

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 614 465**

51 Int. Cl.:

C21D 9/46 (2006.01)
C22C 38/00 (2006.01)
C22C 38/38 (2006.01)
C21D 8/02 (2006.01)
C22C 38/02 (2006.01)
C22C 38/06 (2006.01)
C22C 38/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.07.2012 E 12175756 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.11.2016 EP 2684975**

54 Título: **Producto plano de acero laminado en frío y procedimiento para su fabricación**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
31.05.2017

73 Titular/es:

**THYSSENKRUPP STEEL EUROPE AG (100.0%)
Kaiser-Wilhelm-Strasse 100
47166 Duisburg, DE**

72 Inventor/es:

**SEBALD, ROLAND;
MATTISSEN, DOROTHEA;
VOSS, SIGRUN y
FOLLNER, STEFAN**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 614 465 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

Producto plano de acero laminado en frío y procedimiento para su fabricación

La invención se refiere a un producto plano de acero laminado en frío y un procedimiento para su producción.

5 Cuando, en el presente documento se habla de "productos planos de acero", se expresa con ello bandas y chapas de acero o recortes obtenidos a partir de las mismas.

El desarrollo de vehículos de peso reducido, que satisfacen los requisitos modernos en cuanto a un consumo minimizado de combustible con, al mismo tiempo, una seguridad óptima de los pasajeros, alto confort y capacidad de carga, se ha impulsado en los últimos años por la industria automovilística.

10 Debido a sus propiedades mecánicas, en particular su alta resistencia y buena conformabilidad, así como sus su producción y procesamiento controlados, son adecuados en particular productos planos de acero en principio de forma óptima para la construcción de carrocerías de automóviles. Sin embargo, para el ahorro de peso deseado, deben reducirse los grosores de chapa de los productos planos de acero empleados en el automóvil. Con este fin, se han desarrollado aceros con mayores resistencias que tienen al mismo tiempo una buena conformabilidad y por lo tanto son especialmente adecuados para un modo constructivo ligero en la construcción de automóviles. Entre estos figuran los aceros multifase modernos, tales como aceros de fase compleja, aceros de fase dual y aceros TRIP.

15 Por el documento EP 2 028 282 A1 se conoce un acero de fase dual que, además de una resistencia de al menos 950 MPa y una buena conformabilidad, presenta también una naturaleza superficial que permite, con la aplicación de un procedimiento de producción sencillo, conformar el producto plano generado a partir de este acero en estado no recubierto o dotado con un revestimiento protector frente a la corrosión, para dar un elemento constructivo de forma compleja, tal como una pieza de una carrocería de automóvil. Esto se consigue de acuerdo con este estado de la técnica porque el acero de fase dual se compone en un 20 - 70 % de martensita, hasta un 8 % de austenita retenida y, como resto, de ferrita y / o bainita. A este respecto el acero conocido presenta (en % en peso): C : 0,10 - 0,20 %, Si: 0,10 - 0,60 %, Mn: 1,50 - 2,50 %, Cr: 0,20 - 0,80 %, Ti: 0,02 - 0,08 %, B: < 0,0020 %, Mo: < 0,25 %, Al: < 0,10%, P: < 0,2 %, S: < 0,01 %, N: < 0,012 % y como resto hierro e impurezas inevitables. Un producto plano de acero generado a partir de un acero de este tipo puede emplearse como banda laminada en caliente o banda laminada en frío. Sirve, en el caso del acero conocido, para aumentar la resistencia mediante endurecimiento de la ferrita o de la bainita. Para poder aprovechar este efecto, está previsto un contenido mínimo en Si del 0,10 % en peso. Al mismo tiempo el contenido en Si está sin embargo limitado al 0,6 % en peso, comprobándose como especialmente preferidos límites superiores más bajos para el contenido en Si, para minimizar el riesgo de oxidación intergranular.

20 Además de la aptitud para la conformación de gran volumen o de gran superficie para dar un elemento constructivo, en particular en el caso de productos planos de acero, que se usarán para la construcción de carrocerías, también desempeña un papel importante el comportamiento en el caso de una conformación estrechamente limitada de forma localizada. Conformaciones de este tipo aparecen cuando en un producto plano de acero o una placa formada a partir del mismo o un elemento constructivo formado a partir de una placa de este tipo, se forman aberturas, pestañas, ranuras elevadas, eversiones o similares.

