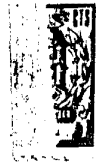


336111

20



336111

MEMORIA DESCRIPTIVA

correspondiente a la solicitud de una

PATENTE DE INVENCION

Solicitante: UNITED STATES PIPE AND FOUNDRY COMPANY.

Residencia: 3300 First Avenue, North - BIRMINGHAM 2
Alabama, EE. UU.

Enunciado: "METODO PARA PRODUCIR FUNDICIONES DE -
HIERRO DUCTIL".

Prioridad: de la solicitud de patente estadounidense
se No. 533.133 del 3 Marzo 1.966.



- 2 -

336111

Esta invención se relaciona con la producción de -
hierro fundido y más particularmente con la producción de -
estructuras fundidas sustancialmente ferríticas en hierro -
grafítico esferoidal. Aunque se describirá la invención en
5 relación con la fabricación de tubería de hierro dúctil pa-
ra la que el método es particularmente útil, resultará evi-
dente que el método y los principios descritos son igualmen-
te aplicables a otros productos.

Quando se funden tuberías de hierro dúctil en mol--
10 des metálicos, las tuberías fundidas tienen una estructura
carbúrica. Se usan revestimientos de moldes refractarios --
por pulverización en húmedo, del orden de 0,005 pulgada -
(0,127 mm.) de grosor, para establecer una barrera térmica
temporal y facilitar la obtención de una distribución uni--
15 forme de metal antes de la solidificación, pero estos reveg-
timientos no cambian materialmente el ritmo general de soli-
dificación de la tubería, de manera que la resultante tube-
ría fundida es carbúrica. Por otra parte, es sabido que si
se retarda suficientemente el ritmo de solidificación y en-
20 friamiento, usando por ejemplo revestimientos de arena o un
revestimiento refractario por pulverización en húmedo, del
orden de 0,10 pulgada (2,54 mm.) de grosor, puede obtenerse
una estructura perlítica que contiene cantidades menores de
carburo o ferrita. En otras palabras, a rápidos ritmos de
25 congelación, las tuberías son sustancialmente carbúricas, -



336111

pero al dotarse el molde de un creciente grosor de revestimiento, la estructura carbúrica enfriada es sustituida por una estructura perlítica. En cualquier caso, es necesario templar la tubería a fin de obtener una estructura ferrítica que satisfaga las siguientes especificaciones:

5	Resistencia tensil	60.000 lpc (4218,4 kg/cm ²)
	Resistencia elástica	45.000 lpc (3163,8 kg/cm ²)
	Alargamiento	10%
	Impacto Charpy 70°F (21,11°C)	7 libras-pie (10,41 kg/m.)
10	Impacto Charpy -40°F (-40°C)	3 libras-pie (4,46 kg/m.)

En este temple, las tuberías son primeramente calentadas a temperatura de austenización (por ejemplo a 1.720°F (937,7°C)) y luego son ferritizadas a una temperatura inferior (por ejemplo de 1375°F (746°C)). Aunque es posible ferritizar tubería mediante uso solamente de un temple ferritizante secundario, los valores sobre impactos son afectados perjudicialmente por el gran tamaño de los granos de ferrita y posiblemente por estructuras sub-limitadoras asociadas a los lentos ritmos de congelación.

En hierros dúctiles el número (y tamaño) de los esferoides de grafito que se producen es función del ritmo de congelación y del potencial de grafitización del metal. Cuanto más rápido sea el ritmo de congelación, menores serán los nódulos hasta que el ritmo de congelación sea tan rápido que la grafitización resulte esencialmente suprimida y se formen grandes -



336111

cantidades de cementita. Inversamente, al disminuir el ritmo de congelación, hay menos tendencia a la formación de cementita primaria, los nódulos de grafito se hacen mayores y se forma perlita. La austenita que se produce inmediatamente por debajo de la temperatura de solidificación puede transformarse en perlita más grafito o en ferrita más grafito. Sin embargo, estas son reacciones de difusión y la transformación en ferrita más grafito no puede ocurrir en ningún grado apreciable durante el enfriamiento de fundiciones de hierro en procedimientos normales de fundición. Así, a fin de convertir las fundiciones en ferrita, es necesario someterlas a un prolongado ciclo de recocción o temple. Por otra parte, la transformación en perlita más grafito puede obtenerse fácilmente usando lentos ritmos de enfriamiento y procedimientos normales de inoculación.

El uso de la inoculación para inducir la grafitización en hierro dúctil es bien conocido y es práctica general la inoculación antes de la colada. Es sabido también en la fundición de tuberías que el uso de un revestimiento de ferro-silicio o calcio-silicio en el molde metálico, ya sea solo o acompañado de un revestimiento convencional por pulverización en húmedo, tiene por resultado unos nódulos de grafito más finos y un endurecimiento reducido. Estas tuberías son más fáciles de templar para la separación de carburo y perlita porque tienen una fina estructura granular,



- 5 -

336111

unos finos nódulos de grafito y un endurecimiento reducido. Asimismo, es sabido que la colocación de inoculador pulverizado en un molde revestido de arena o la adición de inoculador al metal al verse en el molde tiene por resultado -
5 una perfeccionada estructura de los nódulos grafiticos, más esférica, menos carburos y pequeñas cantidades de ferrita - en la estructura fundida. Sin embargo, en cada caso ha sido necesario templar toda la tubería para obtener una estructura ferrítica satisfactoria.

10 Hemos descubierto ahora que mediante el adecuado - control de composición, inoculación, ritmo de congelación y ritmo de enfriamiento, es posible obtener estructuras fundidas en tuberías de hierro dúctil que están libres de endurecimientos y contienen grandes porcentajes de ferrita. Aunque
15 los usos anteriores de una inoculación tardía durante el vaciado de la fundición constituían una medida correcta, no se ha reconocido anteriormente el que estos procedimientos no proporcionasen unas óptimas condiciones de grafitización. Además, aunque los métodos anteriores permitían fundir sin
20 endurecimientos mediante disminución del ritmo de enfriamiento del metal, las resultantes estructuras fundidas eran sustancialmente perlíticas. Se desconocía que con un hierro adecuadamente inoculado de adecuada composición, hay una ganancia crítica de ritmos de congelación y enfriamiento entre -
25 los comúnmente usados en métodos de fundición en moldes me-



336111

tálicos y los comúnmente usados en métodos de fundición con arena, en los que se suprimirán los carburos y se completará sustancialmente la grafitización de manera que la resultante matriz sea sustancialmente ferrítica una vez fundida.

5 Las ventajas de esta invención resultarán evidentes con la siguiente descripción, considerada en relación con los dibujos, que son microfotografías de muestras químicamente atacadas y con una ampliación 100X, como sigue:

10 La figura 1 es una típica microestructura fundida de una tubería de 6 pulgadas (152,4 mm.) fundida sobre un revestimiento delgado y pulverizado en húmedo en una máquina de formación de tuberías de Lavaud.

15 La figura 2 es una típica microestructura fundida de una tubería de 6 pulgadas (152,4 mm.) fundida sobre un revestimiento inoculador pulverizado, aplicado a un molde desnudo en una máquina de fundir de Lavaud.

20 La figura 3 es una típica microestructura fundida de una tubería de 6 pulgadas (152,4 mm.) fundida sobre un delgado revestimiento pulverizado en húmedo y recubierto con un revestimiento de inoculador pulverizado en una máquina productora de tuberías de Lavaud.

25 La figura 4 ejemplifica estructuras fundidas y esencialmente libres de endurecimientos, que se obtienen con el uso de arena resinosa o gruesos revestimientos pulverizados en húmedo para tubería de 6 pulgadas (152,4 mm.).



336111

Las figuras 5 a 7 son microestructuras fundidas de tres diferentes tuberías de 24 pulgadas (609,6 mm.) fundidas con tres diferentes espesores de revestimiento pulverizado en húmedo, usando prácticas de inoculación convencionales.

