

35742



5 SEP. 1966

MEMORIA DESCRIPTIVA
correspondiente a la solicitud de una
PATENTE DE INVENCION

Solicitante: CRUCIBLE STEEL CORPORATION

Residencia: 100 West 10th Street, WILMINGTON,
Delaware, EE.UU.

Enunciado: "UN METODO PARA PREPARAR UN ACERO DE
RESISTENCIA ULTRA-ELEVADA".

PRIORIDAD: de la solicitud de patente estadouni-
dense Nº 666.850 del 11 de setiembre
de 1.967.

R/G.



5 SEP 1968

1 El presente invento se refiere generalmente a un acero de resistencia ultra-elevada.

5 En los aceros de resistencia ultra-elevada utilizados para la fabricación de rodamientos, es conveniente que el acero esté caracterizado por una buena resistencia a la fatiga y la facultad de poder ser endurecido en profundidad. La posibilidad de endurecerse en profundidad es una propiedad particularmente importante en los aceros para la fabricación de rodamientos de grandes dimensiones. La vida de fatiga o resistencia a la fatiga es necesaria para permitir a un rodamiento resistir a las roturas que resultan de unas cargas repetidas aplicadas a este rodamiento durante su utilización. Es también conveniente obtener un acero para rodamientos caracterizado por una buena resistencia a la fatiga sin que se tengan que añadirse elementos de aleación metálica costosos en cantidades superiores a las que se usan en los aceros convencionales para rodamientos.

10

15

20 El presente invento incluye la adición de por lo menos 0,04% de azufre a un acero de resistencia ultra-elevada convencional. El término "acero de resistencia ultra-elevada" está destinado a calificar los aceros que tienen una resistencia mínima a la tracción de aproximadamente 14.000 Kg/cm^2 (200.000 psi) en su estado de acero templado y revenido. El endurecimiento necesario se obtiene mediante la utilización de composiciones de endurecimiento a base de elementos tales como por ejemplo, el cromo, el molibdeno, el tungsteno, el titanio, el vanadio, el zirconio, el colómbio y el tántalo. En términos generales, cualquier elemento de endurecimiento que

25

30



1 permite conseguir el resultado apetecido formando com
 puestos no metálicos o intermetálicos puede ser utili
 zado, en combinación con un contenido de azufre de
 acuerdo con el invento.

5 Se ha comprobado, como se indicará y descri
 birá con detalle a continuación , que la adición de
 azufre a un acero del tipo descrito más arriba produce
 una enorme mejora en la vida de fatiga. A este obje-
 to, el azufre está presente en cantidades de por lo me
 10 nos 0,04% aproximadamente, y preferentemente dentro de
 la gama de 0,04% a 0,25% o todavía con más ventajas de
 0,04% a 0,15%. Manteniendo el azufre dentro de estos
 límites, la mejora apetecida respecto a la vida de fa-
 tiga se obtiene sin producir la formación de inclusio-
 15 nes de sulfuros indebidamente importantes en el produc
 to de acero final. Se prefiere igualmente estos lími-
 tes de azufre para su utilización en las composiciones
 enumeradas en la tabla I, las cuales son las composicio
 nes preferidas para las aplicaciones del acero destina-
 20 do a rodamientos. Los aceros 2 y 3 de la tabla I se
 prefieren porque proveen un excelente "endurecimiento
 en profundidad" lo cual es una propiedad importante en
 las aplicaciones del acero para rodamientos.

TABLA I

	<u>Acero 1</u>	<u>Acero 2</u>	<u>Acero 3</u>
25 Carbono	0,75 a 1,10	0,95 a 1,10	0,75 a 0,95
Manganeso	0,25 a 1	0,25 a 0,45	menos de 1
Silicio	hasta 0,9		0,60 a 0,90
Cromo	hasta 2	1,30 a 1,60	hasta 2
30 Molibdeno	hasta 1,2		0,50 a 1,10



1

5

10

15

20

25

30

TABLA I (continuación)

	por lo menos	por lo menos	por lo menos
Azufre	0,04	0,04	0,04
Cromo +	} por lo menos		
Molibdeno)	0,50		
Hierro	complemento	complemento	complemento

Hasta el presente invento, en la fabricación de aceros para rodamientos se pensaba que era ventajoso mantener el azufre en un límite extremadamente reducido de, por ejemplo 0,01%. Se pensaba que un contenido de azufre importante en estos tipos de acero produciría una pérdida de su ductibilidad. En contraste con la opinión comunmente aceptada de que el azufre es perjudicial en los aceros para rodamientos, hemos comprobado que unas cantidades de azufre más importantes mejoran de manera inesperada e importante la vida de fatiga de los aceros de resistencia ultra-elevada.

