoce también perfectamente que el magnesio ataca los sulfuros solubles del grupo férrico y forma un sulfuro magnésico insoluble el cual subirá a la superficie en la cual se puede eliminar. El sodio introducido en un metal fundido a una temperatura por encima de la temperatura de ebullición del sodio actúa de manera análoga.
- 15.

- Las técnicas anteriores han utilizado los metales sodio y magnesio, los cuales tienen temperaturas de ebullición de 892,22°C. y 1110°C., respectivamente, las dos considerablemente más bajas que la temperatura
20. del acero fundido o hierro colado. Sin embargo, debido a sus temperaturas de ebullición relativamente bajas, la introducción en el hierro fundido o acero de uno u otro de estos dos metales en un estado puro o casi puro produce una reacción violenta debido al vapor metálico
25. producido. El grado de violencia en la reacción es una función del tamaño o masa del sodio o magnesio introducido, y la temperatura del hierro o acero que se está tratando. El factor temperatura está, naturalmente, relacionado con la presión del vapor del magnesio o so
30. dio.

307443

- 4 -



- Debido a la conveniencia del magnesio y el sodio como agentes de tratamiento para metales fundidos y aleaciones, se ha trabajado ampliamente para reducir al mínimo los problemas de la reactividad y volatibilidad, y
5. disminuir la naturaleza reactiva y volátil del metal alcalino. Estas energías han dado por resultado varios métodos para introducir los metales de baja temperatura de fusión y ebullición en el hierro o acero fundido, tales como la aleación, inyección de polvo, inyección mecánica
  10. y la briqueteación. (aglomeración). Todos estos métodos tienen algunos inconvenientes, el principal es el alto costo del porcentaje contenido del metal de baja temperatura de ebullición en comparación con su costo en forma de lingote.
  15. En el método de aleación, se controla la reacción por la dilución del metal de baja temperatura de ebullición con metales de más elevada temperatura de ebullición los cuales no producen una reacción violenta. Las aleaciones que contienen magnesio, como por ejemplo ferrosilicio de magnesio, níquel-magnesio y cobre-magnesio
  20. se han utilizado en las cuales el contenido total de magnesio en peso es sobre el orden de 8 a 30%. Este método exige el pago de una suma adicional al precio por el contenido de magnesio en la aleación debido a los hornos y
  25. procedimientos especiales que se precisan en su fabricación. También, la proporción de magnesio con el silicio se fija para las varias calidades, y frecuentemente produce o una cantidad excesiva o una cantidad deficiente de silicio en el metal tratado.
  30. En el método de inyección de polvo, un gas por-



- tador, por ejemplo el nitrógeno, se utiliza para impulsar los nódulos finamente divididos o polvo a través de tubos de inyección dentro del baño de metal fundido. Se controla en este caso la violencia de la reacción mediante la reducción de la masa, y dispersión, del metal de baja temperatura de ebullición. Mientras que este método ha tenido algún éxito, el costo de la preparación del magnesio en forma de polvo, y el gasto adicional para el gas portador y aparato correspondiente, sirven para aumentar el costo de producción del hierro considerablemente. Además, la utilización de un gas portador presenta también problemas relacionados con la disminución en la temperatura del hierro durante la inyección.
5. te la reducción de la masa, y dispersión, del metal de -  
baja temperatura de ebullición. Mientras que este método  
ha tenido algún éxito, el costo de la preparación del -  
magnesio en forma de polvo, y el gasto adicional para el  
gas portador y aparato correspondiente, sirven para au -  
10. mentar el costo de producción del hierro considerablemen  
te. Además, la utilización de un gas portador presenta -  
también problemas relacionados con la disminución en la  
temperatura del hierro durante la inyección.

- En el método de inyección mecánica, se obliga a
15. pasar un alambre o varilla de poco diámetro del metal de  
baja temperatura de ebullición a través de un tubo refrac  
tario en el baño de metal fundido, y se controla la vio  
lencia de la reacción por la pequeña masa del metal de -  
baja temperatura de ebullición que está en contacto con  
20. el hierro o acero fundido en cualquier momento. Las difi  
cultades mecánicas inherentes a la alimentación del me  
tal de baja temperatura de ebullición, el costo de las -  
varillas o alambres laminados o extruídos, y los proble  
mas relacionado con la conservación de la instalación y  
25. toberas divergentes todos aumentan el costo de este méto  
do y reducen su conveniencia.

