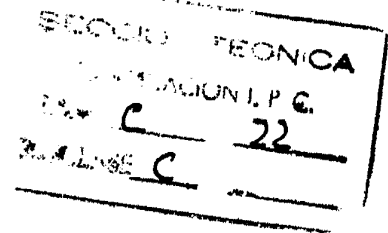


P.- 39.912

"Bainitic Ni-Mo

S.G. Iron

360 191



Memoria descriptiva

23 DIC. 1966



para solicitar PATENTE DE INVENCION por 20 años

a nombre de INTERNATIONAL NICKEL LIMITED

entidad / ~~de nacionalidad~~ británica

con domicilio en Thames House, Millbank, Londres, Inglaterra.

por: "UN PROCEDIMIENTO DE FABRICACION DE UNA PIEZA DE FUNDICION CON GRAFITO ESTEREOIDAL" (Clase Internacional C22c).

18.12.66

23 DIC 1968



5 Esta invención se refiere a piezas de fundición
grafítica esferoidal bainíticas que poseen altas resis-
ten- cia y tenacidad en un amplio margen de tamaños de sección
después de un tratamiento térmico sencillo de revenido a
10 baja temperatura, y que tienen buena trabajabilidad. El
término "bainítico" aquí ampliado se refiere a una micros-
estructura de bainita superior, y las "piezas de fundición
bainíticas" incluyen no solamente piezas de fundición de
tamaño de sección relativamente pequeño que son totalmente
15 bainíticas, sino también aquellas de tamaño de sección ma-
yor, por ejemplo, 15,2 cm ó más, en las cuales al menos la
porción exterior es totalmente bainítica.

Es deseable proporcionar piezas de fundición que
sean superiores en términos de seguridad, tenacidad y re-
15 sistencia a la fatiga a aquellas de fundiciones de hierros
perlíticos aleados con níquel o de fundiciones de hierro
grafítico esferoidal bainíticas aleadas que contienen car-
buro. El objeto de la presente invención es hacer ésto.

Las fundiciones de acuerdo con la invención con-
20 tienen de 2,9 a 3,9% de carbono, de 1,7 a 2,6% de silicio,
de 0,15 a 0,4 % de molibdeno, de 3,2 a 7% de níquel, de 0
a 0,25% de cromo (con la condición de que el contenido to-
tal de molibdeno y cromo no exceda de 0,5%) y de 0 a 1% de
manganeso, estanco relacionado el contenido de níquel, cro-
25 mo y manganeso de tal manera con el tamaño de la sección
de la pieza de fundición que la fundición es bainítica, y
magnesio en una cantidad (hasta 0,1%) efectiva para hacer
que el grafito sea predominantemente esferoidal, estando
constituida la diferencia a 100, aparte de las impurezas, por
30 hierro.



Las piezas de fundición deben contener al menos 0,15% y preferiblemente al menos 0,2% de molibdeno para obtener una estructura bainítica, pero el contenido de molibdeno no debe exceder de 0,4%, y preferiblemente no debe ser mayor de 0,3%, a fin de evitar la formación de carburos intercelulares, los cuales perjudican la trabajabilidad y reducen la tenacidad.

Para asegurar la formación de una estructura bainítica en un amplio intervalo de tamaños de sección, evitando al mismo tiempo la fragilización debida a la producción de cantidades excesivas de bainita y martensita inferiores, el contenido mínimo de níquel de las piezas de fundición que contienen de 0,3 a 0,4% de manganeso y están exentas de cromo debe estar relacionado con el tamaño de sección como se indica en las dos primeras columnas de la Tabla siguiente, requiriéndose contenidos mínimos de níquel intermedios para tamaños de sección intermedios. Es ventajoso que el contenido de níquel no exceda de los valores de la tercera columna, y en todo caso no debe exceder de 7%.

TABLA I

<u>Tipo y tamaño de sección de la pieza de fundición</u>	<u>Contenido mínimo de níquel (%)</u>	<u>Contenido Máximo de níquel preferido (%)</u>
Pieza fundida en arena de 2,5 cm	3,2	3,6
Pieza fundida en arena de 7,6 cm	4,2	4,8
Pieza fundida en arena de 15,2 cm	4,8	5,4
Fundición en coquilla de 51 cm	5	6,5
Fundición en coquilla de 117 cm	6,6	-

