

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 716 937**

51 Int. Cl.:

C23C 2/02	(2006.01)
C21D 8/04	(2006.01)
C21D 9/46	(2006.01)
C22C 38/00	(2006.01)
C22C 38/02	(2006.01)
C22C 38/04	(2006.01)
C22C 38/06	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.09.2015 PCT/EP2015/070577**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **14.04.2016 WO16055227**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.09.2015 E 15762569 (0)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.01.2019 EP 3204530**

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

30 Prioridad:

09.10.2014 EP 14188314

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.06.2019

73 Titular/es:

**THYSSENKRUPP STEEL EUROPE AG (50.0%)
Kaiser-Wilhelm-Strasse 100
47166 Duisburg, DE y
THYSSENKRUPP AG (50.0%)**

72 Inventor/es:

**BLUMENAU, MARC;
STEINEBRUNNER, JÖRG y
ZOCHER, UDO**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 716 937 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 recocido por recristalización y procedimiento para su fabricación

5 La invención se refiere a un producto plano de acero laminado en frío y recocido por recristalización con una microestructura ferrítica.

Los productos planos de acero de este tipo se utilizan especialmente en el sector de la construcción de carrocerías de automóvil, donde se exigen requisitos especialmente altos a la moldeabilidad y la apariencia óptica de las piezas moldeadas a partir de tales productos planos de acero.

10 Cuando se habla aquí de productos planos de acero, entonces se trata a este respecto de productos laminados, como bandas o chapas de acero, así como a los recortes y llantones obtenidos a partir de ellas.

Además, la invención se refiere a un procedimiento para la fabricación de un producto plano de acero del tipo en cuestión.

15 En tanto que continuación se proporcionen datos sobre los contenidos de aleaciones, éstos siempre se refieren al peso, mientras que no se especifique otra cosa. Por el contrario, los datos sobre la composición de las atmósferas siempre se refieren al volumen considerado, en tanto que no se especifica otra cosa.

20 Para la construcción de carrocerías o aplicaciones comparables, determinados productos planos de acero se proveen normalmente de una estructura superficial que destaca por una rugosidad definida y una distribución de crestas igualmente definida, para cumplir los requisitos específicos del cliente existentes referentes a la conformabilidad e impresión superficial (capacidad de pintado y brillo de la pintura). Un ejemplo típico de especificaciones correspondientes del sector de la industria automovilística es una rugosidad media aritmética (denominada en lo sucesivo de forma abreviada "rugosidad") Ra de 1,1 - 1,6 μm a un número de crestas RPc de al menos 60 1/cm. La rugosidad Ra y el número de crestas RPc se determinan a este respecto según la norma de ensayo de acero SEP 1940 mediante un perfilómetro de contacto según ISO 3274.

25 Otro criterio para determinar la calidad superficial que va a alcanzarse para una capacidad de pintado óptima y un brillo de la pintura óptimo lo representa el llamado "parámetro de ondulación Wsa(1 - 5)", denominado a continuación de forma abreviada "Wsa", que se determina según la norma de ensayo de acero SEP 1941:2012-05 después del 5 % de deformación plástica en el ensayo de embutición de Marciniak. Requisitos típicos se encuentran en valores de Wsa de 0,35 μm a 0,40 μm . Brillo de la pintura especialmente bueno se ajusta a valores de Wsa de $\leq 0,35 \mu\text{m}$, especialmente $< 0,30 \mu\text{m}$. Para lograr valores de Wsa bajos de este tipo, se requieren números de cresta RPc de al menos 75 1/cm y rugosidades Ra de 0,9 - 1,4 μm .

30 El ajuste de los parámetros de material Ra y RPc se realiza en la generación de productos planos de acero laminados en frío normalmente mediante acabado por laminado después del recocido de recristalización, que recorren los productos planos de acero después del laminado en frío, para garantizar su moldeabilidad óptima.

35 Por "acabado por laminado" debe entenderse a este respecto un laminado y relaminado completado después del recocido de recristalización en el que el producto plano de acero se somete a una ligera deformación de aproximadamente el 0,2 - 2,0 %, que aquí se denomina "grado de acabado por laminado". El grado de acabado por laminado se determina a este respecto antes y después del bastidor de rodillos mediante una comparación de las velocidades periféricas de los rodillos de desviación, que están provistos de sensores de detección de posición, en el que se acaba por laminado el producto plano de acero. A partir de la diferencia de posición de los rodillos de desviación (entrada de posición s1, salida de posición s2) se deduce el grado de acabado por laminado D como $D = [(s2-s1)/s1]*100$.

40 El requisito combinado "alto número de crestas RPc" y "alta rugosidad Ra" representa una tarea de fabricación compleja que en principio se aplica. Esto surge del hecho de que una alta rugosidad del rodillo necesaria para lograr altos valores de Ra trae consigo en principio un bajo número de crestas RPc, ya que el creciente agrietamiento superficial (= rugosidad) de los rodillos separa la distancia de cresta de onda a cresta de onda sobre la superficie del rodillo y, por tanto, se reduce el número de crestas que pueden formarse en el producto plano de acero. Circunstancias agravantes a esto es que ya en el acabado por laminado seco la transferencia de las crestas existentes sobre la superficie del rodillo sobre cada producto plano de acero respectivamente laminado contribuye a una pérdida de transferencia de crestas de aproximadamente el 20 %.

55 Hay que añadir la norma de que en el caso de que el grado de acabado por laminado D sea elegido demasiado alto, la rugosidad Ra será demasiado alta. Si, por el contrario, el grado de acabado por laminado D se aplica bajo, especialmente a dimensiones de banda anchas, podrían producirse bordes de banda sin acabado por laminado. Entonces, los valores de Ra y RPc alcanzados allí son demasiado bajos.

60 El grado de acabado por laminado D también puede variarse no discrecionalmente a propósito de las propiedades mecánicas del sustrato de acero. Un grado de acabado por laminado D demasiado bajo contrarresta solo insuficientemente un pronunciado límite elástico. Debido a un grado de acabado por laminado D demasiado alto, la resistencia del sustrato de acero puede, por el contrario, fallar de manera no corregible debido al intenso endurecimiento en frío.