- En el método de briqueteación o de aglomera -  
ción, se aglomeran en forma de briqueta las mezclas mecá  
nicas de las aleaciones de baja temperatura de ebulli -  
30. ción y los metales de alta temperatura de fusión, los

307443



óxidos metálicos y refractarios, y se introducen las briquetas en el hierro o acero fundido. Otra vez, en este método, es excesivo el costo del porcentaje contenido de metal de baja temperatura de ebullición.

5. En vista de los inconvenientes de estos procedimientos anteriores, es objeto principal del presente invento proveer una materia mejorada que comprende un metal alcalino de baja temperatura de ebullición para tratar metales fundidos y aleaciones.
10. En general, el presente invento se refiere a una materia refractaria porosa, impregnada con metal alcalino la cual se produce mediante la inmersión de una pieza de cok poroso, carbono o grafito en un cuerpo fundido de metal alcalino de baja temperatura de ebullición, como por ejemplo el magnesio, y manteniéndolo allí hasta que los poros de la materia refractaria se llenan con el metal alcalino. La materia refractaria impregnada, producida de este modo, puede utilizarse entonces como un agente de tratamiento sumergiéndola en un baño fundido de hierro o acero, y manteniéndola debajo de su superficie mientras que el calor latente del baño funde o vaporiza el metal de baja temperatura de ebullición de forma que pueda entrar en el hierro o acero y efectuar allí la nodularización deseada del grafito.
20. Se ha hallado que tienen varias propiedades únicas el cok, el grafito poroso y el carbono que los hacen convenientes como portador para la adición de metales de baja temperatura de ebullición a un metal fundido como por ejemplo acero o hierro fundido. Por ejemplo, cuando se aumenta hasta  $2186,66^{\circ}\text{C}$ . la temperatura de
- 25.
- 30.

307443



estas materias carbonosas, aumenta su resistencia, una característica que es opuesta a la de la mayoría de otras materias. Además, se puede producir cok, carbono y grafito con porosidad controlada con los poros formando

5. aproximadamente el 50 % del volumen total. Estas materias también son relativamente estables cuando están sumergidos en hierro colado fundido, y en un grado un poco menor cuando están sumergidas en acero fundido.

- Se han propuesto varias teorías en un intento
10. de explicar la causa por la que un metal alcalino de baja temperatura de ebullición entra en los poros de pequeño diámetro del refractario poroso; sin embargo, no se comprenden todavía los aspectos teóricos y no se pueden explicar con exactitud. Un artículo titulado "El carácter físico y químico del grafito", escrito por Tee y Tonge, que apareció en la "Journal of Chemical Education", volumen 40, nº 3, de marzo de 1.963, en las páginas 117 a 122, ha establecido una teoría que explica los fenómenos de la intercalación. Se ha establecido en hipótesis
15. que quizás el cok, carbono o el grafito pueden ser impregnados por medio de la intercalación. Este artículo muestra además que todos los componentes inferiores del grupo metal alcalino reaccionarán de la misma manera que el magnesio. Esto incluye el magnesio, sodio, potasio, rubidio, y cesio, todos los cuales son eficaces agentes
20. eliminadores del azufre y se pueden utilizar para producir hierro nodular ó dúctil.
- 25.

- Aun cuando se han ideado varios métodos y sistemas para la impregnación del refractario poroso, en una realización se calienta primero un cuerpo refracta -
- 30.

307443



- rio poroso de un volúmen y configuración convenientes a una temperatura más elevada, y se sumerge entonces en, un cuerpo de metal alcalino fundido de baja temperatura de ebullición cuya superficie está protegida contra el
5. contacto con la atmósfera en cualquier manera apropiada como por una capa de fundente o un revestimiento de gas inerte. El metal alcalino de baja temperatura de ebullición es escogido del grupo que consta de magnesio, sodio, potasio, rubidio y cesio, cada uno de los cuales -
10. es apropiado para su utilización en la producción de - hierro nodular. Sin embargo, puesto que el magnesio es el metal preferido, la siguiente descripción o memoria descriptiva detallada se referirá a la utilización del magnesio.
15. En estado impregnado, el cuerpo refractario - poroso puede contener varias veces el contenido de magnesio necesario para tratar un caldero de colada individual de hierro fundido supuesto que se fuera a eliminar todo el magnesio. Puesto que el magnesio se elimina en
20. la superficie y la volatilización progresa hacia el centro del cuerpo en proporción directa a la termotransferencia del hierro fundido al material refractario poroso, la cantidad de magnesio eliminada es una función - del tiempo total de inmersión y de la temperatura del
25. hierro fundido que se está tratando. La eliminación del material refractario poroso del hierro fundido detiene la termotransferencia y la eliminación del magnesio. - Mientras que está todavía caliente el material refractario poroso, se puede volver a sumergir en el magnesio -
30. fundido y el magnesio que ha sido eliminado se puede -



substituir por reimpregnación. Entonces está dispuesta -  
para el tratamiento de otro caldero de colada la materia  
refractaria porosa.

