

EX-CH-II
BE 9492



326403

326.403

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

por DIEZ años

cuyo privilegio se solicita para España, sus
territorios y plazas de soberanía, a favor de:

VON ROLL AG.

entidad suiza, domiciliada en Gerlafingen,
Suiza, relativa a:

"PERFECCIONAMIENTOS EN LA OBTENCION DE FUNDI-
CIONES DE GRAN TENACIDAD"

=====

Fuente información: Patente nº 656.638 presen-
tada el día 4 diciembre
1964 en Bélgica.

326403

-2-
326403

MEMORIA DESCRIPTIVA

27



Las normas de todos los países dividen los diferentes tipos de fundiciones grises en varias clases según su resistencia a la tracción calculada en una probeta de

- 5. 30 mm de diámetro. Esta resistencia σ_B no constituye en sí una característica cualitativa. Depende tanto de la cantidad de grafito y de su repartición, cuya influencia se expresa por el módulo de elasticidad E_0 , como de la resistencia de la matriz que se caracteriza por la dureza Brinell Δ .
- 10. Entre estos tres valores, existe la relación: - - - - -

$$\alpha = \frac{\sigma_B}{E_0 \cdot \Delta}$$

en la cual α , para una fundición gris producida bajo condiciones normales, toma un valor del orden de $1,05 \times 10^{-5}$ (véase la conferencia de A. Collaud con ocasión del Congreso Internacional de Fundición de Zurich, 1960). Utilizando diferentes procedimientos de tratamiento, por ejemplo la inoculación de gérmenes extraños, es posible obtener valores más elevados para α , es decir aumentar la resistencia a la tracción para valores determinados de E_0 y de Δ , de forma que α pueda considerarse como una característica cualitativa. - - - - -

- 25. Se ha propuesto igualmente (W.Patterson, dureza relativa y grado de madurez como nociones de apreciación de la fundición gris, Fonderie 1958, página 385) el deter-



5. mánar la calidad de una fundición gris según el criterio siguiente: suponiendo el mismo análisis (grado de saturación eutéctica), una fundición gris es tanto mejor cuanto más elevada en su resistencia mecánica (grado de madurez RG) y cuanto más baja es su dureza ("Dureza relativa" DR). Por la reunión de estos dos conceptos, se obtiene un índice de calidad bien definido según la ecuación siguiente: - - - - -

$$Q_i = \frac{RG}{DR}$$

10. Pero los dos conceptos de calidad se refieren solamente a un esfuerzo estático y no a un esfuerzo dinámico. Además, se omite entonces el hecho de que la fundición gris es una materia más o menos quebradiza, es decir, que presenta una aptitud de mecanizado muy limitada. - - - - -

15. Por consiguiente, no debe sorprender que la posibilidad de utilización de la fundición gris sea restringida, ya que un fallo mecánico de piezas de fundición gris debe atribuirse la mayoría de las veces a un brusco esfuerzo discontinuo. En tales casos, la seguridad de funcionamiento no se mejora más que bajo condiciones para una elevación de la resistencia a la tracción hasta más de 40 Kg/mm². - - - - -

20. La resiliencia de una fundición gris normal medida en barras de ensayo en sección redonda de 20 mm de diámetro, para una distancia entre soportes de 100 mm, alcanza en el caso más favorable un módulo de choque igual como máximo a 10 Kg cm/cm³ (trabajo de choque dividido por el volumen de

25.



la barra de ensayo entre los soportes según la proposición de A. de Sy). - - - - -

Hasta ahora, se ha tenido siempre tendencia a atribuir esta sensibilidad al choque sólo al efecto de entalla de las laminillas de grafito y se ha intentado mejorar la forma de grafitización. Es así, como se ha producido la fundición con grafito esférico. Sin embargo, las ventajas que resultan de ello no están sólo relacionadas con una elevación del precio de la fundición, sino que las propiedades muy favorables desde el punto de vista de la técnica de colada de la fundición gris al grafito laminar se han influenciado igualmente de forma perjudicial. - - - - -

5.

