

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 625 281**

51 Int. Cl.:

B22D 11/12	(2006.01)
C21D 8/00	(2006.01)
C22C 38/00	(2006.01)
C22C 38/04	(2006.01)
C22C 38/06	(2006.01)
B22D 11/06	(2006.01)
C21D 8/02	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.12.2011 PCT/EP2011/072671**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **19.07.2012 WO12095232**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.12.2011 E 11794191 (4)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.02.2017 EP 2663411**

54 Título: **Procedimiento para fabricar un producto plano de acero, laminado en caliente**

30 Prioridad:

11.01.2011 DE 102011000089

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

19.07.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**BALICHEV, EVGENY;
BIAN, JIAN y
HOFMANN, HARALD**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 625 281 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

Procedimiento para fabricar un producto plano de acero, laminado en caliente

La invención se refiere a un procedimiento para la fabricación de un producto plano de acero laminado en caliente hecho de un acero de manganeso de alta ductilidad y alta resistencia, el cual presenta un contenido de Al de 5,9-11,5 % en peso, además de un alto contenido de Mn.

Un acero de este tipo y un procedimiento para su fabricación son conocidos del documento DE-AS 1 262 613. De acuerdo con el procedimiento descrito en esta publicación se cuelan bloques con un diámetro pequeño a partir de acero fundido con una composición correspondiente, y dichos bloques se laminan a continuación en caliente para formar un material en forma de barra. Mediante un tratamiento térmico a 800-1250 °C, puede mejorarse el estiramiento y la resistencia al impacto de probetas entalladas del material obtenido de esta manera. A partir de las barras obtenidas de esta manera deben poder fabricarse piezas de construcción para aviones, proyectiles, turbinas, engranajes, válvulas y similares.

Los desarrollos más nuevos han mostrado que los aceros del tipo indicado al principio, debido a una muy buena combinación de propiedades de alta resistencia, alta deformabilidad, una densidad significativamente reducida y, asociado, un peso reducido al mínimo, son particularmente adecuados como productos planos, es decir como bandas o chapas de acero, en particular para la fabricación de componentes para la fabricación de automóviles, principalmente la construcción de carrocerías de automóviles o piezas de chasis.

El problema aquí, sin embargo, es que los aceros en cuestión, debido a su estado de aleación generado a través de rutas convencionales, como las normalmente aplicadas a aceros con alto contenido de carbono, pueden tratarse sólo difícilmente. Por lo tanto, los aceros conocidos tienen una alta tendencia a las segregaciones del núcleo de Mn y Al durante la colada y la solidificación. Además, en el caso de estos existe un riesgo mayor de que resulten grietas en la superficie durante la colada continua y el plegado de la barra sobre sí misma mientras se retira de la coquilla. Además, por lo regular se requieren largos tiempos de calentamiento del horno debido a su baja conductividad térmica con el fin de llevar las losas moldeadas, hechas de los aceros en cuestión, a la temperatura necesaria para la laminación en caliente. Con los largos tiempos de calentamiento del horno de las losas se asocia una tendencia pronunciada hacia la descarburación. Al mismo tiempo la baja conductividad térmica trae consigo el problema de que al precalentar, cinglar lingotes en floración y laminar en caliente, pueden formarse grietas como resultado de la inercia de recristalización en los bordes enfriados de la banda. Por último, los aceros ofrecen muy altas resistencias a la laminación en caliente y en frío que son considerablemente más altas que con otros aceros de alta aleación, tales como por ejemplo aceros RSH o aceros convencionales de Mn de alta aleación.