25 Como medida para el comportamiento de un material plano en una conformación de este tipo se ha propuesto en Woestmann, S., Köhler, T., Schott, M., "Forming High-Strength Steels," SAE Technical Paper 2009-01-0802, 2009, doi:10.4271/2009-01-0802 la denominada relación de alargamiento de agujeros λ_M propuesta según Marciniak, por medio de la que puede evaluarse la sensibilidad a grietas en los cantos de un material durante conformaciones del tipo mencionado anteriormente. El ensayo según Marciniak prevé a este respecto que en una placa rectangular, que tiene una longitud transversalmente a la dirección de laminación de 220 mm y en la dirección de laminación de 200 mm, se introduce en el centro, con un punzón, una perforación con un diámetro de 20 mm (d_0). La ranura de corte asciende a este respecto a del 8 % al 14 % del grosor de chapa. Para el examen se sujeta la placa en la herramienta de prueba de tal manera que el grado de corte del agujero se encuentra en el lado inferior. La fuerza de sujeción asciende como máximo a 400 kN. Por debajo de la herramienta se desplaza entonces un punzón redondo con un diámetro de 100 mm contra la muestra y se abomba la placa hasta el fallo del canto del agujero. Se registra el diámetro de agujero máximo conseguido al aparecer una primera grieta del canto de agujero d_M y se determina la relación de alargamiento de agujeros λ_M como relación d_0/d_M , indicada en "%".

30 En el contexto del estado de la técnica explicado anteriormente, el objetivo de la invención consistía en indicar un producto plano de acero que puede producirse con medios sencillos que, a pesar de sus altos valores de resistencia, tiene una capacidad de conformación óptima, que se caracteriza por un alto alargamiento de rotura y una buena relación de alargamiento de agujeros λ_M . Además, se indicará un procedimiento que permite, de manera sencilla, la producción de un producto plano de acero de este tipo.

35 Con respecto al producto plano de acero, este objetivo de acuerdo con la invención se consigue porque un producto plano de acero de este tipo presenta las características indicadas en la reivindicación 1.

Con respecto al procedimiento, la solución de acuerdo con la invención del objetivo mencionado anteriormente consiste en que durante la producción de un producto plano de acero laminado en frío de acuerdo con la invención se atraviesan las etapas de trabajo indicadas en la reivindicación 4.

5 Un producto plano de acero de acuerdo con la invención se genera por consiguiente a partir de un acero, que se compone de (en % en peso)

10 C: 0,12 - 0,19 %,
Mn: 1,5 - 2,5 %,
Si: >0,60 - 1,0 %,
Al : ≤ 0,1 %,
Cr: 0,2 - 0,6 %,
Ti: 0,05 - 0,15 %,

y como resto, de hierro así como impurezas inevitables debido a la producción. A este respecto entre las impurezas inevitables en cuestión figuran (en % en peso) hasta un 0,1 % de Mo, hasta un 0,03 % de Nb, hasta un 0,03 % de V, hasta un 0,0008 % de B, hasta un 0,01 % de S, hasta un 0,1 % de P, hasta un 0,01 % de N.

15 Al mismo tiempo, un producto plano de acero de acuerdo con la invención en estado laminado en frío presenta

- una estructura libre de perlita y bainita con un 4 - 20 % en volumen, en particular al menos un 6 % en volumen de martensita, un 2 - 15 % en volumen de austenita retenida, el resto ferrita,
- un alargamiento de rotura A80 de al menos un 15 %,
- una resistencia a la tracción Rm de al menos 880 MPa,
- 20 - un límite elástico ReL de al menos 550 MPa y
- una relación de alargamiento de agujeros λ_M de más del 6 %.

25 La estructura del producto plano de acero de acuerdo con la invención se caracteriza por que presenta un 2 - 15 % en volumen, en particular al menos un 5 % en volumen, mejor aún más de un 8 % en volumen de austenita retenida. Al mismo tiempo, la estructura de un acero de acuerdo con la invención está, en el sentido técnico, libre de bainita y perlita. Es decir, en estado laminado en frío, en la estructura de un producto plano de acero de acuerdo con la invención están presentes, en todo caso trazas de bainita o perlita, que no tienen influencia alguna sobre las propiedades técnicas del producto plano de acero de acuerdo con la invención. La presencia de porcentajes efectivos de bainita o perlita en la estructura de un producto plano de acero de acuerdo con la invención empeoraría su alargamiento de rotura y con ello su conformabilidad, en particular las propiedades de alargamiento de agujeros buenas buscadas. Mediante los contenidos en austenita retenida predeterminados de acuerdo con la invención se consigue sin embargo el alargamiento de rotura requerido de al menos un 15 %, que tiene un producto plano de acero de acuerdo con la invención.

35 Con respecto a los aceros multifase modernos convencionales, un producto plano de acero de acuerdo con la invención laminado en frío presenta claras diferencias. Los aceros de fase compleja presentan, en comparación con el producto plano de acero de acuerdo con la invención, por regla general, una mayor relación de límite elástico con una menor "calidad" calculada como un producto de la resistencia a la tracción Rm y el alargamiento de rotura A80. Esto puede atribuirse al límite elástico relativamente alto y al alargamiento menor debido a ello de los aceros conocidos.