El invento se describirá a continuación, haciéndose referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

La figura 1 es un gráfico que muestra el efecto del aumento de la cantidad de azufre sobre la vida de fatiga de los aceros para rodamientos tal y como se demuestra por la Prueba de Fatiga de Laminación para Viga Giratoria.

La figura 2 muestra un gráfico con los resultados obtenidos con un acero de resistencia ultra-elevada según el invento, comparados con los de un acero de rodamientos convencional en una Prueba de Fatiga de Laminación para rodamientos, y



1 La figura 3 presenta unas curvas que muestran
la vida de fatiga mejorada del acero que tiene un ele
vado contenido de azufre según el invento, en compara
ción con el acero para rodamientos que no contiene una
5 cantidad importante de azufre de acuerdo con el presen
te invento.

Las composiciones enumeradas en la siguien
te tabla II han sido preparadas para realizar pruebas
relacionadas con la vida de fatiga.

10

TABLA II

<u>Acero</u>	<u>C</u>	<u>Mn</u>	<u>S</u>	<u>Si</u>	<u>Cr</u>
A	1,01	0,33	0,014	0,16	1,41
B	0,97	0,33	0,056	0,15	1,39
C	0,98	0,33	0,120	0,16	1,41
15 D	1,02	0,30	0,010	0,18	1,45
E	1,00	0,37	0,043	0,32	1,47

15

20

25

30

La masa fundida ha sido preparada en tres eta
pas. En primer lugar, se fundió un lingote de 7,7 kg
(17 libras) de la composición básica. A continuación
se añadió azufre bajo la forma de azufre elemental pa
ra que la masa fundida tenga un contenido de azufre de
0,05%. Se dejó que el azufre se mezclara en la masa fun
dida y a continuación se fundió un segundo lingote. Se
hizo una segunda adición de azufre (hasta un contenido
de 0,12%) y se repitió el proceso. De esta manera se
obtuvieron tres lingotes, todos con la misma composi
ción básica, salvo en lo que se refiere al contenido de
azufre. En la tabla II estos lingotes están denomina
dos acero A, B y C. Los lingotes fueron forjados en ba
rras de 4 cm² (5/8 pulgada²) con las cuales se prepa



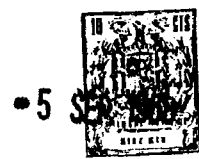
1 raron las muestras de prueba. Las muestras fueron tra-
 tadas térmicamente para obtener una dureza de aproxima-
 damente $R_{C}61$ a 62 mediante austenización a $843,3^{\circ}C$
 (1.550°F), templado en aceite y revenido a $176,6^{\circ}C$ ($350^{\circ}F$).

5 Para realizar una prueba adicional de fatiga,
 unos lingotes de $45,3$ kg (100 libras) fueron fundidos
 por inducción con un contenido de sulfuro de $0,01\%$ y
 $0,043\%$. Estos aceros están identificados como aceros D
 y E, respectivamente, en la tabla II. Estos aceros se
 10 forjaron en barras redondas de $8,75$ cm ($3-1/2$ pulgadas).
 Se cortaron en las barras unos discos y estos fueron me-
 canizados para obtener muestras en forma de arandelas
 planas (con diámetro exterior, 86 mm - diámetro inte-
 rior $50,8$ mm y espesor $0,54$ mm ($2-31/21 - 2-1/32$ pulgada -
 15 $7/32$ pulgada) y tratados térmicamente de la manera des-
 crita más arriba para las muestras de los aceros A, B y
 C.