65

- Los requisitos al acabado por laminado aumentan cuando más blando y más delgado sea el producto plano de acero que va a generarse. Por "blando" se entiende aquí un acero que en el estado recristalizado y después del acabado por laminado posee un límite de alargamiento $R_{p0,2}$ de como máximo 180 N/mm² y una resistencia a la tracción R_m de como máximo 340 N/mm². Esto tiene en la práctica como consecuencia que los actuales productos planos de
- 5 acero del tipo aquí en cuestión con dimensiones típicas de automóviles pueden generarse con la seguridad funcional deseada solo con gran coste. A este respecto han demostrado ser especialmente críticos aceros con un límite de alargamiento $R_{p0,2}$ de máx. 150 MPa y una resistencia a la tracción R_m de como máximo 310 MPa.
- Se conocen distintas propuestas para hacer controlable este esfuerzo en la práctica y producir productos planos de
- 10 acero que deban lograr requisitos óptimos para un pintado con incluso requisitos estrictos que satisfacen la imagen de brillo.
- Un ejemplo de esto es el procedimiento conocido del documento EP 0 234 698 B1 para la fabricación de una chapa de acero adecuada para pintar. Este procedimiento prevé que en la superficie de un acabado por laminado se
- 15 genere un patrón regular de depresiones mediante un rayo de energía. El producto plano de acero que va a procesarse se somete a acabado por laminado mediante dos rodillos de trabajo, de los que al menos uno está procesado en la forma previamente especificada. La reducción de sección transversal lograda mediante el acabado por laminado deberá a este respecto ascender a no menos del 0,3 % para transferir el patrón del rodillo de trabajo a la superficie de la chapa de acero. De esta manera deberá obtenerse una chapa de acero que presente una
- 20 rugosidad superficial promedio R_a dentro del intervalo de 0,3 a 3,0 μm y una forma microscópica que forme la rugosidad superficial que está compuesta por zonas de elevación trapezoidales con una superficie superior plana, zonas de depresión similares a ranuras que están configuradas de tal forma que rodeen completa o parcialmente una zona de elevación, y zonas medias planas, que están configuradas de tal forma entre las zonas de elevación fuera de las zonas de depresión que son más altas que el suelo de las zonas de depresión y más profundas o de la
- 25 misma altura que las superficies superiores de las zonas de elevación. Al mismo tiempo, las elevaciones y depresiones deberán presentar determinadas dependencias geométricas, entre otros del diámetro de las depresiones moldeadas en el rodillo de trabajo de acabado por laminado.
- Una propuesta comparable se ha hecho en el documento DE 36 86 816 T2. Allí también se ha propuesto incorporar
- 30 en la superficie de un producto plano de acero laminado en frío un patrón de rugosidad superficial uniforme que conduce a una rugosidad superficial R_a de 0,3 - 2,0 μm .
- Por el documento WO 2011/162135 A1 se conoce finalmente una chapa de acero laminada en frío delgada y un
- 35 procedimiento para su fabricación. La chapa de acero está constituida a este respecto por acero con en % en peso, 0,10 % o menos de C, 0,05 % o menos de Si, 0,1 - 1,0 % de Mn, 0,05 % o menos de P, 0,02 % o menos de S, 0,02 - 0,10 % de Al, menos del 0,005 % de N y el resto Fe e impurezas inevitables. La chapa de acero así proporcionada se somete a un tratamiento de recocido en el que se recuece durante al menos 30 s a una temperatura de recocido de 730 - 850 °C y a continuación se enfría a una temperatura que asciende como máximo a 600 °C con una tasa de enfriamiento de al menos 5 °C/s. El producto plano de acero recocido laminado en frío posteriormente obtenido
- 40 presenta una microestructura constituida principalmente por ferrita que posee diámetro de grano cristalino promedio de 5 - 30 μm . A continuación, el producto plano de acero se somete a acabado por laminado usando un rodillo cuya rugosidad superficial R_a asciende como máximo a 2 μm . La relación de alargamiento lograda mediante el acabado por laminado se ajusta a este respecto en función del diámetro de grano cristalino promedio de la chapa recocida laminada en frío delgada.
- 45 Por el documento EP 2 508 629 A1 se conoce un procedimiento para la fabricación de un acero no orientado al grano que contiene 0,1-1% de Si, 0,005-1,0% de Al, como máximo 0,004 % de C, 0,10-1,50% de Mn, como máximo 0,2% de P, como máximo 0,05% de S, como máximo 0,002 % de N, como máximo 0,006 % de Nb+V+Ti y como resto hierro e impurezas inevitables.
- 50 Por el documento DE 197 01 443 A1 se conocen una chapa o banda, que presenta un límite de alargamiento $R_{p0,2}$ > 200 N/mm², y un procedimiento para la fabricación de una chapa o banda de este tipo.
- Por el documento EP 0 484 960 A2 se conoce una banda de acero laminada en frío que presenta un valor r en la
- 55 dirección de 45° de al menos 1,90, y un procedimiento para la fabricación de una banda de este tipo.
- Por el documento EP 1 111 081 A1 se conoce un acero ultrabajo en carbono que no contiene casi carburo de niobio y un procedimiento para su fabricación.
- 60 Por el documento EP 2 700 731 A1 se conocen una chapa de acero con aleación de boro que presenta una relación de boro-nitrógeno $B/N = (B \text{ (% en masa)}) / (10,81)(N \text{ (% en masa)}) / 14,01$ inferior o igual a 3,0 y un procedimiento para su fabricación.
- 65 Por el documento 196 22 164 C1 se conoce un procedimiento para generar una chapa o banda de acero laminada en frío que presenta 0,01- 0,08% de C.

Por el documento 10 2012 017 703 A1 se conoce un producto plano de un material de metal, que presenta una estructura de superficie con una rugosidad media aritmética de 0,3-3,6 μm y número de cresta de 45-180 1/cm y un procedimiento para su fabricación

5 En vista del estado de la técnica previamente expuesto, el objetivo de la invención consistió en especificar un producto plano de acero que poseyera una conformabilidad optimizada y excelentes propiedades de pintado y a este respecto pudiera fabricarse de forma rentable y fiable.

10 Igualmente deberá especificarse un procedimiento para la fabricación de un producto plano de acero según la invención.

Con respecto al producto plano de acero, la invención ha logrado este objetivo por el hecho de que se logre un producto plano de acero tal según la reivindicación 1.

15 Un procedimiento que permite la generación fiable de un producto plano de acero según la invención se especifica en la reivindicación 5.

20 Configuraciones ventajosas de la invención se especifican en las reivindicaciones dependientes y se exponen en detalle a continuación como la idea general de la invención.

Un producto plano de acero recocido laminado en frío y recocido por recristalización según la invención con una microestructura ferrítica está constituido en consecuencia por un acero con la siguiente composición (en % en peso):

25 C: 0,0001 - 0,003 %,
Si: 0,001 - 0,025 %,
Mn: 0,05 - 0,20 %,
P: 0,001 - 0,015 %,
Al: 0,02 - 0,055 %,
Ti: 0,01 - 0,1 %,

30

el resto hierro e impurezas inevitables, pudiendo contener el acero además los siguientes elementos de aleación opcionales:

35 Cr: 0,001 - 0,05 %,
V: hasta 0,005 %,
Mo: hasta 0,015 %,
N: 0,001 - 0,004 %

contándose entre las impurezas inevitables B, Cu, Nb, Ni, Sb, Sn y S, cuyo porcentaje en total es como máximo 0,2 % en peso y presenta

40 - un límite de alargamiento Rp0,2 de hasta 180 MPa,
- una resistencia a la tracción Rm de hasta 340 MPa,
- un alargamiento a la rotura A80 de al menos el 40 %,
- un valor de n de al menos 0,23

45 así como en al menos una de sus superficies
- una rugosidad media aritmética Ra de 0,8 - 1,6 μm
y
- un número de crestas RPc de al menos 75 1/cm.

50 A este respecto, las depresiones y crestas moldeadas en la superficie que condicionan la rugosidad media Ra y el número de crestas RPc están distribuidas estocásticamente.

55 Un producto plano de acero según la invención está constituido, por tanto, por un acero blando, que posee un límite de alargamiento Rp0,2 de hasta 180 MPa, especialmente de menos de 150 MPa, una resistencia a la tracción Rm de hasta 340 MPa, especialmente de menos de 310 MPa, y a este respecto con un alargamiento a la rotura A80 de al menos el 40 % posee un alto alargamiento y un alto valor de n de al menos 0,23. Con esta combinación de propiedades es óptimamente adecuado para una conformación, especialmente para una embutición profunda.

60 Al mismo tiempo, un producto plano de acero según la invención presenta un acabado superficial caracterizado por una rugosidad media aritmética Ra de 0,8 - 1,6 μm y un número de crestas RPc de al menos 75 1/cm que le confiere una idoneidad excelente para un pintado con brillo de la pintura optimizado. Así, las estructuras superficiales según la invención alcanzan de forma segura valores de Wsa de como máximo 0,40 μm , normalmente como máximo 0,35 μm , especialmente menos de 0,30 μm , y concretamente especialmente cuando los productos planos de acero según la invención están presentes en un espectro de dimensiones típico para aplicaciones técnicas para automóviles con
65 espesores de hasta 1,0 mm y anchuras de al menos 1000 mm.

Un producto plano de acero según la invención presenta su idoneidad especial para la conformación y pintado en el estado sin recubrir o cubierto con una capa protectora metálica.