5

Las figuras 8 a 10 son microestructuras fundidas de tres tuberías fundidas bajo condiciones similares a las de las tres tuberías de 24 pulgadas (609,6 mm.) antes mencionadas, con la excepción de que se emplearon especiales prácticas de inoculación; y

10

Las figuras 11 a 15 son microestructuras fundidas de cinco tuberías de 48 pulgadas (1.219,2 mm.) fundidas con el uso de variables espesores de revestimiento pulverizado en húmedo y variables procedimientos de inoculación.

15

Como puede verse mediante un exámen de las figuras 1 a 3, los métodos actualmente usados de fundición de tubería de hierro dúctil en moldes metálicos, tienen por resultado unas estructuras carbúricas y elevadamente endurecidas. Por otra parte, las tuberías fundidas sobre moldes de arena aglutinada con resina, práctica comercial bien conocida, están sustancialmente libres de endurecimientos pero poseen una estructura sustancialmente perlítica, tal como se muestra en la figura 4. En contraste, las estructuras mostradas en las figuras 8 a 10, que se obtuvieron por el presente método, están sustancialmente libres de carburos y contienen

20

25



336111

notables cantidades de ferrita en condición fundida.

El procedimiento de la presente invención, basado en el descubrimiento antes mencionado, comprende en líneas generales la provisión de un hierro de composición adecuada, la inoculación del metal fundido para proporcionar una elevada concentración de núcleos de grafitización en el metal inmediatamente antes y durante la solidificación (en adelante denominada inoculación ultratardía), el atrapamiento de este efecto nucleador transitorio en su máxima efectividad mediante rápida congelación del metal y el enfriamiento de la fundición a un ritmo adecuado para favorecer la transformación de austenita en ferrita más grafito.

Las composiciones de hierro para uso en el presente procedimiento son preferiblemente las que tienen por resultado una composición en la tubería final comprendida dentro del siguiente orden:

<u>T.C.</u>	<u>Si</u>	<u>Mg</u>
3,1-3,4	2,8-3,3	0,03-0,06

Dentro de esta gama de composiciones, es posible obtener tuberías con menos del 5% de perlita y sustancialmente ningún carburo, cuyas tuberías muestran unas propiedades, en condición fundida, que satisfacen las especificaciones estipuladas en este país para las tuberías de hierro dúctil. Naturalmente, resultará evidente para los expertos en el arte que las propiedades obtenibles dependen



336111

del efecto total de los elementos aleadores; por consiguiente, a fin de conseguir las propiedades deseadas, ha de conservarse un adecuado equilibrio en la composición final; -
por ejemplo, la presencia de superiores cantidades de esta-
5 bilizadores de carburo, tales como magnesio, manganeso, cromo, vanadio, etc., no puede ser tolerada en composiciones -
que posean un potencial grafitizante mínimo.

Una gama de composiciones, más amplia aún, que puede aplicarse ventajosamente en la producción en plantas, es
10 como sigue:

<u>T.C.</u>	<u>Si</u>	<u>Mg</u>
3,0-3,7	2,30-3,75	0,02-0,07

En esta gama de composiciones, el contenido en perlita puede mantenerse en menos del 75%, la tubería estará -
15 sustancialmente libre de endurecimientos y los nódulos grafiticos serán numerosos y de pequeño tamaño. Generalmente -
si se mantiene un adecuado equilibrio de composición, en -
términos de la relación entre carbono y silicio, las tuberías que tengan unas composiciones incluídas dentro de esta
20 gama presentarán unas satisfactorias propiedades después de un simple temple ferritizante a 1375°F (746°C) aproximadamente.

Es esencial una adecuada inoculación de la masa fundida si se han de obtener los resultados deseados. Se consigue una inoculación óptima de la masa fundida introduciendo
25



336111

inoculador en el metal durante el vaciado y la solidificación, teniendo por objeto obtener una población extremadamente elevada de núcleos de grafitización en la masa fundida inmediatamente antes de la solidificación y durante ella.

5 Cuando se funden tuberías centrifugadamente por el método de vaciado retractorio, en el que el metal es distribuido a todo lo largo del molde por medio de un largo recipiente de vaciado, el procedimiento de inoculación se lleva a cabo - preferiblemente mediante 1) post-inoculación por tratamiento con magnesio en la cuchara, 2) adición de inoculante granular al metal mientras fluye descendentemente por la pendiente que lo dirige hacia el recipiente de vaciado, 3) aplicación de un revestimiento de inoculante pulverizado a la superficie del molde sobre la que se funde el metal y 4) insuflado de polvo inoculante en la corriente de metal al descargarse del recipiente de vaciado, de tal manera que se cree una niebla de polvo inoculante dentro del molde. Cuando el material de tamaño adecuado se suministra a ritmos adecuados que no tengan por resultado un inoculante sin disolver en el producto final, resulta una formación continua de núcleos grafitizantes en grandes números en el metal del molde.

El mecanismo básico de la inoculación ultratardía parece ser por consiguiente el de proporcionar un grado de disolución del inoculante, de tal manera que por una parte



- 11 -

336111

5 todas las partículas sólidas disgregadas de inoculante se fundan y por otra parte se proporcione un tiempo insuficiente para una difusión homogénea y completa dentro de la masa fundida original de los constitutivos grafitizantes en el inoculador.

10 El procedimiento de post-inoculación por tratamiento con magnesio, ordinariamente efectuado minutos antes del vaciado de la fundición, es bien conocido. En el presente método el procedimiento es el mismo, pero la cantidad de inoculante añadida en esta etapa dependerá de la cantidad de inoculante a añadir durante la operación de fundición, así como de la composición del metal. Desde luego, pueden usarse otros procedimientos comúnmente empleados, tales como la adición de inoculante con el agente de tratamiento magnésico o como parte del mismo.

15 Los procedimientos de inoculación ultratardía durante la fundición, son los siguientes:

20 Inoculación en la pendiente de vaciado.- Al verterse metal fundido desde la cuchara de la máquina a un ritmo uniforme en la pendiente de vaciado, se añade inoculador a un ritmo uniforme durante todo el período de vaciado. La cantidad de inoculante añadida puede variar dentro de una gama relativamente amplia, pero una adecuada proporción de trabajo ha resultado ser la del 0,05 ó 0,07 al 0,20% del peso de la fundición de tubería. Una adición media del 0,12%



356111

es equivalente al 0,07% de Si como calcio-silicio o del 0,10% de Si como calcio que contiene un 85% de ferro-silicio. - El inoculante se añade en forma granular de pequeño tamaño para permitir su disolución antes de que el metal se solidifique, pero de tamaño suficientemente grande para proporcionar un efecto inoculador hasta el momento de la solidificación.

5
10
15
20
Inoculación en la tobera.- Al caer el metal fundido de la tobera de vaciado del recipiente de fundición a la superficie del molde, se insufla polvo inoculante continuamente a la corriente de metal que se vierte desde el recipiente. La cantidad añadida puede variar dentro de una amplia gama, pero una proporción de trabajo del 0,075 al 0,25% en peso del metal fundido ha resultado ser satisfactorio. Una cantidad del 0,16% es equivalente a una adición del 0,10% de silicio como calcio-silicio y del 0,14% de silicio como calcio de grado del 85% que contiene ferro-silicio. Como el tiempo entre adición y solidificación es extremadamente corto, el polvo deberá ser suficientemente fino para permitir que entre en solución y no deberá añadirse en cantidades superiores a las que pueden entrar en solución.

25
Inoculación en el revestimiento.- Al caer el metal fundido desde la tobera del recipiente de vertido, cae sobre el molde que ha sido dotado de un revestimiento doble. La primera capa del revestimiento es un revestimiento re-



336111

fractario y la segunda capa es un revestimiento de polvo -
suelto de un inoculador tal como CaSi (en adelante denomi-
nado "pulverización seca"). De 5 a 15 g por pie cuadrado -
(0,092 m²) de superficie del molde (1,5 a 5 libras por to-
5 nelada de metal (0,679 kg. a 2,268 kg. por tonelada) com-
prende una buena proporción de trabajo en la aplicación -
del revestimiento de pulverización seca. Un revestimiento
nominal de 10,0 g por pie cuadrado (0,092 m²) asciende a -
una adición de aleación del 0,12% para una tubería de 24
10 pulgadas (609,6 mm.) que tiene un grosor de pared de 0,50
pulgada (12,7 mm.) o es equivalente a una adición de sili-
cio del 0,07%. Este contacto con el inoculador desde el ex
terior, junto con el contacto con inoculador desde el inte
rior resultante de la nube de inoculador insuflada en el -
15 metal por la tobera, proporciona una inoculación completa
en el último momento del metal antes de la solidificación.