Se comprobaron diez muestras de cada uno de
 los aceros A, B y C en unas máquinas normales de Prueba
 20 de Fatiga de Viga Giratoria que funcionaban a $10,000$ rpm.
 Durante la comprobación, el esfuerzo aplicado fué de
 $9,100$ kg/cm² (130.000 psi). Las pruebas para cada mues-
 tra se realizaron hasta fallo o "runout" a 10^7 ciclos.
 La tabla III presenta los resultados de estas pruebas.

25 TABLA III
Resultados de las pruebas de Fatiga de Viga Giratoria

	<u>Número de ciclos ($\times 10^7$)^a</u>		
	<u>Acero A</u> (<u>0,014% S</u>)	<u>Acero B</u> (<u>0,056% S</u>)	<u>Acero C</u> (<u>0,12% S</u>)
	0,3198	≥ 1	≥ 1
30	0,3059	≥ 1	≥ 1



1

TABLA III (continuación)

	<u>ACERO A</u> <u>(0,014% S)</u>	<u>ACERO B</u> <u>(0,056% S)</u>	<u>ACERO C</u> <u>(0,012% S)</u>
	0,2085	> 1	> 1
5	0,1049	> 1	> 1
	0,0456	> 1	> 1
	0,0295	> 1	> 1
	0,0220	0,9411	> 1
	0,0177	0,8967	> 1
10	0,0080	0,5322	> 1
	0,0068	0,1440	> 1

^a Esfuerzos: 9.100 kg/cm² (130.000 psi)

> 1 Indica: " runout " más allá de 10⁷ ciclos

15

20

25

Los datos de la tabla III muestran que se produce un notable aumento en la vida de fatiga cuando se añade azufre al Acero. En particular, con un contenido de un 0,014% de azufre (Acero A), ninguna de las muestras ni siquiera pudo, ni remotamente, sobrevivir al ciclo de comprobación. Con un nivel de azufre de 0,056% (Acero B), 60% de las muestras han sobrevivido al ciclo de prueba. Y un 20% adicional, estaba cerca del límite de supervivencia. Con un contenido de azufre de 0,12% (Acero C) todas las muestras sobrevivieron al ciclo de comprobación. Los datos presentados en la tabla III están representados gráficamente en la figura 1, la cual es un gráfico que muestra la vida de fatiga de los Aceros A, B y C.

30

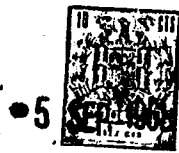
Los aceros D y E de la tabla II han sido sometidos a las Pruebas de Fatiga de Laminación para Rodamientos. En estas pruebas, la probeta es un disco plano

• 5 SEP 1968



1 en forma de arandela de 74 mm de diámetro exterior 50,8
mm de diámetro interior y 0,54 mm de espesor (2-31/32,
2-1/32, 7/32 pulgada). La muestra se inserta en un ro-
damiento standard de empuje y sirve en lugar del anillo
5 superior de rodamiento. Una carga de 337,5 kg (750 li-
bras) está aplicada al rodamiento por medio de un siste-
ma de palanca. Esto produce unos esfuerzos de compre-
sión Hertzianos de 39.410 kg (563.000 psi) en la probe-
ta sometida a comprobaciones. Se provee una lubricación
10 constante durante la comprobación. La velocidad de fun-
cionamiento standard de 1.500 rpm ha sido mantenida du-
rante la prueba. La prueba se prosiguió hasta la rotu-
ra, la cual está indicada por un dispositivo detector
de vibraciones o hasta "runout" a 50×10^6 revoluciones
15 (550 horas).

Los resultados de la Prueba de Fatiga de Lami-
nación para Rodamientos realizada sobre los Aceros D y
E muestran de nuevo un marcado efecto provechoso, debi-
do a la presencia de una mayor cantidad de azufre. Los
20 resultados de estas pruebas están representados en la
figura 2 que muestra la vida relativa de trece muestras
de Acero D y de quince muestras de Acero E. En particu-
lar, con un contenido de 0,010% de azufre (Acero D), 38%
de las muestras sobrevivieron al ciclo completo de com-
probación. En comparación, con un contenido de 0,043%
25 de azufre (Acero E), 80% de las muestras sobrevivieron
al ciclo de comprobación. Además, la mayoría de los fa-
llos de las muestras de acero con contenido de 0,010%
de azufre se produjeron en bastante menos de 100 horas.
30 Mientras tanto, los fallos de las muestras de acero con



1 contenido de 0,043% de azufre se produjeron en más de 100 horas.

