

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 594 328**

51 Int. Cl.:

B21C 47/02	(2006.01)	C22C 38/06	(2006.01)
B21B 1/46	(2006.01)	C21D 9/46	(2006.01)
B21B 45/02	(2006.01)		
C21D 6/00	(2006.01)		
C21D 8/04	(2006.01)		
C22C 38/12	(2006.01)		
C22C 38/14	(2006.01)		
C21D 8/02	(2006.01)		
C22C 38/02	(2006.01)		
C22C 38/04	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.05.2013 PCT/IB2013/001057**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **05.12.2013 WO13179115**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.05.2013 E 13732225 (1)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.07.2016 EP 2855725**

54 Título: **Acero laminado en caliente o en frío de baja densidad, su procedimiento de desarrollo y su utilización**

30 Prioridad:
31.05.2012 WO PCT/FR2012/000220

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
19.12.2016

73 Titular/es:
**ARCELORMITTAL (100.0%)
24-26 Boulevard d'Avranches
1160 Luxembourg, LU**

72 Inventor/es:
**ZUAZO RODRIGUEZ, IAN, ALBERTO;
PERLADE, ASTRID y
GARAT, XAVIER**

74 Agente/Representante:
PONTI SALES, Adelaida

ES 2 594 328 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 laminado en caliente o en frío de baja densidad, su procedimiento de desarrollo y su utilización.

5 **[0001]** La presente invención se refiere a una chapa de acero laminada que posee una resistencia mecánica superior o igual a 600 MPa y un alargamiento de rotura superior o igual al 20% así como a su procedimiento de fabricación.

10 **[0002]** Las restricciones medioambientales empujan, de manera continua, a los constructores de automóviles a reducir las emisiones de CO₂ de sus vehículos. Para conseguirlo, estos últimos tienen varias opciones entre las cuales las principales consisten en disminuir el peso de los vehículos o en mejorar el rendimiento de su motorización. Los avances se realizan a menudo de manera combinada. La presente invención se refiere a la primera opción, es decir la reducción del peso de los vehículos motorizados. En este muy preciso ámbito, existe una alternativa de dos vías:

15

- La primera consiste en disminuir los grosores de los aceros al tiempo que se aumentan sus niveles de resistencia mecánica. Desgraciadamente, esta solución encuentra sus límites a causa de una disminución de rigidez insalvable para ciertas piezas de automóviles, y de la aparición de problemas acústicos perjudiciales para el confort sonoro del pasajero, sin contar con la ineludible pérdida de ductilidad asociada al aumento de resistencia mecánica.

20

- La segunda vía consiste en disminuir la densidad de los aceros aleándolos con otros metales más ligeros. Entre estas aleaciones, aquellas de baja densidad llamadas Hierro-Aluminio presentan propiedades mecánicas y físicas interesantes al tiempo que permiten reducir considerablemente el peso. Se entenderá por baja o reducida densidad, una densidad inferior o igual a 7,3.

25

De este modo, la adición de aluminio al hierro, debido a su baja densidad con respecto a este último, permitió esperar reducciones sustanciales de peso para las piezas de estructura de un automóvil. Es a este respecto que la solicitud de patente EP2128293 se refiere a una chapa laminada en caliente o en frío de composición 0,2-0,8% de C, 2-10% de Mn, 3-15% de Al, y una estructura que contiene menos del 99% de ferrita y más de 1% de austenita residual. La chapa presenta una resistencia mecánica comprendida en el intervalo de 600-1000 MPa y una densidad inferior a 7,2 y es revestible. El procedimiento de fabricación de la chapa en caliente consiste en calentar a entre 1000 y 1200°C, laminar con una temperatura de fin de laminado comprendida entre 700 y 850°C y en bobinar a una temperatura inferior a 600°C. Para la chapa laminada en frío, se lamina en frío la chapa en caliente con una reducción comprendida entre el 40 y el 90%, se recalienta a una velocidad comprendida entre 1 y 20°C/s a una temperatura comprendida entre la temperatura de recristalización y 900°C durante de 10 a 180 segundos. Esta solicitud de patente pretende evitar el estriado y la aparición de grietas en el laminado limitando la relación Mn/Al a un valor comprendido entre 0,4 y 1,0. Parece que, más allá de una relación de 1,0, la laminabilidad en frío lleva a la aparición de fisuras.

30

35

40 **[0003]** La solicitud de patente JP2006118000 se refiere a un acero ligero y que presenta una alta resistencia así como una buena ductilidad. Para ello, la composición del acero propuesto contiene, en porcentaje en peso: del 0,1 al 1,0% de C, menos del 3,0% de Si, del 10,0 al 50,0% de Mn, menos del 0,01% de P, menos del 0,01% de S, del 5,0 al 15,0% de Al y del 0,001 al 0,05% de N, siendo el resto hierro e impurezas inevitables, debiendo cumplirse la ecuación (1) a continuación, el acero presentará una densidad inferior o igual a 7,0.

45

$$C \leq -0,020XMn+Al/15+0,53$$

50 **[0004]** Éste tendrá una microestructura que contiene ferrita y austenita. Cumpliendo el producto de la resistencia mecánica por el alargamiento total la inecuación siguiente: TSxEI ≥ 20000 (MPa x %). Se sabe que la laminabilidad de los aceros con tasas de aleación tan altas en Mn y Al está sujeta a muy altos riesgos de aparición de grietas.

55 **[0005]** La solicitud de patente WO2007/024092 pretende proporcionar chapas laminadas en caliente fácilmente conformables. Esta solicitud se refiere a una chapa que contiene el 0,2-1% de C, el 8-15% de Mn, con un producto de resistencia mecánica por alargamiento de 24000 MPa%. Parece que esta solicitud se refiere a una estructura totalmente austenítica, ahora bien este tipo de microestructura es particularmente difícil de laminar.

[0006] La invención pretende resolver estas dificultades proponiendo chapas de acero laminado en caliente o en frío que presentan simultáneamente:

- Una densidad inferior o igual a 7,3
 - Una resistencia mecánica superior o igual a 600 MPa
 - Un alargamiento de rotura superior o igual al 20%
- 5 • Una buena aptitud para la conformación, particularmente para el laminado
- Una buena soldabilidad y una buena revestibilidad

10 **[0007]** Uno de los objetivos de la invención es también proporcionar un procedimiento de fabricación de estas chapas que sea compatible con las aplicaciones industriales habituales, al tiempo que sea poco sensible a las condiciones de fabricación.

[0008] La invención tiene como primer objeto una chapa de acero laminada cuya densidad es inferior o igual a 7,3 y cuya composición comprende, estando los contenidos expresados en peso:

15 $0,10 \leq C \leq 0,30\%$

$$6,0 \leq Mn \leq 15,0\%$$

20

$$6,0 \leq Al \leq 15,0\%$$

y opcionalmente, uno o más elementos seleccionados entre:

$$Si \leq 2,0\%$$

25

$$Ti \leq 0,2\%$$

$$V \leq 0,6\%$$

30

$$Nb \leq 0,3\%$$

estando el resto de la composición compuesto por hierro y por impurezas inevitables que resultan de la elaboración, siendo la relación del peso de manganeso con respecto al de aluminio tal que $\frac{Mn}{Al} > 1,0$, estando la microestructura de la chapa constituida por ferrita, por austenita y por hasta el 5% de precipitados Kappa en fracción superficial.