40 El comportamiento de conformación del producto plano de acero de acuerdo con la invención se asemeja al de un acero de fase dual. Una gran diferencia puede encontrarse a este respecto sin embargo en las estructuras. Mientras que un producto plano de acero de acuerdo con la invención presenta un porcentaje de austenita retenida de hasta un 15 %, los aceros de fase dual no tienen o solo tienen contenidos en austenita retenida muy bajos.

45 Los aceros TRIP presentan, a diferencia del producto plano de acero de acuerdo con la invención, alargamientos de rotura esencialmente mayores. De esto resultan por regla general calidades (Rm*A80) de 20000 MPa*% y más. Sin embargo, los aceros TRIP deben estar aleados con contenidos elevados en carbono, silicio y/o aluminio para, por un lado, mediante una estabilización suficiente de la austenita retenida, conseguir el denominado efecto TRIP y, por otro lado, conseguir la resistencia correspondiente. Un concepto de aleación de este tipo lleva sin embargo a una soldabilidad que es claramente peor que la de un producto plano de acero de acuerdo con la invención, en el que mediante un ajuste optimizado en particular con respecto al contenido en Si de los contenidos en los elementos de aleación, pueden conseguirse, por un lado, altas resistencias y, por otro lado, una buena soldabilidad.

50 La relación de alargamiento de agujeros λ_M determinada según Marciniak asciende, en el caso de un producto plano de acero de acuerdo con la invención al menos al 6 %, consiguiéndose normalmente relaciones de alargamiento de agujeros λ_M de un 7 % y más.

55 Un producto plano de acero de acuerdo con la invención tiene, en el caso de una resistencia a la tracción mínima Rm de 880 MPa, un alto alargamiento de rotura de al menos un 15 % y con ello, una calidad (Rm*A80), que asciende normalmente al menos a 14000 MPa*%. Habitualmente, las resistencias a la tracción Rm de productos planos de acero de acuerdo con la invención se encuentran en el intervalo de 880 - 1150 MPa.

