



(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 278 044**

(51) Int. Cl.:

C22C 38/04 (2006.01)

C22C 38/02 (2006.01)

C22C 38/12 (2006.01)

C22C 38/14 (2006.01)

C22C 38/18 (2006.01)

C22C 38/32 (2006.01)

C21D 8/02 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Número de solicitud europea: **02764409 .5**

(86) Fecha de presentación : **28.08.2002**

(87) Número de publicación de la solicitud: **1423547**

(87) Fecha de publicación de la solicitud: **02.06.2004**

(54) Título: **Una composición de acero de ultra alta resistencia, el proceso de fabricación de un producto de acero de ultra alta resistencia y el producto obtenido.**

(30) Prioridad: **29.08.2001 EP 01870186**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.08.2007

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.08.2007

(73) Titular/es: **ARCELOR France**
1 a 5, rue Luigi Cherubini
93200 Saint Denis, FR

(72) Inventor/es: **Vandeputte, Sven;**
Mesplont, Christophe y
Jacobs, Sigrid

(74) Agente: **Lehmann Novo, María Isabel**

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

Una composición de acero de ultra alta resistencia, el proceso de fabricación de un producto de acero de ultra alta resistencia y el producto obtenido.

Campo de la invención

La presente invención se relaciona con una composición de acero de ultra alta resistencia, con el proceso de fabricación de un producto de acero de ultra alta resistencia, y con el producto final de dicho proceso.

Estado del arte

En la industria automotor existe la necesidad de la reducción del peso, lo que supone el uso de materiales de alta resistencia de manera que se pueda disminuir el grosor de las partes sin detrimento de los requerimientos funcionales y de seguridad. Los productos de láminas de acero de ultra alta resistencia (UHSS) que tienen una buena formabilidad pueden proporcionar la solución para este problema.

Varios documentos describen tales productos UHSS. Más particularmente, el documento DE19710125 describe un método para fabricar un fleje de acero dúctil altamente resistente (superior a 900 MPa) con (en % en masa) 0.1 hasta 0.2% de C, 0.3 hasta 0.6% de Si, 1.5 hasta 2.0% de Mn, máx. 0.08% de P, 0.3 hasta 0.8% de Cr, hasta 0.4% de Mo, hasta 0.2% de Ti y/o de Zr, hasta 0.08% de Nb. El material es producido como un fleje laminado enrollado caliente. Sin embargo, una desventaja de este proceso es que para grosores pequeños (por ejemplo más pequeños que 2 mm), las fuerzas del laminado se incrementan de manera drástica, lo que plantea un límite para las posibles dimensiones que pueden ser fabricadas. La razón de este límite es la muy alta resistencia de este material no solo en el producto final sino también a las temperaturas en el tren de acabado del laminador en caliente. También es conocido que el alto contenido de Si provoca problemas en la calidad de la superficie debido a la presencia de óxidos de Si los cuales después del decapado crean una superficie con una aspereza muy alta e irregular. Además, con el fin de la protección contra la corrosión, el galvanizado en baño de solución alcalina caliente de tal sustrato de alto contenido de Si por lo general conduce a una apariencia de la superficie insuficiente para las aplicaciones en el campo automotor, con además un riesgo alto de la presencia de manchas debido a zonas con falta de pintura en la superficie.

El documento JP09176741 describe la fabricación de un fleje de acero laminado en caliente de alta tenacidad con excelentes características de homogeneidad y fatiga. El acero tienen una composición que contiene (en % en masa), <0.03% de C, <0.1% de Al, 0.7 hasta 2.0% de Cu, 0.005 hasta 0.2% de Ti, 0.0003 hasta 0.0050% de B y <0.0050% de N. El producto laminado en caliente tienen una estructura en la cual el % en volumen bainítico es mayor que el 95% y el % en volumen martensítico es <2%. Las desventajas de esta invención son además de los grosores limitados que pueden ser fabricados en el laminador de flejes en caliente como fue explicado anteriormente, también el uso de una cantidad sustancial de Cu como elemento de aleación. Este elemento es solamente usado para productos particulares y generalmente no es deseado en las composiciones usadas por ejemplo en aceros de embutición profunda, aceros estructurales y aceros de alta resistencia clásicos para las aplicaciones en el campo automotor. De esta forma, la presencia de Cu hace la administración y logística de la chatarra mucho más difícil en las plantas de producción de acero si la mayoría de la gama de productos contiene grados donde el Cu tiene que ser limitado a un nivel de impureza bajo. Además, se conoce que el cobre deteriora considerablemente la tenacidad de la zona afectada por el calor después de la soldadura y de esta forma deteriora la soldabilidad. Esto también está asociado frecuentemente con problemas de escasez de calor.

El documento EP0019193 describe el método de fabricar un acero de fase dual que contiene mayormente ferrita de granos finos con granos de martensita dispersos entre ellos. La composición comprende 0.05-0.2% de C, 0.5-2.0% de Si, 0.5-1.5% de Mn, 0-1.5% de Cr, 0-0.15% de V, 0-0.15% de Mo, 0-0.04% de Ti, 0-0.02% de Nb. La producción de dicho acero es realizada manteniendo la temperatura del fleje de acero laminado en caliente bobinado dentro del rango de 800-650°C por un periodo de tiempo de más de un minuto, desembobinando el fleje de acero y enfriando el fleje de acero hasta una temperatura por debajo de 450°C a una velocidad que excede los 10°C/s. Se describe que cambiando la cantidad de martensita desde 5 a 25%, la resistencia a la tracción puede ser variada entre 400 y 1400 MPa y el alargamiento entre 40 y 10%. Las desventajas son nuevamente que solamente son considerados los productos laminados en caliente así como el alto contenido de Si el cual plantea problemas para el galvanizado en baño de solución alcalina caliente.

El documento EP861915 describe un acero de alta resistencia a la tracción y alta tenacidad y el método para fabricarlo. La resistencia a la tracción no es menor que 900 MPa, y la composición consiste de (en % en masa) 0.02-0.1% de C, Si<0.6%, Mn 0.2-2.5%, 1.2<Ni<2.5%, 0.01-0.1% de Nb, 0.005-0.03% de Ti, 0.001-0.006% de N, 0-0.6% de Cu, 0-0.8% de Cr, 0-0.6% de Mo, 0-0.1% de V. También la adición del boro es considerada. La microestructura del acero puede ser una estructura mezclada de martensita (M) y bainita inferior (LB) que ocupa al menos el 90% en volumen de la microestructura, la LB ocupando al menos el 2% en volumen en la estructura mezclada, y la relación de dimensiones de los granos de austenita anteriores no es menos que 3. La producción de tal acero consiste en calentar un bloque de acero hasta una temperatura desde 1000°C hasta 1250°C; laminar el bloque de acero en una plancha de acero de manera que el índice de reducción acumulado de la austenita en la zona de temperatura de no recristalización no sea menos que el 50%; terminar el laminado a una temperatura por encima del punto Ar3; y enfriar la plancha de acero desde la temperatura por encima del punto Ar3 hasta una temperatura de no mayor que 500°C a una velocidad

de enfriamiento de desde 10°C/seg hasta 45°C/seg medida en el centro en la dirección del grosor de la plancha de acero. Las desventajas de esta invención son la adición de una cantidad sustancial de Ni lo que esta muy lejos de ser usado frecuentemente en las plantas de producción de acero de carbono clásico (planteando los mismos problemas de administración de la chatarra que con el Cu en los documento previos citados) así como la limitación al laminado en caliente.