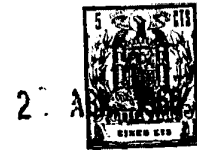
10.

Si bien se sabe, por la producción del acero, que la ductilidad mayor posible, como debe existir, por ejemplo, en el caso de las planchas que pueden sufrir un embutido profundo, no puede realizarse más que por medio de una red de ferrita lo más pura posible, los especialistas creen que, en el caso de fundición gris con repartición laminar del grafito, el efecto de entalla provocado por las láminas de grafito es tan grande que una mejora de la ductilidad, es decir de la tenacidad de la matriz, no puede en general proporcionar ningún éxito. Esto explica pues la razón por la cual todos los ensayos que pretenden mejorar las propiedades de la fundición gris se han basado siempre en el reemplazamiento de las laminillas de grafito por una forma más favorable de grafitización (fundición al

15.

20.

25.



grafito esferoidal, fundición maleable). Como ya se ha indicado anteriormente, una fundición al grafito esferoidal o nodular muestra sin embargo ciertos inconvenientes juntamente con ventajas que, sin duda, se obtienen. - - - - -

- 5. Se ha hallado que incluso en el caso de fundiciones de grafitización laminar, se pueden obtener valores de tenacidad sorprendentemente elevados, si se prevé en una fundición que contenga más de 2,5 % de carbono total, bajo forma de grafito laminar y con pequeños contenidos de elementos que acompañan al hierro, tales como el fósforo en cantidad inferior a 0,08 %, y preferentemente menos de 0,04 %, el cromo por debajo de 0,08 %, y preferentemente menos de 0,04 %, el hidrógeno por debajo de 3 cm³ por 100 g, así como contenidos muy bajos de elementos contaminantes tales
- 10. como, eventualmente, el arsénico, el boro, el antimonio, el plomo, el telurio, el selenio, etc., una red de ferrita no distorsionada lo más pura posible, un contenido de manganeso inferior a 0,3 %, y preferentemente inferior a 0,15 %, un contenido de azufre inferior a 0,06 %, y preferentemente inferior a 0,03 % y un contenido de silicio inferior al
- 15. de una fundición normal. - - - - -
- 20.

Esta aleación presenta igualmente buenas propiedades técnicas desde el punto de vista de la colada de una fundición normal. - - - - -

- 25. Es generalmente conocido que una elevación del contenido de manganeso tiende a perjudicar la aptitud a la deformación plástica de la fundición gris. En el caso de



fundición gris perlítica, esto no se hace evidente más que bajo ciertas condiciones, ya que una gran proporción del manganeso está en el estado de carburo en la cementita. Por el contrario, esta influencia se hace particularmente clara cuando el manganeso contenido en la ferrita está totalmente disuelto, como sucede en el caso de la fundición gris recocida con ferrita. - - - - -

5.

La presencia de manganeso en la red de ferrita ocasiona una distorsión cuya manifestación sobre la plasticidad es mucho más pronunciada de lo que se había admitido hasta ahora. En el manual "Hütte" para los técnicos siderúrgicos, quinta edición (1961), página 3, se halla que la constante de red del hierro α en cubos centrados en el espacio se eleva a 2,87 Å por debajo de 910°C, contra 8,91 Å para el manganeso α en cubos centrados por debajo de 727°C. El silicio forma con el hierro cristales mixtos frágiles y perjudica, por ello, la aptitud para la deformación plástica. Por lo que se refiere a la producción de fundición de gran tenacidad, se deben pues mantener, según la invención, contenidos de silicio que son inferiores a los de la fundición normal, y que representan, preferentemente, una fracción de los mismos. - - - - -

10.

15.

20.

Como consecuencia del contenido de silicio mucho menor, el grado de saturación eutéctica de una fundición gris tenaz prevista para una pieza de fundición determinada es notablemente más bajo que para una fundición gris producida normalmente. Se podría pues temer que las propie-

25.

