

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 435 822**

51 Int. Cl.:

C22C 38/04

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.12.2010 E 10382335(7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.08.2013 EP 2465964**

54 Título: **Acero Hadfield con hafnio**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
23.12.2013

73 Titular/es:

**FUNDACIÓN TECNALIA RESEARCH &
INNOVATION (100.0%)
Parque Tecnológico de San Sebastián, Mikeletigi
Pasalekua, 2
20009 San Sebastián (Gipuzkoa), ES**

72 Inventor/es:

CABALLERO OGUIZA, PATRICIA

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 435 822 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Acero Hadfield con hafnio.

Campo técnico de la invención

5 La presente invención se encuadra en el sector de la industria metalúrgica y más concretamente se refiere a acero Hadfield.

Antecedentes de la invención

10 Los denominados aceros Hadfield o aceros al manganeso, deben su denominación a su inventor, el británico Sir Robert Hadfield, en 1882 y se caracterizan, básicamente, por comprender una cantidad de manganeso habitualmente superior a un 11 % en peso, encontrándose asimismo ajustada la relación entre el carbono y el manganeso, de forma que la relación en peso de manganeso suele ser de un orden de once veces el peso de carbono. Habitualmente estos aceros comprenden un 0,8-1,25 % de carbono y un 11-15 % de manganeso en peso en su composición básica.

Los aceros Hadfield presentan una elevada resistencia al impacto y a la abrasión.

15 El acero Hadfield alcanza sus propiedades máximas de dureza y ductilidad alrededor de valores de manganeso de un 12 % en peso.

20 Estos aceros son amagnéticos y de baja conductividad presentando la particularidad, entre otras, de que su comportamiento a impacto mejora con el trabajo en frío. En este sentido, estos aceros incrementan su dureza hasta tres veces la inicial después de trabajar a impacto lo que les confiere una especial utilidad para su uso en determinadas aplicaciones, como por ejemplo la fabricación de cruzamientos de ferrocarril, de piezas de cantera o para plantas cementeras y en diversas aplicaciones en el ámbito de la industria primaria, como en la minería.

Los aceros al manganeso denominados aceros Hadfield, presentan una composición química elemental, que según las recomendaciones de la norma seguida habitualmente para su fabricación, la norma estadounidense ASTM A 128, que también se encuentran recogidas en la norma europea prEN-15689-2007-ING, tienen la siguiente composición química básica:

- 25 - Carbono: 0,90 al 1,35 %
- Manganeso: 11,00 al 14,00 %
- Silicio: 0,8 % máximo
- Fósforo: 0,07 % máximo
- Azufre: 0,05 % máximo

30 La dureza de partida de este material es de 190 a 220 HB tras un tratamiento de hipertemple a 1050 °C, obteniéndose, según norma prEN-15689-2007-ING, una resistencia a tracción mayor, desde 700 hasta 800 MPa, un alargamiento entre 10 al 35 %, un límite elástico entre 320 hasta 400 MPa y una resiliencia entre 50 y 160 J.

35 Por regla general, el contenido en manganeso no suele ser inferior al 11,00 % y no debería ser muy superior, dado que en estos casos, la resistencia al desgaste mejora pero la ductilidad se ve seriamente comprometida. Además, superando esta proporción, se eleva el precio del material fabricado sin por ello mejorar sus características mecánicas notablemente. Se reconoce que con una composición del 1,20 % de C y 12,50 % de Mn se obtienen las propiedades adecuadas.

40 En la actualidad resulta conocida la existencia de aceros Hadfield que incorporan elementos de aleación como V, Cr, Mo, Ti, Nb, N o Ce al objeto de mejorar alguna de sus propiedades. Sin embargo, la mejora de alguna de ellas se consigue en detrimento de alguna otra. Además, estos aceros Hadfield aleados suelen presentar tensiones residuales superiores a las de un acero Hadfield convencional debido a que las adiciones provocan cambios en la estructura cristalográfica del acero.

