

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 437 185**

21 Número de solicitud: 201231053

51 Int. Cl.:

**C21C 5/00** (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

**05.07.2012**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**09.01.2014**

71 Solicitantes:

**GERDAU INVESTIGACION Y DESARROLLO  
EUROPA, S.A. (100.0%)**

**Barrio Ugarte, s/n**

**48970 ELEXALDE-BASAURI (VIZCAYA) (Bizkaia)  
ES**

72 Inventor/es:

**ALBARRÁN SANZ, Jacinto ;**

**ELVIRA EGUIZABAL, Roberto y**

**LARAUDOGOITIA ELORTEGUI, Juanjo**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

54 Título: **PROCESO DE FABRICACIÓN DE ACERO PARA APLICACIONES CON ELEVADO LÍMITE ELÁSTICO PARA APLICACIONES DE ALTAS EXIGENCIAS DE PRESTACIÓN A FATIGA, Y ACERO OBTENIDO POR EL PROCESO**

57 Resumen:

Proceso de fabricación de acero para aplicaciones con elevado límite elástico para aplicaciones de altas exigencias de prestación a fatiga, y acero obtenido por el proceso.

Proceso de fabricación de acero que comprende una etapa de metalurgia secundaria que comprende someter un acero fundido líquido de una composición química que comprende, en peso, 0,47% a 0,56% de C, 0,15% a 0,4% de Si, 0,7% a 1,2% de Mn, 0,9% a 1,5% de Cr, y hasta 0,3% de V, a metalurgia secundaria a una presión de vacío inferior a 133,322 Pa durante más de 10 minutos con agitación muy fuerte, para obtener una mezcla fundida homogénea; una etapa de solidificación en colada continua que comprende enfriar rápidamente la mezcla fundida homogénea en colada continua en la que se aplica una velocidad de colada de 0,5 m/min a 2,5 m/min, un caudal de agua de refrigeración de 0,1 a 1 L/kg de acero líquido y agitación electromagnética de 200 a 400 A, para conseguir un movimiento constante de la mezcla fundida homogénea remanente, para obtener palanquillas de acero; recalentar y laminar las palanquillas de acero a 850°C – 1200°C y enfriar la pieza laminada.

ES 2 437 185 A2

## DESCRIPCIÓN

5 **Proceso de fabricación de acero para aplicaciones con elevado límite elástico para aplicaciones de altas exigencias de prestación a fatiga, y acero obtenido por el proceso**

**Campo de la invención**

10 La presente invención se encuadra en el campo técnico de los aceros Premium y de los procesos de fabricación de los mismos mediante condiciones que confieren al acero unas propiedades que permiten incrementar notablemente su vida a fatiga.

**Antecedentes de la invención**

15 La combinación de alto límite elástico y templabilidad adecuada en piezas de acero de relativo espesor se consigue mediante aceros aleados al Cr, V, como los aceros de las calidades F-1430 (norma EN 10083), F-1460 (norma EN 10092). Cuanto mayor es la sección más aleación requiere. En componentes de espesores pequeños y medianos se utiliza el acero de tipo F-1430, mientras que para componentes de mayor espesor se aplica el acero de tipo F-1460. Las horquillas de los elementos en los aceros F-1430 y F-1460 en % en peso suelen ser las siguientes:

	<b>F-1430</b>	<b>F-1460</b>
25 C:	0,48-0,55	0,48-0,56
Si:	0,15-0,40	0,15-0,40
Mn:	0,70-1,00	0,70-1,00
P:	<0,035	<0,035
S:	<0,035	<0,035
Cr:	0,90-1,20	0,90-1,20
Mo:	-	0,15-0,25
30 V:	0,10-0,20	0,07-0,12

35 Estos aceros se preparan mediante un proceso que comprende someter acero fundido líquido a una etapa de metalurgia secundaria, para obtener una mezcla fundida homogénea, enfriar la mezcla fundida homogénea en colada continua para obtener palanquilla de acero, recalentar a una temperatura de laminación, y laminar la palanquilla de acero en caliente para obtener una pieza de acero laminada y enfriar la pieza laminada, en forma de barra o llanta de acero.