326403 - 7 -

27



5. dades favorables desde el punto de vista de la técnica de la colada fueran alteradas así en una medida no negligible. Pero los ensayos han mostrado que tal temor es infundado. La cantidad de grafito precipitada en la solidificación es en los dos casos aproximadamente la misma. - -

10. Entre los bajos contenidos de manganeso y de silicio que deben mantenerse según la invención, existe una relación en el sentido de que el manganeso eleva la estabilidad del carburo, de manera conocida, es decir el peligro de solidificación en blanco en toda la pieza de fundición o por lo menos en los bordes. Por ello esta acción del contenido de manganeso está compensada habitualmente por una mayor adición de silicio. Sin embargo, en relación con la pureza ya exigida de la masa en fusión, por lo que se refiere a los elementos que acompañan al hierro, los constituyentes de las aleaciones y los elementos contaminantes, un pequeño contenido de manganeso permite sólo bajar el contenido de silicio muy por debajo de la medida habitual sin perjudicar la tendencia a la grafitización y elevar, por consiguiente, la tenacidad. - - - - -

15.

20.

25. La literatura especializada demuestra claramente que un contenido de manganeso inferior a 0,5 % para una fundición gris comercial no es habitual y, lo que puede ser aún más esencial, que la reducción del contenido de manganeso no puede reconocerse como determinante de la mejora de las propiedades de la fundición gris, especialmente para la obtención de una fundición gris tenaz. Pero se



creía, sobre todo, generalmente que un contenido de manganeso inferior a 0,5 %, o incluso por debajo de 0,25 %, no podría no sólo no suponer ninguna ventaja, sino también presentar inconvenientes para el estado de la textura. Uno de los principales méritos de la invención es el de haber vendido este prejuicio técnico. - - - - -

5:

De estas explicaciones se podría deducir que se tendría que bajar tanto como fuera posible el contenido de manganeso o que, mejor aún, se tendría que evitar totalmente la existencia del mismo, lo que sin embargo no es posible debido al hecho de que el manganeso tiene por función unir la totalidad o una parte del azufre presente, ya que constituye un estabilizante del carburo extremadamente fuerte. Es conocida la regla: - - - - -

10.

15. $\%$ de manganeso = 0,25 + 1,7 del $\%$ de azufre,

pero se ha hallado sin embargo que existe, para la fabricación de una fundición gris tenaz, otra relación entre el contenido de manganeso y el contenido de azufre, y que la fabricación de fundición gris tenaz en particular, no está relacionada con esta fórmula. La tenacidad de la fundición, según la invención, es máxima cuando se satisface la relación siguiente: - - - - -

20.

$\%$ de manganeso $\geq 5 \times$ $\%$ de azufre, y preferentemente

25. $\%$ de manganeso ≥ 7 a $10 \times$ $\%$ de azufre.

326403-9 -



Se ha hallado, además, que incluso una fundición gris para la cual: - - - - -

5. % de manganeso ≤ 5 x % de azufre, y preferentemente ≤ 3 x % de azufre, presenta aún una tenacidad que es superior a la de la fundición normal, pero presenta, además, una mayor resistencia al desgaste y una mayor aptitud al temple al mismo tiempo que buenas posibilidades de mecanización. - - - - -

10. En el curso de numerosos ensayos efectuados paralelamente con la invención se ha constatado, en efecto, que una parte de las probetas coladas con fundición gris tenaz tenían un contenido de carbono combinado de más del 1 %, y que en la mayoría de los casos llegaba hasta el 1,4 %.

15. Por lo que se refiere al aspecto de la fractura y a la micrografía, se ha constatado sorprendentemente que las probetas no eran atruchadas sino grises, lo que correspondería a un contenido de carbono combinado de 0,8 % como máximo.