Como se aprecia en la tabla 1, en general la adición de elementos de aleación supone una mejora de alguna de las propiedades mecánicas.

Tabla 1.- Propiedades mecánicas de diferentes aceros Hadfield ensayados según norma prEN-15689-2007-ING.

Material	Resistencia a tracción (MPa)	Límite Elástico (MPa)	Alargamiento (%)	Resiliencia (J)	Dureza (HB)
Hadfield básico	700-800	320-400	10-35	50-160	190-220
Hadfield básico + adición Mo,Ti	730-800	340-370	25-40	60-140	210-230
Hadfield básico+ adición Nb,Ti	730-820	350-390	30-45	60-140	210-250
Hadfield básico + adición V,Ti	740-830	350-390	30-45	70-160	210-260
Hadfield básico + adición Ce	770-880	350-400	30-45	70-160	210-230

5 La microestructura y en particular el tamaño de grano esta asociado a las propiedades mecánicas. Un tamaño de grano más pequeño y homogéneo es indicador de mejores características mecánicas.

La microestructura básica de acero Hadfield ASTM A128 grado A, se determina según "*Metals Handbook*".9th Edition. Volumen 9. Metalurgia y Microestructura en las páginas 240 y 241.

10 Con relación a la microestructura básica la mostrada en la figura 1 presenta una disminución del tamaño de grano especialmente en las zonas de enfriamiento prioritarias. No obstante, este afino de grano no se manifiesta en toda la microestructura de la pieza.

La homogeneidad del tamaño de grano se relaciona con la mejora de las propiedades mecánicas. Por tanto sería deseable disponer de un acero Hadfield en el que todas sus propiedades mecánicas estén optimizadas y su microestructura sea austenítica y lo más homogénea posible en tamaño de grano.

15 En este sentido, una mejora del material en este aspecto abriría el abanico de aplicaciones del Hadfield reduciendo por lo tanto sus limitaciones.

Se requiere por tanto mejorar el material Hadfield, ya que los requerimientos actuales son más exigentes debido a que se solicitan mayores prestaciones de las piezas en aplicaciones industriales que anteriormente no se utilizaban, o no se requerían.

20 Asimismo se conoce la patente japonesa n.º JP-57-203748-A, que describe una composición correspondiente a un acero Hadfield que incorpora Hf en su composición, pero en unos porcentajes elevados (entre 0,1 y 2,5 % en peso de la composición) que permiten, mediante aplicación de una fuente de calor focalizada (láser, fuente de electrones, ultravioleta) conseguir zonas magnetizadas en el material, es decir, no está relacionada con la mejora en las propiedades mecánicas del acero Hadfield.

Descripción de la invención

25 La presente invención tiene por objeto conseguir un acero Hadfield mejorado que, presente mejores propiedades mecánicas que un acero Hadfield básico, sin detrimento de ninguna de ellas, permitiendo así nuevas aplicaciones, como por ejemplo en el ámbito de la industria del transporte, o de las aplicaciones eléctrico-magnéticas.

30 Para ello, un primer aspecto de la invención se refiere a un acero Hadfield que se basa en la adición de hafnio como un elemento de aleación, confiriéndole al material resultante una distribución de tamaño de grano homogénea y por lo tanto unas propiedades mecánicas mejoradas.

El acero Hadfield de la invención presenta la siguiente composición química:

0,90 al 1,35 % en peso de C,

11,00 al 14,00 % en peso de Mn,

0,80 % máximo en peso de Si,

0,07 % máximo en peso de P,

0,05 % máximo en peso de S y

- 5 una cantidad de hafnio mayor o igual al 0,01 % y menor al 0,1 % en peso, siendo el resto Fe e impurezas asociadas al hierro y donde los porcentajes están expresados en peso respecto al peso total del acero.