5 Se realizaron otras pruebas con una composición distinta de Acero para determinar y establecer con más seguridad el efecto provechoso del azufre respecto a la vida de fatiga. A este objeto se preparó una masa fundida de 22,5 kg (50 libras), fundida por circulación de aire, y esta masa dividida en tres hornadas modificadas por adición de azufre, con un peso de aproximadamente 7,5 kg (17 libras) cada una. Las composiciones químicas de las tres hornadas están indicadas en la tabla IV.

TABLA IV

15

<u>Acero</u>	<u>Hornada</u>	<u>Barra</u>	<u>C</u>	<u>Mn</u>	<u>S</u>	<u>Si</u>	<u>Cr</u>	<u>Mo</u>
F	1x96	66-383	0,90	0,28	0,01	0,84	0,80	0,58
G	1x97	66-384	0,91	0,29	0,04	0,86	0,90	0,58
H	1x98	66-385	0,92	0,28	0,08	0,85	0,80	0,58

20 Los tres lingotes modificados por adición de azufre procedentes de las hornadas de la tabla IV, los cuales están designados como Aceros F, G y H, fueron forjados en barras redondas de 16 mm (5/8 pulgada) las cuales fueron recocidas calentándolas lentamente hasta una temperatura de aproximadamente 787,7°C (1.450°F). A 25 continuación los lingotes fueron estabilizados, enfriados a aproximadamente 8,3°C (15°F) por hora hasta 704,°C (1.300°F), enfriados en horno hasta 204,4°C (400°F) y finalmente enfriados por aire a la temperatura ambiente. 30 De la manera descrita más arriba se produjeron unas mues



1 tras para pruebas de fatiga y se las sometieron a com-
probación en la Máquina de Prueba de Fatiga de Viga Gi
ratoria. Las muestras fueron tratadas térmicamente has
ta una dureza de 62R_C mediante austenización a 871°C
5 (1.600°F), y a continuación templadas con aceite y reco
cidas a 260°C (500°F) durante cuatro horas. Todas las
pruebas se realizaron a la temperatura ambiente sobre
una máquina de Prueba de Fatiga de Viga Giratoria con
unas velocidades de trabajo de 10.000 rpm. Todas las
10 muestras fueron sometidas para su comprobación a esfuer
zos de 7.700 kg (110.000 psi) durante 10⁸ ciclos o has
ta que se produzca un fallo. Los resultados de estas
comprobaciones están presentados en la tabla V y en la
figura 3.

15

TABLA V

Número de ciclos (x10⁸)

<u>Muestra</u>	<u>Acero F (0,010% S)</u>	<u>Acero G (0,040% S)</u>	<u>Acero H (0,080% S)</u>
1	67,4	100	100
20 2	47,9	100	100
3	34,1	100	100
4	31,0	93,5	100
5	25,4	62,2	39,4
6	11,4	59,7	19,4
25 7	9,0	38,7	18,4
8	8,7	27,8	17,4
9	4,5	10,8	6,7
10	0,3	7,4	4,5
11	0,2	1,5	2,3
30 12	0,05		



1 Como ocurrió con la primera serie de pruebas
 enunciadas y descritas más arriba, los datos presenta-
 dos en la tabla V y en la figura 3 muestran también que
 se obtiene una mejora marcada en la vida de fatiga añ-
5 diendo una cantidad importante de azufre al Acero.

 Se entiende que la composición del Acero se-
 gún el invento, puede contener ingredientes auxiliares
 e impurezas. Los ingredientes auxiliares son los ele-
 mentos que se utilizan normalmente en la preparación
10 de Aceros de tipo general según el invento así como los
 elementos que no desvirtúan las propiedades impartidas
 al Acero por la nueva combinación de elementos según el
 invento.