Del documento US 7 794 552 B2 se conoce un procedimiento para generar un producto plano de acero a partir de un acero laminado en caliente, de composición convencional, austenítico, con alto contenido de manganeso, el cual contiene además de hierro e impurezas inevitables (en % en peso) 0,85 - 1,05 % de C, 16 - 19 de Mn, hasta 2 % de Si, hasta 0,050 % de Al; hasta 0,030 % de S, hasta 0,050 % de P, hasta 0,1 % de N y opcionalmente uno o varios elementos del grupo de "Cr, Mo, Ni, Cu, Ti, Nb, V" con la condición de que el contenido de Cr puede ser de hasta 1 %, el contenido de Mo de hasta 1,5 %, el contenido de Ni de hasta 1 %, el contenido de Cu de hasta 5 %, el contenido de Ti de hasta 0,50 %, el contenido de Nb de hasta 0,50 % y el contenido de V de hasta 0,50 %. La fracción superficial recristalizada de la banda o chapa de acero obtenida debe ser en tal caso igual a 100%, mientras que la fracción superficial de carburos separados debe ser igual a 0%. Simultáneamente, el tamaño medio de partícula del acero debe ser $\leq 10 \mu\text{m}$. La resistencia del acero conocido, preparado de esta manera, debe ser de más de 1200 MPa y la resistencia y la elongación a la rotura del producto debe ser de más de 65000 MPa.

Con el fin de lograr esto, de acuerdo con el procedimiento conocido se cuela un acero fundido de composición correspondiente para obtener un producto prefabricado el cual puede ser un desbaste plano, un desbaste plano delgado o una banda colada. El producto prefabricado se calienta a una temperatura de 1100 - 1300 °C y se lamina en caliente a una temperatura de laminado en caliente de al menos 900 °C hasta obtener una banda caliente. En caso de requerirse, a continuación se mantiene un tiempo de retención suficiente para la recristalización completa deseada de la superficie de la banda. La banda caliente obtenida se enfría luego con una velocidad mínima de 20 °C/s hasta una temperatura máxima de bobinado de 400 °C y se enrolla en una bobina. La banda caliente generada de esta manera puede laminarse luego para obtener una banda fría en uno o en varios pasos de laminado en frío con recocido intermedio.

El procedimiento conocido del documento US 7 794 552 B2 está determinado para aceros en cuya fundición puede emplearse Al para la desoxidación, aunque su contenido de Al está limitado a máximo 0,05 % en peso con el fin de impedir la eliminación de AlN. Por lo tanto, la presencia de eliminación de AlN ha de traer consigo el riesgo de la aparición de grietas durante la deformación de la banda de acero, generada de manera conocida.

Además, del documento DE 39 03 774 A1 se conoce una chapa de acero aleado con estructura austenítica completa, la cual está compuesta de 4,5 - 10,5 % en peso de aluminio, 22 - 36 % en peso de manganeso, 0,4 - 1,25 % en peso de carbono y al menos uno de los siguientes elementos con 0,10 a 0,50 % en peso de titanio, 0,02 a 0,20

5 % en peso de niobio y 0,10 a 0,40 % en peso de vanadio y el resto de hierro. Si el contenido de aluminio se encuentra por debajo de 9,5 % en peso, en esta chapa de acero el contenido de carbono puede alcanzar 1,25 % en peso. Pero si el contenido de aluminio de la chapa de acero es de 9,5 a 10,5 % en peso, entonces el contenido de carbono debe ser de menos de 1,10 % en peso. Para mejorar la resistencia sin disminuir de manera notable la deformabilidad, la aleación de acero puede contener además hasta 0,5 % en peso de níquel, hasta 0,5 % en peso de cromo, hasta 1,2 % en peso de silicio, hasta 0,5 % en peso de molibdeno y hasta 0,5 % en peso de wolframio. El laminado en caliente de las placas de acero aleadas de esta manera finaliza a una temperatura final de laminado de 800 °C a 1000 °C. A continuación, la chapa laminada en caliente se enfría con aire desde la temperatura final de laminado a la temperatura ambiente. Considerando el trasfondo del estado de la técnica descrito previamente, el objetivo de la invención consistía en proporcionar un procedimiento económico y controlable como procedimiento para generar un producto plano de acero a partir de acero, el cual presentara un alto contenido de Al, además de un alto contenido de Mn.

Este objetivo se logra de acuerdo con la invención mediante el procedimiento indicado en la reivindicación 1. En las reivindicaciones dependientes se indican configuraciones ventajosas del procedimiento de la invención.