35 **[0009]** En una realización preferida de la invención, la composición comprende, expresándose el contenido en peso:

$$0,18 \leq C \leq 0,21\%$$

40 **[0010]** En otra realización preferida de la invención, la composición comprende, expresándose el contenido en peso:

$$7,0 \leq Mn \leq 10,0\%$$

45 **[0011]** En otra realización preferida de la invención, la composición comprende, expresándose el contenido en peso:

$$6,0 \leq Al \leq 12,0\%$$

50 **[0012]** En otra realización preferida de la invención, la composición comprende, expresándose el contenido en peso:

$$6,0 \leq Al \leq 9,0\%$$

55 **[0013]** En otra realización preferida de la invención, la composición comprende, expresándose el contenido en peso:

Si $\leq 1\%$

[0014] Preferentemente, la relación del peso de manganeso con respecto al de aluminio es tal que: $\frac{Mn}{Al} \geq 1,1$, más preferentemente, la relación es tal que $\frac{Mn}{Al} \geq 1,5$, incluso aún más preferentemente, la relación es tal que

$$5 \frac{Mn}{Al} \geq 1,5.$$

[0015] Aún más preferentemente, la chapa de acuerdo con la invención es tal que la resistencia mecánica a la tracción es superior o igual a 600 MPa y el alargamiento de rotura es superior o igual al 20%.

10 **[0016]** La invención tiene como segundo objeto un procedimiento de fabricación de una chapa de acero laminada que tiene una densidad inferior o igual a 7,3 que comprende las etapas que consisten en:

- Proporcionar un acero cuya composición está de acuerdo con la invención,
- Colar dicho acero para formar un producto semiacabado,

15 - Recalentar dicho producto semiacabado a una temperatura T_{rech} comprendida entre 1000°C y 1280°C,
 - laminar en caliente dicho producto semiacabado recalentado con al menos un pase en presencia de ferrita para obtener una chapa,
 - El último pase de laminado se realizará a una temperatura de fin de laminado TFL superior o igual a 850°C.
 - Refrigerar dicha chapa a una velocidad de refrigeración V_{ref1} hasta la temperatura de bobinado T_{bob} inferior o igual a 600°C,
 20 - A continuación, bobinar dicha chapa refrigerada hasta T_{bob} ,

[0017] La invención también tiene por objeto un procedimiento de fabricación de una chapa laminada tal que dicho producto semiacabado se cuele directamente en forma de desbastes delgados o de bandas delgadas.

25

[0018] Preferentemente, la temperatura de fin de laminado T_{FL} está comprendida entre 900 y 980°C.

[0019] Preferentemente, la velocidad de refrigeración V_{ref1} es inferior o igual a 55°C/s.

30 **[0020]** Preferentemente, la temperatura de bobinado está comprendida entre 450 y 550°C.

[0021] La invención también tiene por objeto un procedimiento de fabricación de una chapa de acero laminada en frío y recocida con una densidad inferior o igual a 7,3 que comprende las etapas que consisten en:

35 - Proporcionar una chapa de acero laminada, a continuación
 - Laminar en frío dicha chapa laminada con una tasa de reducción comprendida entre el 35 y el 90% para obtener una chapa laminada en frío, a continuación
 - Calentar dicha chapa con una velocidad V_c hasta una temperatura de mantenimiento T_m comprendida entre 800 y 950°C durante un tiempo t_m inferior a 600 segundos, a continuación
 40 - Refrigerar dicha chapa a velocidad V_{ref2} hasta una temperatura inferior o igual a 500°C.

[0022] Preferentemente, la temperatura T_m está comprendida entre 800 y 900°C.

[0023] Preferentemente, la velocidad de refrigeración V_{ref2} es superior o igual a 30°C/s.

45

[0024] Preferentemente, la velocidad de refrigeración V_{ref2} se mantiene hasta una temperatura comprendida entre 500°C y 460°C.

50 **[0025]** Preferentemente, la chapa refrigerada se reviste con zinc, con una aleación de zinc o con una aleación a base de zinc.

[0026] Las chapas de acero de acuerdo con la invención podrán utilizarse para la fabricación de piezas estructurales o de piezas de revestimiento externo para vehículos terrestres a motor.

55 **[0027]** Otras características y ventajas de la invención aparecerán a través de la presente descripción. Las

figuras adjuntas se dan a modo de ejemplo y de manera no limitante, éstas son tales que:

- La figura 1 ilustra la microestructura de una chapa de acero laminada en caliente de acuerdo con la invención.
- La figura 2 ilustra la microestructura de una chapa de acero laminada en caliente que no cumple las condiciones de acuerdo con la invención.
- La figura 3 presenta el comportamiento mecánico en tracción en caliente que representa la laminabilidad en caliente en función de la temperatura de tracción en °C.
- La figura 4 ilustra la microestructura de una chapa de acero laminada en caliente que no cumple las condiciones de acuerdo con la invención.
- La figura 5 ilustra la microestructura de una chapa de acero laminada en frío de acuerdo con la invención.
- La figura 6 presenta una imagen de difracción axial de la zona [110] que ha permitido identificar el precipitado Kappa en una chapa de acero laminada en caliente de acuerdo con la invención.
- La figura 7 ilustra una microestructura de chapa laminada en frío que no cumple las condiciones de la invención.
- La figura 8 ilustra la evolución de la densidad en función del contenido de aluminio.

15

[0028] La presente invención se refiere a chapas de acero laminadas en caliente o en frío que presentan una densidad reducida con respecto a los aceros convencionales e inferior o igual a 7,3, y esto conservando características mecánicas de conformación, de resistencia mecánica, de soldabilidad y de revestibilidad satisfactorias. La invención también se refiere a un procedimiento de fabricación que permite laminar en caliente o en frío el acero de la invención para obtener una chapa laminada en caliente o en frío que tiene una microestructura que comprende ferrita, austenita y hasta el 5% de precipitados Kappa en fracción superficial.

20

[0029] Para hacer esto, la composición química del acero es muy importante tanto para el comportamiento mecánico de la chapa como para su elaboración. Los contenidos de elementos de composición química a continuación se dan en porcentaje en peso.

25

-De acuerdo con la invención, el contenido de carbono está comprendida entre el 0,10 y el 0,30%. El carbono es un elemento gammágeno. Favorece, con el Mn, la aparición de austenita y, con el aluminio, la formación de los precipitados Kappa basados en la estequiometría $(Fe,Mn)_3AlC_x$, donde x es estrictamente inferior a 1. Por debajo del 0,10%, no se alcanza la resistencia mecánica de 600 MPa. Si el contenido de carbono es superior al 0,30%, la formación de precipitados Kappa será excesiva ya que, por encima del 5% y el laminado de la chapa de acero llevará a fisuras. Preferentemente, se limitará el contenido de carbono al 0,21% inclusive para minimizar los riesgos de aparición de grietas en el laminado. Preferentemente, el contenido mínimo de carbono será también superior o igual al 0,18% para alcanzar más fácilmente la resistencia mecánica de 600 MPa.