El documento W09905336 describe un acero que contiene boro soldable de ultra alta resistencia con una tenacidad superior. La resistencia a la tracción es al menos 900 MPa y la microestructura está compuesta predominantemente de bainita inferior de grano fino, martensita en lajas de grano fino, o mezclas de las mismas. La composición consiste de (en % en masa) de alrededor de 0.03% hasta alrededor de 0.10% de C, alrededor de 1.6% hasta alrededor de 2.1% de Mn, alrededor de 0.01% hasta alrededor de 0.10% de Nb, alrededor de 0.01% hasta alrededor de 0.10% de V, alrededor de 0.2% hasta alrededor de 0.5% de Mo, alrededor de 0.005% hasta alrededor de 0.03% de Ti, alrededor de 0.0005% hasta alrededor de 0.0020% de B. El acero que contiene boro está compuesto adicionalmente de al menos un aditivo seleccionado del grupo que consiste de (i) 0% en peso hasta alrededor de 0.6% en peso de Si, (ii) 0% en peso hasta alrededor de 1.0% en peso de Cu, (iii) 0% en peso hasta alrededor de 1.0% en peso de Ni, (iv) 0% en peso hasta alrededor de 1.0% en peso de Cr, (v) 0% en peso hasta alrededor de 0.006% en peso de Ca, (vi) 0% en peso hasta alrededor de 0.06% en peso de Al, (vii) 0% en peso hasta alrededor de 0.02% en peso de REM, y (viii) 0% en peso hasta alrededor de 0.006% en peso de Mg. Nuevamente, el procesamiento está limitado al laminado en caliente solo, seguido por el enfriamiento rápido hasta una temperatura de parada del enfriamiento rápido y subsiguiente enfriamiento con aire. El costo de este análisis es también bastante alto debido a los grandes contenidos de Mo y V que son aplicados.

Objetivos de la invención

Es un objetivo de la presente invención proporcionar un producto de acero de ultra alta resistencia (UHSS), producido por laminado en frío y recocido y posiblemente seguido por recubrimiento de zinc electrolítico o galvanizado en baño de solución alcalina caliente, para tener un producto de UHSS disponible a grosores bajos lo que no es posible o muy difícil de producir mediante el laminado en caliente.

Es un objetivo adicional proporcionar un producto de acero de ultra alta resistencia, producido por laminado en caliente y decapado, el cual puede ser galvanizado en baño de solución alcalina caliente, manteniendo aún las propiedades de ultra alta resistencia en combinación con una buena protección contra la corrosión.

Sumario de la invención

La presente invención se relaciona con un producto de acero de ultra alta resistencia de acuerdo a la reivindicación 1.

Tres realizaciones específicas están relacionadas con el mismo producto, pero teniendo tres sub rangos diferentes para el carbono: respectivamente 1200-2500 ppm, 1200-1700 ppm y 1500-1700 ppm.

Igualmente, dos realizaciones específicas están relacionadas con el mismo producto, pero teniendo los siguientes sub rangos de fósforo: respectivamente 200-400 ppm y 250-350 ppm.

Finalmente, dos realizaciones específicas más están relacionadas con el mismo producto, pero teniendo los siguiente sub rangos para el Nb: respectivamente 250-550 ppm y 450-550 ppm.

La invención se relaciona igualmente con un proceso de acuerdo a la reivindicación 12.

De acuerdo a una realización, dicha temperatura de bobinado es superior que la temperatura de inicio de la formación de la bainita Bs.

El proceso de la invención puede comprender además el paso de recalentar dicho bloque hasta al menos 1000°C antes de dicho paso de laminado en caliente.

De acuerdo con una primera realización de la invención, el proceso adicionalmente comprende los pasos de:

- estabilizar térmicamente dicho sustrato a una temperatura entre 480°C y 700°C, durante menos de 80s,
- enfriar dicho sustrato hasta la temperatura de un baño de zinc a una velocidad de enfriamiento mayor que 2°C/s,
- galvanizar en baño de solución alcalina caliente dicho sustrato en dicho baño de zinc,
- enfriar finalmente hasta la temperatura ambiente a una velocidad de enfriamiento mayor que 2°C/s.

Un sustrato laminado en caliente de acuerdo a la invención puede también se sometido a una reducción por enderezado de máximo 2%. En lugar de un galvanizado en baño de solución alcalina caliente, el sustrato laminado en caliente puede ser sometido a un paso de recubrimiento de zinc electrolítico.

De acuerdo a una segunda realización, el proceso comprende adicionalmente el paso de:

- laminar en frío dicho sustrato para obtener una reducción del grosor,
- recocer dicho sustrato hasta una temperatura máxima de estabilización térmica comprendida entre 720°C y 860°C,
- enfriar dicho sustrato con una velocidad de enfriamiento mayor que 2°C/s hasta una temperatura de máximo 200°C,
- enfriar finalmente hasta la temperatura ambiente a una velocidad de enfriamiento mayor que 2°C/s

Alternativamente, en dicha segunda realización, dicho paso de recocer puede ser seguido de:

- enfriar dicho sustrato con una velocidad de enfriamiento mayor que 2°C/s hasta una temperatura de máximo 460°C,
- mantener dicho sustrato a dicha temperatura de máximo 460°C por un tiempo menor que 250s,
- enfriar finalmente hasta la temperatura ambiente a una velocidad de enfriamiento mayor que 2°C/s.

De acuerdo a una tercera realización, el proceso adicionalmente comprende los pasos de:

- laminar en frío dicho sustrato para obtener una reducción del grosor,
- recocer dicho sustrato hasta una temperatura de estabilización térmica máxima comprendida entre 720°C y 860°C,
- enfriar dicho sustrato con a una velocidad de enfriamiento mayor que 2°C/s hasta la temperatura de un baño de zinc,
- galvanizar en baño de solución alcalina caliente dicho sustrato en dicho baño de zinc,
- enfriar finalmente hasta la temperatura ambiente a una velocidad de enfriamiento mayor que 2°C/s.

Un sustrato laminado en frío de acuerdo a la invención puede también se sometido a una reducción por enderezado de máximo 2%. En lugar de un galvanizado en baño de solución alcalina caliente, el sustrato laminado en frío puede ser sometido a un paso de recubrimiento de zinc electrolítico.

Un producto de acero de acuerdo a la invención puede tener un endurecimiento por recocido BH2 mayor que 60 MPa en ambas direcciones, longitudinal y transversal.

Breve descripción de los dibujos

La Fig. 1 está describiendo la microestructura general de un producto laminado en caliente de acuerdo a la presente invención.

La Fig. 2 está describiendo un ejemplo de la microestructura detallada del producto de la Fig. 1.

Las Figs. 3 y 4 están describiendo la microestructura de un producto laminado en frío y recocido de acuerdo a la presente invención.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

De acuerdo a la presente invención un producto de acero de ultra alta resistencia es propuesto, que tiene la siguiente composición. La aplicación de los rangos más amplios que son indicados, será posible, en combinación con los parámetros correctos del proceso, para que resulte en productos que tienen una microestructura multi-fase deseada, buena soldabilidad así como excelentes propiedades mecánicas, por ejemplo una resistencia a la tracción entre 800 y 1600 MPa. Los rangos preferidos están relacionados con rangos más estrechos de las propiedades mecánicas, por ejemplo una resistencia mínima a la tracción garantizada de 1000 MPa, o con requerimientos más rigurosos sobre la soldabilidad (máximo del rango de C, ver el párrafo a continuación).