15 De acuerdo con la invención, para la fabricación de un producto plano de acero laminado en caliente primero se funde un acero, el cual contiene, además de hierro e impurezas inevitables (en % en peso), C: 0,5 - 1,3 %, Mn: 18 - 26 %, Al: 5,9 - 11,5 %, Si: 0,1 - 0,4 %, Cr: menos de 3 %, Ni: menos de 1 %, Mo: menos de 0,5 %, N: 0,005 - 0,04 %, B: menos de 0,0050 %, Cu: menos de 1 %, Nb: menos de 0,2 %, Ti: menos de 0,3 %, V: menos de 0,3 %, Ca: menos de 0,005 %, Zr: menos de 0,005 %, P: 0,01 - 0,03 %, S: 0,005 - 0,02 %.

20 Un acero fundido compuesto de la manera en que se ha indicado previamente se cuela luego, a manera de ejemplo, en una máquina convencional de fundición de dos rodillos de una manera conocida per se para formar una banda colada.

25 La ventaja de colar la masa fundida en una banda colada consiste de manera conocida en que al colar la banda se producen menos segregaciones a consecuencia del endurecimiento rápido. Esto, en el caso de aceros de alta aleación del tipo tratado de acuerdo con la invención, es particularmente ventajoso porque se logran propiedades de la banda homogéneas gracias a una distribución más uniforme de los elementos de la aleación y una calidad óptima del producto obtenido.

30 Para generar la banda colada se emplea una máquina convencional de fundición de dos rodillos en la cual la banda colada sale en dirección vertical y por medio de un dispositivo de direccionamiento de la barra vía en un arco en una dirección horizontal de transporte, de modo que la banda colada se enfría en su camino desde la máquina de fundición hacia el dispositivo de calentamiento, normalmente con una velocidad de enfriamiento de 10 - 20 K/s hasta una temperatura intermedia por lo regular de no menos de 700 °C. De acuerdo con la invención, esta pérdida de temperatura se mantiene tan baja como sea posible de modo que el calor de colada intrínseco se lleva en la mayor medida posible en la banda colada al salir de la máquina de fundición hasta el dispositivo de calentamiento. De esta manera, puede minimizarse la cantidad de energía necesaria en el dispositivo de calentamiento para el incremento de temperatura realizado allí hasta la temperatura de inicio del laminado en caliente.

35 El calentamiento de la banda colada a la respectiva temperatura de inicio del laminado en caliente que se encuentra en el intervalo de 1100 - 1300 °C se efectúa de acuerdo con la invención con una velocidad de calentamiento de al menos 20 K/s.

40 La banda colada, calentada rápidamente a la temperatura de inicio del laminado en caliente, es laminada en caliente en una o varias pasadas hasta formar una banda laminada en caliente.

45 Dentro de 10 s después del final del laminado en caliente comienza luego, de acuerdo con la invención, un enfriamiento en el cual la banda caliente obtenida se enfría con una velocidad de enfriamiento de al menos 100 K/s hasta < 400 °C. Gracias a este enfriamiento rápido se suprime la formación de componentes con un efecto quebradizo, tal como carburos o fases inter-metálicas.

Finalmente, la banda caliente enfriada se enrolla a una temperatura de bobinado de hasta 400 °C para formar una bobina.

Los pasos de trabajo individuales del procedimiento según la invención se terminan en una secuencia continua, sin interrupciones.

50 La invención se basa en el conocimiento de que la fabricación de un producto plano de acero, libre de grietas en los bordes y en la superficie, hecho de un acero que presenta altos contenidos de C, Mn y Al, se logra si a partir de la masa fundida con la composición correspondiente se cuela una banda delgada, de máximo 5 mm, principalmente de 3-5 mm de espesor. El espesor de la banda colada se encuentra, por lo tanto, en el intervalo del espesor que ya debe tener el producto plano laminado en caliente, generado de manera final.

5 La posibilidad, usada en el procedimiento de la invención, de colar un acero que presenta altos contenidos de C, Al y Mn en la fundición de bandas y el endurecimiento rápido del acero, asociado con la misma, después de la colada disminuye la frecuencia de segregaciones centrales en la banda colada. Las grietas transversales y las grietas de tipo asterisco no se presentan en absoluto al colar la banda colada y se presentan solamente grietas longitudinales solamente en una cantidad muy reducida. Al colar la banda en una máquina de fundición de dos rodillos puede controlarse la aparición de segregaciones centrales variando la fuerza de los rodillos de fundición. La banda colada, delgada, con un espesor de acuerdo con la invención sólo de máximo 5 mm, principalmente de 3 - 5 mm, presenta ya a la salida de la rendija de fundición un corte transversal favorable con pequeñas tensiones de flexión. Por lo tanto, la banda colada puede doblarse sin problemas desde la posición vertical en una dirección de transporte horizontal en la cual pasa a través de otras estaciones de su tratamiento.