- Por ejemplo, se puede elaborar una pieza de -
5. grafito poroso a un tamaño o volumen predeterminado para  
hacer que la impregnación con una cantidad suficiente de  
magnesio trate una cantidad dada de hierro fundido. La -  
velocidad de reacción o tiempo necesitado para que el ca  
lor latente del hierro fundido elimine el magnesio es -
10. función de la temperatura del hierro y la extensión de  
la superficie total del bloque de grafito poroso impreg-  
nado. Por ejemplo, la pieza de grafito poroso puede ela-  
borarse para proporcionar una esfera de 101,60 milíme -  
tros de diámetro lo que se ha hallado que es el tamaño -
15. correcto cuando está impregnada para tratar 453,6 Kilo -  
gramos de hierro fundido, Para los calderos de colada -  
que contienen una cantidad mayor de hierro, se necesita  
una pieza de grafito poroso que tenga un volumen mayor.

- Se pueden utilizar también otras formas, como
20. por ejemplo un cilindro de grafito poroso que tenga su  
superficie exterior configurada o ranurada para propor -  
cionar la extensión de superficie deseada. Además, puede  
variarse la proporción de volumen-extensión de la super-  
ficie añadiendo conos ú orificios. Si se desea una pro -
25. porción baja volumen-extensión de la superficie se puede  
utilizar un gran bloque rectangular.

- Después de que se calienta la pieza de grafito  
poroso y se la sumerge en magnesio fundido, con lo cual  
se efectúa la impregnación de los poros, se retira el -
30. grafito impregnado del magnesio fundido y se sumerge -

307443



- debajo de la superficie del hierro o acero fundido que se va a tratar. Puesto que la temperatura del hierro o acero fundido es mayor que la temperatura de ebullición del magnesio, el magnesio es expulsado o eliminado de los poros en forma de vapor y entra en el hierro de una manera controlada sin reacción violenta, la velocidad de eliminación es una función de la proporción volumen-superficie. Después de que el magnesio ha sido eliminado de la pieza de grafito poroso, esta última puede sacarse del hierro fundido y volverse a sumergir debajo de la superficie de magnesio fundido para su reimpregnación. Puede entonces repetirse el proceso para tratar el hierro fundido a fin de permitir el reciclaje (recirculación).
- 5.
- 10.

- En la forma preferida, la más económica del invento, se utiliza el cok metalúrgico como materia refractaria porosa. El cok tiene aproximadamente el 50 % de porosidad, presenta buena resistencia mecánica a alta temperatura y se disuelve muy lentamente en hierro colado fundido. El método para el tratamiento consiste en colocar un número de piezas o trozos grandes de cok impregnado con magnesio, cuyo contenido total de magnesio se conoce, en un dispositivo para el tratamiento en un recipiente de extracción convencional y sumergiendo el recipiente de extracción debajo de la superficie del hierro fundido. Después de que se ha expulsado el magnesio y se ha sacado el recipiente de extracción, el cok agotado flota en la superficie y puede espumarse fácilmente.
- 15.
- 20.
- 25.

- Al producir hierro nodular con una materia refractaria porosa de cok, grafito o carbonoso se conoce la porosidad de la materia y la cantidad de magnesio im-
- 30.

307443



2 DIC. 1964

- pregnado. Puede agregarse la materia refractaria porosa a una tapa de cucharón de colada pesado con una varilla refractaria como la que se utiliza corrientemente en los recipientes de extracción para tratamiento, o en el caso de grandes trozos de cok impregnados, los grandes trozos se colocan en un recipiente de extracción para tratamiento corriente. La materia refractaria impregnada con magnesio se sumerge entonces debajo de la superficie del hierro fundido hasta que se volatiliza el magnesio. Inmediatamente después de la reacción, la materia refractaria porosa se saca del hierro fundido y se vuelve a sumergir debajo de la superficie del magnesio fundido donde se vuelve a impregnar. Se puede repetir el ciclo unas cuantas veces con la misma pieza de materia refractaria porosa.