- 5 El límite elástico de un producto plano de acero de acuerdo con la invención asciende al menos a 550 MPa, consiguiéndose normalmente límites elásticos de 580 MPa y más. Habitualmente, los límites elásticos de productos planos de acero de acuerdo con la invención se encuentran en el intervalo de 580 - 720 MPa. Para un producto plano de acero de acuerdo con la invención, la relación de límites elásticos (ReL/Rm) asciende por consiguiente así mismo normalmente a 0,55 - 0,75.
- El alargamiento de rotura A80 de un producto plano de acero de acuerdo con la invención asciende al menos al 15 %, consiguiéndose normalmente alargamientos de rotura A80 de hasta un 25 %.
- A partir de la determinación del límite de resistencia a la fatiga por vibraciones según la norma DIN EN 50100 resulta para los productos planos de acero de acuerdo con la invención un valor k, que normalmente es superior a 4.
- 10 Carbono está presente en un producto plano de acero de acuerdo con la invención en contenidos de un 0,12 - 0,19 % en peso, para provocar un aumento de la resistencia mediante formación de cristales mixtos intersticial y endurecimiento por precipitación con la formación de cementita (Fe₃C). En contenido mínimo de un 0,12 % en peso es necesario para conseguir la resistencia deseada. El contenido máximo de un 0,19 % en peso no debería superarse para satisfacer los requisitos planteados en la práctica en cuanto a la soldabilidad de productos planos de acero del tipo de acuerdo con la invención.
- 15 Manganeseo está presente en un producto plano de acero de acuerdo con la invención en contenidos de un 1,5 - 2,5 % en peso. Mediante la adición de manganeso se aumentan el límite elástico y la resistencia a la tracción. De este modo, en un producto plano de acero de acuerdo con la invención, mediante la presencia de al menos un 1,5 % en peso de manganeso, se permite una resistencia a la tracción Rm de al menos 880 MPa y un límite elástico ReL de al menos 550 MPa, en particular al menos 580 MPa. Más de un 2,5 % en peso de Mn no debería estar presente en un acero de acuerdo con la invención, dado que, en caso de contenidos en Mn superiores, aumenta el riesgo de generación de segregaciones de manganeso, que pueden repercutir desfavorablemente en el comportamiento del material.
- 20 Al contenido en silicio, que está presente en un producto plano de acero de acuerdo con la invención en contenidos de >0,60 - 1,0 % en peso, se le atribuye una especial importancia en cuanto a la formación de la estructura. Al ascender el contenido en Si a más del 0,60 % en peso, se suprime la formación de perlita, lo que permite un enriquecimiento de la austenita con carbono y con ello aumenta la estabilidad de la austenita retenida. La austenita retenida se convierte durante la transformación en martensita, mediante lo cual se consigue una solidificación adicional. Silicio forma además con hierro cristales mixtos, mediante los cuales se aumenta la resistencia en el
- 25 acero. Pueden aprovecharse de manera especialmente segura las influencias positivas de la presencia de silicio en un producto plano de acero de acuerdo con la invención cuando el contenido en Si asciende al menos a un 0,65 % en peso, en particular al menos a un 0,7 % en peso. Para evitar la formación de cascarilla desfavorable, al mismo tiempo el contenido en Si está limitado a, como máximo un 1,0 % en peso, limitándose una formación de cascarilla de este tipo en particular cuando el contenido en Si está limitado a, como máximo, un 0,95 % en peso.
- 30 El acero, del que se compone el producto plano de acero de acuerdo con la invención está estabilizado con aluminio. Por consiguiente, los productos planos de acero de acuerdo con la invención contienen normalmente más de un 0,01 % en peso y hasta un 0,1 % en peso de aluminio.
- 35 Cromo está presente en un producto plano de acero de acuerdo con la invención en contenidos de un 0,2 - 0,6 % en peso. El cromo actúa aumentando la resistencia en el producto plano de acero de acuerdo con la invención. A esto hay que añadir que, durante el procesamiento en caliente que tiene lugar en el transcurso de la producción de un producto plano de acero de acuerdo con la invención del acero, mediante la presencia de Cr, se retrasa la formación de bainita. Un contenido de un 0,2 % en peso es necesario para conseguir la resistencia necesaria. El contenido se limita a un 0,6 % en peso, dado que unos ensayos han mostrado que un contenido en cromo demasiado alto repercute desfavorablemente en el alargamiento y con ello en la calidad (Rm*A80) del producto plano de acero de acuerdo con
- 40 la invención.
- 45 Titanio se añade a un producto plano de acero de acuerdo con la invención como elemento de microaleación en contenidos de un 0,05 - 0,15 % en peso. Debido a la presencia de Ti, el acero presenta precipitaciones muy finas de Ti(C,N), que contribuyen a aumentar la resistencia y a la finura de grano. El tamaño de grano de la estructura es, según la norma ASTM inferior o igual a 15, es decir inferior o igual a 1,9 µm. Para formar las precipitaciones deseadas, es necesario un contenido en Ti de al menos un 0,05 % en peso, ajustándose de forma especialmente segura el efecto positivo de Ti cuando el contenido en Ti del acero al menos a un 0,07 % en peso, en particular al menos un 0,09 % en peso. A partir de un contenido de un 0,15 % en peso no se produce ninguna mejora adicional del efecto de Ti.
- 50 Debido a sus propiedades, un producto plano de acero de acuerdo con la invención es adecuado para aplicaciones en las que son necesarios mayores grados de conformación en combinación con altos valores de resistencia. Ejemplos típicos de estos usos son elementos constructivos relevantes para los choques tales como cerchas longitudinales y también piezas del chasis cargadas permanentemente durante el funcionamiento.
- 55

ES 2 614 465 T3

El procedimiento de acuerdo con la invención para la producción de un producto plano de acero laminado en frío de acuerdo con la invención comprende las siguientes etapas de trabajo:

- 5 - Una masa fundida de acero, que se compone de (en % en peso) C: 0,12 - 0,19 %, Mn: 1,5 - 2,5 %, Si: >0,60 - 1,0 %, Al: ≤ 0,1 %, Cr: 0,2 - 0,6 %, Ti: 0,05 - 0,15 % y como resto, de hierro así como impurezas inevitables debido a la producción, se cuela para dar un producto primario, en cuyo caso se trata de un desbaste o desbaste delgado.
 - 10 - El producto primario se calienta a una temperatura de austenitización que asciende a 1100 - 1300 °C, pudiendo comprender este calentamiento un calentamiento que va desde una temperatura menor o pudiendo realizarse como mantenimiento del desbaste o desbaste delgado respectivo aprovechando el calor presente en los mismos tras su generación. El calentamiento se lleva a cabo a este respecto teniendo en cuenta la geometría del producto primario y la capacidad de carga del equipo de calentamiento disponible, de modo que la estructura del producto primario, al final de este calentamiento, es completamente austenítica.
 - 15 - El producto primario calentado a la temperatura de austenitización se lamina en caliente entonces para dar una banda laminada en caliente, cuyo grosor asciende habitualmente a 1,8 - 4,7 mm. El régimen de temperatura en el escalonamiento de laminación en caliente que comprende varias, por regla general de cinco a siete estructuras de laminación se selecciona de modo que en las dos primeras estructuras del escalonamiento de laminación en caliente no tenga lugar recristalización alguna. Con este fin, la invención prevé una temperatura de laminación en caliente de 850 - 960 °C.
 - 20 - La banda laminada en caliente que surge a partir de la última estructura del escalonamiento de laminación en caliente se enfría a continuación con aire, agua o aire y agua en combinación hasta una temperatura de devanado que asciende a 500 - 650 °C y se devana a esta temperatura. A una temperatura de devanado por debajo de 500 °C, la resistencia al cambio de forma en el proceso de laminación en frío sería demasiado alta. En el caso de una temperatura de devanado que se encuentra por encima de 650 °C, existe el riesgo de que se produzca una oxidación intreganular perjudicial con respecto a la conformabilidad.
 - 25 - Para mejorar su naturaleza superficial, la banda laminada en caliente puede decaparse opcionalmente, cuando debido a requisitos de calidad, resulta esta necesidad.
 - 30 - La banda laminada en caliente obtenida se lamina en frío ahora para dar un producto plano de acero laminado en frío, que habitualmente tiene un grosor de 0,6 - 2,5 mm. A este respecto, el grado de laminación en frío alcanzado durante la laminación en frío asciende al menos a un 30 %, con ello es posible principalmente una recristalización. Para no dejar aumentar demasiado las fuerzas de laminación, el grado de laminación en frío no deberá superar el 75 %.
 - 35 - El producto plano de acero laminado en frío se somete entonces a un recocido continuo. A este respecto se calienta el producto plano de acero en primer lugar hasta una temperatura de recocido que asciende a 750 - 900 °C y se mantiene a esta temperatura de recocido durante al menos 80 s, en particular durante 80 - 300 s. La temperatura de recocido mínima de 750 °C y una duración de mantenimiento de al menos 80 s son necesarias para que se consiga una austenitización suficiente. A temperaturas de recocido de más de 900 °C se fomentaría demasiado la formación de austenita. Esto llevaría a un desplazamiento de las partes de estructura en el producto final, mediante lo que ya no se garantizaría la resistencia requerida de 880 MPa.
 - Después del recocido se enfría en dos etapas el producto plano de acero.
- 40 En la primera etapa del enfriamiento se enfría el producto plano de acero a este respecto con una velocidad de enfriamiento de 8 - 100 K/s hasta una temperatura intermedia que asciende a 450 - 550 °C. La velocidad de enfriamiento de al menos 8 K/s se necesita en este caso para evitar la formación de perlita y bainita y, a pesar de ello, dejar que se genere suficiente ferrita. En el intervalo de temperatura de 450 °C a 550 °C tiene lugar además el primer enriquecimiento de la austenita con carbono.
- 45 En la segunda etapa del enfriamiento se enfría el producto plano de acero entonces desde la temperatura intermedia con una velocidad de enfriamiento de al menos 2 K/s hasta 350 - 450 °C. Con ello se consigue una pieza de contenido en martensita que asciende como máximo a un 20 %, mediante la que se garantiza la resistencia a la tracción mínima Rm que asciende a 880 MPa de un producto plano de acero de acuerdo con la invención.
- 50 - Después de que se ha alcanzado la temperatura final del enfriamiento de dos etapas, se sobrevejece el producto plano de acero. La temperatura final tras una duración de sobrevejecimiento de 210 - 710 s asciende a 100 - 400 °C. Mediante los procesos de difusión en la banda al atravesarse este tratamiento de sobrevejecimiento, se estabiliza la austenita retenida por completo o en parte, para aumentar la capacidad de alargamiento del producto plano de acero para las conformaciones efectuadas posteriormente en el producto plano de acero. Mediante la conversión de la austenita retenida estabilizada en martensita en procesos de conformación se aumenta además la resistencia a la tracción.
 - 55 - En la última etapa del tratamiento térmico efectuado en el producto plano de acero laminado en frío se enfría el producto plano de acero hasta temperatura ambiente. A este respecto, a partir de la austenita retenida no

estabilizada puede generarse martensita, que puede aumentar adicionalmente la resistencia del producto plano de acero.

- 5 - A continuación se relamina la banda con un grado de acabado de un 0,2 % a un 2,0 %. Un grado de acabado de un 0,2 % se necesita para ajustar la planitud y la calidad superficial. No deberán superarse grados de acabado de un 2 %, dado que, de lo contrario, baja demasiado el alargamiento de rotura.
- Opcionalmente, el producto plano de acero puede dotarse finalmente de una capa de protección metálica, mediante la que por ejemplo se garantiza una protección contra la corrosión suficiente para el fin de uso respectivo.