Al mismo tiempo, usando la fundición de la banda se reduce significativamente la descarbonación puesto que ya no es necesario un calentamiento arduo de las losas. El riesgo de una formación de grietas al laminar en caliente se minimiza debido a la distribución homogeneizada de la temperatura que se logra durante el calentamiento rápidamente realizado de acuerdo con la invención antes de la laminación en caliente.

15 La banda colada de acuerdo con la invención se caracteriza por una estructura colada de tres capas con zonas marginales dendríticas y un núcleo globular.

La banda colada se calienta usando en la mayor medida posible el calor intrínseco de fundición después de dejar la máquina de fundición a la temperatura de laminación en caliente inicial requerida de 1100-1300 °C. El calentamiento se efectúa en este caso tan rápidamente como sea posible, principalmente con una velocidad de calentamiento de al menos 20 K/s.

20 Normalmente, el incremento de temperatura logrado durante el calentamiento realizado según la invención, logrado en la banda colada se encuentra en el intervalo de hasta 250 °C, en cuyo caso el incremento mínimo de la temperatura es normalmente de 50 °C. Además de impedir la generación de segregaciones no deseadas, mediante el calentamiento de la banda realizado rápidamente según la invención, la distribución de temperatura puede ajustarse de manera dirigida por el ancho de la banda. De esta manera es posible, por una parte, homogenizar la distribución de temperatura calentando rápidamente. Con el fin de lograr un determinado comportamiento de deformación de la banda colada durante el procedimiento de laminado en caliente, por otra parte el calentamiento también puede realizarse de tal manera que se produzca un perfil de temperatura definido por el ancho de la banda colada. De esta manera pueden minimizarse irregularidades de la banda, desviaciones de la estabilidad direccional y otros efectos geométricos en la banda sin necesidad de aparatos o medidas adicionales costosas.

30 Para el calentamiento acelerado a la temperatura inicial de laminación en caliente es adecuado principalmente un dispositivo de calentamiento que opera inductivamente tal como se describe a manera de ejemplo en el documento DE 103 23 796 B3. La ventaja del uso de un horno de inducción para el calentamiento rápido o la impregnación térmica del producto que se está laminando consiste en que el producto laminado puede calentarse durante un tiempo breve de acción hasta una temperatura dada relativamente exacta.

La temperatura inicial de laminado en caliente lograda durante el calentamiento rápido se selecciona de tal manera que se minimizan las resistencias de laminado que la banda colada opone durante el laminado en caliente. Éste es principalmente el caso cuando la temperatura inicial de laminado en caliente es de al menos 50 °C. La temperatura final de laminado en caliente de laminado en caliente realizado se encuentra en este caso, de manera típica, en el intervalo de 1000 - 1050 °C. Esta condición se basa en el conocimiento de que el acero tratado según la invención, debido a su alto contenido de aluminio, tiene que tratarse en una ventana de temperatura estrecha.

La laminación en caliente de la banda colada, que se efectúa en línea con la fundición de la banda, disminuye la porosidad central de la banda colada que es específica para el procedimiento y para el material, aumenta la homogeneidad de la microestructura y de esta manera mejorar las propiedades de la banda en su totalidad.

45 Adicionalmente se simplifica el laminado en caliente de la banda colada que es sólo difícilmente laminable por el hecho de que la banda colada ya tiene un espesor que es cercano a las dimensiones finales antes del laminado en caliente, de tal modo que en el transcurso del laminado en caliente solo tienen que lograrse grados de deformación comparativamente pequeños. Éstos son normalmente de al menos 10 %, principalmente 10 - 20 %. Los grados bajos de deformación de este tipo pueden lograrse en una pasada lo cual contribuye adicionalmente a la optimización de la eficiencia económica del procedimiento de la invención.