10 Asimismo, la adición de hafnio no afecta al estado tensional de la estructura cristalina del acero Hadfield básico, al contrario de lo que ocurre mediante las adiciones de otros elementos como V, Cr, Mo, Ti, Nb o Ce, en la misma proporción. Esto se puede ver en la figura 3, en la que se han representado las tensiones residuales de distintos aceros Hadfield.

Un segundo aspecto de la invención se refiere a un procedimiento para obtener dicho acero Hadfield, que se realiza mediante metalurgia líquida seguida de un tratamiento térmico para la disolución de los carburos generados.

15 La adición de hafnio se puede realizar directamente depositando este en los moldes, en la cuchara de colada, o en el chorro de la colada mientras se funde en el molde o bien por compresión del hafnio en pastillas que son alojadas en el bebedero de la entrada del molde.

Descripción de las figuras

La figura 1 muestra un detalle de la microestructura de un acero Hadfield básico con cerio.

La figura 2 muestra un detalle de la microestructura de un acero Hadfield básico con hafnio.

La figura 3 muestra una gráfica donde se han representado las tensiones residuales de distintos aceros Hadfield.

20 **Realización preferente de la invención**

Un ejemplo de realización preferente del acero Hadfield de la invención tiene la siguiente composición en peso:

- Carbono: 1,2 %
- Silicio: 0,5 %
- Manganeso: 12,5 %
- 25 - Azufre: <0,03 %
- Fósforo: <0,05 %
- Hafnio: 0,05 %

30 El acero Hadfield de la invención presenta un conjunto de propiedades mecánicas mejoradas en relación a las indicadas en la tabla 1 para un acero Hadfield convencional. Estas propiedades mecánicas se muestran en el tabla 2.

Tabla 2.- Propiedades mecánicas del acero Hadfield de acuerdo con un ejemplo de la invención según norma prEN-15689-2007-ING.

Material	Resistencia tracción (MPa)	Límite Elástico (MPa)	Alargamiento (%)	Resiliencia (J)	Dureza (HB)
Hadfield básico + adición Hf	950	390	49	160	220

35 El acero Hadfield con hafnio de la invención presenta una buena combinación entre la resistencia y la ductilidad, es muy tenaz y además presenta un alargamiento extraordinario del 49 %.

La microestructura de la aleación del acero Hadfield con hafnio, tal y como se puede apreciar en la figura 2, presenta una estructura austenítica con juntas de grano levemente marcadas, lo que indica una buena disolución de los carburos y un tamaño de grano homogéneo, de grado 5/6 según normas UNE-EN ISO 643 y ASTM E-112,

homogéneamente distribuido en toda la pieza.

En comparación con la microestructura del acero Hadfield aleado con cerio, mostrada en la figura 1, el acero Hadfield de la invención presenta una distribución de tamaño de grano más homogénea en toda la pieza.

5 La figura 3 muestra las tensiones residuales, medidas por difracción de rayos X, de los diferentes aceros Hadfield aleados descritos anteriormente, tanto para el ejemplo de acuerdo con la invención, como los aceros Hadfield aleados descritos en la tabla 1. Los valores obtenidos para el acero de esta invención son muy similares a los obtenidos por el acero Hadfield básico e inferiores a los descritos anteriormente. Las distintas tensiones quedan representadas por la pendiente de la recta que representa cada acero.

10 De acuerdo con una realización preferente, el hafnio (Hf) se adiciona en forma de polvo de tamaño de grano - 60+325 de malla en el molde. En una realización preferente para una pieza de 1 kg se adicionan 5 gramos de hafnio, es decir, un 0,05 % en peso de Hf.

15 Se ayuda a la disolución de las micropartículas de hafnio en la colada básica. Dicha disolución se ve favorecida por la agitación de la colada básica mediante algún elemento mecánico. El objetivo de dicha agitación es conseguir una total 'mojabilidad' del material de aleación así como una distribución homogénea del mismo en el seno del caldo líquido.