10 El enfriamiento en la primera etapa del enfriamiento de dos etapas puede efectuarse con cualquier medio adecuado que garantice una velocidad de enfriamiento suficiente. Para ello se usan equipos de refrigeración disponibles en la práctica. De este modo puede tener lugar el enfriamiento en aire en movimiento. Sin embargo puede concebirse también efectuar el enfriamiento con ayuda de agua que se rocía sobre el producto plano de acero.

15 El enfriamiento en la segunda etapa del enfriamiento de dos etapas puede tener lugar de acuerdo con una configuración práctica de la invención porque el producto plano de acero se enfría mediante contacto con los rodillos enfriados. Como alternativa o de manera complementaria, el producto plano de acero puede enfriarse en la segunda etapa del enfriamiento de dos etapas mediante una corriente de aire en movimiento.

20 El tratamiento de sobrevejecimiento puede tener lugar por ejemplo porque el producto plano de acero, durante el tratamiento de sobrevejecimiento, atraviesa un espacio protegido frente al entorno. A este respecto se ajusta la temperatura del producto plano de acero hasta 100 - 400 °C. A partir de la temperatura, con la que el producto plano de acero entra en el tratamiento de sobrevejecimiento, este ajuste de la temperatura puede realizarse como calentamiento, enfriamiento o mantenimiento.

El recubrimiento del producto plano de acero con la capa de protección metálica puede tener lugar electrolíticamente de manera especialmente efectiva.

A continuación se explica en detalle la invención por medio de ejemplos de realización.

25 La Figura muestra un diagrama, en el que están representados los tramos típicos para un recocido de acuerdo con la invención de la evolución de la temperatura a lo largo del tiempo.

30 Siete masas fundidas de acero 1 - 7, cuyas composiciones están indicadas en la Tabla 1a, se cuelan para dar desbastes, siendo las masas fundidas de acero 1 - 5 de acuerdo con la invención y las masas fundidas 6 y 7, debido a su contenido en Si o Cr situado fuera de las especificaciones de acuerdo con la invención, no de acuerdo con la invención.

Los desbastes se han calentado a continuación a una temperatura de austenitización que asciende a 1100 - 1300 °C, de modo que los desbastes tenían, a la entrada en el escalonamiento de laminación en caliente que se atraviesa a continuación, una estructura totalmente austenítica.

35 Los desbastes se han laminado en caliente entonces a las temperaturas de laminación en caliente WET indicadas en la Tabla 1b para dar banda laminada en caliente con un grosor dKW de 1,8 - 4,6 mm, a continuación se han enfriado al aire hasta la temperatura de devanado HT respectiva, indicada así mismo en la Tabla 1b y se ha devanado a la temperatura de devanado HT alcanzada en cada caso. A continuación tuvo lugar opcionalmente un decapado, para eliminar la cascarilla presente sobre la banda laminada en caliente antes de la laminación en caliente y permitir así naturalezas superficiales óptimas durante la laminación en caliente posterior.

40 La laminación en caliente llevada a cabo a continuación de esto de la banda laminada en caliente respectiva para dar un producto plano de acero laminado en frío con un grosor dKW tuvo lugar en cada caso con los grados de laminación en caliente KWG indicados también en la Tabla 1b.

45 A continuación se han sometido muestras de los productos planos de acero laminados en frío así obtenidos a distintos tratamientos térmicos A - J, en los que en el paso se calienta en cada caso hasta una temperatura de recocido GT, entonces se mantiene a lo largo de una duración de recocido tG a la temperatura de recocido GT, a continuación, en una primera etapa de enfriamiento con una primera tasa de enfriamiento r1 se ha llevado hasta una primera temperatura objetivo ZT1 e inmediatamente después de esto, en una segunda etapa de enfriamiento, con una segunda tasa de enfriamiento r2, se ha llevado a una segunda temperatura objetivo ZT2.

50 Después de la segunda etapa del enfriamiento, las muestras obtenidas en cada caso de los productos planos de acero laminados en frío, a lo largo de una duración de sobrevejecimiento durante una duración tUeA que asciende a 250 - 710 s, a una temperatura de sobrevejecimiento TUEA que asciende al final del tratamiento a 400 - 100 °C en un espacio protegido frente al entorno, se han sometido a un tratamiento de sobrevejecimiento. Los parámetros GT, tG, r1, ZT1, r2, ZT2 y tUeA ajustados en cada caso en los tratamientos térmicos A - J están registrados en la Tabla 2.

ES 2 614 465 T3

Después de un enfriamiento hasta la temperatura ambiente RT, se han relaminan las muestras de producto plano de acero con un grado de relaminación de D°, tal como se indica en la Tabla 1b.

Las propiedades de las muestras de producto plano de acero así obtenidas están resumidas en la Tabla 3.