50 Mediante el enfriamiento rápido efectuado a continuación del laminado en caliente, con una velocidad de enfriamiento de al menos 100 K/s se asegura que en la banda caliente obtenida después de dejar la planta de laminación en caliente no tenga lugar un crecimiento de grano. Además, de esta manera en este sitio del procedimiento de la invención también se impide la separación de carburos, nitruros y carbonitruros. De manera típica, las velocidades de enfriamiento logradas durante el enfriamiento realizado después de la laminación en caliente se encuentran en el intervalo de 100 a 250 K/s.

A fin de impedir de manera segura el inicio del crecimiento del grano, el enfriamiento debía comenzar en el lapso más breve posible hacia el final de la laminación en caliente pero, sin embargo, a más tardar durante 10 s.

5 A fin de impedir una oxidación de la masa fundida y de la banda colada en su camino al dispositivo de laminado en caliente, en el procedimiento de acuerdo con la invención, los pasos de trabajo terminados antes del laminado en caliente pueden realizarse en una atmósfera de gas protector. Una inertización, realizada en el respectivo dispositivo de fundición de la banda, de la región del menisco de la masa fundida de acero que está pendiente de colarse, disminuye la formación de extracciones de óxido en las superficies.

La banda caliente obtenida según la invención tiene una estructura austenítica-ferrítica con una fracción de ferrita que normalmente es de 5 - 50 %.

10 En un acero según la invención puede estar presente el carbono en contenidos de 0,5 a 1,2 % en peso, en cuyo caso principalmente se consideran aceros cuyo contenido de C se encuentre por encima de 0,5 % en peso. El contenido de C es esencial para la formación de austenita así como para el grado de resistencia debido al endurecimiento de solución sólida, el incremento de la energía del efecto de apilamiento y la formación de carburos. Cuando la banda laminada en caliente, que se ha generado según la invención, se lamina en frío para producir una
15 banda laminada en frío, puede extraerse un carburo extremadamente fino para mejorar el límite elástico de la banda laminada en frío por medio de un tratamiento de sobre-envejecimiento dirigido después de un recocido de recristalización final en la banda laminada en frío. En el caso de contenidos de C que se encuentren por encima de 1,2 % en peso existe el riesgo de que los carburos se generen en cantidades que tienen efecto quebradizo.

20 El manganeso está presente en un acero tratado de acuerdo con la invención en contenidos de 18 - 26 % en peso. El manganeso es esencial para la formación austenítica e incrementa la energía de defectos de apilamiento lo cual actúa de manera favorable en la capacidad de tratamiento y deformación.

25 Un acero tratado de acuerdo con la invención presenta 5,9 - 11,5 % en peso, principalmente >6 - 11,5 % en peso, de Al. El aluminio reduce la densidad, tiene el efecto de endurecer la solución sólida e incrementa la energía de defectos de apilamiento. El aluminio también tiene un efecto de pasivación y aumenta la resistencia a la corrosión. Como resultado de la muy alta energía del defecto de apilamiento, los altos contenidos de aluminio conducen a la manifestación de la denominada "Shear Band Plasticity" (plasticidad de la banda después de cizallamiento) como mecanismo dominante de la deformación con una combinación particularmente buena de resistencias y deformabilidad. Sin embargo, contenidos de aluminio demasiado altos pueden provocar una estructura de orden DO_3 con propiedades quebradizas en la ferrita o un contenido demasiado grande de aluminio puede provocar el aumento
30 de la fragilidad de los carburos κ ((Fe,Mn)₃AlC).

Si (silicio) puede estar contenido en un acero tratado de acuerdo con la invención en menos de 1 % en peso, principalmente 0,1 - 0,4 % en peso, con el fin de provocar el endurecimiento de la solución sólida. Sin embargo, contenidos de Si de más de 1 % en peso dificultan la capacidad de soldadura y de pintura del acero tratado de acuerdo con la invención. Cr, Ni y Mo también tienen un efecto de endurecimiento de soluciones sólidas y mejoran la resistencia a la oxidación y a la corrosión del acero tratado según la invención. Sin embargo, en casos de contenidos demasiado altos Cr conduce a la formación de carburos especiales que pueden tener un efecto muy grande en la capacidad de aumentar la fragilidad. Los efectos positivos de Cr, Ni y Mo objetivamente se pueden usar si, tal como está predefinido por la invención, en un acero tratado de acuerdo con la invención el contenido de Cr se limita a menos de 8 % en peso, principalmente menos de 3 % en peso, el contenido de Ni se limita a menos de 3 % en peso,
40 principalmente a menos de 1 % en peso, y el contenido de Mo se limita a menos de 2 % en peso, principalmente a menos de 0,5 % en peso.