El revestimiento refractario a que se ha hecho refe-
rencia anteriormente es preferiblemente un revestimiento de
pulverización húmeda, tal como es bien conocido en la técni-
ca centrífuga. Se forma pulverizando una suspensión de mate-
20 rial refractario, tal como bentonita y harina de sílice so-
bre un molde caliente a fin de obtener un revestimiento do-
tado del deseado valor de aislamiento y una superficie basta
que facilita la obtención de una adecuada distribución y la
25 recogida del metal fundido en el molde giratorio.



336111

El calcio-silicio (60% Si, 30% Ca) ha resultado ser uno de los más potentes inoculadores para la inoculación ultrataría del hierro dúctil. Es comercialmente obtenible en forma designada por -100 mallas, que da buenos resultados -
5 cuando se usa para adiciones en la pendiente de vaciado, en la tobera y en el revestimiento del molde. Una distribución de tamaños representativa es la siguiente:

	<u>Criba standard estado-</u> <u>unidense</u>	<u>% Retenido</u>
10	100	18,2
	150	4,9
	200	2,1
	270	35,8
	325	10,8
15	Gamella	26,7

Este material ha resultado ser satisfactorio para - la inoculación en la pendiente de vaciado, en la tobera y - en el revestimiento. El calcio-silicio de la distribución - de tamaños anteriormente señalada se ha expuesto simplemen-
20 te como un material adecuado, indicándose la posibilidad de usar materiales de otro tamaño y distribución, así como - otros inoculadores conocidos, tales como ferrosilicio. Sin embargo, el calcio-silicio ha resultado ser particularmente beneficioso para obtener buenas superficies de fundición li
25 bres de picaduras cuando se usa como inoculador en el reves



336111

timiento del molde.

El uso de los cuatro procedimientos de inoculación es preferible pero es posible obtener una suficiente inoculación usando menos de cuatro. Por ejemplo, si la composición del metal es demasiado elevada en silicio para permitir la adición de inoculador de silicio durante el tratamiento con magnesio o después de él, pueden obtenerse buenos resultados con la inoculación en la pendiente de vaciado, en la tobera y en el revestimiento. Asimismo, puede eliminarse la inoculación en el revestimiento si se obtiene una buena inoculación en la pendiente de vaciado y en la tobera; sin embargo, el uso del revestimiento de calcio-silicio es particularmente deseable si son difíciles de mantener unas buenas superficies de fundición o si se encuentran picaduras. Los cuatro métodos de inoculación han sido expuestos como ejemplos de los diversos procedimientos que pueden usarse para obtener el número necesario de núcleos de inoculación en el metal en el momento de la solidificación y no se exponen como límites al ámbito de la invención.

El ritmo de solidificación y el de enfriamiento después de la solidificación son tan importantes como la composición del metal y la inoculación ultratardía. En los ejemplos que se dan más adelante, el tiempo de solidificación se indica como función del grosor del revestimiento interno del molde, etc. Este tiempo se midió desde el comienzo del



336111

vaciado hasta el final de la interrupción eutéctica. Cuanto más corto sea el tiempo, más rápido será el ritmo de solidificación. El ritmo de enfriamiento a que se ha hecho referencia es el ritmo con que la fundición se enfría a través del nivel de transformación; un nivel de temperatura inferior al de solidificación. Es necesario solidificar el metal a un ritmo suficientemente rápido para capturar el efecto nucleador de la inoculación ultratardía, pero no tan rápido que tenga por resultado la formación de carburos. Después de la solidificación, es esencial que la fundición se enfríe a un ritmo que permita tenga lugar la deseada ferritización.

Los deseados ritmos de solidificación y enfriamiento pueden obtenerse fundiendo tubería en moldes metálicos provistos de un revestimiento de pulverización en húmedo de un espesor comprendido entre 0,010 y 0,060 pulgadas (0,254 mm. y 1,524 mm.). El molde es preferiblemente enfriado por el exterior con aire (convección normal) o pulverización acuosa, según se precise. El uso de un molde sumergido en agua, tal como se emplea en el procedimiento Lavaud, no se recomienda porque las temperaturas del molde son inadecuadas para secar la suspensión de revestimiento y los ritmos de solidificación y enfriamiento son demasiado rápidos, particularmente para revestimientos más delgados.



336111

El uso de un revestimiento refractario de pulverización en húmedo, de un grosor de 0,010 a 0,060 pulgadas en el interior de un molde metálico se indica como medio práctico de obtención de los deseados ritmos de solidificación y enfriamiento y no pretende constituir una limitación de la invención. Evidentemente, hay muchos medios de alterar los ritmos de solidificación y enfriamiento de una fundición y si pueden obtenerse ritmos equivalentes mediante otros procedimientos, entonces se considera su empleo en el procedimiento descrito.

Cuando se funden tuberías de un grosor inferior a 0,50 pulgada (12,7 mm.), se encuentran dificultades porque los ritmos de solidificación y/o enfriamiento son demasiado rápidos y se forman carburos o se retiene una considerable cantidad de perlita. Si se forman carburos, pueden usarse revestimientos más gruesos en el molde o moldes más calientes para retardar la solidificación. Por otra parte, si se retiene perlita porque el ritmo de enfriamiento es demasiado rápido, el uso de un adicional aislamiento en el revestimiento del molde puede tener por resultado un ritmo de solidificación demasiado lento para capturar el efecto total de inoculación. Si ocurriese esto, el ritmo de enfriamiento puede aminorarse por un método variante, concretamente por aplicación de una capa de material aislante seco, ordinariamente mediante insuflado, sobre el interior de la tubería -



336111

recién formada, no afectándose así al ritmo de solidificación.

5 En el establecimiento de las condiciones deseadas de fundición, es necesario tener en cuenta que los cambios realizados para acelerar el ritmo de solidificación tendrán generalmente un efecto adverso sobre el ritmo de enfriamiento de la fundición a través del nivel de temperaturas de transformación y que la aminoración del ritmo de enfriamiento afectará adversamente al ritmo de solidificación. En 10 otras palabras, los intentos de acelerar el ritmo de solidificación para capturar el efecto de inoculación puede tener por resultado al mismo tiempo un incremento del ritmo de enfriamiento a través del nivel de transformación, hasta el punto en que se retenga un exceso de perlita, y los intentos de aminorar el ritmo de enfriamiento para permitir la 15 transformación en ferrita pueden tener por resultado una pérdida de efecto de inoculación durante la solidificación. Si es necesario tomar medidas para aminorar el ritmo de solidificación, habrá generalmente una correspondiente disminución favorable en el ritmo de enfriamiento, pero si es necesario aminorar el ritmo de enfriamiento, habrá generalmente una disminución desfavorable en el ritmo de solidificación, a menos que las medidas adoptadas estén cuidadosamente adaptadas para afectar solamente al ritmo de enfriamiento.

25 Para ilustrar los efectos de la modificación de los



336111

rítmos de solidificación y enfriamiento, junto con varias -
características químicas de la masa fundida y prácticas de -
inoculación ultratardías sobre las propiedades mecánicas y
la microestructura de diferentes tuberías, se ofrecen los -
siguientes ejemplos.