20. Las propiedades inesperadas citadas anteriormente deben atribuirse a este elevado contenido de carbono combinado. Se han examinado las relaciones y se ha hallado que solamente la relación Mn/S determina dicha circunstancia. - - - - -

25. Naturalmente, es también posible neutralizar la acción perjudicial del contenido de azufre por su combinación con otros elementos y, es posible también, una mayor reducción del contenido de manganeso. En este caso, es decir tan pronto como el azufre se halla combinado con otros elementos, los valores hallados en el análisis no reprodu-



- cen ya la relación Mn/S realmente presente. Ciertas aleaciones de fundición, cuyo análisis presenta una relación Mn/S inferior a 5:1 corresponden también en este caso a aleaciones que tienen una relación superior a 5:1, y son pues igualmente aleaciones de tenacidad máxima. - - - - -
- 5.

- Como procedimientos para la producción metalúrgica de la aleación de fundición gris según la invención se pueden utilizar, por ejemplo, los procedimientos que sirven para ello en la producción del acero, y, según la naturaleza de la fundición, el carbono y el silicio no deben considerarse como elementos contaminantes. - - - - -
- 10.

- Se puede partir, por ejemplo, de una fundición bruta líquida, especialmente apropiada para el fin de la invención, y corregir esta fundición en un horno apropiado (con capa de escoria) hasta el análisis final deseado. Se puede refundir una fundición bruta de pequeño contenido de gas y de azufre y liberarla en la máxima extensión del orín que se adhiere en la misma, de pequeños contenidos de manganeso y de cromo, en un horno apropiado con revestimiento ácido, pero mejor básico, y se debe entonces vigilar que el baño de fusión no pueda ponerse en contacto con vapor de agua para evitar una absorción de hidrógeno (recubrimiento con una escoria compacta flúida, utilización de una campana cerrada herméticamente, etc.). Si existe la necesidad, el contenido de hidrógeno debe reducirse por medio de uno de los procedimientos apropiados (tratamiento con un gas de arrastre, proceso de afinado, tratamiento bajo vacío, etc.).
- 15.
- 20.
- 25.

326403 11 -



- Se puede partir también de un acero pobre en gas y en manganeso, afinado preferentemente en un hogar o en un crisol con revestimiento básico, con cementación ulterior por carbono y silicio, de modo que se deba evitar una absorción de hidrógeno. Se puede partir igualmente de una fundición gris líquida producida normalmente con los contenidos menores posibles de fósforo, cromo y azufre (en caso necesario con desulfuración) tratar por insuflado esta fundición en un convertidor, o en un crisol, que contenga preferentemente un ácido, con aire o con oxígeno lo más seco posible. Al cabo de un tiempo de insuflado de algunos minutos, se observa no sólo un desgasado máximo sino también una eliminación por combustión del manganeso hasta el grado deseado. Los productos de carburación (preferentemente pedazos de electrodos de grafito) pueden añadirse entonces, si es necesario, en cantidad suficiente para el contenido de carbono que alcanza el valor deseado al cabo del tiempo de insuflado previsto. Sucede lo mismo para el silicio por cuya combustión se produce la cantidad de calor necesaria para mantener la temperatura constante. Una fundición bruta tenaz, fabricada según la invención, puede utilizarse tanto en estado colado como después de un tratamiento térmico. Un tratamiento térmico permite elevar más aún la tenacidad. Es posible transformar en ferrita una fundición gris tenaz por el tratamiento térmico apropiado más rápidamente y mucho más completamente de una fundición gris normal. - - - - -
- 5.
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.

Es igualmente posible aumentar aún las propiedades



de la fundición gris tenaz por medio de elementos de aleación. La elección de estos elementos está condicionada, juntamente con los puntos de vista económicos, por las condiciones metalúrgicas siguientes: - - - - -

- 5. a)- el elemento debe tener una acción de estabilización del carburo nula o pequeña, puesto que de otra forma el contenido de silicio se elevaría; - -
- b)- el elemento debe ser también totalmente soluble en el hierro en el estado sólido en su gama de utilización sin formar combinaciones, y debe poseer una constante de red análoga a la del hierro (2,87 Å) a fin de evitar en una gran medida una distorsión de la red de ferrita; - - - - -
- c)- el elemento no debe combinarse al carbono. - - - - -

15. En estas condiciones, los elementos tales como el níquel (3,52 Å), el molibdeno (3,15 Å), el cobre (3,62 Å) y el cobalto (2,51 Å) son prácticamente los únicos a considerar. - - - - -