23



La presencia de cromo en las piezas de fundición es innecesaria y debe evitarse, puesto que el cromo es un intenso formador de carburo y endurece la matriz de bainita, efectos que pueden conducir a la fragilización. No obstante, puede introducirse a partir de la chatarra utilizada en la carga de fusión, y puede ser tolerado en cantidades hasta del 0,25%, particularmente en fundiciones de coquilla de gran tamaño de sección. El contenido combinado de cromo y molibdeno no debe exceder, sin embargo, de 0,5%, pues de lo contrario se formará carburo incluso en la porción fría de las fundiciones en coquilla, dando lugar a fragilización y a la reducción de la trabajabilidad. Si está presente cromo, reemplaza a una parte del níquel requerido para formar bainita, siendo 0,2% de cromo equivalente a 0,5% de níquel. Hasta 0,5% de níquel puede reemplazarse también por un peso igual de manganeso. Sin embargo, la tenacidad y ductilidad de tales hierros tiende a ser menor y la dureza mayor que las correspondientes al caso en que interviene el níquel en la formación de bainita. El manganeso puede formar carburos fragilizantes cuando se emplea en cantidades que exceden aproximadamente de un 1%, particularmente en piezas de fundición de sección mayor y en áreas alejadas de una cara de la coquilla, y el contenido de manganeso es preferiblemente de 0,3 a 0,4%.

La presencia de magnesio retenido en el hierro es necesaria para hacer que el grafito en las piezas de fundición sea esferoidal, y resulta ventajoso que las piezas de fundición contengan de 0,02 a 0,08% magnesio, siendo prácticamente todo el grafito existente en ellas esferoidal.

Los contenidos de carbono y silicio de las piezas



de fundición grafitica esferoidal según la invención no precisan estar controlados tan estrechamente en relación con los tamaños de sección como en el caso de los hierros grafiticos cristalinos. El contenido de carbono puede ser de 2,9 a 3,9%, aunque en piezas de sección grande preferiblemente no será mayor de 3,7%. Con contenidos menores de carbono, tienden a formarse carburos, mientras que demasiado carbono conduce a debilitación debido a cantidades excesivas de grafito y puede conducir a la formación de segregaciones de grafito. El contenido de silicio debe ser desde 1,7 a 2,6%, para evitar asimismo la formación de carburos fragilizantes que puede producirse a niveles inferiores de silicio y un aumento de la temperatura de transición de la rotura dúctil a la rotura frágil, que se produce a niveles mayores de silicio. Una parte del silicio, p. ej., de 0,3 a 0,7%, puede introducirse como un inoculante grafitizante, p. ej., ferrosilicio. Para una fluidez satisfactoria y otras propiedades deseables de las piezas de fundición, el carbono y el silicio deberían estar presentes en cantidades prácticamente eutécticas, pero para piezas de fundición más pesadas el equivalente de carbono es preferiblemente de 3,6 a 4,3%.

De las impurezas usuales, el azufre no debe exceder de 0,015% y el fósforo no debe exceder de 0,04%, mientras que aquellos elementos que se sabe son subversivos respecto al efecto esferoidizante del grafito producido por el magnesio deberían evitarse o estar presentes solamente en cantidades muy pequeñas, no perjudiciales.

El control de la composición de las piezas de fundición de la manera indicada asegura que al menos su



23 610

parte más externa es bainítica, es decir, que posee una microestructura constituida por grafito esferoidal en una matriz de bainita superior, y está prácticamente exenta de fases debilitantes y fragilizantes tales como austenita, perlita, martensita o carburo residuales.

Las piezas de fundición que tienen tamaños de sección mayores de 15,2 cm., p. ejem., 51 cm. y superiores, se funden preferiblemente en coquillas. Sorprendentemente, se ha encontrado que la estructura de la porción endurecida de la pieza de fundición contiene poco o nada de carburo perjudicial. Además de ello, la porción de la pieza de fundición que se aleja hacia el interior de la coquilla está exenta de carburo en una distancia apreciable, p. ej., aproximadamente 5,1 cm. cuando se trata de una pieza fundida en coquilla de 51 cm. Así pues, al menos la porción más externa de una pieza pesada fundida en coquilla posee una estructura tenaz, robusta y resistente a la fatiga que proporciona propiedades mejoradas a la pieza fundida considerada en su conjunto. En las piezas de fundición coladas en coquilla según la invención, el contenido de carbono es preferiblemente de 2,9 a 3,7%, el contenido de níquel de 5 a 7%, el contenido de molibdeno de 0,15 a 0,3%, y el de cromo no superior al 0,2%.

Es una característica importante de las piezas de fundición según la invención el hecho de que pueden reforzarse hasta alcanzar una alta resistencia por medio de un tratamiento térmico muy sencillo que comprende el revenido de las mismas en el intervalo de 200 a 315°C durante solamente 2 a 14 horas, p. ej., 4 horas. Los tratamientos a temperatura elevada tales como homogenización son innecesarios.