5 Se fundieron tuberías experimentales de 24 pulgadas
(609,6 mm.) y de una longitud de 20 pies (6,09 mts.) en un
molde metálico refrigerado con aire, puesto en rotación so-
bre un girador de suelo plano. El molde tenía un grosor de
10 pared de 2 pulgadas (5,08 mm.) y el metal fué reactivamen-
te vaciado por medio de un recipiente de vaciado y una cu-
chara de máquina montada sobre un carro que se desplazaba -
sobre vías paralelas al eje del molde. El metal se fundió -
en un horno de inducción y la composición buscada en la tu-
bería final fué la preferida anteriormente expuesta. El mol-
15 de enfriado con aire fué interiormente revestido mediante -
pulverización con una suspensión de sílice de diatomeas y -
bentonita en agua mientras el molde estaba caliente, a fin
de obtener unos revestimientos aislantes bastos de grosor -
deseado. Usando unos grosores en el revestimiento del molde
20 de 0,015, 0,035 y 0,055 pulgadas (0,381, 0,889 y 1,379 mm.)
se produjeron dos series de fundiciones. En la primera se-
rie, la única inoculación proporcionada al metal fué la adi-
ción convencional de un 1% de ferro-silicio (85% Si, 0,5%
25 Ca min.), agregada al metal mientras era pasado desde la cu



336111

5 chara de tratamiento con magnesio a la cuchara de transfe--
 rencia. En la segunda serie de ensayos, se usó un 1% de fe-
 rro-silicio para cubrir la aleación de Mg durante el trata-
 miento, pero durante la operación de fundición, se efectua-
 ron adiciones de Ca-Si a la pendiente de vaciado, a la tobe-
 ra y al revestimiento del molde. Los resultados se muestran
 en las figuras 5 a 10 y en la tabla I.

10 Puede verse que al aumentar el grosor del revesti--
 miento, los nódulos de grafito se hacen mayores en tamaño y
 menores en número. El hecho de que haya menos carburo en la
 figura 5 que en la figura 6, se debe a la interacción del -
 ritmo de congelación y la inoculación, es decir el ritmo de
 congelación fué suficientemente rápido para capturar los -
 efectos decrecientes de la inoculación en el cambio de cu--
 15 chara, pero la fuerza grafitizante de este efecto remanente
 no fué suficiente para evitar la formación de carburos. En
 marcado contraste, las figuras 8, 9 y 10 ilustran el efecto
 de la inoculación ultratardía en cuanto a eliminar carburos
 y permitir la formación de grandes cantidades de ferrita -
 20 mientras se enfría la fundición, estando todavía en el mol-
 de, a través del nivel de temperaturas ferritizantes.

25 Las figuras 11, 12 y 13 ilustran la interacción de
 las variables del procedimiento. Estas figuras son microfotografías
 tomadas de tuberías de 48 pulgadas (1219,2 mm.) -
 de diámetro fundidas en un molde metálico de un grosor de



336111

3-3/4 pulgadas (95,25 mm.) aproximadamente. El molde fué -
 puesto en rotación en un girador de suelo plano y fué dota-
 do de un revestimiento por pulverización en húmedo recubier
 to por un revestimiento de polvo inoculante seco de Ca-Si.-
 5 El metal fué vaciado en el molde enfriado por aire rápida-
 mente por medio de un canal en sifón múltiple estacionario
 y se distribuyó en el molde por medio de la fuerza centrífuga.
 Un análisis de las microestructuras, junto con los da-
 tos expuestos en la tabla II revela la importancia de la -
 10 inoculación ultratardía y del grosor del revestimiento. Con
 el uso de un revestimiento doble que comprenda una pulveri-
 zación en húmedo de 0,03 pulgada (0,76 mm.) y un revesti-
 miento de polvo inoculante seco y delgado, se encuentra pre-
 sente carburo (figura 11). Cuando el revestimiento de pulve-
 15 rización en húmedo se incrementa a 0,09 pulgada (0,228 mm.)
 se eliminan los carburos, pero la matriz es principalmente
 perlítica (figura 12). Sin embargo, cuando se disminuye el
 grosor del revestimiento a 0,050 pulgada (1,270 mm.), se in-
 crementa la cantidad de revestimiento por pulverización en
 20 seco y se añade inoculador al metal del canal de sifón múltiple,
 se elimina el carburo y se disminuye la perlita (fi-
 gura 13).

Las figuras 14 y 15 muestran las microestructuras -
 obtenidas en tuberías similares reactivamente fundidas me-
 25 diante un recipiente de vaciado en el molde anteriormente -



336111

mencionado. Al disminuir el ritmo de congelación respecto -
al empleado en la fundición convencional de de Lavaud usan-
do un revestimiento en el molde de 0,03 pulgada (0,76 mm.),
se obtuvo una falta absoluta de carburo y una reducción en
5 la perlita, usando inoculación en la pendiente de vaciado y
en el revestimiento y finalmente se obtuvo una estructura -
sustancialmente ferrítica al usarse un grosor de 0,023 pul-
gada (0,584 mm.) en el revestimiento por pulverización en -
húmedo, junto con inoculación en la pendiente de vaciado, -
10 en la tobera y en el revestimiento. Véase la tabla II, que
compara las condiciones de fundición y propiedades de las -
tuberías representadas por las figuras 11 a 15.

A fin de determinar el efecto de la temperatura del
molde al comienzo de la fundición, se realizó otra serie de
15 fundiciones en un molde de acero de 6 pulgadas por 6 pies -
(152,4 mm. por 1,82 m.) con un grosor de 1,125 pulgadas -
(28,575 mm.). El molde se montó sobre un carro desplazable
sobre el cual se dispusieron medios para aplicar durante va-
rios períodos de tiempo una pulverización de agua sobre el
20 exterior del molde. El metal se vació por medio de un reci-
piente de vaciado alargado y fijo. Además del uso de la ino-
culación en la cuchara, se efectuó una inoculación ultra--
tardía usando Ca-Si y añadiendo 800 g en la pendiente de va-
ciado, insuflando 1200 g por la tobera del recipiente y -
25 aplicando 800 g como revestimiento encima del revestimiento



336111

aislante de pulverización en húmedo. Por los datos de la tabla III, puede verse que la cantidad de perlita retenida -
 5 fué grandemente reducida por el uso de un molde más caliente y unos grados reducidos de enfriamiento por pulveriza-
 ción. Como cabía esperar, las fundiciones más delgadas con sus ritmos de enfriamiento más rápidos tienden a presentar carburos y perlita retenidos, pero estos ensayos indican -
 que mediante un adecuado control de las condiciones de la fundición puede obtenerse una tubería de ferrita sustancial-
 10 mente fundida, incluso con un espesor tan bajo como de 0,35 pulgada (8,89 mm.).

TABLA I

	<u>Fig. 5</u>	<u>Fig. 6</u>	<u>Fig. 7</u>	<u>Fig. 8</u>	<u>Fig. 9</u>	<u>Fig. 10</u>
15 Composición de la tubería						
Composición objetivo	3,34	3,36	3,32	3,32	3,26	3,30
Si	2,91	3,01	2,92	3,07	3,05	2,81
S	0,009	0,013	0,009	0,008	0,007	0,015
20 Mn	0,23	0,24	0,23	0,23	0,20	0,21
P	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04
Mg	0,046	0,058	0,06	0,061	0,049	0,035
25 <u>Espesor pared - tubería</u>	0,45 pgs (11,43 mm)	0,46 pgs (11,68 mm)	0,49 pgs (12,44 mm)	0,45 pgs (11,43 mm)	0,50 pgs (12,70 mm)	0,49 pgs (12,44 mm)



356111

TABLA I (continuación)

Fig. 5 Fig. 6 Fig. 7 Fig. 8 Fig. 9 Fig. 10

	Espesor del revestimiento.					
	0,015 pgs (0,381 mm)	0035 pgs (0,889 mm)	0055 pgs (1,379 mm)	0015 pgs (0,381 mm)	0035 pgs (0,889 mm)	0055 pgs (1,379 mm)
5	Tiempo de solidificación.					
	50 seg.	80 seg.	120 seg.	45 seg.	70 seg.	120 seg.
10	Inoculación.					
	Pendiente de vaciado					
	No	No	No	Si	Si	Si
	Tobera					
	No	No	No	Si	Si	Si
	Revestimiento					
	No	No	No	Si	Si	Si
15	Propiedades físicas.					
	Resistencia tensil lpc.			81.000 (5.694,8 Kg/cm ²)	90.000 (6.927,6 Kg/cm ²)	90.000 (6.927,6 Kg/cm ²)
20	Resistencia elástica lpc.			57.000 (4.007,5 Kg/cm ²)	SIN ENSAYO	61.000 (4.288,7 Kg/cm ²)
	Alargamiento.			15,5%	13%	12%
	Impacto Charpy, li bras-pie					
25	70°F (21,11°C)			11 (16,37 kg/m)	8,25 (12,29 kg/m)	6,25 (9,29 kg/m)
	-40°F (-40°C)			6,75 (10,03 kg/m)	5 (7,44 kg/m)	3 (4,46 kg/m)