Se ha hallado que al tratar hierro o acero fundido de esta manera, puede esperarse una recuperación del 40 % del magnesio. Puede expresarse por la siguiente fórmula la recuperación del magnesio:

$$\text{Recuperación (\%)} = \frac{\text{Magnesio residual en el hierro (kilos)} + 0,75(S_I - S_F)}{\text{Magnesio total utilizado (kilos)}}$$

- en la que  $S_I$  es el contenido de azufre inicial del hierro (kilos) y  $S_F$  es el contenido de azufre del hierro después del tratamiento (kilos).

La recuperación expresa la eficacia del método del tratamiento y está influenciada por algunos variables. Estas variables son: la temperatura del metal,

307443



- la composición del metal, tipo del <sup>22010</sup> método de tratamiento, profundidad del hierro en el dispositivo de tratamiento, construcción del cucharón de colada para el tratamiento, y velocidad del tratamiento. La eficacia de cualquier método o sistema de tratamiento determina también el costo -
5. total del tratamiento puesto que se necesita una cantidad determinada de magnesio residual en el hierro para producir el efecto de nodularización. La eficacia o recuperación determina por consiguiente la cantidad total de magnesio que se tiene que añadir con el fin de obtener el nivel residual deseado.
- 10.

- Los experimentos han indicado que existe una relación claramente determinada entre el tamaño del poro - del refractario y la impregnación. El grafito y el carbono porosos de varios tamaños de poros hasta un diámetro -
15. promedio de los poros de 0,119 milímetros han sido impregnados con éxito de acuerdo con las enseñanzas de este invento. Sin embargo, se ha hallado dificultad al impregnar las calidades más porosas de cok en las cuales el diámetro promedio de los poros es aproximadamente de 0,508 milímetros o mayor. Debe observarse también que en todos -
20. los intentos de impregnación donde estuvo sumergida solo parcialmente la materia refractaria porosa debajo de la superficie del magnesio fundido, la impregnación no tuvo éxito. De acuerdo con esto, con el fin de realizar una -
25. impregnación satisfactoria, tiene que sumergirse completamente la materia porosa debajo de la superficie del magnesio fundido. Esto, teóricamente, es producido por -
30. la reacción del magnesio fundido con el oxígeno y nitrógeno en los poros y que crea un vacío que absorbe el mag



nesio fundido cuando está completamente sumergida la materia refractaria; sin embargo, cuando está solo parcialmente sumergida, se absorbe más aire en la materia refractaria porosa.

5. Cuando se introduce un metal en otro metal fundido en el que la temperatura de ebullición del material que se está introduciendo es más baja que la temperatura del metal fundido, se destina el cucharón de colada para proporcionar una profundidad máxima de penetración en el metal fundido para proporcionar una recuperación máxima. El metal de baja temperatura de ebullición se convierte en un vapor metálico al sumergirlo en el metal fundido e inmediatamente empieza a subir hacia su superficie. El vapor metálico reacciona con elementos nocivos en el metal fundido que se va a tratar y en algunos casos entra en la solución como un agente de la aleación. Cuanto mayor es el recorrido del vapor metálico para alcanzar la superficie, tanto mayores son sus posibilidades de reaccionar con los elementos nocivos o de ser retenido, puesto que, por lo general, se calcina inmediatamente al llegar a la superficie.

20. La materia refractaria porosa del presente invento es de forma que distribuye el metal de baja temperatura de ebullición para que se extienda tan uniformemente como sea posible en el cucharón de colada la formación de vapores. -
25. Esto impide la excesiva turbulencia y la concentración de los vapores.

30. La utilización de cok impregnado con magnesio en la producción de hierro nodular o dúctil de acuerdo con el presente invento provee un nuevo efecto secundario beneficioso porque puede aumentar el contenido de carbono del -