5 En caso de que se prevea un recubrimiento metálico tal, deberá aplicarse mediante recubrimiento electrolítico. Mediante la aplicación de procedimientos electrolíticos conocidos se garantiza que la estructura superficial de la banda de acero sometida a acabado por laminado según la invención se mantenga sobre la superficie del producto plano de acero recubierto con el recubrimiento metálico. Como capa protectora metálica es especialmente adecuada a este respecto una capa aplicada electrolíticamente a base de cinc.

10 Alternativamente o además de un recubrimiento protector metálico del tipo anteriormente mencionado, el producto plano de acero según la invención también puede recubrirse con un recubrimiento inorgánico u orgánico. Con recubrimiento inorgánico se indica una capa pasiva típica para procesos de bandas, por ejemplo, como fosfatado o cromado. Con recubrimiento orgánico se indica una pasivación de capa gruesa típica para procesos de bandas, por ejemplo, a base de compuestos que contienen Cr (III). A este respecto también pueden aplicarse agentes de recubrimiento en sí conocidos que se utilizan normalmente para mejorar la adherencia de la pintura, el comportamiento de fricción en la herramienta de conformado y similares.

20 La textura superficial formada sobre la superficie proporcionada según la invención de un producto plano de acero según la invención se caracteriza por una distribución estocástica de depresiones y crestas que determinan el valor de rugosidad Ra según la invención y el número de crestas R_{Pc} según la invención.

25 Las texturas superficiales estocásticas, como se han descrito previamente según la invención, son texturas superficiales irregulares que se caracterizan por una distribución estadística irregular de las características de diseño como, por ejemplo, depresiones, que pueden variar entre ellas a su vez en distancia, forma y tamaño. Las texturas superficiales deterministas son, por el contrario, texturas superficiales regulares que se caracterizan por una distribución regular de características de diseño similares.

30 Según la invención se aspira a una texturización superficial estocástica para optimizar en estado aceitado o engrasado el comportamiento de fricción entre la superficie del acero y la herramienta durante los procesos de conformación. En un proceso de conformación asociado a herramienta, especialmente en la embutición profunda o en combinación, una estructura superficial estocástica destaca por que a altos esfuerzos de presión el lubricante puede fluir de la zona de esfuerzo por microcanales que se abren entre las montañas y los valles de la textura superficial. En comparación con las recámaras más aisladas de una texturización superficial determinista, esta red de miembros de microcanales permite una distribución más uniforme del lubricante sobre toda la superficie, en la que en el proceso de conformación se produce un contacto entre la herramienta y el producto plano de acero. Además, una estructura básica estocástica garantiza propiedades de flujo y de adhesión para recubrimientos orgánicos o metálicos que pueden aplicarse según se necesite adicionalmente sobre el producto plano de acero según la invención.

40 El valor de rugosidad Ra no deberá ser en la superficie según la invención de un producto plano de acero según la invención inferior a 0,8 μm, ya que de ser así la superficie será demasiado lisa. Pero el valor de rugosidad Ra no deberá ser superior a 1,6 μm, ya que la superficie es entonces demasiado rugosa como para lograr propiedades de conformación optimizadas. Para poder aprovechar de forma fiable las ventajas de la invención, pueden preverse valores de rugosidad Ra de 0,9 - 1,4 μm.

45 El número de crestas R_{Pc} no deberá ser inferior a 75 por cm, ya que esto repercutiría negativamente sobre el valor de W_{sa}. Al estar fijado el número de crestas a al menos 75 1/cm, se garantiza que el valor de W_{sa} de un producto plano de acero según la invención no aumenta por encima de 0,40 μm, especialmente no por encima de 0,35 μm, y se logra un pintado con un brillo de la pintura óptimo. Números de crestas más altos conducen a valores de W_{sa} adicionalmente mejorados de la superficie proporcionada según la invención de un producto plano de acero según la invención. De esta manera pueden lograrse los valores de W_{sa} de productos planos de acero según la invención de menos de 0,30 μm. Los valores de W_{sa} de como máximo 0,40 μm se alcanzan de forma fiable cuando el número de crestas R_{Pc} para la superficie proporcionada según la invención se fija a al menos 75 por cm. Se ajustan valores de W_{sa} de como máximo 0,35 μm cuando el número de crestas R_{Pc} para la superficie de producto plano producido según la invención se fija a al menos 80 por cm. Finalmente, pueden garantizarse valores de W_{sa} de menos de 0,30 μm por el hecho de que para el número de crestas R_{Pc} se fija un valor mínimo de 90 por cm.

60 Un producto plano de acero según la invención contiene como elementos de aleación obligatorios C, Si, Mn, P, Al y Ti con la siguiente condición:

El contenido de C del producto plano de acero según la invención asciende al 0,0001 - 0,003 % en peso. El C está contenido inevitablemente en la masa fundida de acero, de manera que contenidos de C de al menos el 0,0001 % en peso siempre son constatables en un acero según la invención. Un contenido de C superior al 0,003 % en peso empeora, sin embargo, la capacidad de conformación pretendida por una fuerte contribución al endurecimiento del carbono. Esto puede evitarse por el hecho de reducir el contenido de C al 0,002 % en peso o menos.

65

5 El Si está presente en un producto plano de acero según la invención en contenidos del 0,001 - 0,025 % en peso. El Si también está contenido inevitablemente en la masa fundida de acero. Una proporción de Si por encima del límite según la invención del 0,025 % en peso empeora, sin embargo, la capacidad de conformación debido a una fuerte contribución al endurecimiento. Para evitar influencias negativas de la presencia de Si, el contenido de Si de un producto plano de acero según la invención puede limitarse como máximo al 0,015 % en peso.

10 El Mn está presente en un producto plano de acero según la invención en contenidos del 0,05 - 0,20 % en peso. Los contenidos de Mn que se encuentran en este intervalo contribuyen de forma óptima a la capacidad de conformación de un producto plano de acero según la invención. A contenidos de Mn que se encuentran por encima del intervalo prefijado según la invención se produce una contribución muy baja o muy alta debido a la solidificación de cristales mixtos. Una influencia óptima de la presencia de Mn en el producto plano de acero según la invención puede asegurarse por el hecho de que el contenido de Mn se limite a como máximo el 0,15 % en peso.

15 El P está previsto en un producto plano de acero según la invención en contenidos del 0,001 - 0,015 % en peso. El P también está contenido inevitablemente en la masa fundida de acero y proporciona una contribución a la solidificación de cristales mixtos. Una proporción de P por encima del límite según la invención empeora, sin embargo, la capacidad de conformación pretendida y muestra repercusiones negativas sobre el resultado de pintado pretendido. Para aprovechar las influencias positivas de la presencia de P mediante solidificación de cristales mixtos y al mismo tiempo excluir de forma segura influencias negativas, el contenido de P puede limitarse a como máximo el 0,012 % en peso.

25 El Al está presente en un producto plano de acero según la invención en contenidos del 0,02 - 0,055 % en peso. El Al sirve en la producción de acero para calmar la masa fundida de acero y, por lo tanto, debe añadirse a la aleación dentro de los límites según la invención. Una proporción de Al por encima del límite superior previsto según la invención del contenido de Al empeora, sin embargo, la capacidad de conformación pretendida. La influencia positiva del Al en la aleación de un producto plano de acero según la invención puede aprovecharse de forma óptima por el hecho de que el contenido de Al se limite a como máximo el 0,03 % en peso.

30 El Ti está presente en un producto plano de acero según la invención en contenidos del 0,01 - 0,1 % en peso. El Ti sirve para la unión de elementos de aleación intersticiales y así contribuye a la solidificación por precipitación. A un contenido de Ti de menos del 0,01 % en peso, los elementos de aleación intersticiales se encuentran además disueltos en la red cristalina, lo que repercute negativamente sobre la capacidad de conformación pretendida. Mediante contenidos de Ti que se encuentran por encima del 0,1 % en peso no se mejora adicionalmente la capacidad de conformación. Las influencias positivas de la presencia de Ti pueden aprovecharse entonces con más seguridad cuando el contenido de Ti asciende al 0,05 - 0,09 % en peso.