 En resumen, la presente Patente de invención
15 que se solicita deberá recaer sobre las siguientes

REIVINDICACIONES

 1.- Un método para preparar un acero de resis-
 tencia ultra-elevada caracterizado porque se
 prepara dicha aleación de forma que tenga un contenido
20 de azufre de por lo menos 0,04% aproximadamente.

 2.- Un método según la reivindicación 1, carac-
 terizado porque el azufre está incluido en
 la gama de 0,04 a 0,25% y preferentemente dentro de la
 gama de 0,04 a 0,15%.

25 3.- Un método según la reivindicación 1 ó la rei-
 vindicación 2, caracterizado porque está pre-
 parado de forma que consiste esencialmente, en porcen-
 taje, aproximadamente en 0,75 a 1,10% de carbono, 0,25
 a 1 de manganeso hasta 0,9 de silicio, como mínimo 0,50
30 en por lo menos un elemento de refuerzo, por lo menos



L

0,04 de azufre, y el resto de hierro, aparte de otros ingredientes auxiliares e impurezas.

5

4.- Un método según la reivindicación 3, particularmente adecuado para la fabricación de rodamientos, caracterizado por el hecho de que se utilizan como elementos de refuerzo hasta 2% de cromo y hasta 1,2% de molibdeno siendo la suma de estos por lo menos de 0,50%.

10

5.- Un método según la reivindicación 4, caracterizado porque se utiliza aproximadamente 0,95 a 1,10% de carbono, 0,25 a 0,45% de manganeso y 1,30 a 1,60% de cromo.

15

6.- Un método según la reivindicación 4, caracterizado porque se utiliza aproximadamente 0,75 a 0,95% de carbono, 0,60 a 0,90% de silicio y 0,50 a 1,10% de molibdeno como elemento de refuerzo.

20

7.- Se reivindica por último como objeto sobre el que ha de recaer la Patente de Invención que se solicita: "UN METODO PARA PREPARAR UN ACERO DE RESISTENCIA ULTRA-ELEVADA".

Todo conforme queda descrito y reivindicado en la presente memoria descriptiva que consta de doce páginas mecanografiadas y dibujos adjuntos.

25

Madrid, 5 setiembre 1.968

BERNARDO UNGRIA

P.P.

30

257868



FIG. 1.

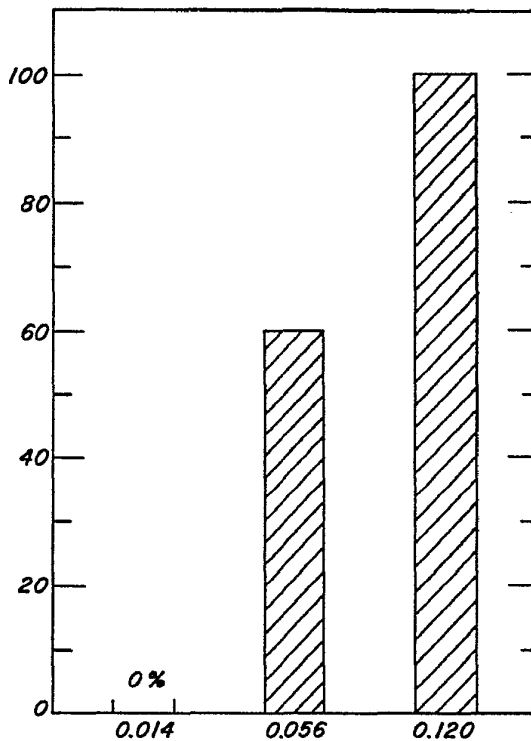
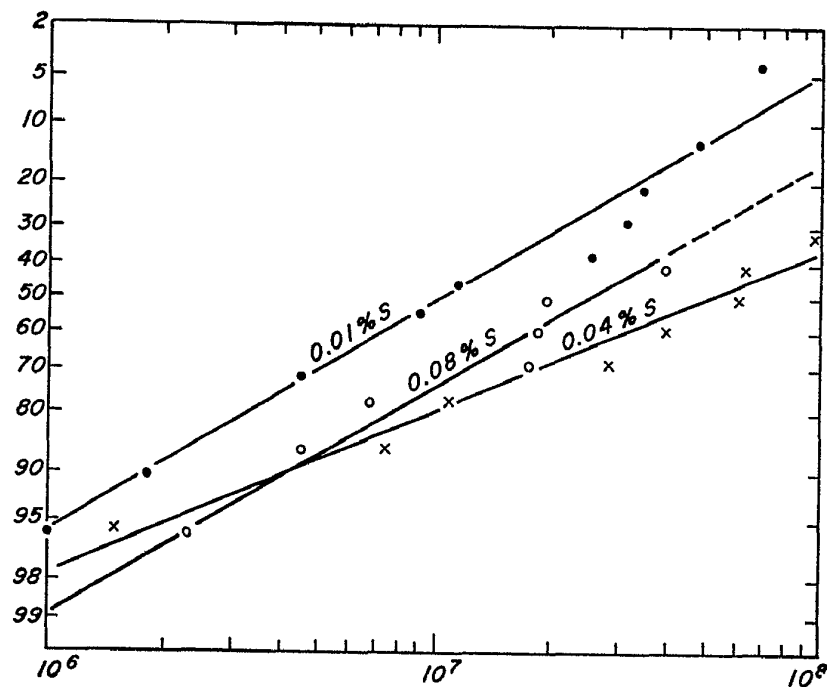


