



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 350 204**

51 Int. Cl.:  
**C22C 38/44** (2006.01)  
**C21D 1/18** (2006.01)  
**C21D 9/34** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **04016413 .9**  
96 Fecha de presentación : **13.07.2004**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1538231**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **08.06.2005**

54

Título: **Un acero bainítico microaleado con elevada resistencia a la fatiga y a la fatiga por contacto o rozamiento.**

30

Prioridad: **03.12.2003 IT MI03A2370**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**20.01.2011**

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**20.01.2011**

73

Titular/es: **LUCCHINI RS S.p.A.**  
**Via Oberdan 6/A**  
**25100 Brescia, IT**

72

Inventor/es: **Ghidini, Andrea y**  
**Cantini, Stefano**

74

Agente: **Isern Jara, Jorge**

ES 2 350 204 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).

**UN ACERO BAINÍTICO MICROALEADO CON ELEVADA RESISTENCIA A LA  
FATIGA Y A LA FATIGA POR CONTACTO O ROZAMIENTO**

**Descripción**

Campo de la invención

La presente invención se refiere a un acero bainítico microaleado con elevada resistencia a la fatiga y a la fatiga por contacto o rozamiento.

Más en particular, la presente invención se refiere a un acero bainítico microaleado con elevada resistencia a la fatiga y a la fatiga por rozamiento o contacto, especialmente apropiado para ser utilizado en la fabricación de ruedas de riel o de traslación, es decir, ruedas para ferrocarril, tranvía y/o metro.

Descripción del modelo anterior

Se sabe que la rueda es uno de los componentes más importantes del material rodante o móvil. Durante el funcionamiento del vehículo, la rueda se ve sometida a complejos fenómenos como el trinqueteo, la fricción por desgaste de la fatiga por rozamiento, etc. que intervienen en la zona de contacto rueda/rail.. De hecho, durante el contacto rueda/rail sobre una capa fina de material colocado justo debajo de la zona de contacto, se producen grandes tensiones debido a las severas condiciones de carga. Estas tensiones dan lugar a las primeras etapas de fracturas por fatiga de-

bido al rozamiento y al desgaste.

Las fracturas por fatiga son muy peligrosas ya que pueden ocasionar el desprendimiento de pequeños trozos de rueda, con serias consecuencias tanto en las suspensiones, en los cojinetes de la caja de engranajes y en la infraestructura del ferrocarril.

De acuerdo con las condiciones de trabajo, las fracturas por fatiga debido al rozamiento pueden ser exco-riaciones o astillamientos debido al fenómeno del trinqueteo o a las cargas de calor o bien astillamientos debidos al descascarillado o al desconchado profundo.

En el primer caso, las exco-riaciones son inducidas por el trinqueteo en frío. Se sabe que el contacto rueda/rail se desarrolla en unas condiciones cíclicas elástico-plásticas con un trinqueteo localizado y la suma del trinqueteo procedente de los diversos ciclos puede dar lugar a fracturas locales por acumulación de daños.

En el segundo caso, las exco-riaciones o astillamientos se deben al desprendimiento de pequeños trozos de rueda con la formación de cráteres o desgaste en la superficie de rodadura en las condiciones de cargas elevadas en el engranaje o en presencia de macrodefectos en las zonas profundas comprendidas entre 6 y 30 mm por debajo de la superficie de rodadura.

Los aceros con elevados niveles de resistencia son bien conocidos en el mercado ya que eliminan con éxito los inconvenientes ocasionados por los fenómenos de desgaste, pero los problemas relacionados con las fracturas por fati-

ga debido al rozamiento que constituyen un porcentaje incluso superior de los daños en ruedas y raíles siguen presentes.

La EP-A-1 241 277 sobre la que se basa el preámbulo de la reivindicación 1, informa sobre una aleación de acero, en particular para ruedas de ferrocarril, que comprende carbón, silicona, manganeso como elementos de aleación que imparten dureza, y cromo, níquel, molibdeno, como elementos aleantes que mejoran las propiedades del templado, pero no habla sobre elementos con propiedades microaleantes.

Tanto la FR-A-2 166 585 como la EP-A-0 884 396 informan sobre la fabricación de una aleación de acero que comprende carbón, silicona, manganeso como elementos aleantes que imparten dureza, y cromo, níquel, molibdeno, como elementos aleantes que mejoran las propiedades del templado, y el primer documento además informa sobre el uso de V en la composición.

La EP 0612852 informa sobre un proceso para fabricar raíles de acero bainítico de alta resistencia con una resistencia a la fatiga por contacto excelente. El acero comprende carbón, silicona, manganeso y cromo, y opcionalmente, al menos un elemento procedente de los tres grupos de elementos, es decir, Ni, Mo, Cu; Bb, V, Ti;B.

El objetivo de la presente invención consiste en eliminar los inconvenientes anteriormente mencionados.

Mas especialmente, el objetivo de la presente invención consiste en lograr un acero adecuado para la fabricación de ruedas para ferrocarril, tranvía y/o metro que ten-

ga una elevada resistencia a las fracturas por fatiga debida al rozamiento.