40 Además de los elementos de aleación anteriormente mencionados siempre presentes en un producto plano de acero según la invención, un producto plano de acero según la invención puede contener opcionalmente adicionalmente los siguientes elementos de aleación para lograr o ajustar propiedades determinadas:

45 El Cr puede añadirse en contenidos del 0,001 - 0,05 % en peso a un producto plano de acero según la invención, de manera que la presencia de Cr a contenidos bajos de este tipo repercute positivamente sobre las propiedades mecánicas del producto plano de acero según la invención, especialmente su límite de alargamiento y resistencia a la tracción. Una proporción de Cr por encima del intervalo previsto según la invención empeora, sin embargo, la capacidad de conformación pretendida.

Igualmente, puede añadirse opcionalmente V a la aleación de la masa fundida de acero para también contribuir a la unión de elementos de aleación intersticiales y así a una solidificación por precipitación. Para esto, el V puede estar presente en el producto plano de acero según la invención en contenidos de hasta el 0,005 % en peso.

50 El Mo puede estar presente opcionalmente en contenidos de hasta el 0,015 % en peso en el producto plano de acero según la invención para servir para la solidificación de cristales mixtos. Sin embargo, una proporción de Mo por encima del límite según la invención empeora la capacidad de conformación pretendida.

55 En principio, los contenidos de N en el producto plano de acero según la invención deben atribuirse a las impurezas técnicamente inevitables. Pero en contenidos del 0,001 - 0,004 % en peso el N puede servir adicionalmente, debido a la formación de TiN, para una solidificación por precipitación. Si la proporción de N es mayor del 0,004 % en peso, existe el riesgo de que exista nitrógeno disuelto en la red cristalina y cause un marcado límite elástico que produce una peor moldeabilidad por embutición profunda. Por tanto, el contenido de N opcionalmente previsto está limitado de forma óptima a como máximo el 0,003 % en peso para asegurar las propiedades de conformación pretendidas.

60 Además de los elementos de aleación previamente mencionados y el hierro como componente principal de un acero según la invención, en el producto plano de acero según la invención pueden estar presentes impurezas técnicamente inevitables. A éstas pertenecen B, Cu, Nb, Ni, Sb, Sn y S, su proporción en suma deberá ser como máximo del 0,2 % en peso, siendo válidos en el caso de la presencia de Nb, B o Sb para estas impurezas las siguientes condiciones especiales: contenido de Sb como máximo del 0,001 % en peso, contenido de Nb como máximo del 0,002 % en peso y contenido de B como máximo del 0,0005 % en peso.

ES 2 716 937 T3

Los productos planos de acero producidos según la invención pueden generarse de forma fiable, por ejemplo, por el modo y manera de fabricación según la invención.

El procedimiento según la invención para la fabricación de un producto plano de acero según la invención comprende para esto las siguientes etapas de trabajo:

a) Proporcionar un producto plano de acero laminado en frío endurecido por laminado con microestructura ferrítica, que correspondientemente a las explicaciones anteriores está constituido por un acero con la siguiente composición (en % en peso):

C: 0,0001 - 0,003 %,
Si: 0,001 - 0,025 %,
Mn: 0,05 - 0,20 %,
P: 0,001 - 0,015 %,
Al: 0,02 - 0,055 %,
Ti: 0,01 - 0,1 %,

el resto hierro e impurezas inevitables, en el que el acero puede contener además los siguientes elementos de aleación opcionales:

Cr: 0,001 - 0,05 %,
V: hasta 0,005 %,
Mo: hasta 0,015 %,
N: 0,001 - 0,004 %;

contándose entre las impurezas inevitables B, Cu, Nb, Ni, Sb, Sn y S, cuyo porcentaje en total es como máximo 0,2 % en peso y

b) Tratar térmicamente el producto plano de acero que se realiza en el paso continuo por un horno de recocido bajo una atmósfera de recocido, que a una temperatura de rocío de -10 °C a -60 °C está constituida por 1-7 % en volumen de H₂ y el resto N₂ e impurezas inevitables,

- en el que el producto plano de acero para el recocido de recristalización
 - se calienta hasta una temperatura de mantenimiento T₁ de 750 - 860 °C,
 - se mantiene a una temperatura de mantenimiento T₁ durante un tiempo t₁ de 30 - 90 s,
- en el que el producto plano de acero para un posterior tratamiento de sobreenviejecimiento
 - se enfría de la temperatura de mantenimiento T₁ con una velocidad de enfriamiento CR₁ de 2 - 100 °C/s a una temperatura de inicio del sobreenviejecimiento T₂ de 400 - 600 °C,
 - después de enfriarse a la temperatura de inicio del sobreenviejecimiento T₂ se enfría durante un tiempo t₂ de 30 - 400 s con una velocidad de enfriamiento CR₂ de 0,5 - 12 °C/s a una temperatura final de sobreenviejecimiento T₃ de 250 - 350 °C, y
- en el que el producto plano de acero después de enfriarse a la temperatura final de sobreenviejecimiento T₃ se enfría con una velocidad de enfriamiento CR₃ de 1,5 - 5,0 °C/s a temperatura ambiente;

c) Someter a acabado por laminado el producto plano de acero recocido por recristalización con un grado de acabado por laminado D del 0,4 - 0,7 % usando un rodillo de trabajo de acabado por laminado, cuya superficie periférica que se pone en contacto con el producto plano de acero posee una rugosidad media aritmética Ra de 0 - 2,5 μm y un número de cresta RP_c de al menos 100 1/cm, en el que las depresiones y crestas formadas en la superficie del rodillo de trabajo de acabado por laminado que condicionan la rugosidad media Ra y el número de crestas RP_c están distribuidas estocásticamente.

En la etapa de trabajo b) del procedimiento según la invención, las etapas parciales respectivas previstas para el tratamiento térmico del producto plano de acero se completan en un horno continuo. El proceso de tratamiento térmico se realiza como en el recocido completado en el paso continuo, porque de esta manera se ensamblan homogéneamente entre sí las etapas parciales individuales del tratamiento térmico. De la secuencia ininterrumpida resulta una dispersión claramente más baja de las propiedades mecánicas del producto plano de acero a lo largo de su longitud y anchura.

En el horno continuo previsto para el tratamiento térmico que transcurre continuamente en la práctica pueden calentarse secciones individuales de la manera en sí conocida, por ejemplo, a modo de un horno DFF (horno de llama directa), DFI (impacto de llama directa) o NOF (horno no oxidante) directamente o, por ejemplo, a modo de un horno RTF (horno de tubos radiantes) indirectamente.

El enfriamiento del producto plano de acero a la temperatura de inicio del sobrevejecimiento T2, así como el enfriamiento final del producto plano de acero a temperatura ambiente, pueden realizarse de forma convencional mediante soplado de gas, por ejemplo, N2, H2 o una mezcla de los mismos, mediante la aplicación de agua, niebla o mediante un enfriamiento mediante contacto con rodillos de enfriamiento, pudiendo realizarse cada una de estas medidas también en combinación con una o varias de las otras medidas de enfriamiento.

Para el recocido por recristalización se prevé una temperatura de mantenimiento T1 que se encuentra en el intervalo de temperatura de 750 - 860 °C. A temperaturas de recocido que se encuentran por debajo de 750 °C ya no puede alcanzarse con seguridad la recristalización completa de la microestructura del producto plano de acero. A temperaturas de más de 860 °C, por el contrario, existe el riesgo de formación de grano grueso. Ambos repercutirían negativamente sobre las propiedades de conformación. Se obtienen resultados óptimos del recocido por recristalización cuando la temperatura T1 asciende a 800 - 850 °C.

La duración t1, durante la cual el producto plano de acero se mantiene en el recocido de recristalización a la temperatura de mantenimiento T1, asciende a 30 - 90 segundos, para asegurar propiedades de conformación óptimas del producto plano de acero generado según la invención. Si t1 asciende a menos de 30 segundos, entonces ya no podría alcanzarse de forma fiable una recristalización completa de la microestructura. A un tiempo de mantenimiento t1 que es más largo de 90 segundos, existiría a su vez el riesgo de formación de grano grueso.