23 D

sarios y el tratamiento térmico puede realizarse por consi-
guiente en un equipo comúnmente disponible, tal como una
estufa de secado de machos.

Seguidamente se darán algunos ejemplos.

5

EJEMPLO I

10

15

20

25

Fundiciones de cuatro composiciones diferentes se fundieron en un horno de inducción y se recalentaron a 1565°C, introduciéndose magnesio en las fundiciones derretidas a 1510°C en forma de una aleación níquel-magnesio que contenía 15% de magnesio, después de lo cual se hizo una adición grafitizante de 0,5% de silicio en forma de ferrosilicio-85 portador de calcio. Los fundidos se colaron en arena en bloques en doble quilla de 2,5 cm., bloques en simple quilla de 7,6 cm. y bloques en simple quilla de 15,2 cm. Algunas de las piezas de fundición se ensayaron mecánicamente tal como se obtuvieron en la fusión; otras, después de revenido durante 4 horas a 315°C. Las composiciones de las piezas fundidas se indican en la Tabla II, estando constituida la diferencia a 100 por hierro e impurezas, y sus propiedades pueden verse en la Tabla III. Las fundiciones Núms. 1 a 3 tenían una estructura constituida por bainita y grafito esferoidal, pero la fundición A, que contenía demasiado poco níquel en relación con el tamaño de sección de la pieza de fundición, contenía ferrita y presentaba resistencia y dureza inferiores.



TABLA II

Fundición Núm.	C (%)	Si (%)	Mn (%)	Ni (%)	Mo (%)	Mg (%)
1	3,56	2,14	0,39	3,22	0,25	0,07
2	3,78	2,12	0,41	4,38	0,25	0,077
3	3,67	2,00	0,40	4,9	0,24	0,07
A	3,76	2,12	0,37	3,82	0,25	0,06

10

TABLA III

Fundición Núm.	Tamaño de la pieza de Fundición	Condi- ción	L.E. (kg/mm ²)	G.R.T. (kg/mm ²)	El. (%)	R.A. (%)	I.D.B.
1	Quilla de 2,5 cm	Tal como se funde	52,9	98,0	3,5	2,0	328
		Tal como se funde	53,3	95,4	4,0	4,5	337
		Revenido	73,5	102,1	5,0	5,0	321
		Revenido	74,2	102,3	4,5	5,0	321
2	Quilla de 7,6 cm	Tal cómo se funde	56,2	86,4	2,0	1,5	324
		Tal como se funde	56,0	89,2	2,5	3,0	321
		Revenido	78,4	96,7	2,5	3,5	332
		Revenido	77,5	99,1	2,5	3,5	337
3	Quilla de 15,2 cm	Revenido	77,4	95,5	1,5	3,0	333
		Revenido	76,4	95,0	2,0	2,5	---
A	Quilla de 7,6 cm	Revenido	68,3	88,3	3,5	3,5	300

15

16.12.68



L.E. = límite elástico; C.R.T. = carga de rotura a la tracción;

El. = elongación; R.A. = reducción de área; N.D.B. = número de dureza Brinell.

5

EJEMPLO II

10

15

20

25

Se produjeron ulteriores piezas de fundición bainítica de las composiciones indicadas en la Tabla IV (estando constituida la diferencia a 100 por hierro e impurezas) utilizando el procedimiento descrito en el Ejemplo I y se colaron en barras en quilla de 2,5 cm., las cuales se enfriaron a una velocidad controlada para simular la velocidad de enfriamiento de una fundición en coquilla de sección cilíndrica de 51 cm. Porciones de las barras así obtenidas, que tenían estructuras constituidas por bainita superior y grafito esferoidal, se sometieron a un ensayo de flexión después de dos tratamientos de revenido a 205°C ó 315°C cada uno durante siete horas, seguidos de enfriamiento en el horno. Los resultados se indican en la Tabla V, calculándose la tenacidad por integración del área bajo la curva carga-deformación. La experiencia ha indicado que la resistencia a la rotura por flexión calculada es aproximadamente el doble de la resistencia a la rotura medida en el ensayo de tracción convencional.