26 ENE



336111

TABLA I (continuación)

	<u>Fig. 5</u>	<u>Fig. 6</u>	<u>Fig. 7</u>	<u>Fig. 8</u>	<u>Fig. 9</u>	<u>Fig. 10</u>
<u>Microestructura</u>						
5 Perlita	70%	50%	65%	5%	15%	25%
Carburo	10%	40%	15%	0	0	0

TABLA II

	<u>Fig. 11</u>	<u>Fig. 12</u>	<u>Fig. 13</u>	<u>Fig. 14</u>	<u>Fig. 15</u>
10 <u>Composición de la tubería.</u>					
<u>Composición objetivo</u>	3,70	3,43	3,13	3,32	3,30
Si	3,08	2,83	3,21	3,14	3,17
S	0,003	0,005	0,002	0,004	0,003
Mn	0,33	0,30	0,32	0,24	0,25
15 P	0,19	0,02	0,02	0,09	0,02
Mg	0,031	0,068	0,049	0,049	0,036
<u>Espesor pared tubería</u>					
	0,82 pgs (20,82 mm)	0,72 pgs (18,28 mm)	0,65 pgs (16,51 mm)	0,72 pgs (18,28 mm)	0,72 pgs (18,28 mm)
20 <u>Espesor revestimiento</u>					
	0,03 pgs (0,76 mm)	0,09 pgs (2,28 mm)	0,05 pgs (1,27 mm)	0,03 pgs (0,76 mm)	0,023 pgs (0,584 mm)
<u>Tiempo de solidificación.</u>					
25	150 seg.	300 seg.	210 seg.	120 seg.	100 seg.



336111

TABLA II (continuación)

	<u>Fig. 11</u>	<u>Fig. 12</u>	<u>Fig. 13</u>	<u>Fig. 14</u>	<u>Fig. 15</u>	
<u>Inoculación</u>						
	Cuchara	0,40% Si	0,75% Si	1% Si	1% Si	1% Si
5	Pendiente vaciado	No	No	2 lbs Ca-Si en canal en sifón múltiple (0,907 kgs)	1,5 lbs Ca-Si (0,680 Kg)	1,5 lbs Ca-Si (0,680 Kg)
	Tobera	No	No	No	2 lbs Ca-Si (0,907 Kg)	
10	Revestimiento	0,25 lbs Ca-Si (0,113 Kg)	1 lb. Ca-Si (0,453 kg)	3 lb. Ca-Si (1,360 kg)	2 lbs Ca-Si (0,907 kg)	2 lbs. Ca-Si (0,907 kg)
<u>Propiedades físicas.</u>						
15	Resistencia tensil lpc.	71.000 (4.992 Kg/cm2)	84.000 (5.906 Kg/cm2)	90.000 (6.328 Kg/cm2)	85.000 (5.976 Kg/cm2)	77.000 (5.414 Kg/cm2)
	Resistencia elástica lpc.	63.000 (4.429 Kg/cm2)	56.000 (3.937 Kg/cm2)	62.000 (4.359 Kg/cm2)	60.000 (4.218 Kg/cm2)	56.000 (3.937 Kg/cm2)
	Alargamiento	10%	10%	10%	10%	17,5%
20	Impacto Charpy, libras-pie.					
	70°F (21,11°C)					
		SIN ENSAYOS				
	-40°F (-40°C)					
25	<u>Microestructura</u>					
	Perlita	37%	45%	20%	13%	3%
	Carburo	3%	0	0	0	0



336111

TABLA III

5	Tubería nº	Revest. pulverización en húmedo	Composición tubería		Pulverización - agua sobre molde	% per lita	Temperatura molde en el momento de la fundición.
			Pared tubería	Compos. objetivo			
	1	0,012 pgs (0,304 mm)	0,36 pgs (9,14 mm)	3,28	2,91	60 seg.	60 230°F (110°C)
	2	0,012 pgs (0,304 mm)	0,35 pgs (8,89 mm)	3,28	3,01	20 seg.	25 450°F (232,2°C)
10	3	0,012 pgs (0,304 mm)	0,36 pgs (9,14 mm)	3,22	3,06	Ninguna	7 650°F (343,3°C)
	4	0,012 pgs (0,304 mm)	0,43 pgs (10,92 mm)	3,50	2,79	75 seg.	25 230°F (110°C)
	5	0,012 pgs (0,304 mm)	0,44 pgs (11,07 mm)	3,50	2,82	30 seg.	7 450°F (232,2°C)
15	6	0,012 pgs (0,304 mm)	0,42 pgs (10,66 mm)	3,52	2,82	Ninguna	10 550°F (287,7°C)

En otra serie, se fundieron tuberías en una máquina de fundición del tipo de producción de 16 pulgadas por 18 pies (406,4 mm. por 5,486 mts.). El molde de acero tenía un espesor de pared de 1,42 pulgadas (36,6 mm.) y se montó sobre un carro que se desplazaba ascendentemente por unas vías inclinadas, como en el caso del método de de Lavaud. En lugar de sumergirse el molde en una caja de agua, como es la práctica ordinaria del método de Lavaud, el molde se rodeó de un recinto ventilado y provisto de un sistema de pulverización de agua interrumpida



336111

pible. Se aplicó al interior del molde en una sola pasada, un revestimiento de pulverización en húmedo que comprendía sílice de diatomeas (Celite 315) y aglutinante de bentonita. El revestimiento presentaba una superficie dentada fina y un espesor de 0,025 pulgada (0,635 mm.) aproximadamente. -
5 Con una temperatura de vertido o vaciado de 2.350°F (1.287,8 °C) y un espesor de pared en la tubería de 0,50 pulgada - (12,70 mm.), el tiempo de congelación resultó ser aproximadamente de 45 a 50 segundos. La temperatura del molde en el
10 momento del revestimiento era de 450 a 650°F (232,2°C a 343,3°C) y en el momento del vaciado de 300 a 400°F (148,8°C a 204,4°C) aproximadamente y el exterior del molde fué enfriado por pulverización durante 2 minutos aproximadamente por ciclo. El metal fué fundido en una cúpula de ácido por
15 chorro frío, se desulfurizó con ceniza de sosa y se trató con magnesio. Además de la inoculación en la cuchara, se utilizó inoculación en la pendiente de vaciado, en la tobera y en el revestimiento del molde, como se indica en la tabla IV, que enumera tuberías representativas.

20

25



336111

TABLA IV

Tubería nº	Composición		Inoculación g/tubería			Perli- ta %	Impacto Charpy 70°F, li- bras-pie (21,11°C Kg/m)
	C	Si	Pen- diente vacía do	Tube- ra	Molde		
5 7	3,30	3,54	235	331	189	5	5,5 (8,184 kg/m)
8	3,24	2,34	395	480	340	75	2,5 (3,720 kg/m)
9	3,22	2,85	395	470	640	10	8,5 (12,649 kg/m)
10 10	3,26	3,33	395	470	640	5	8,5 (12,649 kg/m)
11	3,28	2,79	600	660	1200	5	10,5 (15,626 kg/m)

15 Estos ensayos indican que si el contenido en silicio se mantiene al nivel aproximado del 2,8 al 3,3%, pueden fabri-
carse tuberías sustancialmente ferríticas que satisfacen los
requisitos sobre propiedades de las especificaciones, median-
te el procedimiento descrito. Aunque la tubería número 7 era
20 sustancialmente ferrítica al fundirse, no satisfacía los re-
quisitos de las especificaciones sobre impactos. Es bien sa-
bido que el silicio afecta adversamente a las propiedades so-
bre impactos del hierro nodular, por lo que esto no es ines-
perado.