- 5 Se muestra que las muestras de producto plano de acero generadas a partir de las masas fundidas de acero 6 y 7 compuestas no de acuerdo con la invención no alcanzan, en cuanto a su resistencia a la tracción Rm o su límite elástico ReL, los límites inferiores predeterminados de acuerdo con la invención de 880 MPa o 550 MPa, en particular 580 MPa, también cuando se someten a un tratamiento térmico, que se lleva a cabo de acuerdo con la invención. Por el contrario, las muestras de producto plano de acero compuestas y sometidas a tratamiento térmico de acuerdo con la invención superan normalmente estos valores límite.

10

Tabla 1a

Acero	C	Mn	Si	Al	Cr	Ti	P	N	S
1	0,17	1,9	0,72	0,04	0,37	0,114	0,012	0,0048	0,001
2	0,13	2,3	0,65	0,06	0,23	0,07	0,007	0,009	0,007
3	0,16	1,7	0,75	0,03	0,57	0,108	0,013	0,007	0,006
4	0,18	2,1	0,94	0,02	0,34	0,143	0,009	0,007	0,009
5	0,14	1,5	0,83	0,08	0,48	0,135	0,018	0,006	0,002
6	0,15	1,8	0,53	0,05	0,43	0,15	0,014	0,003	0,003
7	0,14	2,4	0,73	0,06	0,05	0,09	0,009	0,004	0,005

Datos de contenido en % en peso, el resto hierro e impurezas inevitables

Tabla 1b

Acero	WET [°C]	HT [°C]	dW [mm]	KWG [%]	dKB [mm]	D° [%]	¿De acuerdo con la invención?
1	900	530	2,0	50	1,0	0,51	SÍ
2	910	560	2,0	45	1,1	0,69	SÍ
3	870	510	2,0	55	0,9	0,30	SÍ
4	950	635	4,6	50	2,4	1,50	SÍ
5	935	545	1,8	60	0,7	0,25	SÍ
6	910	530	2,4	50	1,2	0,96	NO
7	910	530	3,4	50	1,7	0,78	NO

Tabla 2

Tratamiento térmico	GT [°C]	tG, [s]	r1 [K/s]	ZT1 [°C]	r2, [K/s]	ZT2 [°C]	TUeA [°C]	tUeA [s]
A	750	150	9,3	500	4,3	400	260	440
B	810	150	11,6	500	4,3	400	280	440
C	840	150	13	500	4,3	400	290	440
D	900	150	15	500	4,3	400	270	440
E	810	200	8,4	500	3,1	400	150	600
F	810	90	18,5	500	6,9	400	350	250
G	810	150	13,4	450	4,3	350	300	440
H	810	150	9,7	550	4,3	450	320	500
I	810	150	14,8	500	4,3	350	350	440
J	810	150	17,9	500	4,3	350	400	440

Acero	Tratamiento térmico	ReL [MPa]	Rm [MPa]	A80 [%]	Porcentaje de estructura [%]			Rm ² A [MPa-%]	Rel/Rm	Pendiente curva de Wöhler	Alargamiento de agujeros λ [%]	¿De acuerdo con la invención?
					Ferrita	Austenita retenida	Martensita					
1	A	670	1123	15,1	75	5	20	16957	0,60	7,5	11,9	SI
1	B	660	1010	15,8	76	5	19	15958	0,65	8,9	12,5	SI
1	C	642	945	16,8	80	7	13	15876	0,68	12,4	13,8	SI
2	E	581	891	18,9	77	10	13	16840	0,65	11,5	7,4	SI
2	F	591	887	16,8	80	9	11	14902	0,67	13,1	7,8	SI
2	G	602	901	19,2	78	12	10	17299	0,67	5,9	7,9	SI
3	B	651	922	16,2	80	11	9	14936	0,71	10,6	12,8	SI
3	C	629	892	17,1	79	13	8	15253	0,71	7,1	13,9	SI
3	D	591	882	19,4	81	12	7	17111	0,67	12,8	14	SI
4	F	632	1078	15,1	77	8	15	16278	0,59	13,2	12,3	SI
4	G	664	1023	17,2	79	9	12	17596	0,65	12,6	12,5	SI
	H	667	1031	17,3	76	10	14	17836	0,65	4,6	12,2	SI
5	D	603	897	20,1	79	13	8	18030	0,67	8,3	13,4	SI
5	E	663	1030	16,2	77	10	13	16686	0,64	13,0	12,1	SI
5	I	657	1021	17,3	77	5	18	17663	0,64	9,1	12,3	SI
5	J	641	986	19,8	76	14	9	19523	0,65	7,6	15,4	SI
6	C	560	840	21,2	84	8	8	17808	0,67	11,5	10,3	NO
6	D	491	812	22	80	10	10	17864	0,60	11,9	12,2	NO
7	B	531	876	18,3	81	9	10	16031	0,61	5,8	5,9	NO
7	C	512	823	19,1	85	9	6	15719	0,62	9,9	5,7	NO