45 El nitrógeno forma nitruros con el aluminio y tiene un efecto de incremento de resistencia. Contenidos demasiado altos de N conducen, no obstante, a compuestos gruesos de AlN, los cuales pueden tener un efecto negativo en la capacidad de tratamiento, la naturaleza de las superficies y la deformabilidad de un acero tratado de acuerdo con la invención. Por lo tanto, el contenido de N de un acero según la invención se limita a $N < 0,1$ % en peso, principalmente 0,005 - 0,04 % en peso.

50 El contenido de B de un acero según la invención se limita a $< 0,1$ % en peso, principalmente menos de 0,0050 % en peso. B tiene un efecto de incremento de la resistencia y forma nitruros y carburos de boro que pueden actuar como puntos de nucleación para la generación de otros carburos. Contenidos demasiado altos de B tienen un efecto quebradizo debido a las extracciones de grano en los límites.

55 Cu en el acero tratado de acuerdo con la invención tiene el efecto de endurecer soluciones sólidas e incrementa la resistencia a la corrosión. En caso de contenidos demasiado altos de Cu, existe sin embargo el riesgo de formación de "grietas calientes" durante el laminado en caliente o durante la unión en caliente. Por lo tanto, el contenido de Cu de un acero tratado de acuerdo con la invención se limita a menos de 5 % en peso, principalmente a menos de 1 % en peso.

Los microelementos de aleación Nb, Ti y V conducen a segregaciones y refinamiento del grano y de esta manera contribuyen al incremento de la resistencia. Además, estos elementos disminuyen la tendencia del acero a formar grietas por soldadura al unir en caliente gracias al efecto de refinamiento del grano. Estos efectos pueden usarse de manera óptica un acero tratado de acuerdo con la invención presenta Nb, Ti o V respectivamente en contenidos de menos de 1,0 % en peso, el contenido de Nb se limita principalmente a < 0,2 % en peso, el contenido de Ti se limita principalmente a < 0,3 % en peso, el contenido de V se limita principalmente a < 0,3 % en peso.

Ca en contenidos de menos de 0,05 % en peso, principalmente < 0,005 % en peso, facilita la formación de esferoides de materiales no metálicos en el acero tratado según la invención, tales como Al_2O_3 y FeS y mejora la capacidad la deformación. La formación de aluminatos de Ca convierte la alúmina en escoria y mejora el grado de pureza.

En contenidos de menos de 0,1 % en peso, principalmente < 0,005 % en peso, Zr tiene un efecto de endurecimiento de soluciones sólidas en el acero tratado de acuerdo con la invención. Pero puesto que Zr también tiene un efecto quebradizo debido a las segregaciones en los límites del grano, el contenido de este elemento se limita en un acero tratado según la invención.

P y S se segregan en un acero tratado según la invención en los límites del grano y tienen un efecto quebradizo. Por esto su contenido debe ser tan bajo como sea posible, principalmente de menos de 0,04 % en peso, y el contenido de P es ventajosamente de 0,01 - 0,03 % en peso y el contenido de S es ventajosamente de 0,005 - 0,02 % en peso.

A fin de garantizar una deformabilidad óptima de la banda laminada en caliente, obtenida de acuerdo con la invención, después del devanado y antes de seguir el tratamiento, puede realizarse un recocido de la banda laminada en caliente en el cual la banda laminada en caliente, obtenida de acuerdo con la invención, es reconocida a una temperatura de recocido de 1100 - 1200 °C. Si el recocido de la banda laminada en caliente se efectúa en un horno de recocido continuo, para estos se requieren tiempos de recocido de 60 a 300 s. Un recocido de la banda laminada en caliente de este tipo es conveniente principalmente cuando el contenido de Al del acero tratado según la invención es de al menos 10% en peso. En este caso de contenidos de Al tan altos, además para impedir la formación de fases quebradizas es conveniente hacer que el enfriamiento transcurra después de la laminación en caliente tan rápidamente como sea posible, principalmente con una velocidad de enfriamiento de al menos 40 K/s.