25 En el extremo opuesto del nivel de silicio, la tube-
ría número 8 estaba libre de endurecimiento y contenía un 75%



336111

de perlita. Como el contenido en silicio era bajo, el potencial de grafitización del metal no era suficiente para llevar a cabo un alto grado de ferritización. Sin embargo, es realmente sorprendente el que esta tubería estuviese exenta de endurecimiento y contuviese considerable ferrita en estado fundido.

En ensayos de temple efectuados sobre estas tuberías de 16 pulgadas (406,4 mm.), se observó que después de un simple tratamiento térmico ferritizante, todas las tuberías, incluyendo las que contenían tan sólo un 2,34% de silicio, contenían del 0 al 10% de perlita y satisfacían las existentes especificaciones. El tratamiento térmico consistió en calentar la tubería a 1.375°F (746°C) y mantenerla a esta temperatura durante 60 minutos, después de lo cual se enfrió con aire la tubería. Después de tal tratamiento térmico, la tubería número 7 tenía un valor Charpy de 12 libras-pie (17,85 kg/m.) a 70 °F (21,11°C) y la tubería número 8 tenía un valor Charpy de 9 libras-pie (13,39 Kg./m) a 70°F (21,11°C). Asimismo, el tratamiento térmico de ferritización mejoró el valor de impacto de las tuberías números 9, 10 y 11.

Se fundió otra serie de tuberías en un molde de hierro fundido de 30 pulgadas por 5,75 pies (762 mm. por 1,755 m.) con un espesor de 4,25 pulgadas (107,95 mm.). El molde enfriado con aire se montó sobre un girador de suelo esta--



- 31 -
336111

cionario plano y el metal de un horno de inducción se ver--
 tió con un recipiente retractorio. Las tres primeras tube--
 rías enumeradas en la tabla V con los números 12 a 14, fue--
 ron fundidas, observándose de nuevo que resultó una tubería
 5 altamente ferritizada. Como cabía esperar, cuando el conte--
 nido de silicio fué de 2,49, aumentó el contenido en perli--
 ta. Sin embargo, se observó que aplicando una capa aislante
 de polvo de sílice de diatomeas y de un grosor de 1,5 pulg--
 10 das (38,1 mm.) en el interior de la tubería, tan pronto co--
 mo se fundió el metal, el contenido en perlita se redujo --
 del 25 al 8% en una tubería que contenía aproximadamente un
 2,50% de silicio.

TABLA V

Tubería nº	Espesor revesti- miento pulveri- zación húme- da	Pared tubería	Composi- ción		Per- lita %	Inoculación, li- bras G-Si		
			C	Si		Pen-- diente vacía do	Tobe- ra	Re-- vesti- mien- to
12	0,026 pgs (0,660 mm)	0,48 pgs (12,19 mm)	3,31	2,92	10	3/4	1-1/2	1-1/4
13	0,025 pgs (0,635 mm)	0,46 pgs (11,68 mm)	3,33	2,49	25	3/4	1-1/2	1-1/4
14	0,027 pgs (0,685 mm)	0,46 pgs (11,68 mm)	3,36	3,07	5	3/4	1-1/2	1-1/4
15	0,030 pgs (0,762 mm)	0,50 pgs (12,70 mm)	3,55	2,61	25	1-1/2	3	1-1/2
16	0,031 pgs (0,787 mm)	0,37 pgs (9,39 mm)	3,30	3,04	50	1-1/2	3	1-1/2
17	0,029 pgs (0,736mm)	0,47 pgs (11,93 mm)	3,34	2,87	12	1-1/2	3	1-1/2



- 32 -

336111

Las tuberías números 15 a 17 se fundieron en un molde de de hierro fundido de 36 pulgadas por 5,75 pies (914,4 mm por 1,755 m.) que tenía un espesor de pared de 5,6 pulgadas (167,64 mm.). El metal del horno de inducción se fundió -
5 usando un girador de suelo y un recipiente retractivo y el material de revestimiento por pulverización en húmedo era - sílice de diatómeas.

Usando el mismo tipo de máquina y procedimiento anteriormente descritos a propósito de la tubería de 16 pulgadas (406,4 mm.) se fundieron tuberías de 24 pulgadas (609,6 mm.) por 18 pies (5,48 m.) en un molde que tenía un grosor de 1,81 pulgadas (45,9 mm.). Además de la inoculación en la cuchara, se usó Ca-Si en la pendiente de vaciado, en la tobera y en el molde, en unas cantidades de 800 g, 1.200 g y
15 800 g, respectivamente. En la tabla VI se enumeran tuberías representativas.

20

25



336111

TABLA VI

Tubería nº	Espesor revesti- miento pulveri- zación húme- da	Pared tubería	Composi- ción		Pulve- riza- ción agua	Perli- ta %	Charpy, li- bras/pie (Kg/m.)		
			C	Si			(21,11°C) +70°F	(-40°C) -40°F	
5	18	0,019 pgs (0,482 mm)	0,46 pgs (11,68 mm)	3,22	3,74	150 seg.	5	6 (8,929)	3,5 (5,208)
	19	0,020 pgs (0,508 mm)	0,45 pgs (11,43 mm)	3,34	3,34	140 seg.	25	5,5 (8,184)	3,0 (4,464)
10	20	0,021 pgs (0,533 mm)	0,44 pgs (11,07 mm)	3,36	3,13	0	20	5,5 (8,184)	4,0 (5,952)
	21	0,022 pgs (0,558 mm)	0,48 pgs (12,19 mm)	3,33	3,41	170 seg.	15	6,0 (8,929)	3,5 (5,208)
	22	0,022 pgs (0,558 mm)	0,46 pgs (11,68 mm)	3,26	3,42	150 seg.	5	7,0 (10,417)	4,0 (5,952)
15	23	0,021 pgs (0,533 mm)	0,43 pgs (10,92 mm)	3,18	3,60	150 seg.	3	8,0 (11,905)	4,5 (6,696)
	24	0,023 pgs (0,584 mm)	0,42 pgs (10,66 mm)	3,11	3,57	150 seg.	10	5,5 (8,184)	3,5 (5,208)
	25	0,020 pgs (0,508 mm)	0,43 pgs (10,92 mm)	3,16	3,56	0	10	6,0 (8,929)	3,5 (5,208)
	26	0,020 pgs (0,508 mm)	0,41 pgs (10,41 mm)	3,15	3,62	150 seg.	10	7,0 (10,417)	4,0 (5,952)

20 Además se fundieron tuberías de pared más gruesa en -
 moldes de 48 pulgadas (1.219,2 mm.) usando metal de horno de
 inducción, un girador de suelo estacionario, un recipiente re-
 tractivo y revestimientos por pulverización en húmedo de síli-
 ce de diatomeas. En la tabla VII, las tuberías números 27 a 31
 25 fueron fundidas en un molde de hierro fundido de 19 pies (5,791



336111

m.) de longitud y de un espesor de pared de 4-1/4 pulgadas (107,95 mm.) y las tuberías números 32 y 33 se fundieron en un molde de acero de 6,5 pies (1,981 m.) de longitud con un espesor de pared de 3,65 pulgadas (92,7 mm.).