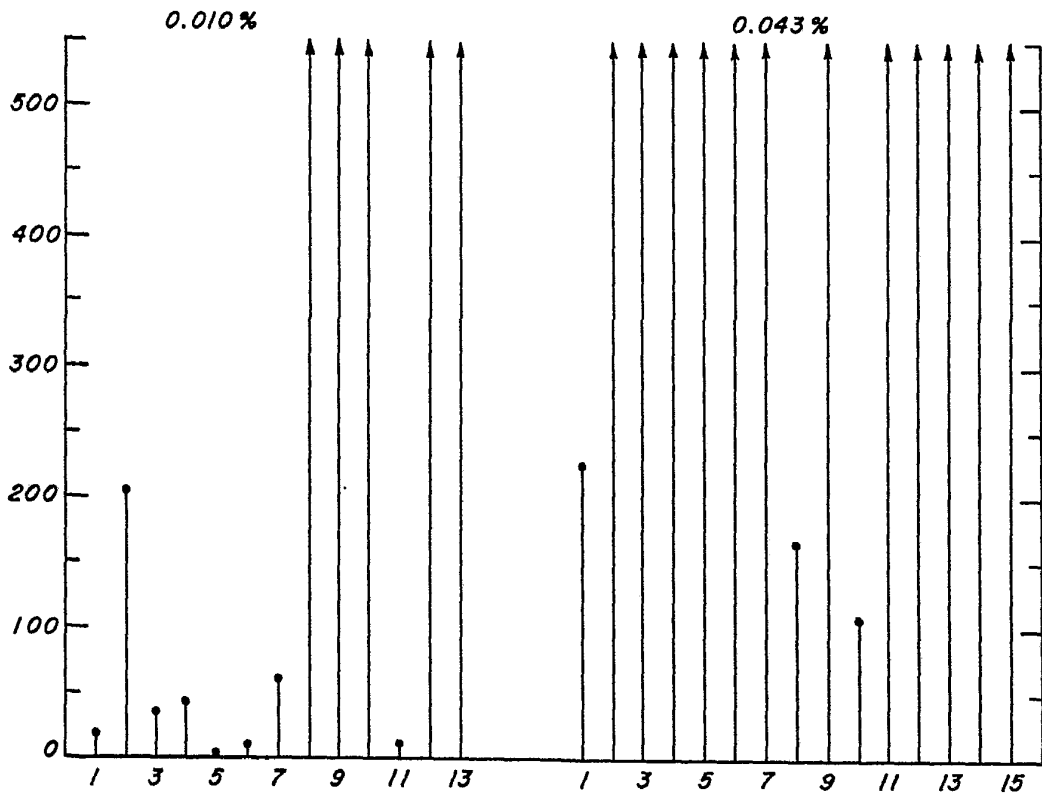
FIG. 3.



357.868



FIG. 2.



5 setiembre 68