Otro objetivo de la presente invención es lograr un acero adecuado para la fabricación de ruedas para ferrocarril, tranvía y/o metro que tenga una elevada resistencia mecánica y una gran dureza junto con unas propiedades de resistencia elevada a la fatiga por desgaste y rozamiento.

De acuerdo con la presente invención estos y otros objetivos que quedarán claros a partir de la siguiente descripción se consiguen por medio de una aleación de acero como la reivindicada en la reivindicación 1.

La presencia de pequeñas cantidades de elementos microaleantes en unos porcentajes bien definidos entre ellos y en comparación con los demás elementos de acero ayuda al endurecimiento del acero y protege su dureza. Estos elementos con unas propiedades microaleantes son el Nb, Zr, Al y Ti en cantidades no superiores al 0,06% en peso por cada elemento y B, Ca y N en cantidades no superiores al 0,007% en peso, por cada elemento.

Un acero conforme a una configuración de la presente invención comprende preferiblemente:

Carbón	0,15-0,35%	en peso
Silicona	0,60-1,20%	en peso
Manganeso	0,60-1,50%	en peso
25 Cromo	0,10-1,00%	en peso
Níquel	0,10-1,00%	en peso
Molibdeno	0,10-0,90%	en peso
Vanadio	0,01-0,15%	en peso

	Niobio	0,01-0,05%	en peso
	Zirconio	0,005-0,06%	en peso
	Aluminio	0,005-0,06%	en peso
	Titanio	0,005-0,06%	en peso
5	Boro	0,0005-0,005%	en peso
	Calcio	0,002-0,005%	en peso
	Nitrógeno	0,003-0,007%	en peso

La parte restante hasta 100 es hierro sin impurezas.

Tras el tratamiento mecánico del acero de la presente  
10 invención para la fabricación de ruedas para el ferrocarril, tranvía y/o metro, el producto es sometido a austenitización y templado o enfriamiento en agua. Este proceso consiste en el calentamiento a una temperatura comprendida entre 850 y 950°C, una permanencia a esta temperatura de  
15 una hora para aproximadamente unos 40 mm de grosor del producto tratado y un rápido enfriamiento en agua hasta que se alcanza la temperatura ambiente.

Luego el producto se somete a dos procesos de atemperado térmico para atenuar las tensiones internas causadas  
20 por el rápido enfriamiento.

El primero proceso de atemperado térmico se realiza calentando a una temperatura variable comprendida entre 500 y 700°C conforme a las propiedades requeridas de permanencia a esta temperatura de aproximadamente una hora por cada  
25 20 mm de grosor del producto tratado seguido de un enfriamiento al aire espontáneo hasta que se alcanza la temperatura ambiente.

El segundo proceso de atemperado térmico se lleva a

cabo calentando a una temperatura unos 20°C inferior en comparación con la del primer proceso de atemperado térmico durante un tiempo de permanencia a esta temperatura de aproximadamente una hora por cada 20 mm de grosor del producto tratado, a la que sigue un enfriamiento al aire espontáneo durante al menos 25 minutos y en cualquier caso el tiempo que sea necesario para enfriar el recubrimiento de la rueda de raíl a la temperatura ambiente.

El enfriamiento del recubrimiento de la rueda de raíl se puede realizar a una velocidad diferente de la usada para el enfriamiento del plato de la rueda con el objetivo de dar distintas propiedades a cada parte de la rueda.

El acero de la presente invención se caracteriza por un equilibrio excelente entre las propiedades de dureza y tracción. Los valores de dureza son muy elevados a cualquier nivel de temperatura.

Una demostración clara de dicho equilibrio de propiedades se debe al hecho de que la temperatura de transición de la rotura dúctil a la rotura frágil definida por el valor F.A.T.T que corresponde al 50% se sitúa a -40°C aunque los valores del esfuerzo de tracción son muy elevados.

Para entender mejor la presente invención y ponerla en práctica se muestra el siguiente ejemplo sin límite alguno:

#### Ejemplo

Algunas piezas fundidas se han fabricado conforme al siguiente análisis objetivo:

Carbón	0,27-0,32%	en peso
Silicona	0,60-0,80%	en peso

	Manganeso	0,90-1,10%	en peso
	Cromo	0,20-0,50%	en peso
	Níquel	0,20-0,50%	en peso
	Molibdeno	0,20-0,50%	en peso
5	Vanadio	0,020-0,050%	en peso
	Niobio	0,020-0,040%	en peso
	Zirconio	0,015-0,045%	en peso
	Aluminio	0,015-0,055%	en peso
	Titanio	0,010-0,040%	en peso
10	Boro	0,0010-0,040%	en peso
	Calcio	0,002-0,003%	en peso
	Nitrógeno	0,003-0,004%	en peso

La parte restante hasta 100 es hierro sin impurezas.

Con los aceros así obtenidos se pueden fabricar algunas  
15 ruedas de raíl conforme a los modelos anteriores con un diámetro de rodadura de 915 mm.