35

- El manganeso debe tener su contenido comprendido entre el 6,0% y el 15,0%. Este elemento es, él también, gammágeno. La adición de manganeso servirá, por lo tanto, esencialmente para la obtención de una estructura que contiene austenita además de ferrita. También tiene un efecto endurecedor en solución sólida y estabilizante sobre la austenita. La relación del contenido de manganeso con respecto al de aluminio tendrá una fuerte influencia sobre las estructuras obtenidas en fin de laminado. Para un contenido de Mn inferior al 6,0%, no se alcanza el alargamiento de rotura del 20%, además la austenita estará insuficientemente estabilizada con el riesgo de transformarse prematuramente en martensita durante una refrigeración rápida, tanto a la salida de laminado en caliente como en una línea de recocido. Por encima del 15,0%, debido a su efecto gammágeno, el Mn aumenta de manera excesiva la fracción volumétrica de austenita, reduciendo de hecho la concentración de carbono de la fase austenítica, lo que impediría alcanzar los 600 MPa de resistencia. Preferentemente, se limitará la adición de Mn al 10,0%. Para el límite inferior, preferentemente, el contenido de Mn será del 7,0% para alcanzar el alargamiento del 20% más fácilmente.

40

45

- En lo que concierne al aluminio, su contenido también debe estar comprendido entre el 6,0% y el 15,0%. El aluminio es un elemento alfégeno, disminuye, por lo tanto, el dominio austenítico y este elemento tiende a promover la formación de precipitados Kappa combinándose con el carbono. El aluminio presenta una densidad de 2,7 e influye fuertemente sobre las propiedades mecánicas. Cuando el contenido de aluminio aumenta, la resistencia mecánica y el límite elástico aumentan, mientras que el alargamiento de rotura disminuye, lo que se explica mediante una disminución de la movilidad de las dislocaciones. Por debajo del 6,0%, el efecto de reducción de densidad debido a la presencia de aluminio pierde su interés. Por encima del 15,0%, una precipitación incontrolada de Kappa con una densidad superficial superior al 5% aparece y perjudica la ductilidad del material. Se desea limitar, preferentemente, el contenido de aluminio a estrictamente menos del 9,0% para evitar una precipitación de intermetálicos frágiles. La figura 7 ilustra una microestructura en la que los precipitados Kappa se han formado de manera incontrolada.

50

55

- La relación del contenido ponderal de manganeso con respecto al de aluminio es primordial ya que rige la estabilidad de la austenita y la naturaleza de las estructuras formadas durante el ciclo de fabricación. Por debajo de una relación igual a 1,0 inclusive, la naturaleza de las fases formadas depende muy fuertemente de la velocidad de refrigeración, tanto después del laminado en caliente como después del recocido de recristalización para la chapa laminada en frío. Se corre el riesgo de este modo de formar martensita a partir de la austenita, incluso de ver desaparecer esta última en beneficio de la ferrita y de precipitados Kappa tal como se ilustra en la figura 7. La microestructura de la chapa de la invención excluye la presencia de la martensita y garantiza la presencia de austenita estable. De este modo, no se desea tener una relación $\frac{Mn}{Al} \leq 1,0$ para asegurarse de tener una buena laminabilidad y una chapa poco sensible a las condiciones de fabricación.

[0030] Por encima de una relación del contenido ponderal de manganeso con respecto al de aluminio igual a 1,0, la chapa producida es poco sensible a las condiciones de fabricación al tiempo que es fácilmente laminable tanto en caliente como en frío. Esta reducción de sensibilidad se mejora aumentando la relación, de este modo se prefiere una relación superior o igual respectivamente a 1,1, preferentemente, una relación superior o igual a 1,5 incluso aún más preferentemente, una relación superior o igual a 2,0.

- Del mismo modo que el aluminio, el silicio es un elemento que permite reducir la densidad del acero y reduce la energía de defecto de apilamiento. Esta reducción permite obtener un efecto TRIP conocido por el experto en la materia. No obstante su contenido está limitado al 2,0%, ya que más allá, este elemento tiende a formar óxidos fuertemente adherentes que generan defectos de superficie. En efecto, la presencia de óxidos de superficie lleva a defectos de humectabilidad durante una eventual operación de depósito de zinc en baño caliente por ejemplo. Preferentemente, se limitará el Si al 1%.

- elementos de microaleaciones tales como titanio, vanadio y niobio pueden añadirse en cantidades respectivamente inferiores al 0,2%, 0,6% y 0,3% para obtener un endurecimiento suplementario por precipitación. En particular, titanio y niobio permiten controlar el tamaño de grano durante la solidificación. Una limitación es, sin embargo, necesaria ya que más allá, se obtiene un efecto de saturación.

[0031] Otros elementos tales como cerio, boro, magnesio o zirconio pueden añadirse en solitario o en combinación en las proporciones siguientes: $Ce \leq 0,1\%$, $B \leq 0,01$, $Mg \leq 0,010$ y $Zr \leq 0,010$. Hasta los contenidos máximos indicados, estos elementos permiten afinar el grano ferrítico durante la solidificación.

[0032] El resto de la composición está constituido por hierro y por impurezas inevitables que resultan de la elaboración.

- La microestructura de la chapa de acuerdo con la invención está constituida por ferrita, por austenita y hasta el 5% de precipitados Kappa en fracción superficial. La ferrita presenta una solubilidad del carbono creciente con la temperatura. Ahora bien, el carbono en solución sólida es muy fragilizante para los aceros de baja densidad, ya que reduce más la movilidad de las dislocaciones ya baja debido a la presencia de aluminio. Una saturación de carbono en la ferrita puede conducir, por lo tanto, a la activación de un mecanismo de maclación en esta última. De este modo, sin estar ligados por esta teoría, los inventores adelantan que la austenita y los precipitados sirven como trampas para carbono eficaces y facilitan el laminado en el dominio intercrítico. Este enfoque es sorprendente, ya que se podría creer que sería preciso evitar formar estas fases duras para facilitar el laminado pero la solubilidad del carbono en la austenita y en los precipitados es más elevada que en la ferrita. Esta combinación de estructura que contiene ferrita, austenita, hasta el 5% de precipitados Kappa en fracción superficial otorga, por lo tanto, a la chapa la ductilidad necesaria tanto para su laminabilidad durante el laminado como durante la fabricación de piezas de estructura. Se precisa que la tasa de recristalización de la ferrita después del recocido o después del bobinado será superior al 90% e idealmente igual al 100%. Si la fracción recristalizada de ferrita es inferior al 90%, la chapa obtenida no presentará el 20% de alargamiento requerido por la invención.

[0033] Numerosos experimentos y estudios metalográficos permitieron a los inventores demostrar que la presencia localizada de precipitados de tipo Kappa en forma de esferoide alrededor de los límites de grano ferrítico reduce, a su vez, la laminabilidad de la chapa.

[0034] La densidad superficial de los precipitados Kappa puede llegar hasta el 5% ya que por encima del 5%, la ductilidad cae y no alcanza el 20% de alargamiento de rotura de la invención. Además, existe el riesgo también de tener una precipitación incontrolada de Kappa alrededor de los límites de grano ferrítico, lo que aumentaría las

fuerzas de laminado de la chapa de la invención con las herramientas habituales de laminado de acero a escala industrial. De este modo preferentemente, se prevén menos del 2% de precipitados Kappa. Se precisa que al ser la microestructura uniforme, la fracción superficial es igual a la fracción volumétrica.