C: entre 1000 ppm y 2500 ppm. Un primer sub rango preferido es 1200-2500 ppm. Un segundo sub rango preferido es 1200-1700 ppm. Un tercer sub rango preferido es 1500-1700 ppm. El contenido mínimo de carbono es necesario para asegurar el nivel de resistencia ya que el carbono es el elemento más importante para la templabilidad. El máximo del rango reivindicado está relacionado con la soldabilidad. El efecto del C en las propiedades mecánicas es ilustrado por medio de las composiciones ejemplares A, B y C (tablas 1, 13, 14, 15).

ES 2 278 044 T3

Mn: entre 12000 ppm y 20000 ppm, preferiblemente entre 15000-17000 ppm. El Mn es añadido para incrementar la templabilidad a bajo costo y esta limitado al máximo reivindicado para asegurar la capacidad del recubrimiento. También incrementa la resistencia a través del fortalecimiento de la solución sólida.

Si: entre 1500 ppm y 3000 ppm, preferiblemente entre 2500-3000 ppm. El Si es conocido para incrementar el grado de redistribución del carbono en la austenita y retarda la descomposición de la austenita. Suprime la formación de carburos y contribuye a la resistencia total. El máximo del rango reivindicado está relacionado con la capacidad para realizar el galvanizado en baño de solución alcalina caliente, más particularmente en términos de humectabilidad, adhesión del recubrimiento y apariencia de la superficie.

P: de acuerdo a una primera realización de la invención, el contenido de P está entre 100 ppm y 500 ppm. Un primer sub rango preferido es 200-400 ppm. Un segundo sub rango preferido es 250-350 ppm. El P contribuye a la resistencia total por medio del fortalecimiento de la solución sólida y, como el Si, puede también estabilizar la fase austenita antes que ocurra la transformación final.

De acuerdo a una segunda realización de la invención, el contenido de P está entre 500 y 600 ppm, en combinación con los rangos de la invención para los otros elementos de aleación mencionados en esta descripción.

Las composiciones ejemplares D y E (tablas 16/17) ilustran el efecto del P sobre las propiedades mecánicas.

S: menor que 50 ppm. El contenido de S tiene que ser limitado debido a que un nivel de inclusión demasiado alto puede deteriorar la formabilidad.

Ca: entre 0 y 50 ppm: el acero tiene que ser tratado con Ca para tener el azufre remanente unido en CaS esférico en lugar de MnS el cual tiene un efecto perjudicial para las propiedades de deformabilidad después del laminado (el MnS alargado fácilmente conduce a la iniciación de la fisura).

N: menor que 100 ppm

Al: entre 0 y 1000 ppm. El Al es solamente añadido para propósitos de desoxidación antes de que el Ti y el Ca sean añadidos de manera que estos elementos no se pierdan en óxidos y puedan cumplir su pretendido papel.

B: entre 10 y 35 ppm, preferiblemente entre 20 y 30 ppm. El boro es un elemento importante para la templabilidad para ser capaz de lograr resistencias a la torsión mayores que 1000 MPa. El boro desplaza de manera muy efectiva la región de la ferrita hacia tiempos más grandes en el diagrama de temperatura-tiempo-transformación.

Tifactor= $Ti-3.42N+10$: entre 0 y 400 ppm, preferiblemente entre 50 y 200 ppm. El Ti es añadido para unir todo el N de manera que el B pueda cumplir totalmente su papel. De otra forma parte del B puede ser unido en BN con una pérdida en la templabilidad como consecuencia. El contenido máximo del Ti está limitado para limitar la cantidad de los precipitados que contienen Ti-C los cuales añaden nivel de resistencia pero hacen decrecer demasiado la formabilidad.

Nb: entre 200 ppm y 800 ppm. Un primer sub rango preferido es 250-550 ppm. Un segundo sub rango preferido es 450-550 ppm. El Nb retarda la recrystalización de la austenita y limita el crecimiento del grano a través de la precipitación de carburos finos. En combinación con el B evita el crecimiento de precipitados grandes de $Fe_{23}(CB)_6$ en el contorno de los granos de austenita de manera que B es mantenido libre para realizar su influencia en el endurecimiento. Los granos más finos también contribuyen al incremento de la resistencia mientras mantienen buenas propiedades de ductilidad hasta un cierto nivel. La nucleación de la ferrita es mejorada debido a la tensión acumulada en la austenita bajo la temperatura de no-recrystalización de la austenita. Se encontró que un incremento del Nb por encima de 550 ppm no incrementa más el nivel de resistencia. Contenidos menores de Nb traen la ventaja de fuerzas de laminado menores, especialmente en el laminador en caliente, lo cual incrementa la ventana dimensional que un productor de acero puede garantizar.

Cr: entre 2500 ppm y 7500 ppm, preferiblemente entre 2500 y 5000 ppm debido a razones del galvanizado en baño de solución alcalina caliente ya que el $Cr > 0.5\%$ es conocido que perjudica la humectabilidad a través de la formación de óxido de Cr en la superficie. El Cr disminuye la temperatura de inicio de la formación de la bainita y conjuntamente con el B, el Mo y el Mn permite el aislamiento de la región de la bainita.

Mo: entre 1000 ppm y 2500 ppm, preferiblemente entre 1600 y 2000 ppm. El Mo contribuye a la resistencia, disminuye la temperatura de inicio de la formación de la bainita y disminuye las velocidades de enfriamiento crítico para la formación de la bainita.

El balance de la composición es satisfecho por el hierro e impurezas incidentales.

La combinación del B, el Mo y el Cr (y el Mn) permite aislar la región de la bainita lo cual para los productos laminados en caliente permite obtener de manera fácil una microestructura con la bainita como principal constituyente. Para limitar el S al máximo de 50 ppm para disminuir la cantidad de inclusiones, y para evitar la formación de MnS, el acero es tratado con Ca. El S y el Ca remanente pueden entonces ser encontrados en CaS esférico el cual es mucho

ES 2 278 044 T3

menos perjudicial para las propiedades de deformabilidad que el MnS. Además, el Si está limitado comparado con los aceros existentes, lo que asegura el galvanizado para los productos laminados en caliente así como laminados en frío que tienen esta composición.