Después de mantener la temperatura de mantenimiento T1, el producto plano de acero se enfría con una velocidad de enfriamiento CR1 de 2 - 100 °C/s a la temperatura de inicio del sobrevejecimiento T2. La velocidad de enfriamiento CR1 se elige a este respecto de forma que se obtenga un producto plano de acero con propiedades de conformación óptimas. Se necesita una velocidad de enfriamiento mínima CR1 de 2 °C/s para evitar una formación de grano grueso. Si, por el contrario, la velocidad de enfriamiento CR1 se encuentra por encima de 100 °C/s, se formaría grano demasiado fino, lo que también obstaculizaría la buena conformabilidad pretendida.

La temperatura de inicio del sobrevejecimiento T2 asciende a al menos 400 °C, porque a temperaturas que se encuentran por debajo la potencia de enfriamiento necesaria para el enfriamiento a la temperatura de inicio del sobrevejecimiento T2 es alta, sin embargo las propiedades de los materiales ya no se influirían adicionalmente positivamente más. Si la temperatura de inicio del sobrevejecimiento T2 se encontrara, por el contrario, por encima de 600 °C, entonces no se interrumpiría de forma suficientemente duradera la recristalización y existiría el riesgo de formación de grano grueso. Con una temperatura de inicio del sobrevejecimiento T2 que asciende a 400 - 600 °C, especialmente 400 - 550 °C, pueden lograrse propiedades de conformación optimizadas.

A partir de la temperatura de inicio del sobrevejecimiento, el producto plano de acero se somete durante una duración t2 de 30 - 400 segundos a un tratamiento de sobrevejecimiento en el que se enfría con una velocidad de enfriamiento CR2 de 0,5 - 12 °C/s a la temperatura final de sobrevejecimiento T3. Si el tiempo t2 asciende a menos de 30 segundos, entonces el tiempo sería demasiado corto, en el cual pueden distribuirse uniformemente los átomos de aleación intersticiales por difusión en la microestructura recristalizada del producto plano de acero. Esto repercutiría negativamente sobre las propiedades de conformación. Un tratamiento de sobrevejecimiento que dura más de 400 segundos no lograría ningún efecto positivo adicional. Se ajusta una velocidad de enfriamiento CR2 de al menos 0,5 °C/s para excluir el tratamiento de sobrevejecimiento dentro de un tiempo práctico. Por el contrario, si se ajusta una velocidad de enfriamiento CR2 que se encuentra por encima de 12 °C/s, entonces la duración t2 del tratamiento de sobrevejecimiento sería demasiado corta. Entonces estaría a disposición demasiado poco tiempo para la difusión de los elementos de aleación intersticiales, por lo que a su vez empeorarían las propiedades de conformación.

La temperatura final T3 del tratamiento de sobrevejecimiento se encuentra según la invención a 250 - 350 °C. Si la temperatura final de sobrevejecimiento T3 se encontrara por encima de 350 °C, entonces el producto plano de acero se transferiría demasiado caliente al enfriamiento final, lo que repercutiría negativamente sobre la calidad superficial y, por tanto, las propiedades de pintado del producto plano de acero según la invención. Una temperatura final de sobrevejecimiento T3 que se encontrara por debajo de 250 °C no tendría, por el contrario, efecto positivo adicional.

Las etapas de trabajo parciales de la etapa de trabajo b) se realizan bajo una atmósfera de recocido de gas protector que posee un contenido de hidrógeno del 1 - 7 % en volumen y el resto está constituido por nitrógeno e impurezas técnicamente inevitables. A una proporción de H2 de menos del 1,0 % en volumen existiría el riesgo de formación de óxidos sobre la superficie del producto plano de acero, por lo que se empeorarían la calidad superficial y, por tanto, sus propiedades de pintado. Un contenido de H2 de la atmósfera de recocido por encima del 7,0 % en volumen no traería, por el contrario, ningún efecto positivo adicional y también sería problemático desde el punto de la vista de la seguridad del proceso.

El punto de rocío de la atmósfera de recocido se encuentra según la invención a -10 °C a -60 °C. Si el punto de rocío de la atmósfera de recocido se encontrara por encima de -10 °C, entonces también existiría el riesgo de formación de óxidos no deseada sobre superficie del producto plano de acero, en lo referente a las superficies pretendidas. Un punto de rocío por debajo de -60 °C solo podría realizarse con gran coste a escala industrial y tampoco tendría

efecto positivo adicional. Condiciones de operación óptimas resultan cuando el punto de rocío de la atmósfera de recocido asciende a -15 °C a -50 °C.

5 El enfriamiento que va a utilizarse hacia el final del tratamiento de sobreenviejamiento del producto plano de acero transcurre bajo la atmósfera de gas protectora ya explicada. A este respecto se prevé una tasa de enfriamiento CR3 de 1,5 - 5,0 °C/s. Esta tasa de enfriamiento CR3 se elige de forma que se evite de forma rentable un empeoramiento de la calidad superficial mediante la formación de óxidos, a la que podría llegarse a un enfriamiento demasiado lento.

10 La etapa de trabajo c) del procedimiento según la invención es esencial para la idoneidad especialmente buena de productos planos de acero según la invención para un pintado con brillo de la pintura optimizado. Esta idoneidad especial resulta por un valor de Wsa de como máximo 0,40 µm, normalmente como máximo 0,35 µm, especialmente inferior a 0,30 µm, que representa una ondulación minimizada de la superficie del producto plano de acero.

15 El grado de acabado por laminado D anteriormente definido en el acabado por laminado (etapa de trabajo c)) previsto según la invención después del tratamiento térmico (etapas de trabajo b)) se encuentra en el 0,4 - 0,7 %. A un grado de acabado por laminado D de menos del 0,4 % se lograría una deformación del producto plano de acero insuficiente para propiedades de conformación óptimas. A los grados de acabado por laminado bajos de este tipo tampoco pudieron alcanzarse los valores prefijados según la invención para la rugosidad Ra y el número de crestas R_{Pc}. A un grado de acabado por laminado D de más del 0,7 % existiría, sin embargo, el riesgo de que se produjera una solidificación demasiado alta en la banda de acero, lo que repercutiría a su vez negativamente sobre las propiedades de conformación. Además, grados de acabado por laminado D de más del 0,7 % podrían conducir a una rugosidad Ra que se encontrara fuera del intervalo de rugosidades prefijado según la invención, en cuanto a las propiedades superficiales pretendidas. Para generar, en el caso de productos planos de acero especialmente anchos, es decir, productos planos de acero con una anchura de normalmente 1500 mm y más, la estructura superficial prefijada según la invención con alta seguridad de operación, el grado de acabado por laminado D puede ajustarse a al menos el 0,5 %. Si debe evitarse cada uno de los efectos negativos del acabado por laminado, entonces para esto puede limitarse el grado de acabado por laminado D a como máximo el 0,6 %. Lo último se ofrece especialmente cuando los constituyentes de aleación del acero, de los que está constituido un producto plano de acero según la invención, están respectivamente presentes con contenidos que se encuentran en los intervalos enfatizados anteriormente como especialmente ventajosos.

35 Para que mediante el acabado por laminado se grabe una estructura superficial en la superficie del producto plano de acero, que se corresponde con las especificaciones según la invención optimizadas en cuanto a las propiedades de pintado, el rodillo de trabajo de acabado por laminado que actúa sobre la superficie del producto plano de acero en cuestión presenta una rugosidad Ra de 1,0 - 2,5 µm y un número de crestas R_{Pc} de al menos 100 por cm. Si la rugosidad Ra del rodillo de trabajo fuera inferior a 1,0 µm o mayor de 2,5 µm, entonces sobre el producto plano de acero no podrían aplicarse los valores de Ra y R_{Pc} según la invención dentro de los límites según la invención. Las propiedades de conformación y de pintado empeorarían correspondientemente. Para garantizar en la práctica que los valores de rugosidad Ra requeridos según la invención se alcancen de forma fiable en el producto plano de acero, la rugosidad Ra de los rodillos de trabajo de acabado por laminado puede ajustarse a 1,2 - 2,3 µm.