307443



264

- hierro tratado debido a la solubilidad del cok. Se han obtenido aumentos hasta 0,15 % en contenido de carbono al poner en práctica el invento, la cantidad específica del aumento de carbono es aparentemente una función
5. tanto del tiempo que permanece sumergido el cok impregnado con magnesio en el hierro como del contenido original de carbono del hierro base. El tiempo de inmersión es un factor porque, durante los dos o tres primeros minutos que siguen a la inmersión del cok impregnado con magnesio, el vapor de magnesio eliminado de los
10. grandes trozos de cok protege realmente al cok contra la disolución. Por otra parte, si el cok permanece sumergido hasta que se ha eliminado la mayor parte o todo el magnesio, el hierro se pone directamente en contacto con el cok y parte del carbono entra en solución
15. en el hierro. El contenido original de carbono del hierro básico influye en la cantidad del aumento de carbono porque cualquier hierro de un contenido específico de sílice tiene una temperatura de saturación determinada para el carbono más allá de la cual no entrará
20. más carbono en la solución. Por lo tanto, cuanto más alto el contenido de sílice y de carbono del hierro básico, tanto más baja será la absorción de carbono del cok.
25. El contenido de carbono aumentado debido a la absorción de cok impregnado con magnesio es en algunos casos ventajoso, primero, porque un aumento en el contenido de carbono aumenta la fluidez del hierro que es beneficiosa al vaciar coladas o piezas de fundición
30. de sección delgada o que requieren buen acabado de super



ficie, y, segundo, porque el carbono que entra en solución en el hierro precisamente antes de la colada actúa como un inoculante que cambia beneficiosamente la estructura y propiedades físicas del hierro ahorrando por ello el gasto que supone el añadir los inoculantes corrientes de aleaciones ferrosilicio.

En la práctica, se ha producido el hierro nodular mediante el tratamiento del hierro fundido con un cilindro de grafito poroso impregnado con magnesio provisto con ranuras exteriores, con una esfera de grafito poroso impregnado con magnesio, y con cok metálico impregnado con magnesio, sin cualquier diferencia aparente en la calidad del producto. En el sistema que utiliza cok impregnado, cok en forma de grandes trozos fué colocado en un recipiente de extracción de inmersión corriente, y se trataron unos cucharones de colada de 453,6 kilos y 2494,7 kilos de hierro fundido. En cada caso, se produjo hierro nodular de buena calidad con la estimada recuperación de magnesio del 40 %. Los ejemplos siguientes ilustran más detalladamente varios aspectos del invento:

EJEMPLO I.

Se trató un cucharón de colada de 1905,1 kilos de hierro básico dúctil por el método de grafito impregnado con magnesio en el cual se elaboró un cilindro de grafito poroso de 381 milímetros con un diámetro de 177,8 milímetros con ranuras exteriores sobre centros de 50,8 milímetros. Se agregó el cilindro de grafito poroso a una tapa de cucharón de colada y ranurada para aumentar la proporción superficie-a-volumen.

307443



- Esto proveyó una proporción suficiente de superficie-a-volúmen para absorber bastante magnesio para tratar - 1.814,4 kilos de hierro fundido. Se calentó el cilindro de grafito en un caldeo con cok y se sumergió en magnesio fundido donde sus espacios huecos absorbieron el magnesio. El cilindro de grafito impregnado con magnesio se retiró entonces y se sumergió en un cucharón de colada de 1.905,12 kilos de hierro fundido con una temperatura de 1.426,67°C. Permaneció sumergido en el hierro durante 4 minutos, 27 segundos. Cuando se retiró el cilindro del hierro, estaba todavía el cilindro arrojando magnesio. De esta forma, demostró el cilindro la capacidad para su utilización en fundiciones en las cuales el periodo de tratamiento para el metal fundido es relativamente grande y se puede dejar el bloque poroso impregnado en el hierro fundido durante largos periodos de tiempo.

EJEMPLO II.

- En una fundición como por ejemplo una fundición para producción de tubos, en la cual se trata con magnesio cada 5 minutos un cucharón de colada de 1.814,4 kilos de hierro fundido, no debe durar más tiempo de 1 minuto la adición del magnesio puesto que el hierro tiene que transportarse a la máquina de moldeo, espumar y volver a fundir con la cuchara en los calderos de colada de la máquina de moldeo dentro del periodo de 5 minutos. Se adapta particularmente a este sistema un cuerpo de grafito poroso impregnado elaborado con una configuración esférica debido al gran volumen disponible para ponerse en contacto con el hierro



fundido.

Una esfera de grafito de 127 milímetros de diámetro con el 48 % de su volumen como huecos se calentó por caldeo con cok y se impregnó con magnesio -  
5. sumergiéndola en el magnesio fundido. Se retiró inmediatamente de hacerse esta operación la esfera impregnada con magnesio y se sumergió en el hierro fundido a una temperatura de 1.426,67°C. En vez de dejar que se enfriase la esfera de grafito después de tratar el hierro, se recicló la esfera de grafito sumergiéndola de nuevo en el magnesio fundido para recibir otra carga de magnesio. Se repitió un total de cuatro veces este ciclo entre el hierro y el magnesio.