5 **[0035]** El desarrollo del procedimiento de fabricación de una chapa laminada en caliente de acuerdo con la invención es el siguiente:

- Se proporciona un acero de composición de acuerdo con la invención

10 - Se procede a la colada de un producto semiacabado a partir de este acero. La colada puede efectuarse en lingote, o bien de forma continua en forma de desbastes delgados o bandas delgadas. Es decir con un grosor que varía entre aproximadamente 220 mm para los desbastes y que puede llegar hasta varias decenas de mm para las bandas delgadas.

15 - Los productos semiacabados colados se recalientan a continuación a una temperatura comprendida entre 1000°C y 1280°C para tener en cualquier punto una temperatura favorable a las fuertes deformaciones de laminado. Más allá de 1280°C, existe el riesgo de formar granos ferríticos particularmente groseros, los numerosos ensayos de los inventores indicaron una correlación entre el tamaño de grano ferrítico inicial y la capacidad de estos últimos para

20 - Se procede a la recristalización durante el laminado en caliente. Cuanto mayor es el tamaño de grano ferrítico inicial, menos fácilmente se recristaliza, de este modo se evitan temperaturas de recalentamiento más allá de 1280°C ya que éstas son industrialmente costosas y poco favorables a la recristalización de la ferrita. Esto puede, por otra parte, amplificar el fenómeno de estriado (también llamado "roping"). Se precisa que el estriado se debe a un conjunto de granos de pequeño tamaño, poco desorientados, en granos de mayor tamaño. Este fenómeno es visible mediante una localización preferente de las deformaciones en bandas en la dirección de laminado. Esto se debe a la presencia de

25 granos no recristalizados restaurados. Se mide mediante un bajo alargamiento repartido en dirección transversal.

[0036] Por debajo de 1000°C, se vuelve cada vez más difícil tener una temperatura de fin de laminado por encima de 850°C. Preferentemente, la temperatura de recalentamiento está comprendida entre 1150 y 1280°C.

30 **[0037]** Las etapas siguientes permiten evitar el fenómeno de estriado y tener una buena ductilidad y una buena conformabilidad:

- Es necesario efectuar el laminado con al menos un pase de laminado en presencia de ferrita, es decir en el dominio parcial o totalmente ferrítico. Esto para evitar una saturación de carbono en la ferrita que puede llevar a la maclación. La austenita sirve de este modo como trampas para carbono eficaces ya que la solubilidad del carbono en la austenita es más elevada que en la ferrita.

35

- El último pase de laminado se efectúa a una temperatura superior a 850°C ya que, por encima de esta temperatura, la chapa de acero de acuerdo con la invención presenta una caída notable de laminabilidad como muestra la figura 3 que presenta la estricción de probetas sometidas a una tracción en caliente a diferentes temperaturas. Una temperatura de fin de laminado comprendida entre 900 y 980°C se prefiere para tener una estructura propicia a la recristalización y laminable.

40

- Se refrigera a continuación la chapa obtenida a una velocidad de refrigeración hasta la temperatura de bobinado T_{bob} . Preferentemente, se preferirá una velocidad de refrigeración V_{ref1} inferior o igual a 55°C/s para controlar mejor la precipitación de los kappa.

45

- Se bobina a continuación la chapa a una temperatura de bobinado inferior a 600°C ya que, por encima, existe el riesgo de no poder controlar la precipitación de kappa, y tener más del 5% de este último tras una descomposición importante de la austenita tal como se ilustra en las figuras 2 y 4. Preferentemente, se bobina la chapa a una temperatura comprendida entre 450 y 550°C.

50

[0038] En esta fase, se obtiene una chapa laminada en caliente y si se desea obtener una chapa laminada en frío con un grosor inferior por ejemplo a 5 mm, se procede a las siguientes etapas:

55

- Se efectúa un laminado en frío con una reducción de grosor comprendida entre el 35 y el 90%.

- Se calienta a continuación la chapa laminada en frío a una velocidad de calentamiento V_c que se prefiere superior a 3°C hasta una temperatura de mantenimiento T_m comprendida entre 800 y 950°C durante un tiempo inferior a 600

segundos para asegurarse de una tasa de recristalización superior al 90% de la estructura inicial fuertemente endurecida en frío.

- Se refrigera a continuación la chapa a una velocidad V_{ref2} hasta una temperatura inferior o igual a 500°C, se prefiere una velocidad de refrigeración superior a 30°C/s para controlar mejor la formación de los precipitados Kappa y no superar el 5% en contenido superficial. Por debajo de 500°C, un tratamiento térmico suplementario para facilitar un depósito de revestimiento por baño en caliente con, por ejemplo, zinc no cambiará las propiedades mecánicas de la chapa de la invención. Los inventores pudieron mostrar que deteniendo la refrigeración a la velocidad V_{ref2} entre 500 y 460°C, para efectuar un mantenimiento antes de la inmersión en caliente en un baño de zinc, las propiedades previstas por la chapa de la invención permanecen inalteradas. A título ilustrativo y no limitante, los siguientes ensayos mostrarán las características ventajosas que pueden emanar del desarrollo de chapas de acero de acuerdo con la invención.

Ejemplo 1: chapas laminadas en caliente

15

[0039] Se elaboraron productos semiacabados a partir de coladas de acero. Las composiciones de los productos semiacabados, expresadas en porcentaje ponderal, figuran en la tabla 1 a continuación:

[0040] El resto de la composición de los aceros que figuran en la tabla 1 está constituido por de hierro y por impurezas inevitables que resultan de la elaboración.

Tabla 1: Composición de aceros (% en peso).

	C	Mn	Al	Si	Ti	V	Nb	Mn/Al
I1	0,193	14,9	6,52	<0,030	0,096	<0,030	<0,030	2,29
I2	0,188	8,28	7,43	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	1,11
R1	0,186	3,4	9,7	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	0,35
R2	0,117	4,78	7,6	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	0,63
R3	0,2	7,01	8,07	0,25	<0,030	<0,030	<0,030	0,87

I=invención / R=Referencia / los valores subrayados no son de acuerdo con la invención.

[0041] Los productos se laminaron en caliente para obtener chapas laminadas en caliente y las condiciones de fabricación figuran en la tabla 2 a continuación con las siguientes abreviaturas:

- T_{rech} : es la temperatura de recalentamiento
- T_{FL} : es la temperatura de fin de laminado
- V_{ref1} : es la temperatura de refrigeración después del último pase de laminado.
- T_{bob} : es la temperatura de bobinado

35 Tabla 2: Condiciones de fabricación de las chapas laminadas en caliente a partir de los productos semiacabados.

	T_{rech} (°C)	T_{FL} (°C)	V_{ref1}	T_{bob} (°C)
I1	1180	950	Aire	500
I2	1230	964	Aire	500
R1	1300	950	Aire	500
R2a	1230	975	Aire	700
R2b	1150	954	Agua	Ambiente

R3	1220	927	50°C/s	500
I=invención / R=Referencia / los valores subrayados no son de acuerdo con la invención.				