20. Se ha constatado que se pueden alcanzar valores muy elevados de resistencia mecánica (30 a 35 Kg/mm²) para la tenacidad máxima (módulo de choque superior a 20 Kg cm/cm³) en estado recocido con una aleación de 0,5 a 1 % de níquel y/o de 0,5 a 1 % de molibdeno. Además, una adición de 0,2 a 0,6 % de molibdeno debería ser recomendable para piezas

25. de fundición que trabajan en caliente, en las que se desee



explotar la buena conductividad y la buena tenacidad, y para las cuales se desearía una mayor estabilidad al calor. - - - - -

5. Una adición de níquel es ventajosa sobre la base siguiente: - - - - -

10. Para la solidificación con una estructura gris de fundición tenaz, se debe utilizar cierta cantidad de silicio algo menor que la de una fundición gris normal. Pero el silicio vuelve quebradiza la fundición a partir ya de cantidades pequeñas; tiene una constante de red de 5,43 Å. Sin embargo, la solidificación por estructura gris está acelerada igualmente por el níquel, si bien de una forma tres veces menos intensa que por el silicio. Por consiguiente, es posible producir una fundición gris tenaz que presenta, en vez de 1,0 % de silicio, por ejemplo un contenido de aproximadamente 2,4 % de níquel y sólo 0,2 % de silicio. - - - - -

15. La invención se ilustra por medio de los ejemplos siguientes dados a título no limitativo. - - - - -

20. Ejemplo 1

25. En primer lugar, deben indicarse las propiedades de una fundición gris tenaz, producida según la invención, en estado colado y después de un tratamiento térmico de transformación en ferrita. Se ha añadido a esta aleación un agente de imoculación disponible en el comercio. El análisis es el siguiente: - - - - -



C = 2,92 % Si = 0,95% Mn = 0,12% P = 0,04% S = 0,02%

Cr = 0,03 % Ni = 0,06% Mo = 0,00% S_c = 0,745

5. Para hacer sobresalir la clara diferencia que existe entre la fundición gris tenaz y la fundición gris normal, se presenta, con fines de comparación, una fundición gris aleada de pequeño contenido de carbón que tiene propiedades mecánicas particularmente buenas, cuyo análisis es el siguiente: - - - - -

C = 2,98% Si = 1,92% Mn = 1,03% P = 0,18 % S = 0,07%

10. Cr = 0,09% Ni = 0,38% Mo = 0,59% S_c = 0,834

En el estado colado y después del tratamiento térmico de transformación en ferrita, se medirán en los dos casos las propiedades siguientes sobre probetas en forma de barras de 30 mm de diámetro. * - - - - -

15.		<u>Fundición gris normal</u>		<u>Fundición gristenaz</u>	
	Temperatura de recocido °C	-	800°	-	800°
	Resistencia a la tracción, Kg/mm ²	39,8	28,0	37,8	31,4
	Dureza Brinell Kg/mm ²	262	152	218	162
	Módulo de elasticidad t/mm ²	13,4	13,7	13,8	13,2
20.	α = B: E ₀ X	1,14	1,41	1,25	1,46
	Q _i = RG : DR	1,07	1,32	1,12	1,25
	Módulo de choque Kgcm/cm ³	8,5	9,8	14,1	25,3

326403-15-

27



Fundición gris normal Fundición gris tenaz

Ensayo de flexión

(Barra de 20mm de diámetro para una separación de 400 mm de los soportes)

	Resistencia a la flexión, Kg/mm ²	70,9	54,9	71,0	55,5
5.	Flecha total mm	11,3	16,3	18,0	25,8
	Flecha plástica, mm	4,2	10,9	11,1	20,2
	Trabajo de ruptura total, Kgm/cm ²	48,8	57,1	89,0	107,2
	Trabajo de ruptura plástica, Kgm/cm ²	23,6	42,4	64,5	91,7