5 La presente invención está igualmente relacionada con el proceso de fabricar dicho producto de acero. Este proceso comprende los pasos de:

- preparar un bloque de acero que tiene una composición de acuerdo a la invención, tal como se definió anteriormente,
- si es necesario, recalentar dicho bloque a una temperatura mayor que 1000°C, preferiblemente por encima de 1200°C para disolver los carburos de niobio de manera tal que el Nb pueda jugar completamente su papel. El recalentamiento del bloque puede ser innecesario si la fundición es seguida en línea por medio de las instalaciones de laminado en caliente.
- laminar en caliente el bloque, donde la temperatura de laminado final FT en la última posición del laminado en caliente es mayor que la temperatura Ar3. Preferiblemente FT inferiores son usadas (pero aún por encima de Ar3, por ejemplo 750°C) si el alargamiento A80 (medición de la prueba de tracción de acuerdo a la norma EN10002-1) del producto bobinado laminado en caliente tiene que ser incrementado sin alterar la resistencia a la tracción. Comparado con una FT de 850°C un incremento relativo del 10% de A80 puede ser obtenido con una FT de 750°C, pero al costo de fuerzas superiores del laminado final.
- enfriar hasta la temperatura de bobinado CT, preferiblemente mediante enfriamiento continuo hasta la CT, típicamente a 40-50°C/s. El enfriamiento escalonado puede también ser usado.
- bobinar en el laminador en caliente dicho sustrato a una temperatura de bobinado CT comprendida entre 450°C y 750°C, donde la temperatura de bobinado tiene una influencia importante en las propiedades mecánicas de tanto el producto laminado en caliente así como del producto después del laminado en frío y el recocido (ver los ejemplos). En todos los casos la temperatura de bobinado mínima preferida está por encima de 550°C y mayor que la temperatura de inicio de la formación de la bainita, de manera que la transformación de la bainita ocurra completamente en la bobina. La temperatura de inicio de la formación de la bainita Bs es $\leq 550^\circ\text{C}$ para la composición del ejemplo, para velocidades de enfriamiento después del tren de acabado mayores que 6°C/min. Una temperatura de bobinado justo por encima de la temperatura de inicio de la formación de la bainita (por ejemplo CT=570-600°C) no implica ningún problema de procesamiento en el laminador en caliente. Bobinar a CT mayores que Bs asegura que el material se transforme en la bobina y no en la mesa de salida. El aislamiento del dominio de la bainita permite de esta forma incrementar la robustez del proceso y de esta manera garantiza una mayor estabilidad de las propiedades mecánicas con relación a los cambios en las condiciones de enfriamiento.
- decapar el sustrato para remover los óxidos.

De acuerdo a una primera realización de la invención, estos pasos son seguidos por

- estabilizar térmicamente el sustrato a una temperatura entre 480°C y 700°C, preferiblemente a una temperatura por debajo o igual a 650°C y durante menos de 80s,
- enfriar hasta la temperatura de un baño de zinc a una velocidad de enfriamiento mayor que 2°C/s,
- galvanizar en baño de solución alcalina caliente el sustrato laminado en caliente,
- enfriar hasta la temperatura ambiente a una velocidad de enfriamiento mayor que 2°C/s,
- posiblemente, un enderezado de máximo 2%.

55 Este galvanizado en baño de solución alcalina caliente del producto laminado en caliente puede ser hecho si el grosor es lo suficientemente grande para producir el material por laminado en caliente solamente, proporcionando un producto final laminado en caliente galvanizado en baño de solución alcalina caliente.

De acuerdo a una segunda realización, el paso de decapado es seguido por:

- laminar en frío para obtener una reducción del grosor, por ejemplo 50%,
- recocer hasta una temperatura máxima de estabilización térmica comprendida entre 720°C y 860°C,
- enfriar con una velocidad de enfriamiento mayor que 2°C/s hasta una temperatura de máximo 200°C,
- enfriar finalmente hasta la temperatura ambiente a una velocidad de enfriamiento mayor que 2°C/s. Alternativamente, el enfriamiento después del paso de recocido puede ser realizado a una velocidad de enfria-

ES 2 278 044 T3

miento mayor que 2°C/s hasta una así llamada temperatura de sobreenviejecimiento de 460°C o menos. En este caso, la lámina es mantenida a esta temperatura por un cierto tiempo, típicamente 100-200s, antes de proceder al enfriamiento final hasta la temperatura ambiente.

De acuerdo a una tercera realización, el paso de decapado es seguido por:

- laminar en frío el sustrato para obtener una reducción del grosor, por ejemplo 50%,
- recocer hasta una temperatura máxima de estabilización térmica comprendida entre 720°C y 860°C,
- enfriar con una velocidad de enfriamiento mayor que 2°C/s hasta la temperatura de un baño de zinc,
- galvanizar en baño de solución alcalina caliente,
- enfriar finalmente hasta la temperatura ambiente.

Ambos procesos de acuerdo a la segunda y tercera realización pueden ser seguidos por una reducción por enderezado de máximo 2%. El grosor de los sustratos de acero de la invención después del laminado en frío puede ser menor que 1 mm de acuerdo al grosor de la lámina laminada en caliente inicial y la capacidad del laminador en frío para realizar el laminado en frío a un nivel suficientemente alto. De esta forma, los grosores entre 0.3 y 2.0 mm son factibles. Preferiblemente no se usa alargamiento nivelador/enderezado para tener una relación Re/Rm menor y mayor potencial de endurecimiento por deformación del material.

La máxima temperatura de estabilización térmica preferida durante el paso de recocido es dependiente de la temperatura de bobinado aplicada y las propiedades mecánicas que se pretenden alcanzar: temperaturas superiores de bobinado conducen al ablandamiento de las bandas calientes (incrementando la cantidad máxima de la reducción por laminado en frío que puede ser ofrecido en un laminador en frío particular) y para la misma temperatura de estabilización térmica y velocidad de enfriamiento a niveles de resistencia a la tracción inferiores (ver los ejemplos). Para la misma temperatura de bobinado, una temperatura de estabilización térmica superior en general incrementará el nivel de resistencia a la tracción con los otros parámetros del procesamiento mantenidos constantes.

En el caso de que el producto no es galvanizado en baño de solución alcalina caliente, un recubrimiento de Zn electrolítico puede ser aplicado para aumentar la protección contra la corrosión.

El producto resultante, laminado en caliente o laminado en frío, tiene una estructura multifase con ferrita, martensita y diferentes tipos de bainita posibles, y posiblemente alguna austenita retenida presente a temperatura ambiente. Propiedades mecánicas específicas como una función de los valores de los parámetros del procesamiento son dadas en los ejemplos.

Para temperaturas de bobinado por debajo de 680°C, los productos laminados en caliente mostraron en todos los experimentos de laboratorio y las pruebas industriales que habían realizado una fluencia continua (el comportamiento de la fluencia sin la presencia de una alargamiento del punto de fluencia o deformación de Luders), y esto sin la aplicación de un enderezado.

También el producto laminado en frío mostró en todos los experimentos y pruebas un comportamiento de fluencia continua pero con una relación de la resistencia a la fluencia con respecto a la resistencia a la tracción Re/Rm generalmente inferior que en el caso del producto laminado en caliente (típicamente, el producto laminado en frío tiene una Re/Rm entre 0.40 y 0.70, y el producto laminado en caliente una Re/Rm entre 0.65 y 0.85). Esto significa que el material está caracterizado por un endurecimiento por deformación alto: las fuerzas iniciales necesarias para iniciar la deformación plástica pueden ser mantenidas bastante bajas lo que facilita la deformación inicial del material, pero el material ya alcanza niveles altos de resistencia debido al alto endurecimiento por trabajado después de algún % de deformación.