TABLA VII

Tubería nº.	Revesti- miento pulveri- zación en húme- do	Pared tubería	Composi- ción		Inoculación			Per- lita % (lbs/pie)	Impacto Charpy 70°F (21,11 kg/m)	
			C	Si	Pen- dien- te va- ciado.	Tobe- ra	Molde			
10	27	0,027 pgs (0,685 mm)	0,70 pgs (17,78 mm)	3,20	3,25	4 lbs. (1,814 Kg)	10 lbs (4,536 Kg)	10 lbs (4,536 Kg)	2	12,5 (18,602)
	28	0,025 pgs (0,635 mm)	0,70 pgs (17,78 mm)	3,24	3,26	"	"	"	4	12,75 (18,974)
	29	0,021 pgs (0,533 mm)	0,73 pgs (18,28 mm)	3,42	3,09	"	"	"	6	8 (11,905)
15	30	0,027 pgs (0,685 mm)	0,60 pgs (15,24 mm)	3,34	3,12	"	"	"	6	10,2 (15,180)
	31	0,021 pgs (0,533 mm)	0,61 pgs (15,49 mm)	3,34	3,09	"	"	"	3	12 (17,858)
	32	0,028 pgs (0,711 mm)	1,0 pgs (25,4 mm)	3,28	3,25	"	"	"	2	11 (16,370)
20	33	0,029 pgs (0,736 mm)	1,0 pgs (25,4 mm)	3,27	2,70	"	"	"	10	6 (8,929)

Un estudio de los datos señalados en las tablas III a VII revela que cuando se funden tuberías que tienen una composición incluida dentro de los valores preferidos y un espesor de pared de 0,50 pulgada (12,7 mm.) aproximadamente,

26 E.E.



- 35 -

336111

o mayor, usando la presente invención, están consistentemen
te libres de endurecimientos, son sustancialmente ferríticas
y satisfacen las especificaciones sobre tuberías de hierro
dúctil sin temple. Por otra parte, cuando el contenido en -
5 silicio desciende fuera de los valores preferidos y/o el es
pesor de la tubería desciende por debajo de 0,50 pulgada -
(12,7 mm.), los resultados no son tan uniformes. El conteni
do en perlita fundida varía dentro de unos porcentajes más
amplios y las propiedades físicas, aunque impresionantes, -
10 no satisfacen consistentemente las especificaciones. Asímis
mo, cuando el contenido en silicio es superior al nivel pre
ferido, los valores sobre impactos Charpy resultan perjudi
cialmente afectados, como cabía esperar, y cuando esto ocu
rre en una tubería que tiene un 10% de perlita o más, los -
15 valores sobre impactos no satisfacen generalmente las espe
cificaciones. Sin embargo, los ensayos sobre temple han de
mostrado que estas tuberías, después de un simple temple fe
rritizante, poseen propiedades físicas incluídas en las espe
cificaciones sobre tuberías de hierro dúctil.

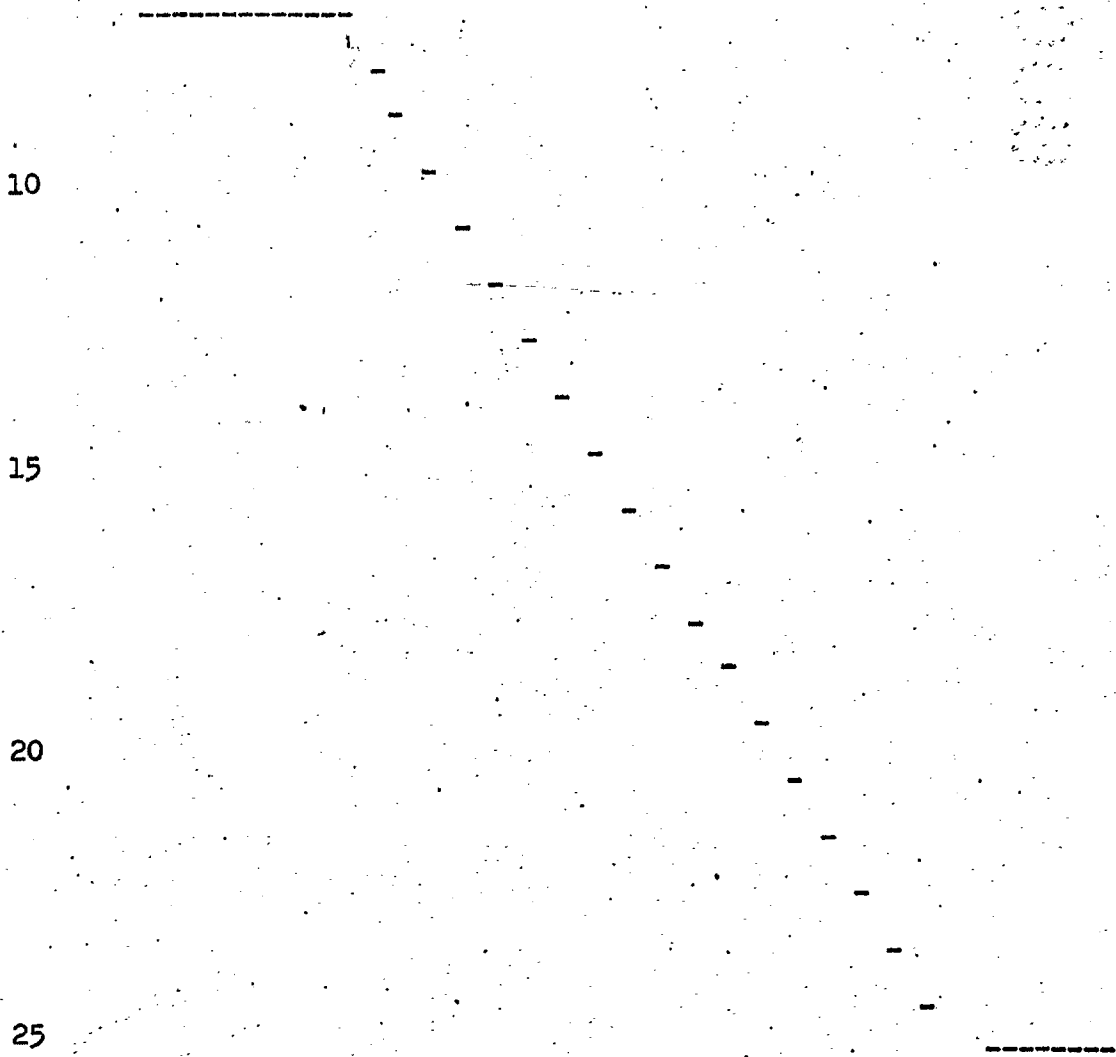
20 Por lo que antecede, es evidente que el procedimien
to de la presente invención es particularmente adecuado pa
ra producir tuberías de grandes diámetros que posean mayo
res grosores de pared. Por otra parte, el valor del procedi
miento para fundir tuberías de menor tamaño, aún cuando la
25 composición no pueda mantenerse al nivel preferido, no debe



336111

subestimarse porque se efectúan unas sustanciales economías en el temple, debido a las inferiores temperaturas y a los más rápidos ritmos de temple que son posibles.

Se dan a continuación como ejemplos gráficos las diferentes figuras microscópicas para una mayor comprensión del objeto del invento.