10. De esta comparación sobresale que una fundición gris tenaz según la invención no está caracterizada en particular por su resistencia a la tracción, su dureza y su módulo de elasticidad, sino por su trabajo de ruptura dinámica y estática, al igual que por su módulo de choque cuyos valores son de dos a tres veces más elevados que los de una
15. fundición gris del comercio de buena calidad. - - - - -

Ejemplo 2

20. Con tal aleación, se ha logrado colar barras de sección redonda de 30 mm de diámetro, totalmente solidificadas, de estructura gris, de contenido de silicio bajado preferentemente como consecuencia de la inoculación, y que precipita en blanco sin inoculación: - - - - -



C %	Si %	Mn %	P %	S %	Dureza HB
3,42	0,55	0,106	0,05	0,01	193
3,29	0,23	0,11	0,03	0,02	215
3,45	0,31	0,11	0,03	0,02	215

5. Cuando se cuelean tales barras a partir de fundiciones normales, precipitan en blanco incluso cuando esta fundición se ha inoculado. - - - - -

Ejemplo 3

10. Una comparación de análisis para la colada de elementos de calderas de 6 a 8 mm de espesor de pared dió los resultados siguientes: - - - - -

Tipo de fundición	C %	Si %	Mn %	P %	S %	Sc
Fundición GG normal	3,62	1,80	0,70	0,26	0,07	1,00
Fundición gris tenaz	3,30	1,03	0,11	0,02	0,01	0,84

15. Los elementos de caldera de fundición gris tenaz eran totalmente solidificados, de estructura gris y densos. El exámen de los elementos de caldera mostró que la aptitud para la deformación plástica y el límite de ruptura eran iguales a varias veces los valores correspondientes para elementos de caldera de fundición gris normal. - - - - -

20.

Ejemplo 4

25. Se coló a partir de fundición gris tenaz, una marmita de un espesor de pared de 2 a 4 mm que a continuación fueron esmaltadas. Una comparación de los análisis

326403¹⁷ -



dió los resultados siguientes: - - - - -

Tipo de fundición	C %	Si %	Mn %	P %	S %	Sc
Fundición GG normal	3,4/3,5	2,6/2,8	0,4/0,5	0,4/0,6	0,1	1,02/1,07
Fundición gris tenaz	3,5/3,6	1,6/1,8	env.0,15	env.0,03	0,02	0,94/0,98

5. En el caso de una fundición normal, es totalmente imposible trabajar con un contenido de silicio tan bajo. Las marmitas de fundición gris tenaz pudieron esmaltarse de forma conveniente. Los ensayos efectuados para la fabricación de tubos dieron igualmente resultados análogos. - - - - -

10. Ejemplo 5

Estos ejemplos corresponden a la combinación del azufre con los otros elementos que presentan agentes de inoculación especiales: - - - - -

15. a) se procedió a la inoculación comparativa con el calcio y el silicio (inoculación normal) y con una aleación que contenía aproximadamente 55 % de silicio, aproximadamente 21 % de calcio y aproximadamente 3 % de magnesio (inoculación especial) y el resultado fué el siguiente: - - - - -

Inoculación	C%	Si %	Mn%	P %	S %	Carbono añadido
20. Normal	3,30	1,15	0,145	0,03	0,015	0,67
Normal	3,23	1,07	0,067	0,03	0,016	1,24
Especial	3,18	1,25	0,059	0,03	0,014	0,51

25. b) de nuevo, por comparación con la inoculación de calcio y silicio (inoculación normal), se trabajó con una aleación que contenía aproximadamente 68 % de silicio, aproximada-



mente 23 % de calcio y aproximadamente 4 % de tierras raras (inoculación especial) y el resultado fué el siguiente:

	<u>Inoculación</u>	<u>C%</u>	<u>Si%</u>	<u>Mn%</u>	<u>P%</u>	<u>S%</u>	<u>Carbono añadido</u>
	Normal	3,56	1,49	0,127	0,06	0,014	0,57
5.	Normal	3,56	1,07	0,089	0,06	0,018	1,04
	Especial	3,50	1,20	0,090	0,06	0,018	0,70