20 Finalmente, al material obtenido según el procedimiento anteriormente descrito, se le aplica un proceso de tratamiento térmico ajustado para disolver los carburos en el contorno del grano. Dicho tratamiento térmico comprende, una vez enfriada una pieza, tras ser colada, introducir dicha pieza en el horno de tratamiento a temperatura ambiente y llegar gradualmente hasta una temperatura aproximada de 1100 °C donde se mantiene durante 1 hora y media por cada 25 mm de espesor de la pieza que se desea tratar. Una vez pasado este tiempo, se enfría rápidamente, en menos de 60 segundos, introduciéndola en agua a menos de 30 °C.

REIVINDICACIONES

- 1.-Acero Hadfield que presenta la siguiente composición química:
- 0,90 al 1,35 % en peso de C,
11,00 al 14,00 % en peso de Mn,
- 5 0,80 % máximo en peso de Si,
0,07 % máximo en peso de P,
0,05 % máximo en peso de S y
- una cantidad de hafnio mayor o igual al 0,01 % y menor al 0,1 % en peso, siendo el resto hierro e impurezas asociadas al hierro y en la que los porcentajes se expresan en peso respecto al peso total del acero.
- 10 2.- Acero Hadfield, según la reivindicación 1, en el que la cantidad de hafnio es del 0,05 % en peso.
- 3.- Acero Hadfield según reivindicaciones 1 o 2, que presenta una estructura austenítica con un tamaño de grano homogéneo, de grado 5/6 según normas UNE-EN ISO 643 y ASTM E-112, homogéneamente distribuido en toda la pieza.
- 15 4.- Procedimiento para obtener un acero Hadfield de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** se realiza mediante metalurgia líquida, en la que se adiciona el hafnio, seguido de un tratamiento térmico para la disolución de los carburos generados en el contorno del grano, en el que dicho tratamiento térmico comprende, una vez enfriada una pieza tras ser colada, introducirla en un horno de tratamiento a temperatura ambiente y llegar gradualmente hasta una temperatura aproximada de 1100 °C, manteniéndola en dicha temperatura durante 1 hora y media por cada 25 mm de espesor de la pieza a tratar, para a continuación, una vez pasado dicho tiempo, enfriarla rápidamente, en menos de 60 segundos, introduciendo la pieza en agua a menos de
- 20 30 °C.