[0042] Las chapas **I1** e **I2** son chapas cuya composición química y el procedimiento de desarrollo están de acuerdo con la invención. Las dos composiciones químicas son diferentes y presentan relaciones de Mn/Al diferentes. Las chapas con la referencia R1, R2 y R3 presentan composiciones químicas que no cumplen las condiciones de acuerdo con la invención respectivamente para el contenido de Mn, o para los contenidos de C y de Mn o bien para la relación de Mn/Al. R2a y R2b son dos ensayos realizados con el mismo matiz R2 en la tabla 1. El laminado en caliente se efectuó con al menos un pase de laminado en presencia de ferrita. La refrigeración en aire presenta una velocidad de refrigeración inferior a 55°C/segundo.

10 **[0043]** La tabla 3 presenta las siguientes características:

- Ferrita: designa la presencia o no de ferrita recristalizada con una tasa de recristalización superior al 90% en la microestructura de la chapa después del bobinado.

15 • Austenita: designa la presencia o no de austenita en la microestructura de la chapa después del bobinado.

- K: designa la presencia de precipitados Kappa en la microestructura con una fracción superficial inferior al 5%. Esta medida se efectúa gracias a un microscopio electrónico de barrido.

20 • Rm (MPa): la resistencia mecánica en un ensayo de tracción en sentido longitudinal con respecto a la dirección de laminado.

- Atot(%): designa el alargamiento de rotura en un ensayo de tracción en sentido longitudinal con respecto a la dirección de laminado.

25

- Densidad estimada: sobre la base de la figura 8 de acuerdo con el contenido de Al.

- Fisura: Designa si ha aparecido una fisura claramente visible a simple vista después del laminado en caliente en la chapa.

30

- X: Indica que la medida no se ha realizado.

Tabla 3: Propiedades de las chapas laminadas en caliente.

	Ferrita	Austenita	K	Rm (MPa)	Atot (%)	Densidad medida	Fisura
I1	SÍ	SÍ	SÍ	647	41	<7,3	NO
I2	SÍ	SÍ	SÍ	683	34,1	<7,3	NO
R1	SÍ	SÍ	SÍ	X	X	<7,3	SÍ
R2a	SÍ	SÍ	SÍ	560	2,9	<7,3	NO
R2b	SÍ	SÍ	SÍ	664	13	<7,3	NO
R3	SÍ	SÍ	SÍ	810	14,1	<7,3	SÍ
I=invención / R=Referencia / los valores subrayados no son de acuerdo con la invención							

35 **[0044]** Las dos chapas de acero I1 e I2 corresponden a las chapas de acuerdo con la invención. La microestructura de la chapa I1 se ilustra mediante la figura 1. Ninguna de estas chapas presenta una fisura después del laminado. Las resistencias mecánicas son superiores a 600 MPa, su alargamiento de rotura es ampliamente superior al 20% y son soldables y revestibles. La presencia de ferrita y de austenita se confirmó al microscopio electrónico de barrido y la presencia de precipitados Kappa lo fue mediante la indexación del imagen de difracción

obtenido tras observaciones al microscopio electrónico de transmisión (véase la figura 6).

[0045] La chapa R1 presenta un contenido de Mn inferior al 6%, una relación de Mn/Al inferior a 1 y una temperatura de calentamiento superior a 1280°C. La chapa, después del laminado en caliente presentó fisuras. La laminabilidad de este acero es insuficiente. La letra "X" significa que no se realizó prueba de tracción.

[0046] Las chapas R2a y R2b proceden de la chapa R2 y presentan una relación de Mn/Al inferior a 1 y un contenido de manganeso inferior al 6%. R2a se sometió a un bobinado a una temperatura superior a 600°C lo que llevó a una descomposición de la austenita en Kappa y en ferrita tal como se ilustra mediante la figura 4. El alargamiento no alcanza el 20% necesario.

[0047] La chapa R2b se sometió a condiciones de laminado de acuerdo con la invención pero no cumpliendo la composición química las condiciones previstas, es decir que la relación Mn/Al está por debajo de 1, no se alcanza el alargamiento del 20%.

[0048] La chapa R3 presenta una relación Mn/Al inferior a 1,0; a pesar de las condiciones de laminado de acuerdo con la invención y de los elementos de aleación en las horquillas previstas por la invención, aparecieron fisuras durante el laminado en caliente.

20 Ejemplo 2: chapas laminadas en frío y recocidas

[0049] Se elaboraron productos semiacabados a partir de una colada de acero. La composición química de los productos semiacabados, expresada en porcentaje ponderal, figura en la tabla 4 a continuación:

25 [0050] El resto de la composición de los aceros que figuran en la tabla 4 está constituida por hierro y por impurezas inevitables que resultan de la elaboración.

Tabla 4: Composición de acero (% en peso). I=invención

	C	Mn	Al	Si	Ti	V	Nb	Mn/Al	Densidad medida mediante picnometría
I3	0,21	8,2	7,4	0,26	<0,030	<0,030	<0,030	1,11	7,04
I4	0,21	8,6	6,1	0	<0,030	<0,030	<0,030	1,41	7,17
I5	0,2	8,6	6,1	0,89	<0,030	<0,030	0,1	1,41	7,12
I6	0,19	8,7	7,2	0	<0,030	<0,030	<0,030	1,21	no medida

30 [0051] La densidad de I6 se estimó en 7,1 gracias a la curva de la figura 8.

[0052] Los productos se laminaron en primer lugar en caliente en las siguientes condiciones:

Tabla 5: Condiciones de laminado en caliente

	T _{rech} (°C)	T _{FL} (°C)	V _{ref1}	T _{bob} (°C)
I3a	1180	905	50°C/s	500
I3b	1180	964	50°C/s	500
I4	1150	935	55°C/s	450
I5	1150	952	55°C/s	450
I6	1150	944	50°C/s	450

[0053] Las chapas se laminaron en frío y recocieron a continuación. Las condiciones de fabricación figuran en las tablas 5 y 6 con las siguientes abreviaturas:

- 5 • T_{rech} : es la temperatura de recalentamiento
- T_{FL} : es la temperatura de fin de laminado
- V_{ref1} : es la temperatura de refrigeración después del último pase de laminado.
- 10 • T_{bob} : es la temperatura de bobinado
- Tasa: es la tasa de reducción durante el laminado en frío
- 15 • V_c : es la velocidad de calentamiento hasta la temperatura de mantenimiento T_m .
- T_m : es la temperatura de mantenimiento de recristalización.
- t_m : es el tiempo durante el cual la chapa se mantiene a la temperatura T_m .
- 20 • V_{ref2} : es la velocidad de refrigeración hasta una temperatura inferior a 500°C.

Tabla 6: Condiciones de fabricación de las chapas laminadas en frío y recocidas. I=invención

	Tasa (%)	V_c (°C/s)	T_m (°C)	t_m (s)	V_{ref2}
I3a	74	15	830	136	50
I3b	74	15	850	136	50
I4	75	15	905	136	55
I5	75	15	910	136	55
I6	75	15	909	136	55

25 **[0054]** Las chapas I3a, I3b, I4, I5 e I6 son chapas cuya composición química y cuyo procedimiento de desarrollo están de acuerdo con la invención.