Cada rueda ha sido sometida a austenitización y templado calentando a una temperatura de unos 900°C y con un tiempo de permanencia a esta temperatura de aproximadamente  
20 3 horas y un enfriamiento rápido en agua hasta alcanzar la temperatura ambiente.

Luego cada rueda se sometía a dos procesos de atemperado térmico seguidos. El primero se llevaba a cabo calentando a una temperatura de aproximadamente 520-600°C durante un periodo de tiempo de aproximadamente seis horas y a ello seguía un enfriamiento espontáneo al aire hasta alcanzar la temperatura ambiente; el segundo proceso se llevaba a cabo calentando a una temperatura de 20°C menos que la  
25

del primer proceso durante un periodo de tiempo de unas seis horas y a lo que seguía un enfriamiento espontáneo al aire durante 60 minutos hasta alcanzar la temperatura ambiente.

- 5 Las ruedas de raíl así obtenidas tenían las siguientes propiedades mecánicas promedio:

SUPERFICIE DE RODADURA

PROPIEDADES	PATRÓN	UNIDADES	VALOR
Rendimiento monotónico	UNI EN10002	Mpa	1,090
Esfuerzo de tracción	UNI EN10002	Mpa	1,210
Elongación en la rotura	UNI EN10002	%	16
Coef. de reducción	UNI EN10002	%	55

Plato de rueda

PROPIEDADES	PATRÓN	UNIDADES	VALOR
Rendimiento monotónico	UNI EN10002	Mpa	1,090
Esfuerzo de tracción	UNI EN10002	Mpa	1,210
Elongación en la rotura	UNI EN10002	%	16
Coef. de reducción	UNI EN10002	%	55

10

15

20

**Reivindicaciones**

1. Una aleación de acero bainítico microaleado para ruedas de raíl con elevada resistencia a la fatiga y a la fatiga por rozamiento, que comprende: C, Si, Mn, Cr, Ni, Mo, **que se caracteriza por que** comprende, en porcentaje en peso:
- una cantidad de C comprendida entre 0,15 y 0,35%,
  - una cantidad de Si comprendida entre 0,6 y 1,20%,
  - una cantidad de Mn comprendida entre 0,6 y 0,50%,
  - una cantidad de Cr comprendida entre 0,10 y 1,00%,
  - una cantidad de Ni comprendida entre 0,10 y 1,00%,
  - una cantidad de Mo comprendida entre 0,10 y 0,90%,
- y porque comprende los elementos siguientes que tienen propiedades microaleantes, en un porcentaje en peso:
- V en una cantidad comprendida entre el 0,01 y el 0,15% y
  - Nb, Zr, Al, Ti cada uno presente en una cantidad no superior al 0,06%,
  - B, Ca y N cada uno presente en una cantidad no superior al 0,007%,
- siendo hierro la parte restante hasta 100 sin impurezas.
2. Un método para fabricar una rueda de raíl con elevada resistencia a la fatiga y a la fatiga por rozamiento a partir de una aleación de acero bainítico microaleado tal como se reivindica en la reivindicación 1 que comprende las etapas de:
- tratar mecánicamente dicha aleación de acero;
  - someterla a austenitización;
  - templarla o enfriarla en agua; y

someterla a dos procesos de atemperado.

3. Un método tal como se ha reivindicado en la reivindicación 2, **que se caracteriza por que** dichos procesos de austenitización y enfriamiento en agua comprenden:

5 Calentar la rueda a una temperatura entre 850°C y 950°C; mantener la rueda a dicha temperatura durante una hora para aproximadamente cada 40 mm de grosor del producto tratado; enfriamiento rápido en agua hasta que se alcanza la temperatura ambiente.

10 4. Un método tal como se ha reivindicado en la reivindicación 2 ó 3, **que se caracteriza por que** dicho primer proceso de templado térmico consiste en calentar a una temperatura entre 500°C y 700°C,

mantener la rueda a dicha temperatura durante una hora para  
15 aproximadamente cada 20 mm de grosor del producto tratado; y enfriar rápidamente hasta que se alcanza la temperatura ambiente.

5. Un método tal como se ha reivindicado en las reivindicaciones 2 ó 3 ó 4, **que se caracteriza por que** dicho segundo  
20 tratamiento de templado térmico consiste en

calentar el producto a una temperatura 20°C inferior a la temperatura del primer proceso de templado térmico;

mantener el producto a esta temperatura durante una hora para aproximadamente cada 20 mm de grosor del producto tra-  
25 tado;

y enfriar el producto al aire durante al menos 25 minutos, de manera que la rueda de raíl alcance la temperatura ambiente.

6. Un método tal como se ha reivindicado en la reivindicación 7, **que se caracteriza por que** el enfriamiento del recubrimiento de la rueda se realiza a una velocidad distinta de la utilizada para enfriar el plato.
- 5 7. Una rueda de raíl fabricada a partir de una aleación de acero bainítico microaleado tal como se ha reivindicado en la reivindicación 1.