El producto laminado en frío final exhibe una resistencia ultra alta en combinación con una buena ductilidad: pueden ser producidos materiales no recubiertos, recubiertos de manera electrolítica o galvanizados en baño de solución alcalina caliente con resistencias a la fluencia Re entre 350 MPa y 1150 MPa, resistencias a la tracción Rm entre 800 MPa y 1600 MPa y alargamientos A80 entre 5% y 17% de acuerdo a valores específicos de los parámetros del proceso, y esto para grosores incluso inferiores a 1.0 mm los cuales no son posibles de alcanzar por medio del laminado en caliente solamente en los laminadores en caliente usuales corrientes (mediciones de las propiedades mecánicas de acuerdo con la norma EN10002-1). Los aceros de ultra alta resistencia laminados en frío (basados en otras composiciones) los cuales se encuentran hoy en el mercado y los cuales exhiben una resistencia a la tracción Rm mayor que 1000 MPa en general no pueden ser galvanizados en baño de solución alcalina caliente en vista de por ejemplo su alto contenido de Si o muestran para el mismo nivel de resistencia alargamientos inferiores que los resultados obtenidos con el producto de la invención.

Además, el producto de la invención exhibe un potencial de endurecimiento por recocido muy grande: los valores BH₀ exceden los 30 MPa en ambas direcciones, transversal y longitudinal, y el BH₂ excede incluso los 100 MPa en ambas direcciones (BH₀ y BH₂ medidas de acuerdo a la norma SEW094). Esto significa que para las aplicaciones de

caja en blanco durante el curado de la pintura el material incluso obtendrá una resistencia a la fluencia superior de manera que la rigidez de la estructura aumente.

Las diferentes microestructuras laminadas en caliente obtenidas después del bobinado como una función de las temperaturas de bobinado aplicadas todas permiten realizar el laminado en frío sin introducción de fisuras, esto no era esperado de antemano en vista de la ultra alta resistencia del material y la menor deformabilidad como una consecuencia de dicha ultra alta resistencia.

Concerniente a la robustez del proceso, es remarcable hacer notar que la velocidad de enfriamiento después del recocido puede ser tan baja como 2°C/s, mientras aún proporciona propiedades de ultra alta resistencia. Esto significa que una gran variación en las dimensiones puede ser producida con propiedades bastante constantes (ver los ejemplos) ya que las dimensiones determinan en la mayoría de los casos las velocidades máximas lineales y las velocidades máximas de enfriamiento después del recocido. En los aceros de alta resistencia clásicos o de ultra alta resistencia con por ejemplo estructuras de fase duales que consisten de ferrita y martensita, usualmente se han tenido que aplicar velocidades de enfriamiento altas (típicamente 20-50°C/s), y el rango dimensional que puede ser producido con un solo análisis es más limitado.

Para grosores grandes donde el laminado en frío no es necesario, el producto decapado laminado en caliente en si mismo puede ser galvanizado en baño de solución alcalina caliente manteniendo aún las propiedades de ultra alta resistencia pero con la ventaja de una mejor protección contra la corrosión. Las propiedades del producto decapado laminado en caliente no recubierto bobinado a por ejemplo CT=585°C y sin enderezado o alargamiento nivelador adicionalmente procesado son típicamente una Re de 680-770 MPa, Rm de 1060-1090 MPa y A80 de 11-13%, mientras que después de pasar el sustrato laminado en caliente una línea de galvanizado en baño de solución alcalina caliente (con la zona de estabilización térmica a por ejemplo 650°C), las propiedades son aún Re de 800-830 MPa, Rm de 970-980 MPa y A80 de 10% (mediciones de las propiedades mecánicas de acuerdo a la norma EN10002-1)

Las diferentes desventajas descritas anteriormente para las composiciones descritas en las publicaciones del estado del arte no son encontradas cuando es aplicada la composición de la presente invención: los costos son limitados debido al uso restringido de Mo y la eliminación de V, los elementos más inusuales en la producción de acero de carbono clásico (no inoxidable) como el Cu y el Ni no son usados, y lo más importante, el Si es limitado para asegurar el galvanizado en baño de solución alcalina caliente. La apariencia de la superficie del acero laminado en caliente galvanizado en baño de solución alcalina caliente de la presente invención es suficiente para aplicaciones no expuestas en el campo automotor donde los sustratos con alto contenido de Si en general conducen a una apariencia de la superficie insuficiente para las aplicaciones del campo automotor, con además un alto riesgo de la presencia de manchas debido a zonas con falta de pintura en la superficie.

En lo concerniente a la soldabilidad de los aceros de ultra alta resistencia de la presente invención, la soldadura por puntos (por ejemplo evaluada de acuerdo a la norma AFNOR A87-001 con pruebas de tracción cruzada) y la soldadura con láser mostró como resultado una soldabilidad satisfactoria aunque este sea un acero de ultra alta resistencia del cual se esperaban problemas con antelación.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas - ejemplos

1. Composición ejemplo A

La Tabla 1 muestra un primer ejemplo de una composición de una fundición industrial de un producto de acero de ultra alta resistencia de acuerdo a la presente invención. Debe ser notado en lo que sigue que, todas las propiedades mecánicas de la prueba de tracción mencionadas son medidas de acuerdo a la norma EN10002-1, y los valores del endurecimiento por recocido de acuerdo a la norma SEW094.

1.1 Producto laminado en caliente - composición A

Los pasos del procesamiento fueron:

Recalentamiento del bloque entre 1240-1300°C

Acabado en el laminador en caliente entre 880-900°C Temperatura de bobinado entre 570-600°C

Decapado

No enderezado o alargamiento nivelador

Las propiedades mecánicas en diferentes posiciones en la bobina del producto decapado no recubierto resultante están resumidas en la Tabla 2. Como puede ser observado el producto es muy isotrópico en sus propiedades mecánicas.

Las propiedades del endurecimiento por recocido después de 0 y 2% de pre-tensión uniaxial del producto resultante son dadas en la Tabla 3.

Después de pasar el material a través de una línea de galvanizado en baño de solución alcalina caliente con una sección de estabilización térmica a una temperatura entre 600-650°C donde el material es mantenido entre 40-80s antes de enfriar hasta la temperatura del baño de zinc y galvanizar en baño de solución alcalina caliente, las propiedades mecánicas eran Re de 800-830 MPa, Rm de 970-980 MPa y A80 de 9.5-10.5%, siendo las diferencias con el producto no recubierto debido a un ligero cambio en la microestructura (precipitación de carburo).

La microestructura del producto laminado en caliente típicamente consiste de las fases, descritas en la Tabla 4. Las microestructuras típicas que se corresponden con el material que es caracterizado en la Tabla 4 son dadas en las Figuras 1 y 2.

La Fig. 1 está describiendo la microestructura general del producto laminado en caliente de acuerdo a la presente invención, procesado a temperatura de bobinado de 570-600°C. Después del ataque químico con la así llamada solución de ataque Le Pera la región coloreada clara en el micrografía óptico es martensita como fue demostrado después de las mediciones de difracción con rayos X.

La Fig. 2 está describiendo un ejemplo de la microestructura detallada del producto de la Fig. 1, en una fotografía a través de un microscopio electrónico de barrido. Las zonas en círculos 1 representan la martensita, mientras el área gris 2 representa la bainita superior.

Un cambio en la temperatura de bobinado desde 570-600°C (donde las propiedades mecánicas son casi constantes) hasta alrededor de 650°C conduce a los siguientes cambios en las propiedades mecánicas: Re 600 MPa, Rm 900 MPa y A80 14-15%.

1.2 Producto laminado en frío - composición A

El procesamiento adicional del producto laminado en caliente, variando la temperatura de bobinado CT, conduce a las propiedades del producto laminado en frío, mostradas en las tablas 5 a la 12 (todos los grosores 1 mm, 50% de reducción por laminado en frío).