45 El número de crestas R_{Pc} de la superficie del rodillo de trabajo de acabado por laminado asciende a al menos 100 por cm, siendo especialmente ventajosos números de crestas R_{Pc} más altos, como números de crestas R_{Pc} de rodillos de trabajo de al menos 110 por cm, especialmente más de 130 por cm. Proporcionando altos números de crestas R_{Pc} de 100 por cm y más en la superficie periférica que entra en contacto con el producto plano de acero del rodillo de trabajo de acabado por laminado se garantiza que, con la aplicación de los parámetros de acabado por laminado correspondientes a las especificaciones según la invención anteriormente expuestas, se transfieran el número de cresta R_{Pc} requerido al producto plano de acero respectivamente acabado por laminado.

50 Para formar sobre la superficie del producto plano de acero respectivo una estructura superficial con distribución estocástica de crestas y valles, la estructura superficial de la superficie periférica que se pone en contacto con el producto plano de acero del rodillo de trabajo de acabado por laminado también está formada correspondientemente estocásticamente.

55 La estructura superficial prevista según la invención puede fabricarse, por ejemplo, de forma en sí conocida mediante la técnica EDT ("EDT" = texturización por electrodescarga) establecida para la craterización específica de rodillos de acabado por laminado en el procedimiento de CAP (-) o pulsos (+). Una explicación detallada de este procedimiento se encuentra en la tesis doctoral de Henning Meier, "Über die Aufrauung de Walzenoberflächen mit Funkenentladungen", TU Braunschweig 1999, Shaker Verlag 1999.

60 La técnica de EDT se basa en que la superficie del rodillo se crateriza mediante erosión por chispa. Para este fin, el rodillo de trabajo de acabado por laminado se pasa en un tanque, en el que se encuentra un dieléctrico, a un electrodo. Mediante la descarga de chispas se hacen pequeños cráteres en la superficie del rodillo. Al conectar el electrodo como ánodo (+) (es decir, la corriente circula desde el rodillo hacia el electrodo) se forman sobre el rodillo cráteres muy poco homogéneos, lo que va acompañado de un número de crestas más alto. En el caso contrario (es

decir, conexión del electrodo como cátodo (-)) la corriente circula hacia el rodillo. El resultado son cráteres lisos.

La variante de CAP (-) de la técnica de EDT se basa en una descarga de condensador, a la que llega tan pronto como el electrodo está suficientemente cerca del rodillo. El procedimiento de CAP produce una textura estocástica sobre los rodillos de trabajo, ya que la capacidad del condensador oscila fuertemente de forma variable (entre el 30 % y el 100 %) y, por tanto, se cierran orificios de distinto tamaño en el material del rodillo.

La variante de pulsos (+) de la técnica de EDT se basa en un principio en el que siempre se aplica la misma cantidad de energía sobre el rodillo que va a texturizarse. Mediante esto se forma una textura superficial estocástica con mayor regularidad que, sin embargo, ofrece una distribución de las depresiones y crestas suficientemente estocástica para los fines según la invención

A continuación de la craterización, el rodillo de trabajo según la invención puede experimentar opcionalmente un tratamiento posterior. En éste se rebajan crestas fuertemente sobresalientes de la estructura superficial para reducir las impurezas de la superficie de productos planos de acero debido a crestas rotas. El tratamiento posterior puede realizarse como tratamiento SuperFinish. A este respecto se trata de un procesamiento de gran precisión con el objetivo de limar crestas que sobresalen por encima del valor medio de la rugosidad o reducir su número a un mínimo. Posibilidades de conversión práctica del procedimiento SuperFinish se conocen, por ejemplo, por los documentos DE 10 2004 013 031 A1 o EP 2 006 037 B1. El número de crestas se modifica despreciablemente poco por el tratamiento posterior respectivo. Sin embargo, la superficie se homogeneiza y aumenta la proporción de área de contacto. Esto se traduce en un valor de Rsk negativo (= inclinación de la distribución de rugosidad). A valores de Rsk altos, la rugosidad se distribuye en consecuencia no uniformemente, mientras que valores de Rsk bajos o negativos van acompañados de una distribución de rugosidad muy poco uniforme.

Los rodillos de trabajo de acabado por laminado pueden ser finalmente sometidos a cromados duro de manera conocida antes de su utilización, para optimizar su resistencia al desgaste.

Desde el punto de vista empresarial es ventajoso completar las etapas de trabajo b) y c) del procedimiento según la invención sin interrupción en un flujo continuo. Para esto, el dispositivo de tratamiento térmico (etapa de trabajo b)) y el bastidor de rodillos de acabado por laminado necesario para la etapa de trabajo c) se montan en una línea. El acabado por laminado según la etapa de trabajo c) del producto plano de acero enfriado después de la etapa de trabajo b) y que sale del dispositivo de tratamiento térmico se ejecuta en una única pasada de acabado por laminado. Si, por el contrario, el acabado por laminado debe ejecutarse fuera de línea, es decir, independientemente del transcurso del tratamiento térmico, también pueden ejecutarse varias pasadas de acabado por laminado, mostrándose aquí también que los resultados óptimos se logran cuando el tratamiento con rodillo de acabado por laminado se completa en solo una pasada.

La utilización opcional de un medio de acabado por laminado (acabado por laminado en húmedo) puede tener ventajas en cuanto a una acción de limpieza o lubricante en el acabado por laminado. Un acabado por laminado en seco puede tener, por el contrario, la ventaja de que el producto plano de acero no se pone en contacto con ningún medio de humectación y, como consecuencia de esto, también se minimiza el riesgo de formación de corrosión en un almacenamiento posterior o procesamiento posterior del producto plano de acero.

Mediante la aplicación del procedimiento según la invención es posible generar un producto plano de acero con las propiedades de material mecánicas según la invención anteriormente mencionadas que presenta al mismo tiempo la estructura superficial según la invención a lo largo del ancho de banda completo (completamente acabada por laminación). Mediante la texturización superficial según la invención, que se caracteriza por los valores de rugosidad Ra y números de crestas R_{Pc} correspondientes a las especificaciones según la invención, puede generarse un brillo de la pintura claramente mejor en comparación con un producto comparativo con texturización superficial no según la invención.

Esto deberá explicarse más detalladamente a continuación mediante ejemplos de realización. A este respecto muestran:

La Fig. 1 una vista fragmentaria de una superficie pintada de una pieza de carrocería de automóvil formada a partir de un producto plano de acero según la invención;

la Fig. 2 una vista fragmentaria de una superficie pintada de una pieza de carrocería de automóvil formada a partir de un producto plano de acero no según la invención;

la Fig. 3 el perfil esquemático de un tratamiento térmico según la invención (etapa de trabajo b)).

Se han proporcionado productos planos de acero endurecidos por laminado laminados en frío en forma de bandas de acero B1- B12 de aceros S1 - S6 que presentan la composición especificada en la Tabla 1.

Los productos planos de acero se trataron térmicamente en distintas dimensiones en un horno de tratamiento

térmico de operación continua del tipo de construcción RTF, luego se enfriaron a temperatura ambiente y a continuación se acabaron por laminado en línea.

5 El tratamiento térmico comprende un recocido por recristalización en el que las bandas de acero B1 - B12 se han calentado a una temperatura de mantenimiento T1 de $835\text{ °C} \pm 15\text{ °C}$, a la que se han mantenido durante un tiempo de mantenimiento t1 de 60 s.