El primer ciclo produjo solo el 5 % de recuperación, pero después se volvió a cargar la esfera con magnesio y se sumergió en el hierro fundido, se recuperó el 40 % de magnesio residual. La baja recuperación del primer ciclo se debió principalmente a la temperatura de la esfera de grafito que estaba demasiado baja antes de entrar en el magnesio fundido. El calor del hierro fundido durante el primer ciclo subió la temperatura de la esfera suficientemente para el segundo ciclo. Los ciclos tercero y cuarto produjeron el 33 % y el 30 % de recuperación, respectivamente.  
20. te.

Se observó que no hubo daño en la esfera de grafito después del continuo ciclo. Después del último ciclo, se dejó que se solidificase el magnesio fundido con la esfera de grafito sumergida en él. Después de seis días, se volvió a fundir el magnesio y  
30.

307443



se sacó la esfera y se enfrió mientras estaba cubierta completamente con arena para impedir que se quemase el magnesio en la atmósfera. No se observó daño en la esfera, y estaba todavía impregnada con magnesio.

5. Un resumen de la operación y análisis químico parcial del Ejemplo II se dan en la tabla siguiente:

Nº del Ciclo	Peso del hierro. Kgr.	Tiempo en el magnésio (minutos)	Tiempo en el hierro (min.)	Si (%)	Mn (%)	Mg (%)	Recuperación %
1	498,9	2:30	1:22	2.30	0.27	0.010	5
2	498,9	2:00	3.00	2.88	0.29	0.090	40
3	498,9	25:00	2:15	2.30	0.30	0.066	33
4	498,9	1:45	2:30	2.75	0.33	0.126	30

10. El contenido de magnesio en el ciclo número 2 representa un total para los ciclos 1 y 2 y el contenido de magnesio en el ciclo número 4 representa el total para los ciclos 3 y 4. La recuperación se calculó para los ciclos individuales.

EJEMPLO III.

15. Se inyectó magnesio en el hierro fundido impregnado grafito poroso con magnesio y sumergiéndolo en un cucharón de colada de hierro fundido. Se calentó a una temperatura de más de 1093,33°C. una esfera de grafito de 139,70 milímetros de diámetro con el 48% de su volumen como huecos y se sumergió en magnesio fundido durante 1 minuto, 30 segundos. Absorbió 0,935  
20. kilos de magnesio en sus espacios huecos. Se dejó en-

307443



friar la esfera mientras que estaba tapada completa - mente con arena fina para impedir dejarla al descu - bierto en la atmósfera.

5. La esfera de grafito impregnada con magne - sio se agregó a una plancha para tapa de cucharón de colada utilizada regularmente en el método de reci - piente de extracción para tratar hierro y se sumergió en 464,94 kilos de hierro fundido. La esfera estuvo - debajo del hierro durante 2 minutos, 20 segundos, La
10. temperatura del hierro en el momento del tratamiento fué de 1448,89°C. La reacción durante los primeros 5 segundos fué un poco violenta debido al magnesio so - bre la superficie de la esfera, pero enseguida solo - salió un pequeño chorro de humo blanco del cucharón -
15. de colada.

El análisis mostró 0,097 % de magnesio resi - dual en el hierro después del tratamiento. Este se - calcula que es el 41,9 % de recuperación del magnesio colocado en el cucharón de colada.

20. EJEMPLO IV.

- Se agregó a una tapa de un cucharón de colada, una esfera de grafito poroso de 127 milímetros de diá - metro, se calentó previamente en un caldeo con cok, - se impregnó con magnesio y se utilizó para tratar un
25. cucharón de colada de hierro fundido de 453,6 kilos. El contenido de magnesio en el hierro fundido después del tratamiento fué de 0,097 % en peso lo cual es más que suficiente para producir hierro nodular o dúctil. Se elaboró la esfera porosa de un grafito de tamaño -
30. 25, disponible comercialmente en la National Carbon -



Company, que tiene un tamaño de poros de 0,119 milímetros de diámetro promedio, y una porosidad de 48 %. Se volatizaron en el hierro 0,935 Kilos de magnesio y dió una recuperación de 41,9 %.