La banda laminada en caliente, obtenida de acuerdo con la invención, después del devanado puede ser opcionalmente decapada de manera habitual y emplearse en estado no recubierto o recubierto. Igualmente es posible recubrir la banda laminada en caliente, generada de acuerdo con la invención, con una capa metálica protectora de protección ante la corrosión, por ejemplo, después de decapar opcionalmente de una manera conocida per se. Además es concebible proporcionar recubrimientos al producto plano laminado en caliente, generados según la invención, por medio de lo cual se simplifica la deformación de la banda laminada en caliente.

Con el procedimiento según la invención existe la posibilidad de laminación en frío de las bandas laminadas en caliente, obtenidas de acuerdo con la invención, para formar productos de laminación en frío que pueden someterse por último a un recocido de recristalización, recocido de sobre-envejecimiento (endurecimiento por segregación por medio de carburos finos) y a diversas formas de perfeccionamiento de las superficies (Z, ZE, ZN, FAL). Un laminado en frío y un recocido de recristalización final condensan y homogenizan en este caso, por ejemplo, la microestructura en el área central.

Si se requieren productos planos de acero con espesores aún más bajos, entonces la banda laminada en caliente, obtenida según la invención, puede procesarse de manera correspondiente de un modo conocido per se en una o más pasadas para obtener una banda laminado en frío. En caso de requerirse, esta puede recubrirse en sus superficies a fin de protegerse contra las influencias ambientales.

La alta resistencia inherente al laminado en caliente y al laminado en frío, inherente al acero tratado de acuerdo con la invención, tiene solo un efecto insignificante debido a que la banda colada tiene ya dimensiones cercanas a las finales y al laminado en caliente y en frío se requieren sólo deformaciones muy pequeñas, en asociación con esto. Esto también permite generar productos planos de pequeño espesor, del tipo tratado de acuerdo con la invención, a partir de aceros que tienen problemas respecto de su tratamiento por laminación.

A continuación la invención se explica más detalladamente por medio de ejemplos de realización.

La figura muestra esquemáticamente una línea 1 de producción para la fabricación de una banda laminada en caliente W.

La línea 1 de producción que está configurada para una secuencia de producción continua comprende un dispositivo convencional de fundición de dos rodillos en el cual una masa fundida S se cuela en la rendija de fundición delimitada por dos rodillos 2, 3 que giran en direcciones opuestas para obtener una banda G colada cuyo espesor típico es de 3 - 5 mm. La banda G colada que sale en dirección vertical igualmente es desviada de una manera conocida mediante un dispositivo de orientación de la barra en una dirección de transporte F horizontal en la cual la

banda se traslada hacia delante por medio del dispositivo 4 de transporte que está dispuesto en el extremo de la guía de la barra.

5 La banda G colada, alineada de esta manera, movida en dirección F de transporte, ingresa a un dispositivo de calentamiento 5. En su camino hacia el dispositivo de calentamiento 5, la banda G colada se enfría con una velocidad de enfriamiento de 10 - 20 K/s hasta una temperatura intermedia.

En el dispositivo de calentamiento 5, la banda G colada que entra allí con la temperatura intermedia se calienta inductivamente por medio de los inductores 6 alineados transversalmente a la dirección F de transporte hasta una temperatura inicial de laminación en caliente que normalmente se encuentra en el intervalo de 1100 - 1300 °C; principalmente es al menos de 1150 °C.

10 El incremento de temperatura de la banda G colada es de hasta 300 °C, normalmente 50 - 150 °C, logrado al pasar a través del dispositivo de calentamiento como resultado de la acción del campo electromagnético generado por los inductores 6. Los inductores 6 pueden ajustarse y controlarse en este caso tal como se describe, a manera de ejemplo, en el documento DE 103 23 796 B3 de tal manera que la banda G, por una parte, pueden calentarse uniformemente por todo su ancho y, por otra parte, pueden establecerse de manera dirigida un perfil determinado de temperatura en la banda G colada.