Las microestructuras de los productos laminados en frío son dependientes de la temperatura de bobinado, la temperatura de estabilización térmica y la velocidad de enfriamiento (y la reducción por laminado en frío). De esta forma, la distribución en % de la ferrita, la bainita y la martensita es una función de estos parámetros pero en general puede ser notado que para lograr resistencias a la tracción mayores que 1000 MPa, la suma de los constituyentes bainíticos y martensíticos es más que el 40% en un micrografía óptico (magnificación de 500x para ser suficientemente representativo).

Ejemplos de microestructuras finales laminadas en frío y recocidas típicos son dados en las Figuras 3 y 4.

La Fig. 3 está describiendo la microestructura (solución de ataque LePera) a una magnificación de 500x de un producto laminado en frío y recocido de acuerdo a la presente invención, procesado a 550°C de temperatura de bobinado, 50% de reducción por laminado en frío, 780°C de temperatura máxima de estabilización térmica y velocidad de enfriamiento subsiguiente de 2°C/s, que resulta en una microestructura de 38% de martensita, 9% de bainita y 53% de ferrita. Las propiedades mecánicas relacionadas con esta estructura pueden ser encontradas en la Tabla 7.

La Fig. 4 está describiendo la microestructura (solución de ataque LePera) a una magnificación de 500x de un producto laminado en frío y recocido de acuerdo a la presente invención, procesado a 720°C de temperatura de bobinado, 50% de reducción por laminado en frío, 820°C de temperatura máxima de estabilización térmica y una velocidad de enfriamiento subsiguiente de 100°C/s, que resulta en una microestructura de 48% de martensita, 4% de bainita y 48% de ferrita. Las propiedades mecánicas relacionadas con esta estructura pueden ser encontradas en la Tabla 6. En la figura 4, tres fases pueden ser reconocidas: las áreas de gris más oscuro 5 son ferrita, las áreas de gris más claro 6 son martensita, y las áreas de negro oscuro 7 son bainita.

Considerando el nivel de ultra alta resistencia de los materiales, especialmente aquellos en el rango con una resistencia a la tracción mayor que 1000 MPa, algunas combinaciones de los parámetros de procesamiento muestran una excepcionalmente buena deformabilidad incluso hasta 14-15%.

2. Composiciones ejemplos B/C

La Tabla 13 describe dos piezas fundidas adicionales en términos de composición, de un acero UHSS de la invención. Las composiciones son referidas como B y C.

Los bloques hechos de las composiciones A y B experimentaron los siguientes pasos, produciendo láminas de acero de acuerdo con la invención:

- laminar en caliente, temperatura final por encima de Ar3
- enfriar a 630°C,

ES 2 278 044 T3

- decapar,
- laminar en frío con reducción de 50% hasta 1.6 mm
- recocer hasta una temperatura máxima de estabilización térmica de 820°C
- enfriar a 10°C/s hasta la temperatura de baño de zinc,
- galvanizar en baño de solución alcalina caliente,
- enfriar hasta la temperatura ambiente.

Los bloques hechos de la composición C tienen un procesamiento similar pero con una reducción por laminado en frío del 60% hasta 1.0 mm y después de enfriar hasta la temperatura ambiente un enderezado extra entre 0 y 1%.

Las propiedades mecánicas de las 3 láminas de acero galvanizadas en baño de solución alcalina caliente con las composiciones A, B y C son mostradas en la tabla 14 y 15. Estos ejemplos demuestran la influencia del contenido de carbono en las propiedades mecánicas. Contenidos inferiores de carbono resulta en un equivalente inferior del carbono lo que es bien conocido que es beneficioso para la soldadura.

3. Composiciones ejemplos D/E

Finalmente, la tabla 16 muestra las composiciones, marcadas D y E de dos piezas fundidas más de acuerdo a la invención. Los bloques que tienen estas composiciones fueron sometidos a los siguientes pasos:

- laminar en caliente, temp. final por encima de Ar3, para un grosor de 2 mm,
- bobinar a 550°C
- decapar.

Las propiedades mecánicas del producto laminado en caliente (no recubierto) medidas de acuerdo a EN10002-1 son mostradas en la tabla 17. Aparentemente, la lámina que tiene la composición E (520 ppm de P) tiene una resistencia a la tracción muy aumentada Rm, comparada con la lámina que tiene la composición D (200 ppm de P), mientras el alargamiento A80% ha permanecido sin cambios. Considerando el hecho de que otros elementos, además del P, están representados por cantidades similares en ambas piezas fundidas D y E, el aumento considerable en las propiedades de resistencia, mientras se mantiene un valor de alargamiento fijo, es debido al aumento en la cantidad de fósforo en la composición E, comparada con la composición D.

Es conocido que otros elementos que otorgan un efecto de fortalecimiento, tal como el Ti, el Nb o el Mo, si tienden a tener un impacto negativo en el alargamiento. Por lo tanto, una composición preferida de la presente invención requiere una cantidad mínima de fósforo de 200 ppm, para garantizar las propiedades mecánicas deseadas.

TABLA 1

Composición A (ppm) del producto de acero de ultra alta resistencia de acuerdo a la presente invención

Código	C	Mn	Si	P	S	N	Al	B	Ti	Nb	Cr	Mo	Ca
A	1650	15790	2810	310	28	69	328	25	283	492	4940	1980	26

ES 2 278 044 T3

TABLA 2

Propiedades mecánicas del producto de acero de ultra alta resistencia no recubierto, decapado, laminado en caliente, composición A, de acuerdo a la presente invención. Grosor 2.0 mm

Dirección longitudinal						Dirección transversal				
	R _e / MPa	R _m / MPa	A _u / %	A ₈₀ / %	n ₄₋₆	R _e / MPa	R _m / MPa	A _u / %	A ₈₀ / %	n ₄₋₆
Posición 1	724	1080	9	12	0.127	755	1066	8	11	0.122
Posición 2	688	1069	9	13	0.142	719	1069	9	12	0.134
Posición 3	682	1069	9	13	0.141	723	1068	8	11	0.128

TABLA 3

Propiedades de endurecimiento por recocido del producto de acero de ultra alta resistencia no recubierto, decapado, laminado en caliente, composición A, de acuerdo a la presente invención. Grosor 2.0 mm

	Longitudinal		Transversal	
	BH ₀ /MPa	BH ₂ /MPa	BH ₀ /MPa	BH ₂ /MPa
Posición 1	56	101	38	109
Posición 2	39	104	32	114
Posición 3	49	114	35	120

ES 2 278 044 T3

TABLA 4

Distribución de fase típica del producto de acero de ultra alta resistencia laminado en caliente, composición A, procesado a una temperatura de bobinado entre 570-600°C. La fracción de la austenita retenida fue <1%. Las muestras fueron tomadas en diferentes posiciones sobre toda la longitud de la bobina

Fase %	Muestra 1 borde	Muestra 1 medio	Muestra 2 borde	Muestra 2 medio
Ferrita	≅8	≅4	≅8	≅4
Bainita sin cementita	75	70	74	76
Bainita superior sin cementita	4	5	4	3
Martensita + austenita retenida (<1%)	13	21	14	17

TABLA 5

Tmax de estabilización térmica: 780°C, Velocidad de enfriamiento: 100°C/s hasta la temperatura ambiente