5. EJEMPLO V.

- Se agregó a una tapa de un cucharon de colada una esfera de grafito poroso de 127 milímetros de diámetro y se calentó previamente por inmersión en hierro fundido a una temperatura aproximadamente de 1371,1 °C. Se sumergió entonces la esfera calentada en magnesio fundido para la impregnación. Se utilizó entonces esta esfera para tratar tres cucharones de colada sucesivos de 453,6 kilos cada uno por inmersión en el primer cucharon de colada de hierro fundido hasta que se expulsó todo el magnesio, se volvió a sumergir la esfera en el magnesio fundido hasta que se volvió a impregnar y se repitió el proceso hasta que se habían tratado los tres cucharones de colada. Se elaboró la esfera de grafito de un grafito de tamaño 25, como en el ejemplo previo, con un tamaño de poros de 0,119 milímetros de diámetro promedio y una porosidad de 48%. La siguiente tabla ilustra los resultados de este ejemplo.

Nº de ciclo	Tiempo en magnesio (min.)	Tiempo en hierro (min.)	Magnesio residual (%)	Recuperación (%)
1	2.0	3.0	0.080	40
2	25.0	2.25	0.066	33
3	1.75	2.50	0.060	30



dejado el bloque impregnado en el hierro hasta que hubiese sido expulsado todo el magnesio.

EJEMPLO VII.

5. Se colocó en un barril cok aproximadamente de 254/30,8 milímetros cúbicos por trozo y se inflamó con un soplete gas-aire. Después de que el cok alcanzó la temperatura de indandescencia, se sumergieron trozos individuales y se impregnaron en magnesio fundido. Las medidas de densidad hechas antes y después de la impregnación mostraron un contenido de magnesio promedio de 80 % del peso original del cok, o aproximadamente el 43 % del peso total del producto impregnado. Después de la impregnación, se taparon con arena los trozos para impedir la combustión hasta que se enfriaron a temperatura ambiente. Varios días después se colocó cok en un trozo impregnado de 15,876 kilos en una lata de chapa metálica delgada y la lata se colocó en un recipiente de extracción para tratamiento corriente y se utilizó para tratar 2494,7 kilos de hierro fundido.
- 10.
- 15.
20. El contenido de magnesio residual fué de 0,065 %.

EJEMPLO VIII.

25. Se colocó en un horno cok aproximadamente de 254/304,8 milímetros cúbicos por trozo y se inflamó con un sopleta gas-aire y se dejó quemar parcialmente. Se colocaron entonces de 13,608 a 18,144 kilos del cok incandescente caliente en una armazón fabricada con varillas de acero de 12,7 milímetros. Se sumergieron la armazón y el cok caliente en magnesio fundido aproximadamente durante un minuto, y se sacaron después del magnesio fundido y se metieron en un barril de aceite
- 30.

307443<sup>23</sup> -



22 DIC. 1964

que apagó y enfrió los trozos de cok impregnados. Los trozos de cok impregnados se sacaron del armazón y se repitió el ciclo hasta que se produjeron aproximadamente 408,23 kilos de los trozos impregnados.

5. Se almacenó el cok impregnado aproximadamente durante una semana y se utilizó entonces para tratar dos hornadas separadas de hierro fundido en operaciones separadas aproximadamente con una distancia de una semana. La primera tanda se compuso de cuatro cucharones de colada de hierro fundido y la segunda hornada de dos cucharones de colada, teniendo cada cucharon de colada aproximadamente 1905,1 kilos de hierro fundido. En cada caso, el magnesio que se introdujo -  
10. fué suficiente para efectuar la formación de hierro -  
15. nodular o dúctil. Se utilizó el hierro tratado de esta manera para colar seis tubos de hierro nodular de 609,6 milímetros de diámetro, 6,096 metros de longitud, y seis tubos de 508 milímetros de diámetro, 6,096 metros de longitud.
20. El tratamiento de estos cucharones de colada se efectuó colocando trozos de cok de 18,144/22,63 kilos impregnados con magnesio en una lata de acero la cual se colocó entonces en un recipiente de extracción para el tratamiento corriente y se sumergió debajo de  
25. la superficie del hierro fundido hasta que se había expulsado todo el magnesio. Al sacarlo del recipiente de extracción del tratamiento, el cok agotado flotaba sobre la superficie y se sacó mediante los métodos usuales de espumado antes de fundir el hierro.
30. La siguiente tabla resume el análisis de los



metales después del tratamiento de los seis cucharones de colada:

5.	Nº del cucharon	Magnesio (%)	Silicio (%)	Carbono (%)
	1	0.077	2.17	3.19
	2	0.066	2.33	3.20
	3	0.134	3.19	3.50
10.	4	0.116	2.71	3.43
	5	0.072	2.35	3.44
	6	0.134	2.54	3.50

15. De acuerdo con los principios de este invento, se han vuelto a fundir piezas fundidas de chatarra de aviones con aleación de magnesio y se han utilizado satisfactoriamente para impregnar cok. El cok se utilizó posteriormente para tratar un cucharón de colada de -
20. hierro de 1814,4 kilos. Esta aleación de magnesio contenía aproximadamente 9 % de aluminio, 0,5 % de cinc y 1 % de manganeso. El magnesio en forma de chatarra es aproximadamente 25 % mas barato que en forma de panes o lingotes. Se halló que las aleaciones en la chatarra
25. no impedían la impregnación, y pruebas posteriores sobre tubo de hierro nodular producido del metal tratado mostraron que las aleaciones no impedían los efectos - nodularizantes del magnesio.

30. En los anteriores ejemplos ilustrativos, se calentó antes de la impregnación la materia refractaria

307443



- porosa. Sin embargo, se ha hallado también que el cok, grafito poroso o el carbono poroso, se pueden sumergir a temperatura ambiente debajo de la superficie de magnesio fundido e impregnarse si se mantiene sumergida -
5. la materia porosa hasta que su temperatura sea igual a la del magnesio fundido. Se puede disminuir el tiempo que se necesita para la impregnación aumentando la temperatura del magnesio por encima de su temperatura de fusión, y aumentando la temperatura de la materia porosa antes de sumergirla e impregnarla.
- 10.

- Mientras que las materias carbonosas porosas, particularmente el cok, son los refractarios preferidos que se pueden utilizar al realizar el presente invento, se han obtenido también resultados satisfactorios con refractarios de carburo de silicio poroso, -
15. que incluyen el carburo de silicio de enlace vítreo - del tipo corrientemente utilizado para muelas abrasivas. Los granos de carburo de silicio y un aglutinante carbonoso, como por ejemplo resina para electrodos de alquitrán de hulla, pueden mezclarse también e inflamarse para producir piezas refractarias de porosidad -
20. apropiada y resistencia las cuales serán resistentes - al hierro fundido y a los vapores de metal alcalino a la temperatura del hierro fundido. Los refractarios de carburo de silicio poroso de este tipo pueden impregnarse con un metal alcalino, como por ejemplo el magnesio, y utilizarse para tratar metal de hierro fundido, bien con o sin reciclaje, en la misma forma como se ha descrito anteriormente con referencia a los refractarios carbonosos porosos.
- 25.
- 30.



307443

- 27 -

220



- 2ª, caracterizado porque incluye la operación de ca -  
lentar la materia refractaria antes de su inmersión -  
en el baño fundido, con la temperatura de la materia  
en el momento de la inmersión más elevada que la tem -  
peratura de fusión del metal alcalino.
5. 4ª.- Método según reivindicaciones 1ª a 3ª,  
caracterizado porque incluye las operaciones adiciona  
les de retirar la materia refractaria porosa impregna  
da del baño fundido, y la de enfriar la materia impreg  
nada mientras que se impide la entrada de aire a -  
ella.
10. 5ª.- Método según reivindicación 4ª, carac  
terizado porque la materia impregnada se enfría por in  
mersión en un medio líquido que produce un enfriamien  
to rápido.
15. 6ª.- Método según reivindicaciones 1ª a 5ª, -  
caracterizado porque la materia refractaria utilizada  
es cok poroso en forma de trozos y el metal alcalino -  
es magnesio.
20. 7ª.- Método según reivindicaciones 1ª a 5ª, -  
caracterizado porque la materia refractaria es una pie  
za formada de grafito poroso con una porosidad aproxi  
madamente de 40 % a 50 %, y el metal alcalino es magne  
sio.
25. 8ª.- Método según reivindicaciones 3ª a 7ª -  
caracterizado porque se calienta la pieza de grafito a  
una temperatura superior a 1093,33°C. antes de su in -  
mersión en el baño fundido.
30. 9ª.- "Método para preparar un agente para -  
producir fundiciones nodulares"; tal y como queda -

22 DIC 1964



substancialmente descrito en la presente Memoria.

Esta memoria consta de ventiocho hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid,

22 DIC. 1964

AMERICAN CAST IRON

PIPE COMPANY,

A. GOMEZ ACEBO Y MODEI  
S. A.