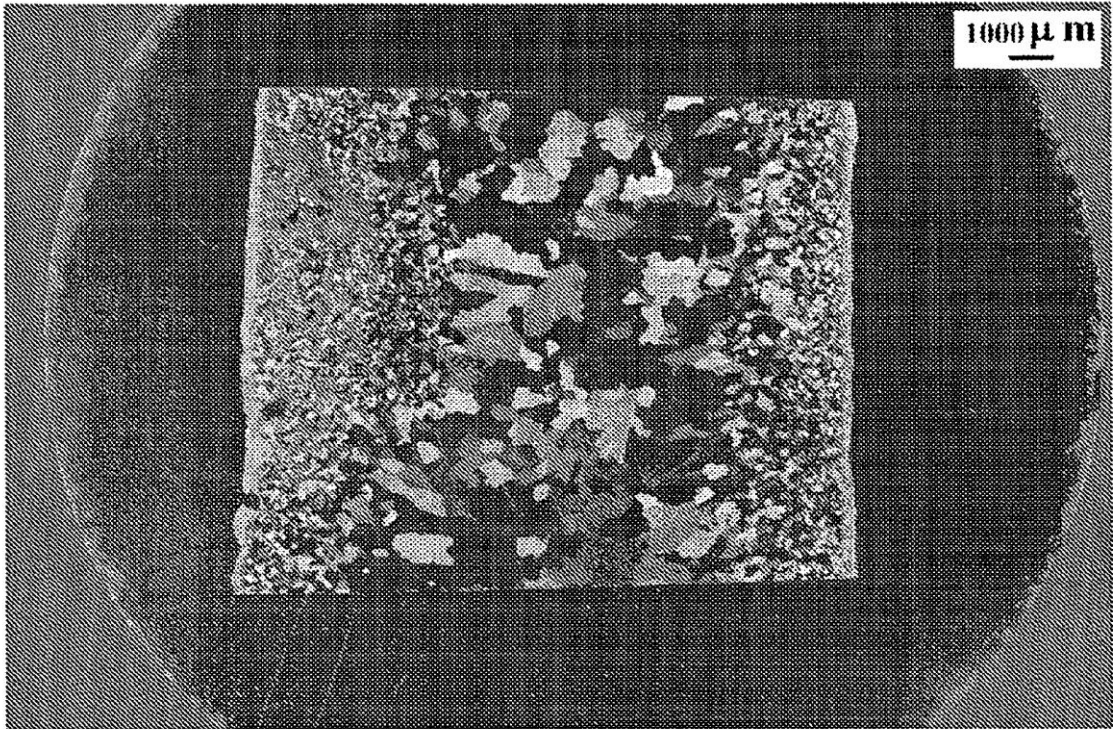


FIG. 1

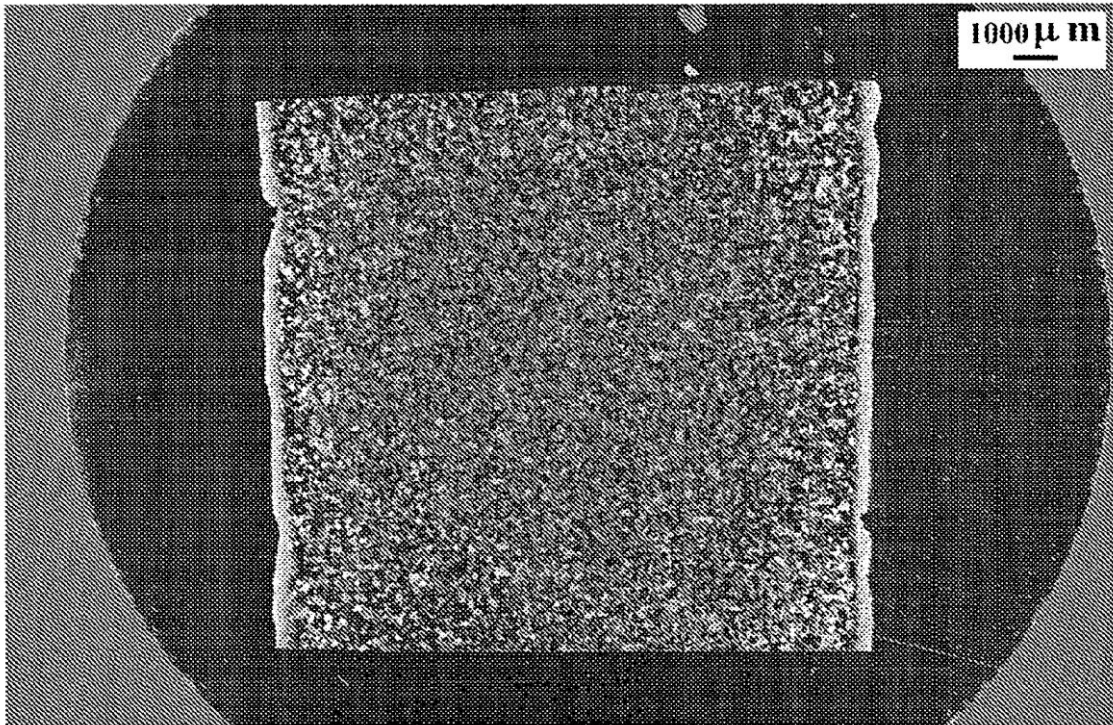