CT (°C)	Re (MPa)	Rm (MPa)	A%	Re/Rm
550	770	1486	7	0,52

TABLA 6

Tmax de estabilización térmica: 820°C, Velocidad de enfriamiento: 100°C/s hasta la temperatura ambiente

CT (°C)	Re (MPa)	Rm (MPa)	A%	Re/Rm
720	441	1006	14	0,44
680	982	1483	7	0,66
550	1137	1593	5	0,71

ES 2 278 044 T3

TABLA 7

Tmax de estabilización térmica: 780°C, Velocidad de enfriamiento: 2°C/s hasta la temperatura ambiente

CT (°C)	Re (MPa)	Rm (MPa)	A%	Re/Rm
680	538	1140	7	0,46
550	667	1338	7	0,50

TABLA 8

Tmax de estabilización térmica: 820°C, Velocidad de enfriamiento: 2°C/s hasta la temperatura ambiente

CT (°C)	Re (MPa)	Rm (MPa)	A%	Re/Rm
720	438	993	15	0,44
680	555	1170	12	0,49
550	756	1304	9	0,58

TABLA 9

Tmax de estabilización térmica: 780°C, Velocidad de enfriamiento: 100°C/s, sobreenviejimiento 150s a 400°C

CT (°C)	Re (MPa)	Rm (MPa)	A%	Re/Rm
720	400	853	14	0,47
680	511	1039	8	0,49
550	464	1057	11	0,44

TABLA 10

Tmax de estabilización térmica: 820°C, Velocidad de enfriamiento: 100°C/s, sobreenviejimiento 150s a 400°C

CT (°C)	Re (MPa)	Rm (MPa)	A%	Re/Rm
720	494	911	11	0,54
680	705	1103	8	0,64
550	831	1229	6	0,68

ES 2 278 044 T3

TABLA 11

Tmax de estabilización térmica: 780°C, Velocidad de enfriamiento: 10°C/s, sobre-envejecimiento 150s desde 450→380°C

CT (°C)	Re (MPa)	Rm (MPa)	A%	Re/Rm
720	398	917	15	0,43
680	472	1008	8	0,47
550	558	1141	7	0,49

TABLA 12

Tmax de estabilización térmica: 820°C, Velocidad de enfriamiento: 10°C/s, sobre-envejecimiento 150s a 450→380°C

CT (°C)	Re (MPa)	Rm (MPa)	A%	Re/Rm
720	457	909	13	0,50
680	652	1146	11	0,57
550	760	1240	8	0,61

Tablas 5 a la 12: propiedades mecánicas del producto de acero de ultra alta resistencia laminado en caliente y recocido/galvanizado en baño de solución alcalina caliente, composición A, de acuerdo a la presente invención. Grosor 1.0 mm.

TABLA 13

Composiciones B y C (ppm) del producto de acero de ultra alta resistencia de acuerdo a la presente invención

Código	C	Mn	Si	P	S	N	Al	B	Ti	Nb	Cr	Mo	Ca
B	1500	15900	2600	300	19	60	470	21	340	540	2800	2000	18
C	1400	15900	2700	280	22	32	360	21	200	370	3200	1800	25

TABLA 14

Propiedades mecánicas de acuerdo a EN10002-1 de las láminas de acero laminadas en frío, galvanizadas en baño de solución alcalina caliente, que tienen las composiciones A y B, en la dirección longitudinal, grosor 1.6 mm

Código	Re (MPa)	Rm (MPa)	A80%
A	587	1156	12.5
B	571	1116	13

ES 2 278 044 T3

TABLA 15

Propiedades mecánicas de acuerdo a EN10002-1 de las láminas de acero laminadas en frío, galvanizadas en baño de solución alcalina caliente, que tienen la composición C, en la dirección longitudinal, grosor 1.0 mm, procesadas con un enderezado entre 0 y 1%

Código	Re (MPa)	Rm (MPa)	A80%
C	510-680	1080-1180	11-14

TABLA 16

Composiciones D y E (ppm) del producto de acero de ultra alta resistencia de acuerdo a la presente invención

Código	C	Mn	Si	P	S	N	Al	B	Ti	Nb	Cr	Mo	Ca
D	1610	16000	2600	200	23	42	410	21	230	610	4300	2000	22
E	1620	16500	2800	520	40	42	450	22	240	480	4800	1900	30

TABLA 17

Propiedades mecánicas de acuerdo a EN10002-1 de las láminas de acero laminadas en caliente que tienen las composiciones D y E, en la dirección transversal, grosor 2 mm

Código	Re (MPa)	Rm (MPa)	A80%
D	736	1061	10
E	781	1199	9.9

REIVINDICACIONES

1. Un producto de acero que tiene la siguiente composición **caracterizado** porque dicho producto de acero comprende al menos una fase bainítica y/o una fase martensítica, y donde la distribución de fase es tal que la suma de las fase bainítica y martensítica es mayor que el 35%, y donde la resistencia a la tracción es mayor que 1000 MPa.
 - C: entre 1000 ppm y 2500 ppm
 - Mn: entre 12000 ppm y 20000 ppm
 - Si: entre 1500 ppm y 3000 ppm
 - P: entre 100 ppm y 600 ppm
 - S: máximo 50 ppm
 - N: máximo 100 ppm
 - Al: máximo 1000 ppm
 - B entre 10 ppm y 35 ppm
 - Tifactor= $Ti-3.42N+10$: entre 0 ppm y 400 ppm
 - Nb: entre 200 ppm y 800 ppm
 - Cr entre 2500 ppm y 7500 ppm
 - Mo entre 1000 ppm y 2500 ppm
 - Ca entre 0 y 50 ppmel remanente siendo hierro e impurezas incidentales.
2. Un producto de acero de acuerdo a las reivindicación 1, que tiene un endurecimiento por recocido BH_2 mayor que 60 MPa en ambas direcciones, longitudinal y transversal.
3. El producto de la reivindicación 1 o 2, donde la cantidad de carbono está entre 1200 ppm y 2500 ppm.
4. El producto de la reivindicación 3, donde la cantidad de carbono está entre 1200 ppm y 1700 ppm.
5. El producto de la reivindicación 4, donde la cantidad de carbono está entre 1500 ppm y 1700 ppm.
6. El producto de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 1 a la 5, donde la cantidad de fósforo está entre 100 ppm y 500 ppm.
7. El producto de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 1 a la 5, donde la cantidad de fósforo está entre 500 ppm y 600 ppm.
8. El producto de acuerdo a la reivindicación 6 donde la cantidad de fósforo está entre 200 ppm y 400 ppm.
9. El producto de acuerdo a la reivindicación 8, donde la cantidad de fósforo está entre 250 ppm y 350 ppm.
10. El producto de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 1 a la 9, donde la cantidad de niobio está entre 250 ppm y 550 ppm.
11. El producto de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 1 a la 10, donde la cantidad de niobio está entre 450 ppm y 550 ppm.
12. Un proceso para fabricar el producto de las reivindicaciones 1 a la 11, que comprende los pasos de:
 - preparar un bloque de acero que tiene una composición de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 1 a la 11,
 - laminar en caliente dicho bloque, donde la temperatura de laminado final es mayor que la temperatura Ar_3 , para formar un sustrato laminado en caliente,

ES 2 278 044 T3

- paso de enfriar hasta la temperatura de bobinado CT,
- bobinar dicho sustrato a una temperatura de bobinado CT comprendida entre 450°C y 750°C,
- decapar dicho sustrato para remover los óxidos.