El contenido de carbono añadido caracteriza aquí una medida de la influencia Mn/S. - - - - -

Ejemplo 6

10. Cuando tiene lugar la utilización de fundición con materia prima para piezas sometidas a un esfuerzo térmico, la conductividad térmica de esta fundición tiene una función muy importante. Esta propiedad es tanto más importante cuanto más aprisa y más irregularmente se calientan o enfrían las piezas coladas. En este caso, raramente se desarrollan tensiones que puedan conducir a una destrucción, pero sí, por lo menos, conducir a una deformación de la pieza. La diferencia de temperatura en el interior de la pieza y las tensiones que se producen se hacen tanto mayores cuanto menor es la conductividad térmica de la materia. Por consiguiente, una conductividad térmica lo mayor posible es deseable para tales piezas. - - - - -
- 15.
- 20.

25. La conductividad térmica máxima que puede alcanzarse para piezas de fundición es la del hierro puro que se indica como comprendida entre 0,174 y 0,190 cal/cm.seg.^oC. Para la fundición gris, este valor sufre, debido a la presencia obligatoria del grafito, cierto descenso que, sin embargo



2

es pequeño. Pero esta afirmación tiene solamente una importancia teórica, puesto que supone aleaciones de hierro puro y de carbono que no se utilizan jamás en la práctica. La fundición industrial contiene siempre cantidades variables de silicio, de manganeso, de fósforo, de azufre, etc. -

Sin embargo, todos estos elementos conducen a una reducción ulterior de la conductividad térmica. Los elementos silicio y manganeso están particularmente interesados en esta reducción. Si se supone que la conductividad térmica de hierro puro es igual a 100, se eleva, en presencia de silicio y de manganeso, según su concentración, a la fracción siguiente: - - - - -

	<u>Concentración</u>	<u>Silicio</u>	<u>Manganeso</u>
	0	100	100
15.	0,5	65	85
	1,0	50	75
	1,5	42	--
	2,0	37	--

La producción de una fundición gris está relacionada sin embargo con la presencia de silicio y, hasta el presente, se ha considerado necesario cierto contenido de manganeso. Un descenso arbitrario del contenido de silicio no es posible, ya que las piezas de fundición son entonces demasiado duras. De esta forma, se está obligado a contentarse con valores de conductividad térmica comprendidos entre 0,09 y 0,12 cal/cm. seg. °C. - - - - -



Según la invención, en el caso de una fundición gris tenaz, se renuncia en una gran medida al manganeso que debe, en efecto, estar presente en cantidades inferiores a 0,15 %, de modo que se obtiene ya una mejora de la conductividad térmica. Pero el descenso del contenido de silicio, hecho posible debido a la menor estabilidad del carburo, es decir como consecuencia de la tendencia mucho menor a la solidificación con estructura gris y por la inoculación respecto a una fundición normal, es más importante. Para una fundición gris se han medido valores térmicos de 0,145 a 0,165 cal/cm.seg.^oC considerados hasta ahora como imposibles para las fundiciones. - - - - -

5.

10.

Como ejemplos que subrayan la conductividad térmica mejorada en combinación con la tenacidad propia de la fundición gris tenaz, inhabitual respecto a una fundición normal, se pueden citar las coquillas, los cilindros, en particular las lingoteras y los cilindros de laminadores. - - - - -

15.

Desde hace mucho tiempo se deseaba reemplazar la "Fundición hematite", utilizada hasta ahora, por una materia de mayor tenacidad, a fin de que ésta sea capaz de disipar los esfuerzos térmicos por deformación plástica. - - - - -

20.

La fuerte conductividad térmica de la fundición gris tenaz reduce el desarrollo de esfuerzos térmicos, y la buena tenacidad es suficiente para disipar los esfuerzos que aparecen aún, sin ser, sin embargo, bastante grandes para que deba temerse una modificación de la forma.

25.