40 La tendencia en el mercado de piezas de alto límite elástico es sustituir progresivamente los modelos actuales por otros de menor peso y mayores tensiones nominales, en los que los requerimientos de fatiga son superiores a los actuales. Para incrementar la vida a fatiga de los componentes fabricados con estos aceros, tradicionalmente se ha aumentado su resistencia mecánica hasta valores del orden de 1750 MPa mediante la disminución de la temperatura del tratamiento de revenido. No obstante, un mayor incremento de la resistencia mecánica no consigue un aumento proporcional de su resistencia y/o su vida a fatiga.

**Descripción de la invención**

45 La presente invención tiene por objeto conseguir un acero de gran resistencia y de elevada vida a fatiga aumentada en piezas de alto límite elástico de pequeño a gran espesor, proporcionando un proceso de fabricación de acero para aplicaciones con elevado límite elástico para aplicaciones de altas exigencias de prestación a fatiga, y acero obtenido por el proceso.

50 El proceso conforme a la presente invención comprende una etapa de metalurgia secundaria que comprende someter un acero fundido líquido de una composición química que comprende 0,47% en peso a 0,56% en peso de C, 0,15% en peso a 0,4% en peso de Si, 0,7% en peso a 1,2% en peso de Mn, 0,9% en peso a 1,5% en peso de Cr, y hasta 0,3% en peso de V, a una etapa de metalurgia secundaria, para obtener una mezcla fundida homogénea;

60 Una etapa de solidificación en colada continua que comprende enfriar la mezcla fundida homogénea en colada continua para obtener palanquilla de acero;

65 recalentar a una temperatura de laminación, y laminar la palanquilla de acero en caliente para obtener una pieza de acero laminada y enfriar la pieza laminada; caracterizado porque en la etapa de metalurgia secundaria, el acero fundido líquido se somete a un proceso de vacío a una presión de vacío inferior a 133,322 Pa (1 Torr) durante más de 10 minutos (preferentemente entre 15 y 20 minutos) con agitación muy fuerte por barboteo mediante inyección de un gas inerte (preferentemente a un caudal de 0,15 m<sup>3</sup>/min a 1,5m<sup>3</sup>/min de Ar), para conseguir una fusión completa y una mezcla perfecta de todas las adiciones, tales como ferroaleaciones y escorificantes, e impedir una

estratificación de composiciones en la cuchara.

5 La etapa de solidificación en colada continua se aplica una velocidad de colada de 0,5 m/min a 2,5 m/min, se aplica un caudal de agua a temperatura ambiente de 0,1 a 1 L/kg de acero líquido, y una agitación electromagnética de 200 a 400 A, para mantener la homogeneidad composicional en toda la sección, y conseguir un rápido enfriamiento de la mezcla fundida homogénea y un movimiento constante de la mezcla fundida homogénea remanente;

10 La palanquilla ("billet" en inglés) de acero se lamina a una temperatura entre 850°C y 1200°C (preferentemente entre 1000°C y 1150°C, dependiendo del grosor de la pieza laminada a obtener), es decir, en el rango bajo de temperaturas para conseguir una pieza laminada de una microestructura adecuada.

15 Por otra parte, el acero para aplicaciones con elevado límite elástico para aplicaciones de altas exigencias de prestación a fatiga, se caracteriza porque se ha obtenido mediante el proceso de fabricación cuyas características se describen en la presente memoria descriptiva.

20 En una realización de la invención, el acero fundido líquido comprende 0,5% en peso a 0,54% en peso de C, 0,25% en peso a 0,35% en peso de Si, 0,9% en peso a 1,1% en peso de Mn, 1,1% en peso a 1,2% en peso de Cr, 0,1 a 0,2% en peso de V, 0 a 0,2% en peso de Mo, menos de 0,015% en peso de S, menos de 0,015% en peso de P, hasta 0,030% en peso de Al, hasta 0,01% en peso de Ti y hasta 0,05% en peso de Nb. Preferentemente, en la etapa de metalurgia secundaria, el acero fundido líquido se somete a una agitación correspondiente a una agitación de 0,15 m<sup>3</sup>/min a 1,5m<sup>3</sup>/min de Ar.