13. El proceso de acuerdo a la reivindicación 12, donde dicha temperatura de bobinado CT es mayor que la temperatura de inicio de la formación de la bainita Bs.

14. El proceso de acuerdo a la reivindicación 12 o 13, que comprende adicionalmente el paso de recalentar dicho bloque hasta al menos 1000°C antes de dicho paso de laminado en caliente.

15. El proceso de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 12 a la 14, que comprende adicionalmente los pasos de:

- estabilizar térmicamente dicho sustrato a una temperatura entre 480°C y 700°C, durante menos de 80s,
- enfriar dicho sustrato hasta la temperatura de un baño de zinc a una velocidad de enfriamiento mayor que 2°C/s,
- galvanizar en baño de solución alcalina caliente dicho sustrato en dicho baño de zinc,
- enfriar finalmente hasta la temperatura ambiente a una velocidad de enfriamiento mayor que 2°C/s.

16. El proceso de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 12 a la 15, seguido por un paso de reducción por enderezado de dicho sustrato, con una reducción máxima de 2%.

17. El proceso de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 12, 13, 14 o 16 seguido por un paso de recubrimiento de zinc electrolítico.

18. El proceso de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 12 a la 14, que comprende adicionalmente los pasos de:

- laminar en frío dicho sustrato para obtener una reducción del grosor,
- recocer dicho sustrato hasta una temperatura máxima de estabilización térmica comprendida entre 720°C y 860°C,
- enfriar dicho sustrato con una velocidad de enfriamiento mayor que 2°C/s hasta una temperatura de máximo 200°C,
- enfriar finalmente hasta la temperatura ambiente a una velocidad de enfriamiento mayor que 2°C/s

19. El proceso de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 12 a la 14, que comprende adicionalmente los pasos de:

- laminar en frío dicho sustrato para obtener una reducción del grosor,
- recocer dicho sustrato hasta una temperatura máxima de estabilización térmica entre 720°C y 860°C,
- enfriar dicho sustrato con una velocidad de enfriamiento mayor que 2°C/s hasta una temperatura de máximo 460°C,
- mantener dicho sustrato a dicha temperatura de máximo 460°C por un tiempo menor que 250s,
- enfriar finalmente hasta la temperatura ambiente a una velocidad de enfriamiento mayor que 2°C/s.

20. El proceso de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 12 a la 14, que comprende adicionalmente los pasos de:

- laminar en frío dicho sustrato para obtener una reducción del grosor,
- recocer dicho sustrato hasta una temperatura máxima de estabilización térmica comprendida entre 720°C y 860°C,
- enfriar dicho sustrato con una velocidad de enfriamiento mayor que 2°C/s hasta la temperatura de un baño de zinc,

ES 2 278 044 T3

- galvanizar en baño de solución alcalina caliente dicho sustrato en dicho baño de zinc,
- enfriar finalmente hasta la temperatura ambiente a una velocidad de enfriamiento mayor que 2°C/s.

5 21. El proceso de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 18 a la 20, seguido por un paso de reducción por enderezado de dicho sustrato, con una reducción máxima de 2%.

10 22. El proceso de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones 18, 19 o 21 seguido por un paso de recubrimiento de zinc electrolítico.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65



FIG. 1

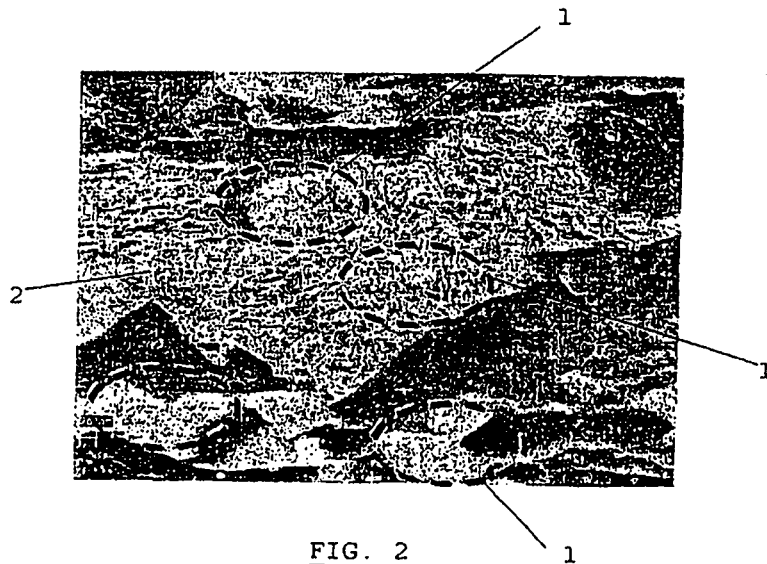


FIG. 2

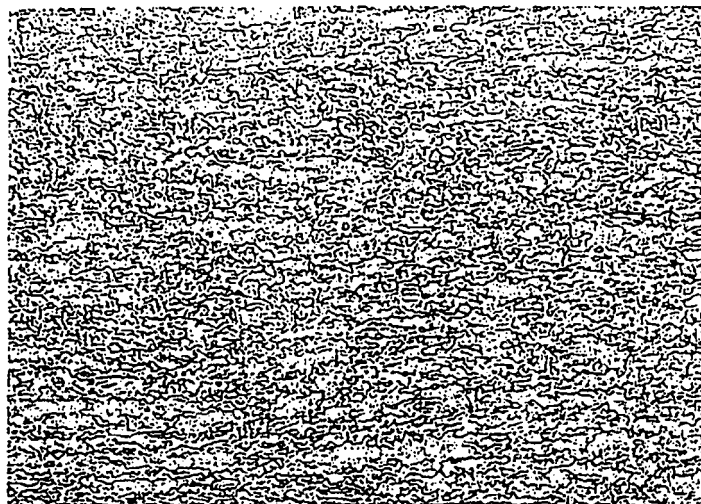


FIG. 3

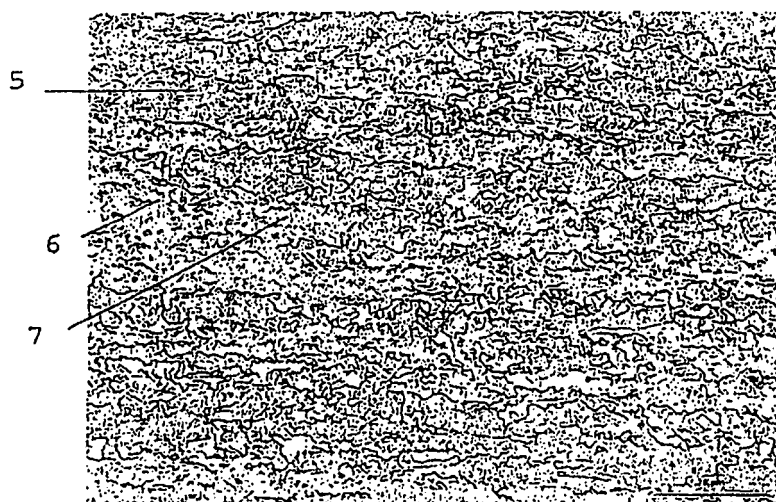


FIG. 4