REIVINDICACIONES

1. Producto plano de acero laminado en frío, que

- está fabricado a partir de un acero que se compone de (en % en peso)

5 C: 0,12 - 0,19 %,
Mn: 1,5 - 2,5 %,
Si: >0,60 - 1,0 %,
Al: ≤ 0,1 %,
Cr: 0,2 - 0,6 %,
Ti: 0,05 - 0,15 %

10 y como resto, de hierro así como impurezas inevitables debido a la fabricación,

y que presenta

15 - una estructura libre de perlita y de bainita con un 4 - 20 % en volumen de martensita, un 2 - 15 % en volumen de austenita retenida, el resto ferrita,
- un alargamiento de rotura A80 de al menos un 15 %,
- una resistencia a la tracción Rm de al menos 880 MPa,
- un límite elástico ReL de al menos 550 MPa y
- una relación de alargamiento de agujeros λ_M de más del 6 %.

2. Producto plano de acero laminado en frío de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** su contenido de Si asciende al menos al 0,65 % en peso.

20 3. Producto plano de acero laminado en frío de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** su contenido de Ti asciende al menos al 0,07 % en peso.

4. Procedimiento para la fabricación de un producto plano de acero laminado en frío creado de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3 que comprende las siguientes etapas de trabajo:

- colar una masa fundida de acero, que se compone de (en % en peso)

25 C: 0,12 - 0,19 %,
Mn: 1,5 - 2,5 %,
Si: >0,60 - 1,0 %,
Al: ≤ 0,1 %,
Cr: 0,2 - 0,6 %,

30 Ti: 0,05 - 0,15 %

y como resto, de hierro así como impurezas inevitables debido a la fabricación,

para dar un producto primario, que se trata de un desbaste o un desbaste delgado,

35 - calentar el producto primario hasta una temperatura de austenitización que asciende a 1100 - 1300 °C,
- laminar en caliente el producto primario calentado para dar una banda laminada en caliente, ascendiendo la temperatura de laminación en caliente a 850 - 960 °C,
- enfriar la banda laminada en caliente hasta una temperatura de devanado que asciende a 500 - 650 °C,
- devanar la banda laminada en caliente enfriada hasta la temperatura de devanado,
- decapar opcionalmente la banda laminada en caliente,
40 - laminar en frío la banda laminada en caliente para dar un producto plano de acero laminado en frío, ascendiendo el grado de laminación en frío alcanzado durante la laminación en frío al menos al 30 %,

- recocer de manera continua el producto plano de acero laminado en frío, calentándose el producto plano de acero en el transcurso del recocido continuo

45 - hasta una temperatura de recocido que asciende a 750 - 900 °C y manteniéndose a esta temperatura de recocido durante 80 - 300 s y
- a continuación del recocido, se enfría en dos etapas, enfriándose el producto plano de acero
- en la primera etapa del enfriamiento con una velocidad de enfriamiento de 8 - 100 K/s hasta una temperatura intermedia que asciende a 450 - 550 °C y
- en la segunda etapa del enfriamiento desde la temperatura intermedia con una velocidad de enfriamiento de 2 - 100 K/s hasta 350 - 450 °C,

50 - sobreenviejecer el producto plano de acero a lo largo de una duración de sobreenviejecimiento de 210 - 710 s, ascendiendo la temperatura al final del sobreenviejecimiento a 100 - 400 °C,
- enfriar el producto plano de acero hasta temperatura ambiente,
- relaminar el producto plano de acero con un grado de relaminación que asciende al 0,2 - 2 %,

- recubrir opcionalmente el producto plano de acero con una capa de protección metálica.

5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizado porque** el enfriamiento en la primera etapa del enfriamiento de dos etapas tiene lugar en aire en movimiento.

5 6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 4 a 5, **caracterizado porque** el producto plano de acero se enfría al menos en la segunda etapa del enfriamiento de dos etapas mediante contacto con los rodillos enfriados.

7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 4 a 6, **caracterizado porque** el producto plano de acero se enfría en la segunda etapa del enfriamiento de dos etapas mediante una corriente de aire en movimiento.

10 8. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 4 a 7, **caracterizado porque** el producto plano de acero durante el tratamiento de sobreenviejamiento atraviesa un espacio protegido frente al entorno, en el que la temperatura del producto plano de acero partiendo de una temperatura de entrada que asciende como máximo a 450 °C, asciende al final a 100 - 400 °C.

9. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 4 a 8, **caracterizado porque** el recubrimiento con la capa de protección metálica tiene lugar de manera electrolítica.

15