25 En otra realización de la invención, el acero fundido líquido comprende hasta 0,3% en peso de Mo, menos de 0,035% en peso de S, menos de 0,035% en peso de P, hasta 0,1% en peso de Al, hasta 0,1% en peso de Ti, hasta 0,1% en peso de Nb y hasta 0,01% en peso de B.

30 Para conseguir un rápido enfriamiento de la mezcla fundida homogénea y un movimiento constante de la mezcla fundida homogénea remanente hasta su solidificación, en la etapa de solidificación se puede aplicar una velocidad de colada aplicada de 0,5 m/min a 2,5 m/min, un caudal de agua de 0,1 a 1 L/kg de acero líquido, y un agitación electromagnética a 200 a 400 A.

35 La palanquilla puede laminarse mediante laminado a barra o, alternativamente, mediante laminado a llanta, por ejemplo laminado a llanta lisa, laminado a llanta parabólica o laminado a llanta neumática. La temperatura del recalentamiento de la palanquilla anterior a la laminación puede ser de aproximadamente 1200°C.

40 Para la fabricación de artículos como, por ejemplo, muelles o ballestas, el acero fabricado conforme a la presente invención puede ser procesado de manera habitual, por ejemplo mediante relaminación, conformado, tratamiento de temple y revenido, granallado con o sin tensión, pintado y montaje y, bajo similares condiciones, puede presentar una vida a fatiga muy superior a los aceros fabricados de manera convencional. Así, se consigue una mejora sustancial de la vida a fatiga del acero (superior al 50% en ciertos casos) mediante modificaciones en el proceso de fabricación sin alterar la composición química del acero o sus propiedades mecánicas estáticas tras un tratamiento térmico convencional de temple y revenido. Las características del proceso conforme a la presente invención contribuyen a la formación de una adecuada y homogénea matriz de acero que retrasa la nucleación y propagación de grietas de fatiga mejorando la respuesta del material a sollicitaciones dinámicas.

50 **Modos de realizar la invención**

Se fabricaron llantas neumáticas de acero a partir de un acero fundido líquido con la siguiente composición en % de peso:

55 C: 0,52      Mn: 1,02      Si: 0,37      P: 0,010      S: 0,003      Cr: 1,14  
Mo: 0,05      V: 0,13      Ti: 0,004      Nb: 0,002      Al: 0,008

60 El acero fundido líquido se sometió a un proceso de metalurgia secundaria en cuchara a una presión de vacío de 130 Pa con agitación por barboteo de Ar inyectado a la masa del acero fundido líquido a razón de 1,2 m<sup>3</sup>/min durante 20 minutos. La mezcla fundida homogénea se refrigeró en colada continua a una velocidad de colada de 1,4 m/min con agua aplicando un caudal de agua de 0,65 L/kg de mezcla fundida con agitación electromagnética a 310 A para obtener palanquillas de acero solidificadas.

65 Las palanquillas de acero se recalentaron hasta 1250°C y se laminaron a 1100°C para obtener llantas neumáticas según norma EN 10092, Sección C, de sección de 90x39 mm, idóneas para la fabricación de ballestas de una hoja siguiendo un proceso de fabricación en sí convencional. Las llantas se cortaron a la longitud adecuada y cada extremo se recalienta a 1100°C y se deformaron para conferir

## ES 2 437 185 A2

el perfil geométrico adecuado. Posteriormente se recalentó a 920°C y se templó en aceite agitado a 60°C y se aplicó un tratamiento de revenido entre 400°C y 480°C. La hoja así tratada se sometió a tensión y se granalló para generar tensiones residuales de compresión.

- 5 Sometido a ensayos de resistencia a fatiga de flexión a tres puntos el acero mostró una resistencia a fatiga a flexión de >1475 MPa frente a una resistencia a fatiga de flexión de <1350 MPa de un acero F-1430 ensayado en similares condiciones. En ensayos de vida a fatiga sobre la propia ballesta, con carga vertical, la vida a fatiga del acero fue >110.000 ciclos frente a una vida a fatiga de <45.000 ciclos del acero F-1430 ensayado bajo idénticas tensiones flectoras.