10

15

20

25

21 FEB 1958



EJEMPLOS GRAFICOS

336111



FIG. 1

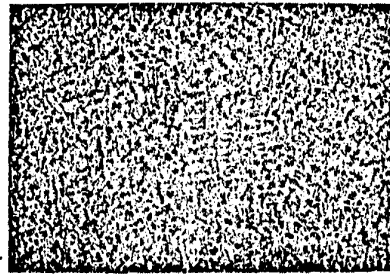


FIG. 2

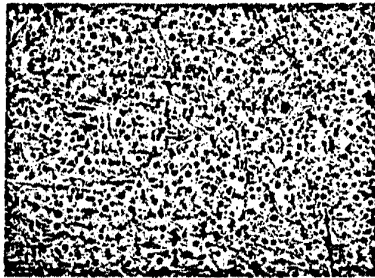


FIG. 3

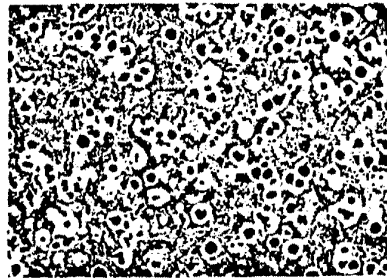


FIG. 4

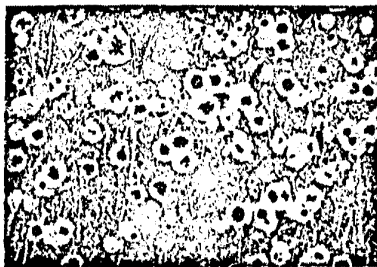


FIG. 5



EJEMPLOS GRAFICOS

336111

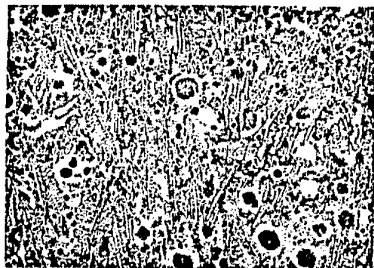


FIG. 6

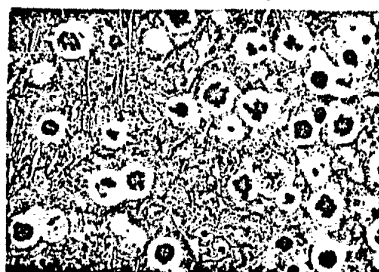


FIG. 7

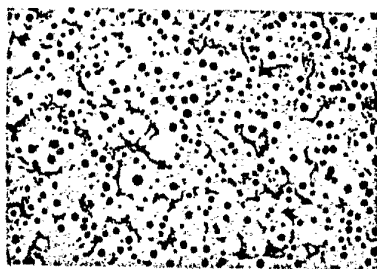


FIG. 8

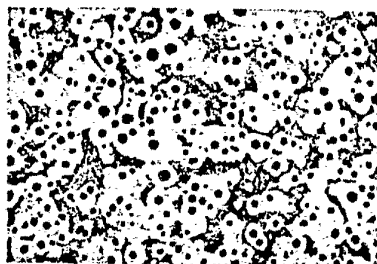


FIG. 9

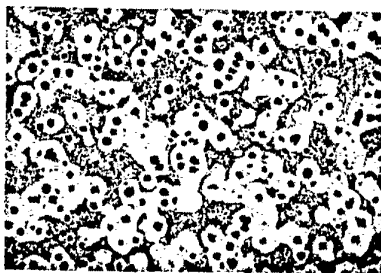


FIG. 10

21 FEB



EJEMPLOS GRAFICOS

336111

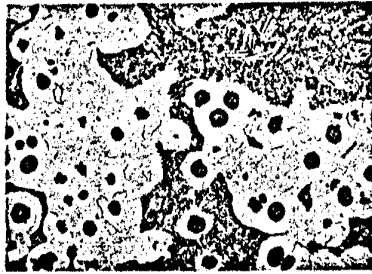


FIG. 11



FIG. 12

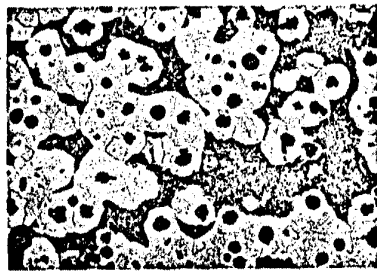


FIG. 13

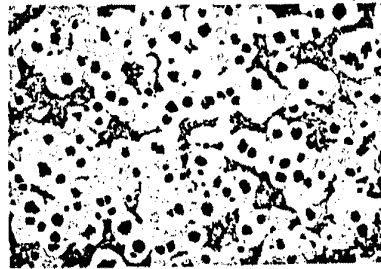


FIG. 14

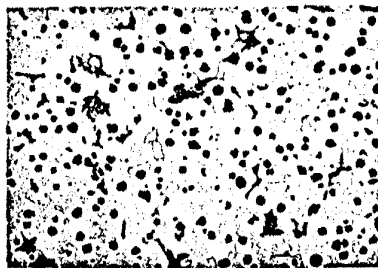


FIG. 15

21



336111

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

REIVINDICACIONES

5 1. Método para producir fundiciones de hierro dúctil, que comprende la preparación de una masa fundida - que tenga por resultado una composición metálica del 3,0 al 3,6 % de carbono, 2,30 a 3,75% de silicio y 0,02 al 0,07 % de magnesio en la fundición final; la fundición de metal bajo condiciones que proporcionen unos ritmos de solidificación y enfriamiento equivalentes a los obtenidos en la fundición centrífuga de tubería en un molde metálico enfriado con aire y provisto de un revestimiento de pulverización en húmedo de un grosor de 0,015 a 0,055 pulgadas (0,381 mm. a 1,379 mm.); y la provisión de una elevada concentración de núcleos de grafitización en el metal en el momento de la solidificación.

10 2. Método para producir fundiciones de hierro dúctil y tubería de hierro grafitico esferoidal, que comprende la preparación de hierro fundido de adecuada composición para fundir tubería de hierro grafitico esferoidal; el vaciado del metal en un molde de tubería centrífugo giratorio; la introducción de material inoculador en el metal al vaciarse en el molde, con lo cual se forma una gran población de núcleos de grafitización en el metal contenido en el molde; la solidificación del metal a

15 20 25



1968

- 41 -

336111

un ritmo suficientemente lento para evitar la formación de carburos y suficientemente rápido para capturar una elevada proporción de dichos núcleos de grafitización en el metal solidificado; y el enfriamiento del metal solidificado a un ritmo que permita la formación de notables cantidades de ferrita en la tubería fundida.

5

3. Método según la reivindicación 2, en el que el molde es uno metálico permanente provisto de un revestimiento refractario de un espesor comprendido entre 0,010 y 0,060 pulgadas (0,254 mm. y 1,524 mm.) que se forma pulverizando una suspensión de material refractario pulverizado y material aglutinante sobre la superficie del molde mientras está caliente.

10

4. Método según la reivindicación 2, en el que los ritmos de solidificación y enfriamiento son equivalentes a los obtenidos cuando se funden las tuberías en un molde metálico permanente enfriado con aire y provisto de un revestimiento refractario por pulverización en húmedo, de un grosor comprendido entre 0,015 y 0,055 pulgadas (0,381 mm. y 1,379 mm.).

15

20

5. Método según la reivindicación 2, en el que se aplica a la superficie del molde un revestimiento de calcio pulverizado que contiene material inoculador.

25

6. Método según la reivindicación 2, en el que el metal es vaciado en el molde por medio de un canal en sifón



336111

múltiple a modo de embudo y el material inoculador se añade al metal fundido mientras éste es vertido en dicho canal y al pasar de éste al molde.

5 7. Método según la reivindicación 2, en el que el metal es fundido mediante vaciado retractorio por medio de un largo recipiente de vaciado y se añade material inoculador al metal fundido en la pendiente de vaciado del recipiente, insuflándose una suspensión gaseosa de inoculador en la corriente de metal que fluye desde la tobera del recipiente sobre la superficie del molde.

10 8. Método según la reivindicación 2, en el que el metal es retractorivamente fundido por medio de un largo recipiente de vaciado en un molde metálico permanente provisto de un revestimiento doble de material refractario pulverizado en húmedo de un grosor comprendido entre 0,015 y 0,055 -
15 pulgadas (0,381 mm y 1,379 mm.), recubierto con un revestimiento de calcio que contiene material inoculador, tratándose se el metal mediante la adición de material inoculador en -
20 la pendiente de vaciado del recipiente e insuflando suspensión gaseosa de material inoculador en la corriente metálica mientras fluye desde la tobera del recipiente sobre la -
superficie del molde.

25 9. Método según la reivindicación 8, en el que el molde es enfriado mediante pulverización de agua durante parte del ciclo de fundición.



1960

- 43 -

336111

10. Método según la reivindicación 8, en el que se aplican de 5 a 15 g de material inoculador a cada pie cuadrado de superficie del molde, se añade del 0,05 al -- 0,20% de inoculador al metal en la pendiente de vaciado -- del recipiente y se agrega del 0,075 al 0,25% de inoculador al metal en la tobera del recipiente.

11. Se reivindica por último como objeto sobre el que ha de recaer la Patente de Invención que se solicita: "METODO PARA PRODUCIR FUNDICIONES DE HIERRO DUCTIL".

Todo conforme queda descrito y reivindicado en la presente Memoria descriptiva, que consta de cuarenta y tres páginas mecanografiadas.

Madrid, 26 de enero de 1967.

BERNARDO UNGRIA

P.P.

15

20

25