10 Después del recocido de recristalización, las bandas de acero B1 - B12 se han sometido a un tratamiento de sobrevejecimiento. Para esto, se han enfriado de la temperatura de mantenimiento T1 con una velocidad de enfriamiento CR1 de $8,5\text{ °C/s}$ a una temperatura de inicio del sobrevejecimiento T2 que ascendió a $530 \pm 15\text{ °C}$.

15 A partir de aquí, las bandas de acero B1 - B12 se han enfriado entonces respectivamente durante una duración de sobrevejecimiento t2 de 302 segundos a una temperatura final de sobrevejecimiento T3 que ascendió a $280 \pm 15\text{ °C}$. La velocidad de enfriamiento CR2 con la que se han enfriado las bandas de acero B1 - B12 de la temperatura de inicio del sobrevejecimiento T2 a la temperatura final de sobrevejecimiento T3 ascendió a $0,82\text{ °C/s}$.

20 Durante todo el tratamiento térmico, las bandas de acero B1 - B12 se han mantenido bajo una atmósfera de recocido que consistió en 4 % en volumen de H2 y el resto N2 e impurezas inevitables. Su punto de rocío se ajustó a $-45\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.

25 Hacia el final del tratamiento de sobrevejecimiento y antes de la salida del horno continuo, las bandas de acero B1 - B12 se enfrían aún bajo la atmósfera de gas protectora con una velocidad de enfriamiento CR3 de $3,5\text{ °C/s}$ a temperatura ambiente y se alimentan en flujo continuamente repetido en un bastidor de cuatro rodillos previsto para el acabado por laminado con rodillos de apoyo y rodillos de trabajo de acabado por laminado. Los rodillos de trabajo de acabado por laminado del bastidor de rodillos de acabado por laminado siempre craterizaron en el modo de CAP (-) mediante la técnica EDT y se sometieron a un cromado duro en una forma en sí conocida. Todos los ensayos de acabado por laminado se realizaron sin la utilización de un medio de acabado por laminado (acabado por laminado en seco).

30 Los parámetros del acabado por laminado (grado de acabado por laminado D, rugosidad Ra_W y número de crestas RPc_W de las superficies periféricas que se ponen en contacto respectivamente con las bandas de acero de los rodillos de trabajo de acabado por laminado), así como la anchura b, espesor d, límite de alargamiento Rp0,2, resistencia a la tracción Rm, alargamiento A80 y el valor de n determinados para las bandas de acero B1 - B12, se especifican en la Tabla 2. Las propiedades mecánicas se determinaron en el ensayo de tracción cuasi-estático
35 según DIN 6892 con localización de la muestra perpendicular con respecto a la dirección de laminado.

40 Igualmente se citan en la Tabla 2 la rugosidad Ra y el número de crestas RPc especificados para las superficies de las bandas de acero B1 - B12. La rugosidad media aritmética Ra, Ra_W y el número de crestas RPc, RPc_W se midieron siempre según la norma de ensayo de acero (SEP) 1940 mediante un perfilómetro de contacto eléctrico según ISO 3274.

Las propiedades de las bandas de acero B1 y B9 muestran que mediante números de crestas RPc más altos se alcanzan mejores valores de Wsa.

45 Las bandas de acero B11 y B12 no según la invención muestran la importancia del significado del grado de acabado por laminados para el éxito de la invención.

50 Adicionalmente se determinan los valores de Wsa para las superficies de las bandas de acero B1 - B12. Los resultados también están enumerados en la Tabla 2. Confirman que los ejemplos de realización según la invención logran un valor de Wsa $< 0,40\text{ }\mu\text{m}$ y así ofrecen condiciones óptimas para un brillo de la pintura especialmente bueno. La medición del parámetro de ondulación Wsa se realizó según la norma de ensayo de acero (SEP) 1941, se midió en una probeta de acero que en el ensayo de embutición de Marciniak experimentó el 5 % de alargamiento plástico.

55 Las Fig. 1 y Fig. 2 ilustran esto mediante una comparación de piezas que se fabricaron a partir de un producto plano de acero según la invención y uno no según la invención mediante conformación y pintado. El ejemplo de realización representado en la Fig. 2 no según la invención, que se ha generado a partir de la banda de acero B3 que no cumple los requisitos según la invención, muestra después del pintado un brillo de la pintura peor que aquel ejemplo representado en la Fig. 1, que se ha moldeado a partir de la banda de acero B1 según la invención.
60

Tabla 1

Acero	C	Si	Mn	P	Al	Ti	S	Cr	Nb	V	Mo	N	Cu	Ni	B	Sn
S1	0,0019	0,005	0,11	0,010	0,029	0,072	0,007	0,032	0,001	0,001	0,004	0,0017	0,014	0,021	0,0002	0,004
S2	0,0015	0,006	0,13	0,010	0,026	0,069	0,009	0,045	0,001	0,001	0,006	0,0026	0,017	0,022	0,0002	0,007
S3	0,0023	0,005	0,09	0,008	0,024	0,075	0,005	0,030	0,001	0,001	0,009	0,0027	0,017	0,027	0,0002	0,004
S4	0,0025	0,006	0,09	0,008	0,024	0,073	0,007	0,024	0,001	0,002	0,004	0,0037	0,010	0,016	0,0002	0,005
S5	0,0020	0,005	0,11	0,010	0,026	0,072	0,007	0,028	0,001	0,003	0,003	0,0025	0,011	0,015	0,0002	0,006
S6	0,0016	0,007	0,11	0,006	0,029	0,073	0,006	-	-	-	-	0,0020	0,011	0,017	0,0002	0,004
Datos en % en peso, el resto hierro e impurezas inevitables																

Tabla 2

Banda de acero	Acero	d (mm)	b (mm)	Rp 0,2 (MPa)	Rm (MPa)	A80 (%)	n	Ra (µm)	RPc (1/cm)	D (%)	Ra_W (µm)	RPc_W (1/cm)	Wsa [µm]	¿Según la invención?
B1	S1	0,85	1608	136	289	47,6	0,245	0,94	92	0,4	1,4	139	0,27	si
B2	S1	0,85	1608	139	285	46,5	0,245	1,30	79	0,5	1,4	105	0,37	si
B3	S2	0,74	1651	142	287	47,8	0,240	1,31	68	0,5	3,0	95	0,44	no
B4	S3	0,85	1573	142	294	47,5	0,241	1,35	84	0,6	2,2	115	0,33	si
B5	S3	0,85	1573	138	290	47,2	0,247	1,29	83	0,5	2,2	115	0,32	si
B6	S4	0,69	1551	147	302	44,0	0,238	1,16	85	0,6	2,2	114	0,34	si
B7	S4	0,69	1551	146	303	45,4	0,236	1,18	80	0,6	2,2	110	0,35	si
B8	S5	0,82	1610	160	297	45,8	0,230	1,27	53	0,7	1,5	90	0,47	no
B9	S6	0,85	1573	130	278	48,5	0,246	1,25	93	0,5	1,4	139	0,26	si
B10	S6	0,85	1573	133	281	47,9	0,245	1,19	87	0,6	2,2	124	0,31	si
B11	S6	0,85	1573	129*)	275	48,1	0,214	0,71	65	0,3	1,1	110	0,43	no
B12	S4	0,69	1551	187	352	38,2	0,238	1,72	70	0,8	2,2	104	0,41	no

*) En el Ejemplo B11, el producto plano de acero mostró un marcado límite elástico Reh, cuyo valor se especifica aquí.