FIG. 2

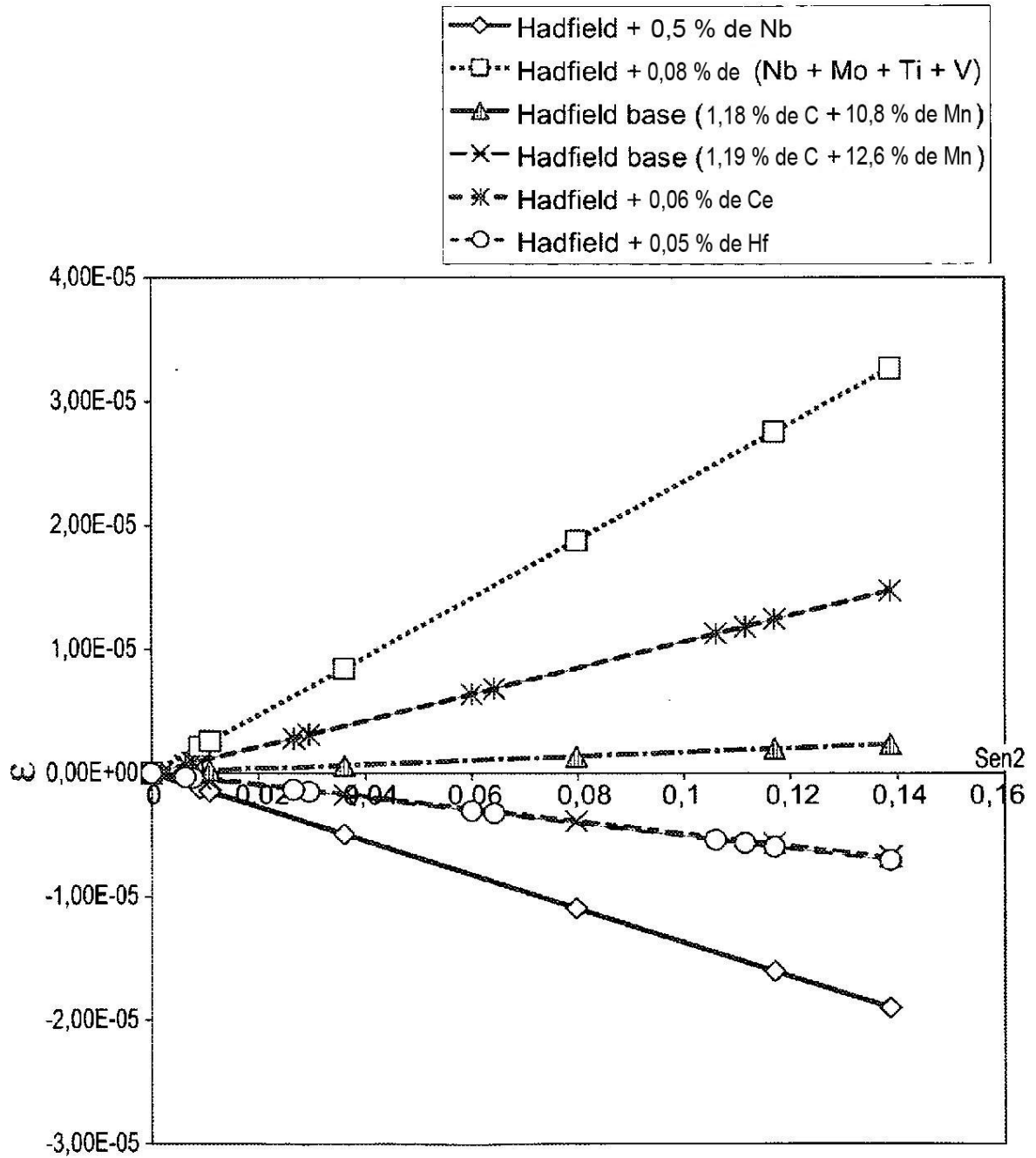


FIG. 3