326403 - 21 -

27



Mientras las lingoteras tienen normalmente, más o menos, el análisis siguiente: - - - - -

C %	Si %	Mn %	P %	S %
3,2/3,8	1,5/2,2	0,5/1,2	0,15	0,10

deberían colarse a partir de fundición gris tenaz, con la composición siguiente: - - - - -

5.

C %	Si %	Mn %	P %	S %
3,2/3,8	0,3/0,8	< 0,3	< 0,08	< 0,06

(de pref. <0,15)(de pref. <0,04) (de pref. <0,03)

Ejemplo 7

10.

Se indican a continuación una aleación antes y después de la inoculación, en la que se prevén un mayor contenido de níquel y, por esta razón, un menor contenido de silicio. Como lo muestra la tabla, las propiedades mecánicas en el estado colado son muy buenas. - - - - -

15.

Muestra	C %	Si %	Mn %	P %	S %	Ni %
Baño de fusión inicial	3,26	0,04	0,165	0,03	0,011	2,24
Después de inoculación	3,25	0,19	0,219	0,03	0,011	2,22

Propiedades mecánicas en el estado colado

Resistencia a la tracción, Kg/mm ²	33,0
20. Resistencia a la flexión, Kg/mm ²	55,7
Flecha total, mm	19,6
Flecha plástica, mm	14,4
Módulo de choque, Kgcm/cm ³	13,8



N O T A

Se declaran de novedad y propiedad para España,
sus territorios y plazas de soberanía, las siguientes: - -

R E I V I N D I C A C I O N E S

5. 1.- Perfeccionamientos en la obtención de fundiciones de gran tenacidad, en especial de fundiciones con un contenido total de carbono entre el 2,5% y el 4,3%, con el grafito en forma laminar, con un contenido de fósforo por debajo de 0,08% y, preferentemente, por debajo del 0,04%,
10. de cromo por debajo de 0,08% y preferentemente por debajo de 0,04%, de hidrógeno por debajo de 3 cm³ por cada 100 gramos, y que contienen también cantidades muy pequeñas de elementos contaminantes, como arsénico, boro, antimonio, plomo, telurio, selenio, etc., caracterizados porque se provoca la formación de una red de ferrita lo más pura posible y no distorsionada, a cuyo efecto se actúa sobre el contenido de manganeso y el de azufre para que queden, respectivamente, por
15. debajo del 0,3% y preferentemente por debajo del 0,15%, y por debajo del 0,06% y preferentemente por debajo del 0,03%,
20. procediéndose a la disminución del contenido de silicio para que quede inferior al de una fundición normal comparable. - -

- 2.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1, caracterizados porque el contenido de silicio se reduce eventualmente por tratamiento de inoculación a una fracción del
25. contenido presente normalmente en la fundición. - - - - -

- 3.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1,



caracterizados porque, para una mayor tenacidad, se procede a la disminución del contenido de silicio para que pase a ser de entre el 0,8% aproximadamente y la mitad del contenido necesario en una fundición normal comparable. - -

5. 4.- Perfeccionamientos según las reivindicaciones 1 y 2, caracterizados porque para obtener una tenacidad máxima se actúa de modo que la relación del manganeso respecto al azufre sea superior a 5:1 y preferentemente superior a 7:1. - - - - -

10. 5.- Perfeccionamientos según las reivindicaciones 1 y 2, caracterizados porque la relación del manganeso respecto al azufre es inferior a 5:1 y preferentemente inferior a 3:1. - - - - -

15. 6.- Perfeccionamientos según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizados porque la tenacidad se eleva por medio de un tratamiento térmico. - - - - -

20. 7.- Perfeccionamientos según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizados porque el contenido de silicio se reemplaza, hasta que exista sólo en trazas, por níquel. - - - - -

8.- "PERFECCIONAMIENTOS EN LA OBTENCION DE FUNDICIONES DE GRAN TENACIDAD". - - - - -

Todo ello conforme se describe y reivindica en la presente memoria que consta de veintitres hojas, foliadas y mecanografiadas por una sola de sus caras.

BARCELONA, 27 ABR. 1966

P. A. M. CURELL SUÑOL