30 **[0055]** La tabla 7 presenta las características siguientes:

- Ferrita: designa la presencia o no de ferrita recristalizada con una tasa de recristalización superior al 90% en la microestructura de la chapa recocida.
- Austenita: designa la presencia o no de austenita en la microestructura de la chapa después del bobinado.
- 35 • K: designa la presencia de precipitados Kappa en la microestructura con una fracción superficial inferior al 5%. Esta medida se efectúa gracias a un microscopio electrónico de barrido. Cuando se escribe "NO", los precipitados kappa están ausentes.
- 40 • R_m (MPa): la resistencia mecánica en un ensayo de tracción en sentido longitudinal con respecto a la dirección de laminado.
- Atot(%): designa el alargamiento de rotura en un ensayo de tracción en sentido longitudinal con respecto a la dirección de laminado.
- 45 • Densidad medida: designa la densidad medida mediante picnometría e ilustrada en la figura 7.

- Fisura: Designa si ha aparecido una fisura claramente visible a simple vista después del laminado en la chapa.

Tabla 7: Propiedades de las chapas laminadas en frío y recocidas. I=invención

	Ferrita	Austenita	K	Rm (MPa)	Atot (%)	Densidad medida	Fisura
I3a	SÍ	SÍ	NO	831	23	7,04	NO
I3b	SÍ	SÍ	NO	800	26	7,04	NO
I4	SÍ	SÍ	NO	685	34	7,17	NO
I5	SÍ	SÍ	NO	742	30	7,12	NO
I6	SÍ	SÍ	NO	704	22	7,1*	NO

* la densidad de I6 se estimó.

- 5 **[0056]** Las chapas de acero laminadas en frío de la tabla 7 corresponden a chapas de acuerdo con la invención. La microestructura de la chapa I3a se ilustra mediante la figura 5. Ninguna de estas chapas presenta una fisura después del laminado. Las resistencias mecánicas son superiores a 600 MPa, su alargamiento de rotura es superior al 20% y estas son soldables y la chapa I3a se revistió de Zn mediante un procedimiento de baño en caliente en un baño de Zn a 460°C, llamado procedimiento de galvanización en baño caliente. La chapa, tanto
- 10 denuda como revestida, presenta una buena soldabilidad. Los aceros de acuerdo con la invención presentan de este modo una buena aptitud para la galvanización de forma continua, en particular.

- [0057]** Los aceros de acuerdo con la invención presentan una buena combinación de propiedades interesantes para las piezas estructurales o de revestimiento externo en el automóvil (baja densidad, buena aptitud
- 15 para la deformación, buenas propiedades mecánicas, buena soldabilidad y buena resistencia a la corrosión con un revestimiento).

REIVINDICACIONES

1. Chapa de acero laminada cuya densidad es inferior o igual a 7,3 y cuya composición comprende, estando los contenidos expresados en peso:
- 5
- $$0,10 \leq C \leq 0,30\%$$
- $$6,0 \leq Mn \leq 15,0\%$$
- 10
- $$6,0 \leq Al \leq 15,0\%$$
- y opcionalmente, uno o más elementos seleccionados entre:
- 15
- $$Si \leq 2,0\%$$
- $$Ti \leq 0,2\%$$
- $$V \leq 0,6\%$$
- 20
- $$Nb \leq 0,3\%$$
- estando el resto de la composición compuesto por hierro y por impurezas inevitables que resultan de la elaboración, entendiéndose que $\frac{Mn}{Al} > 1,0$, estando la microestructura de la chapa constituida por ferrita, por austenita y hasta el 5% de precipitados Kappa en fracción superficial.
- 25
2. Chapa de acero de acuerdo con la reivindicación 1, cuya composición comprende, estando los contenidos expresados en peso:
- 30
- $$0,18 \leq C \leq 0,21\%$$
3. Chapa de acero de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, cuya composición comprende, estando los contenidos expresados en peso:
- 35
- $$7,0 \leq Mn \leq 10,0\%$$
4. Chapa de acero de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, cuya composición comprende, estando los contenidos expresados en peso:
- 40
- $$6,0 \leq Al < 12,0\%$$
5. Chapa de acero de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, cuya composición comprende, estando los contenidos expresados en peso:
- 45
- $$6,0 \leq Al < 9,0\%$$
6. Chapa de acero de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, cuya composición comprende, estando los contenidos expresados en peso:
- 50
- $$Si \leq 1\%$$
7. Chapa de acero de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, cuya fracción superficial de precipitados kappa es inferior o igual al 2%.
8. Chapa de acero de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, cuya resistencia mecánica a la tracción es superior o igual a 600 MPa y el alargamiento de rotura es superior o igual al 20%.
- 55
9. Chapa de acero de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8 cuya relación del

contenido de Mn con respecto al de Al es tal que: $\frac{Mn}{Al} \geq 1,1$.

10. Chapa de acero de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, cuya relación del contenido de Mn con respecto al de Al es tal que: $\frac{Mn}{Al} \geq 1,5$.

5

11. Chapa de acero de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, cuya relación del contenido de Mn con respecto al de Al es tal que: $\frac{Mn}{Al} \geq 2,0$.

12. Procedimiento de fabricación de una chapa de acero laminada que tiene una densidad inferior o igual a 7,3 de acuerdo con el cual:

- Se proporciona un acero de composición de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11,
- Se cuela dicho acero para formar un producto semiacabado,
- Se recalienta eventualmente dicho producto semiacabado a una temperatura T_{rech} comprendida entre 1000°C y 1280°C,
- Se lamina en caliente dicho producto semiacabado recalentado con al menos un pase de laminado en presencia de ferrita para obtener una chapa,
- La temperatura de fin de laminado T_{FL} es superior o igual a 850°C,
- Se refrigera dicha chapa a una velocidad de refrigeración V_{ref1} hasta una temperatura de bobinado T_{bob} inferior o igual a 600°C,
- A continuación, se bobina dicha chapa refrigerada.

13. Procedimiento de fabricación de una chapa laminada de acuerdo con la reivindicación 12, cuyo dicho producto semiacabado se cuela directamente en forma de desbastes delgados o de bandas delgadas.

25

14. Procedimiento de fabricación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 11 o 13, cuya temperatura de fin de laminado T_{FL} está comprendida entre 900 y 980°C.

15. Procedimiento de fabricación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 14, cuya velocidad de refrigeración V_{ref1} es inferior o igual a 55°C/s.

30

16. Procedimiento de fabricación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 15, cuya temperatura de bobinado está comprendida entre 450 y 550°C.

17. Procedimiento de fabricación de una chapa de acero laminada en frío y recocida que tiene una densidad inferior o igual a 7,3 de acuerdo con el cual:

- Se proporciona una chapa de acero laminada de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 16, a continuación
- Se lamina en frío dicha chapa laminada con una tasa de reducción comprendida entre el 35 y el 90% para obtener una chapa laminada en frío,
- A continuación, se calienta dicha chapa con una velocidad V_c hasta una temperatura de mantenimiento T_m comprendida entre 800 y 950°C durante un tiempo t_m inferior a 600 segundos, a continuación
- Se refrigera dicha chapa a velocidad V_{ref2} hasta una temperatura inferior o igual a 500°C.

45

18. Procedimiento de fabricación de acuerdo con la reivindicación 17, cuya la temperatura T_m está comprendida entre 800 y 900°C.

19. Procedimiento de fabricación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 16 o 18, cuya velocidad de refrigeración V_{ref2} es superior o igual a 30°C/s.

50

20. Procedimiento de fabricación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 16 a 19, cuya refrigeración V_{ref2} se mantiene hasta una temperatura comprendida entre 500°C y 460°C.