23 DIC. 1958



TABLA IV

Fundición Núm.	C (%)	Si (%)	Mn (%)	Ni (%)	Cr (%)	Mo (%)	Mg (%)
4	3,08	2,13	0,32	5,0	0,25	0,20	0,06
5	3,16	2,04	0,31	5,7	0,21	0,19	0,07
6	3,54	2,13	0,30	5,6	0,21	0,20	0,07
7	2,91	2,06	0,29	5,4	- -	0,42	0,06
8	2,97	1,98	0,28	5,8	- -	0,21	0,06

TABLA V

Fundición Núm.	Condición	Dureza Rockwell "C"	Tenacidad a la Fle- xión (kg.-m)	Resistencia a la Rotura por Flexión (kg/mm ²)
4	Revenido 205°C	35,5	9,7	212
	Revenido 205°C	36,0	9,75	208
	Revenido 315°C	36,0	8,5	202
5	Revenido 205°C	36,7	8,35	214
	Revenido 205°C	--	8,9	214
6	Revenido 205°C	36,0	7,35	206
	Revenido 205°C	--	5,55	195
7	Revenido 205°C	33,5	10,3	213
	Revenido 205°C	--	10,15	207
8	Revenido 205°C	34,5	10,7	224
	Revenido 205°C	--	8,55	216



5 En contraste con la elevada tenacidad de la fundición Núm. 7, otra fundición producida y revenida de manera semejante de composición similar pero conteniendo 0,2% de cromo, de tal manera que el contenido total de cromo y molibdeno excedía de 0,5%, tenía una tenacidad a la flexión de 5,41 kilogrametros solamente.

EJEMPLO III

10 La elevada resistencia y tenacidad de las piezas de fundición coladas en coquilla de tamaño grande de acuerdo con la invención hasta una distancia de varios centímetros de la pared fría de la coquilla se muestra por los resultados de ulteriores ensayos en los cuales dos fundiciones se fundieron y trataron como antes y se colaron, dando fundiciones coladas que tenían las composiciones indicadas en la Tabla VI, y estando constituida la diferencia a 100 por hierro e impurezas.

TABLA VI

20 Fundición Núm.	C (%)	Si (%)	Mn (%)	Ni (%)	Cr (%)	Mo (%)	Mg (%)
9	3,11	2,30	0,33	5,0	0,21	0,19	0,06
25 10	3,20	2,31	0,31	5,7	0,21	0,19	0,06

30 Estas fundiciones se colaron en un molde de arena formando bloques de 12,7 x 12,7 x 25,4 cm. con un enfriador recubierto de carbono de 12,7 cm. de espesor apoyado contra una cara de 12,7 x 12,7 cm. Estas piezas coladas



tuvieron una velocidad de enfriamiento comparable a la encontrada en un redondo de coquilla de 51 cm. de diámetro. Se cortaron del bloque probetas para ensayo de flexión de tal manera que sus caras en tensión representasen la estructura del metal de distancias de 0, 1,25, 2,5, 7,6 y 11,5 cm. de la pared fría de la pieza de fundición. Se dieron a las probetas dos tratamientos de revenido, siendo cada tratamiento de siete horas de duración a 205°C, y viniendo seguido de enfriamiento en el horno. Los resultados de los ensayos de flexión se indican en la Tabla VII.

TABLA VII

Fundición Núm.	Distancia de la coquilla cm.	Resistencia a la Flexión (kg/mm ²)	Tenacidad a la Flexión (kg.-m)	Dureza, Rockwell "C"	
15	0	217	9,95	37,3	
		207	8,05	36,3	
	1,25	207	7,6	37,2	
		212	9,7	36,0	
	2,5	212	8,7	37,3	
		207	6,3	36,0	
	20	7,6	186	3,8	37,0
			202	5,6	36,0
		11,5	182	3,35	36,5
			191	4,1	36,7
25	0	229	10,9	38,4	
		226	10,25	37,5	
	1,25	223	9,6	37,5	
		221	8,6	37,0	
	2,5	212	6,9	37,0	
		220	7,55	38,6	
	7,6	190	3,35	37,6	
		195	3,85	38,2	
	11,5	183	2,5	38,2	
		183	3,2	39,0	



Se cortaron probetas para ensayo de tracción y probetas entalladas Charpy "V" a partir de bloques similares fundidos en coquilla de las dos fundiciones, a distancias de 3,8 cm. y 6,35 cm. de la pared de la coquilla. Los resultados de los ensayos efectuados sobre estas muestras, después de dos tratamientos de revenido durante siete horas a 205°C y enfriamiento en el horno, se indican en la Tabla VIII.

TABLA VIII

Fundición Núm.	Distancia de la coquilla cm.	L.E. (kg/mm ²)	R.T. (kg/mm ²)	El. (%)	R.A. (%)	E.Ch.V. (kg.-m/cm ²)
15	3,8	78,2	108,0	5,0	5,0	1,04
		78,6	108,6	6,0	5,0	1,04
	6,35	79,1	106,0	5,0	4,5	—
		79,6	108,8	5,0	5,0	1,04
10	3,8	83,4	112,5	5,0	5,5	0,86
		81,4	111,6	6,0	5,5	0,95
20	6,35	82,1	108,3	4,0	2,0	0,95
		82,2	111,0	4,0	2,5	0,95

E.Ch.V. = Entalladura Charpy "V".