10

## REIVINDICACIONES

1. Proceso de fabricación de acero para aplicaciones con elevado límite elástico para aplicaciones de altas exigencias de prestación a fatiga que comprende una etapa de metalurgia secundaria que comprende someter un acero fundido líquido de una composición química que comprende 0,47% en peso a 0,56% en peso de C, 0,15% en peso a 0,4% en peso de Si, 0,7% en peso a 1,2% en peso de Mn, 0,9% en peso a 1,5% en peso de Cr, y hasta 0,3% en peso de V, a una etapa de metalurgia secundaria, para obtener una mezcla fundida homogénea; una etapa de solidificación en colada continua que comprende enfriar la mezcla fundida homogénea en colada continua para obtener palanquilla de acero; recalentar a una temperatura de laminación, y laminar la palanquilla de acero en caliente para obtener una pieza de acero laminada y enfriar la pieza laminada caracterizado porque en la etapa de metalurgia secundaria, el acero fundido líquido se somete a un proceso de vacío a una presión de vacío inferior a 133,322 Pa durante más de 10 minutos con agitación muy fuerte por barboteo mediante inyección de un gas inerte; la etapa de solidificación en colada continua se aplica una velocidad de colada de 0,5 m/min a 2,5 m/min, un caudal de agua de refrigeración a temperatura ambiente de 0,1 a 1 L/kg de acero líquido, y una agitación electromagnética de 200 a 400 A, para conseguir un rápido enfriamiento de la mezcla fundida homogénea y un movimiento constante de la mezcla fundida homogénea remanente; la palanquilla de acero se lamina a una temperatura entre 850°C y 1200°C.
2. Proceso de fabricación de acero, según la reivindicación 1, caracterizado porque, en la etapa de metalurgia secundaria, el acero fundido líquido se somete a una agitación correspondiente a una agitación de 0,15 m<sup>3</sup>/min a 1,5m<sup>3</sup>/min de Ar.
3. Proceso de fabricación de acero, según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque, la palanquilla se lamina a una temperatura entre 1000°C y 1150°C
4. Proceso de fabricación de acero, según la reivindicación 1, 2 ó 3, caracterizado porque la palanquilla se recalienta a una temperatura de 1200°C.
5. Proceso de fabricación de acero, según la reivindicación 1, 2, 3 ó 4, caracterizado porque la palanquilla se lamina mediante laminado a barra.
6. Proceso de fabricación de acero, según la reivindicación 1, 2, 3 ó 4, caracterizado porque la palanquilla se lamina mediante laminado a llanta.
7. Proceso de fabricación, según la reivindicación 6, caracterizado porque el laminado a llanta selecciona entre laminado a llanta lisa, laminado a llanta parabólica y laminado a llanta neumática.
8. Proceso de fabricación, según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque el acero fundido líquido comprende hasta 0,3% en peso de Mo, menos de 0,035% en peso de S, menos de 0,035% en peso de P, hasta 0,1% en peso de Al, hasta 0,1% en peso de Ti, hasta 0,1% en peso de Nb y hasta 0,01% en peso de B.
9. Proceso de fabricación, según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque el acero fundido líquido comprende  
0,5% en peso a 0,54% en peso de C,  
0,25% en peso a 0,35% en peso de Si,  
0,9% en peso a 1,1% en peso de Mn,  
1,1% en peso a 1,2% en peso de Cr,  
0,1 a 0,2% en peso de V,  
0 a 0,2% en peso de Mo,  
menos de 0,015% en peso de S,  
menos de 0,015% en peso de P,  
hasta 0,03% en peso de Al,  
hasta 0,01% en peso de Ti,  
hasta 0,05% en peso de Nb.
10. Proceso de fabricación, según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque en la etapa de metalurgia secundaria, el acero fundido líquido se somete al proceso de vacío durante 15 a 20 minutos.
11. Acero para aplicaciones con elevado límite elástico para aplicaciones de altas exigencias de prestación a fatiga, caracterizado porque es una pieza laminada obtenida según el proceso definido en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.