21. Procedimiento de fabricación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 20, cuya

55

chapa se reviste a continuación con zinc, con una aleación de zinc o con una aleación a base de zinc.

22. Utilización de chapas de acero de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, o que pueden obtenerse de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 21, para la fabricación de piezas 5 estructurales o de piezas de revestimiento externo para vehículos terrestres a motor.

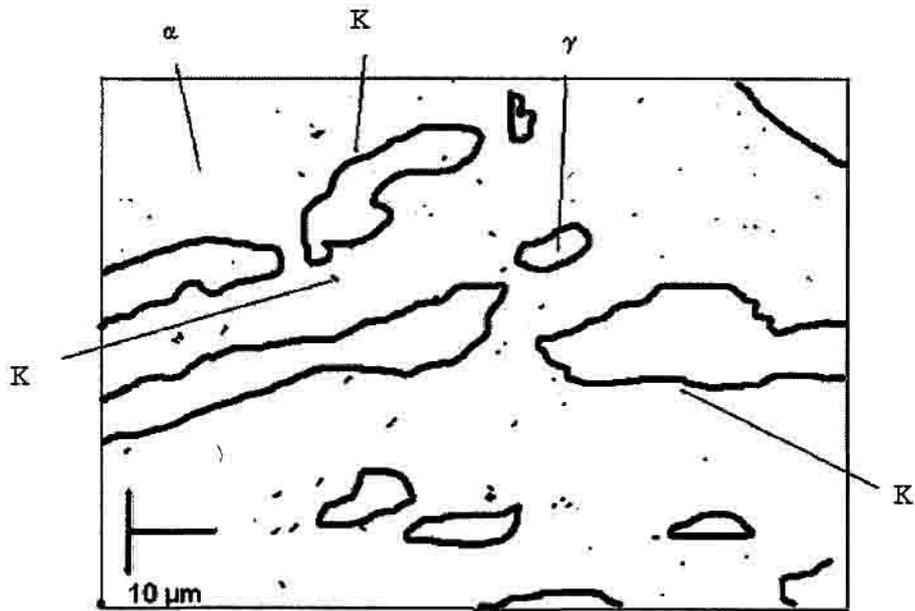


Figura 1

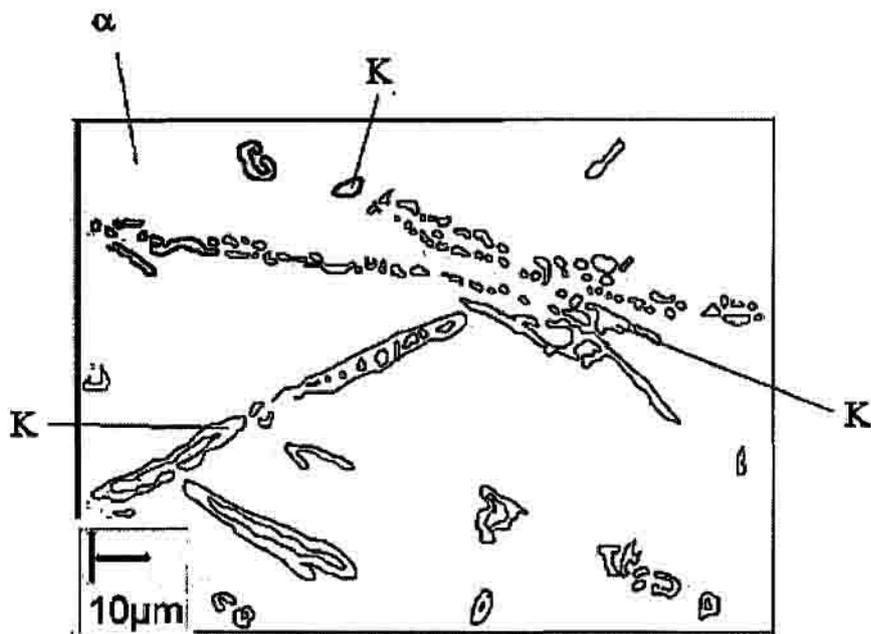


Figura 2

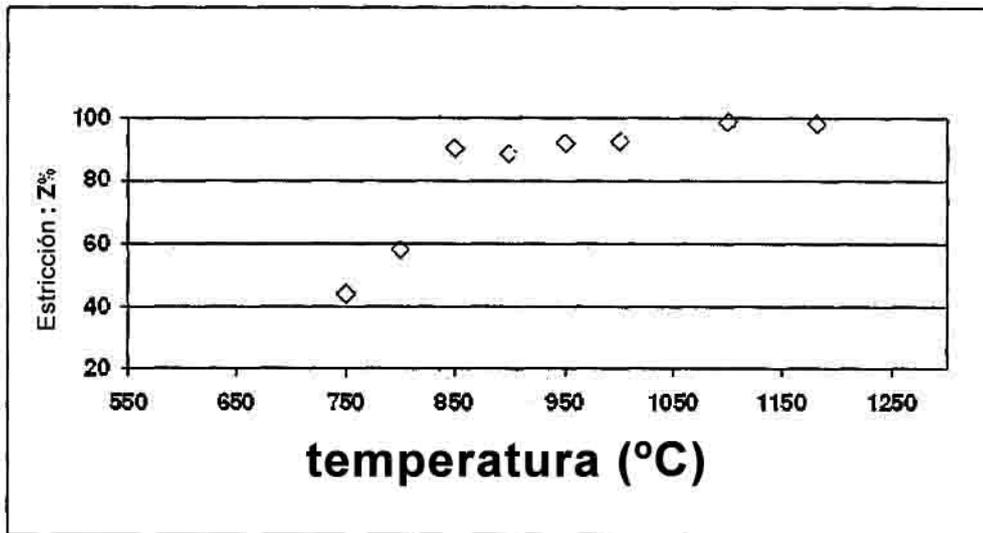


Figura 3

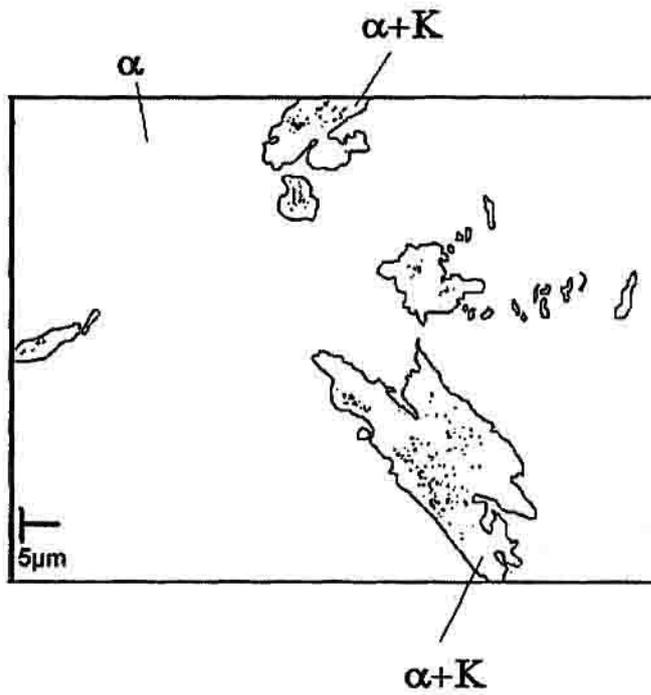


Figura 4

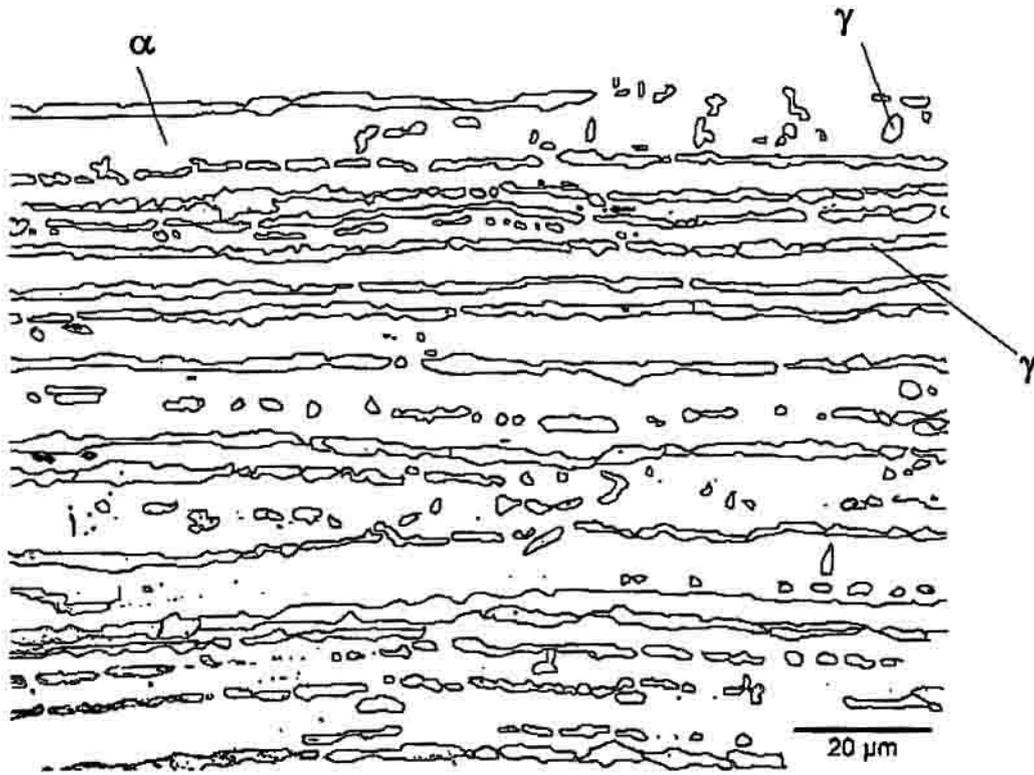


Figura 5

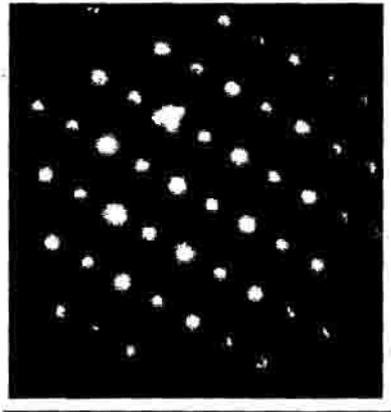


Figura 6

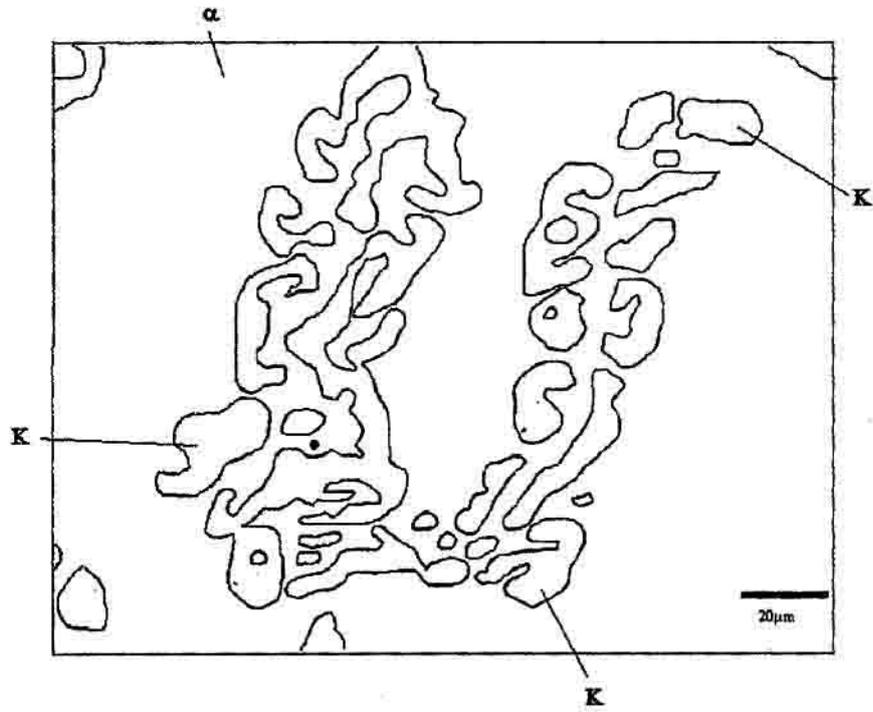


Figura 7

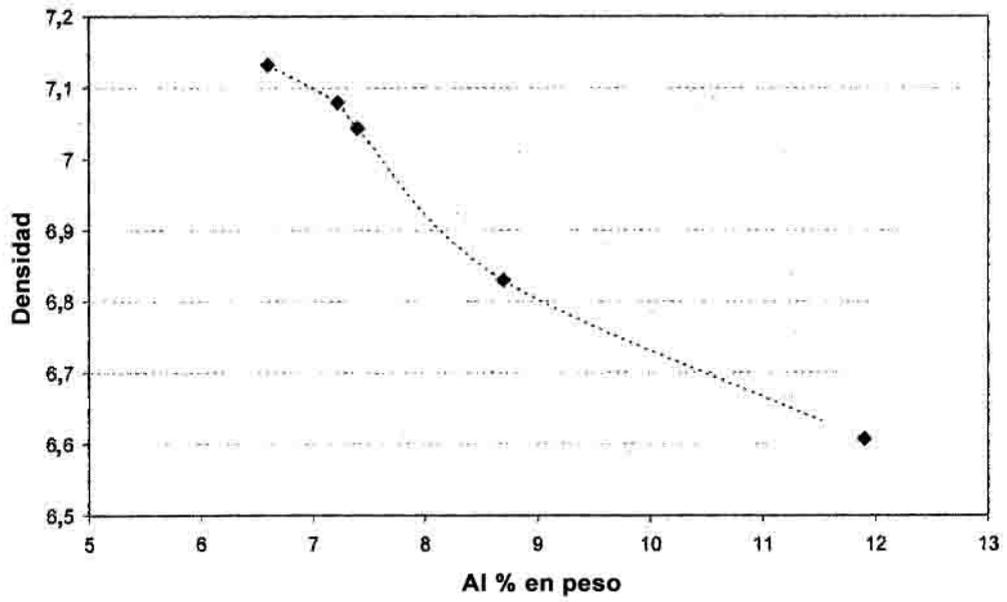


Figura 8