EJEMPLO IV

Ulteriores fundiciones que tenían las composiciones indicadas en la Tabla IX (estando constituida la diferencia a 100 por hierro e impurezas) se fundieron en arena en bloques de 2,5 cm. en quilla y se enfriaron a una velocidad que simulaba la velocidad de enfriamiento de una pieza colada en coquilla de sección cilíndrica de 117 cm.

23 D



Las piezas de fundición tenían una estructura constituida por bainita superior y grafito esferoidal. Se efectuaron ensayos de flexión sobre probetas de ensayo revenidas dos veces durante 7 horas a 205°C y enfriadas en el horno, con los resultados indicados en la Tabla X.

TABLA IX

Fundición Núm.	C (%)	Si (%)	Mn (%)	Ni (%)	Cr (%)	Mo (%)	Mg (%)
11	3,28	2,37	0,32	6,6	0,21	0,20	0,08
12	3,22	2,50	0,70	5,8	0,21	0,20	0,08

TABLA X

Fundición Núm.	Dureza Rockwell "C"	Tenacidad a la Flexión (kg.-m)	Resistencia a la Flexión (kg/mm ²)
11	36	9,7	222
	--	10,3	221
12	36,2	7,95	212
	--	6,95	210

Las estructuras satisfactorias de las piezas coladas de la fundición Núm. 12 se debieron al efecto combinado de níquel, manganeso, molibdeno y cromo, pero se observará que la fundición Núm. 12, con un contenido de manganeso de 0,7%, tenía una tenacidad menor que la fundición núm. 11 con sólo 0,32% de manganeso.

Las excelentes propiedades de las piezas coladas según la invención en una gran diversidad de tamaños de



sección de pieza colada hace dichas piezas coladas útiles para muchas finalidades, incluyendo cigüeñales, bloques y culatas Diesel, levas, tambores de freno, discos de embrague, zapatas de oruga para gargantas de tractores sobre
5 orugas, manguitos colados centrífugamente, y para piezas coladas de gran sección tales como trenes de laminación, matrices conformadoras y placas de desgaste.

La presente solicitud que corresponde a la presentada en Estados Unidos de América, con fecha 14 de Noviembre de 1.967, bajo el número 682.985, se acoge a los
10 beneficios del Artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

15

REIVINDICACIONES

Los puntos de invención, propia y nueva, que se
20 presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los siguientes:

1.- Un procedimiento de fabricación de una pieza de fundición con grafito esferoidal, que comprende formar
25 una masa fundida que contiene de 2,9 a 3,9% de carbono, de 1,7 a 2,6% de silicio, de 0,15 a 0,4% de molibdeno, de 3,2 a 7% de níquel, de 0 a 0,25% de cromo (con la condición de que el contenido total de molibdeno y cromo no exceda de 0,5%) y de 0 a 1% de manganeso, estando relacionado el contenido de níquel, cromo y manganeso con el tamaño de la -
30



sección de la pieza de fundición, de tal manera que dicha
 pieza de fundición es bainítica, siendo el resto hierro,
 aparte de las impurezas; introducir magnesio en la masa
 fundida de manera que se asegure que una cantidad sea rete
 5 nida en la solidificación, suficiente para asegurar que el
 grafito formado sea esferoidal, pero que no exceda del 0,1%,
 y solidificar la masa fundida.

2.- Un procedimiento según la reivindicación
 1, en el que el contenido de molibdeno de la masa fundida
 10 no excede de 0,3%.

3.- Un procedimiento según la reivindicación
 2, en el que el contenido de carbono no excede de 3,7%, el
 contenido de níquel es al menos de 5%, y el contenido de
 cromo no excede de 0,2%, y la masa fundida es enfriada du-
 15 rante la solidificación.

4.- Un procedimiento según cualquiera de las
 reivindicaciones 1 a 3, en el que, después de la solidifi-
 cación la pieza fundida se somete a revenido en el margen
 de temperatura comprendido entre 200 y 315°C.

5.- Un procedimiento de fabricación de una
 20 pieza de fundición con grafito esferoidal.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que
 antecede y para los fines que se han especificado.

La presente Memoria consta de dieciseis hojas
 25 escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, 11 ABR. 1970

P.A.

Alberto de Lizasoain
 Por Poder