REIVINDICACIONES

1. Producto plano de acero laminado en frío y recocido por recristalización con microestructura ferrítica, que está constituido por un acero con la siguiente composición (en % en peso):

5
 C: 0,0001 - 0,003 %,
 Si: 0,001 - 0,025 %,
 Mn: 0,05 - 0,20 %,
 10
 P: 0,001 - 0,015 %,
 Al: 0,02 - 0,055 %,
 Ti: 0,01 - 0,1 %,
 15

el resto hierro e impurezas inevitables, pudiendo contener el acero además los siguientes elementos de aleación opcionales:

15
 Cr: 0,001 - 0,05 %,
 20
 V: hasta 0,005 %,
 Mo: hasta 0,015 %,
 N: 0,001 - 0,004 %,
 25

contándose entre las impurezas inevitables B, Cu, Nb, Ni, Sb, Sn y S, cuyo porcentaje en total es como máximo del 0,2 % en peso

y un límite de alargamiento Rp0,2 de hasta 180 MPa,
 una resistencia a la tracción Rm de hasta 340 MPa,
 un alargamiento a la rotura A80 de al menos el 40 %,
 30
 un valor de n de al menos 0,23

así como en al menos una de sus superficies una rugosidad media aritmética Ra de 0,8 - 1,6 μm y un número de crestas R_{Pc} de al menos 75 1/cm, en donde las depresiones y crestas formadas en la superficie que condicionan la rugosidad media Ra y el número de crestas R_{Pc} están presentes estocásticamente distribuidas.

2.Producto plano de acero según la reivindicación 1, **caracterizado por que** está cubierto con una capa protectora metálica aplicada mediante recubrimiento electrolítico.

3. Producto plano de acero según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** está cubierto con un recubrimiento inorgánico.

4. Producto plano de acero según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** tiene como máximo 1 mm de espesor y al menos 1000 mm de ancho.

5. Procedimiento para la fabricación de un producto plano de acero configurado según una de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende las siguientes etapas de trabajo:

a) Proporcionar un producto plano de acero laminado en frío endurecido por laminado con microestructura ferrítica que está constituido por un acero con la siguiente composición (en % en peso):

45
 C: 0,0001 - 0,003 %,
 50
 Si: 0,001 - 0,025 %,
 Mn: 0,05 - 0,20 %,
 P: 0,001 - 0,015 %,
 Al: 0,02 - 0,055 %,
 Ti: 0,01 - 0,1 %,
 55

el resto hierro e impurezas inevitables, en donde el acero puede contener además los siguientes elementos de aleación opcionales:

55
 Cr: 0,001 - 0,05 %,
 V: hasta 0,005 %,
 Mo: hasta 0,015 %,
 N: 0,001 - 0,004 %;
 60

contándose entre las impurezas inevitables B, Cu, Nb, Ni, Sb, Sn y S, cuyo porcentaje en total es como máximo del 0,2 % en peso

b) tratar térmicamente el producto plano de acero que se realiza en el paso continuo por un horno de recocido bajo una atmósfera de recocido, que a una temperatura de rocío de -10 °C a -60 °C está constituida por el 1-7 % en volumen de H₂ y el resto N₂ e impurezas inevitables,

65
 - en donde el producto plano de acero para el recocido de recristalización

ES 2 716 937 T3

- se calienta hasta una temperatura de mantenimiento T1 de 750 - 860 °C,
 - se mantiene a la temperatura de mantenimiento T1 durante un tiempo t1 de 30 - 90 s,
- 5
- en donde el producto plano de acero para un posterior tratamiento de sobreenvejecimiento
- se enfría de la temperatura de mantenimiento T1 con una velocidad de enfriamiento CR1 de 2 - 100 °C/s a una temperatura de inicio del sobreenvejecimiento T2 de 400 - 600 °C,
 - después de enfriarse a la temperatura de inicio del sobreenvejecimiento T2 se enfría durante un tiempo t2 de 30 - 400 s con una velocidad de enfriamiento CR2 de 0,5 - 12 °C/s a una temperatura final de sobreenvejecimiento T3 de 250 - 350 °C y
- 10
- en donde el producto plano de acero después de enfriarse a la temperatura final de sobreenvejecimiento T3 se enfría con una velocidad de enfriamiento CR3 de 1,5 - 5,0 °C/s a temperatura ambiente;
- 15
- c) someter a acabado por laminado el producto plano de acero recocido por recristalización con un grado de acabado por laminado D del 0,4 - 0,7 % usando un rodillo de trabajo de acabado por laminado, cuya superficie periférica que se pone en contacto con el producto plano de acero posee una rugosidad media aritmética Ra de 1,0 - 2,5 µm y un número de crestas RPc de al menos 100 1/cm, en donde las depresiones y crestas formadas en la superficie del rodillo de trabajo de acabado por laminado que condicionan la rugosidad media Ra y el número de crestas RPc están distribuidas estocásticamente.
- 20
6. Procedimiento según la reivindicación 5, **caracterizado por que** la temperatura de mantenimiento T1 asciende a 800 - 850 °C.
- 25
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 5 o 6, **caracterizado por que** la temperatura de inicio del sobreenvejecimiento T2 asciende a 400 - 550 °C.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 5 a 7, **caracterizado por que** el punto de rocío de la atmósfera de recocido asciende a -15 °C a -50 °C.
- 30
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 5 a 8, **caracterizado por que** el acabado por laminado se configura como acabado por laminado en húmedo, en el que en la dirección de transporte del producto plano de acero antes del rodillo de trabajo de acabado por laminado se aplica un líquido de acabado por laminado al menos sobre la superficie del producto plano de acero sobre el que actúa el rodillo de trabajo de acabado por laminado.
- 35
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 5 a 9, **caracterizado por que** el grado de acabado por laminado D asciende al 0,5 - 0,6 %.
- 40
11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 5 a 10, **caracterizado por que** la rugosidad media aritmética Ra de la superficie periférica que se pone en contacto con el producto plano de acero del rodillo de trabajo de acabado por laminado asciende a 1,2 - 2,3 µm.
- 45
12. Procedimiento según una de las reivindicaciones 5 a 11, **caracterizado por que** el número de crestas RPc de la superficie periférica que se pone en contacto con el producto plano de acero del rodillo de trabajo de acabado por laminado asciende a al menos 130 1/cm.
13. Procedimiento según una de las reivindicaciones 5 a 12, **caracterizado por que** las etapas de trabajo b) y c) se completan en una serie libre de interrupciones.
- 50
14. Procedimiento según una de las reivindicaciones 5 a 13, **caracterizado por que** el producto plano de acero se cubre después del acabado por laminado con un recubrimiento metálico a base de Zn.
- 55
15. Procedimiento según la reivindicación 14, **caracterizado por que** el recubrimiento metálico se aplica mediante cincado electrolítico sobre el producto plano de acero.

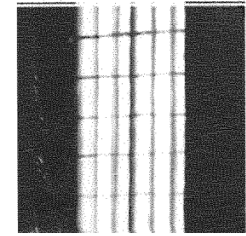


Fig. 1

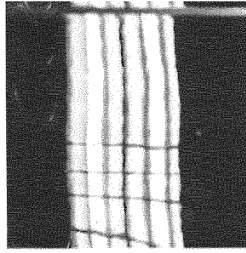


Fig. 2

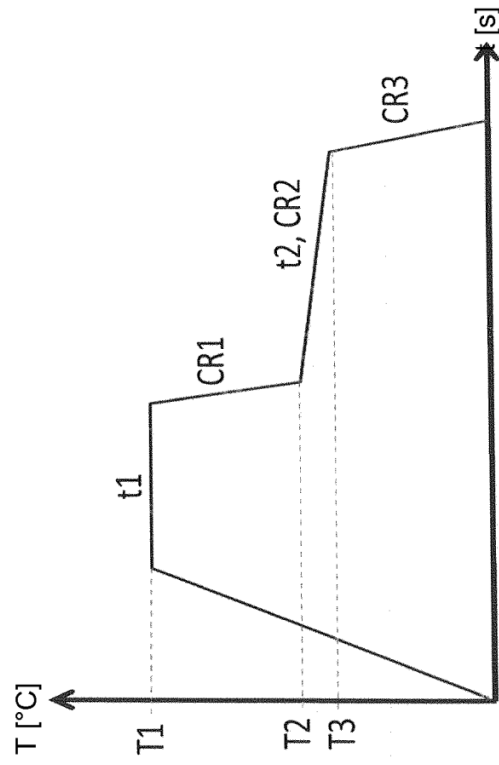


Fig. 3