15 A fin de evitar el contacto de la masa fundida S y de la banda G colada con la atmósfera ambiental U, el dispositivo 1 de fundición de dos rodillos, el dispositivo de orientación de la barra, el dispositivo 4 de transporte y el dispositivo de calentamiento 5 se mantienen en una atmósfera S de gas protector.

20 Después del dispositivo de calentamiento 5, la banda G colada entra a una estructura 9 de laminación en la cual se lamina en caliente en una pasada para obtener una banda W laminada en caliente con un espesor normalmente de 2,4 - 4,5 mm. La temperatura final de laminado en caliente a la cual sale la banda W laminada en caliente de la estructura 9 última de laminado en dirección F de transporte, se encuentra por lo regular en este caso en el intervalo de 1000 - 1050 °C. Los grados de deformación logrados por medio de un paso de laminación se encuentran regularmente en el intervalo de 10 - 30 %.

25 Dentro de los 10 s después de la salida de la estructura 9 de laminación, la banda W laminada en caliente obtenida se enfría en un dispositivo 10 de enfriamiento con una velocidad de enfriamiento que alcanza normalmente 100 - 200 K/s hasta una temperatura de devanado que se encuentra en el intervalo de 300 - 400 °C, en la cual la banda W laminada en caliente se devana luego con el dispositivo 11 de devanado para obtener una bobina C.

30 Después del devanado puede seguir un recocido de la banda laminada en caliente en un dispositivo de tratamiento con calor que no está representado aquí.

En la línea 1 de producción, de la manera antes explicada, han sido generadas cuatro bandas laminadas en caliente a partir de las masas fundidas S1 y S2, cuyas composiciones se indican en la tabla 1.

35 Las bandas G coladas respectivamente a partir de las masas fundidas S1 y S2 se enfrían en el camino hacia el dispositivo de calentamiento 5 con una velocidad de enfriamiento respectivamente de cerca de 15 K/s y se calientan en el dispositivo de calentamiento 5 con un incremento de temperatura ΔT a la temperatura inicial de laminación en caliente WAT y se laminan en caliente en la estructura 9 de laminación en caliente en tres pasadas a un grado de deformación total ϕg y una temperatura final de laminación en caliente WET para producir respectivamente una banda W laminado en caliente con un espesor dWB. Inmediatamente a continuación las bandas W laminadas en caliente han sido enfriadas respectivamente con una velocidad de enfriamiento tk hasta la temperatura respectiva de devanado HAT, con la cual han sido devanadas respectivamente para obtener una bobina C. Los parámetros ΔT , WAT, WET, ϕg , dW, tk y HAT, dados respectivamente en el tratamiento de las bandas G coladas a partir de los aceros S1 y S2 se indican en la tabla 2.

45 La banda laminada en caliente, generada a partir del acero S2, se somete adicionalmente a un recocido de banda laminada en caliente a 1100 °C durante 120 segundos en un horno de recocido continuo. De esta manera también pueden impedirse de manera segura los defectos superficiales en la banda laminada en caliente que ha sido generada a partir de este acero S3, a pesar de su contenido particularmente alto de C, Mn y Al.

50 En la tabla 3 se indican la estructura y las propiedades mecánicas: espesor de banda laminada en caliente dWB, densidad pWB, límite elástico Rp0,2, resistencia a la tracción Rm, elongación A80, valor n y valor r de las bandas laminadas en caliente, generadas a partir de los aceros S1 y S2, obtenidas por medio de los procedimientos de acuerdo con la invención explicados en la presente.

- Números de referencia
- 1 Línea de producción
 - 2,3 Rodillos de fundición
 - 4 Dispositivo de transporte
 - 5 5 Dispositivo de calentamiento
 - 6 Inductores
 - 9 Estructura de laminación
 - 10 Dispositivo de enfriamiento
 - 11 Dispositivo de devanado
 - 10 A Atmósfera de gas protector
 - C Bobina
 - F Dirección de transporte
 - G Banda colada
 - S Masa fundida
 - 15 U Atmósfera ambiente
 - W Banda laminada en caliente

Tabla 1

Acero	C	Mn	Al	∑ Otros
S1	0,55	18,0	6,0	≤ 0,14
S2	1,25	26,0	11,5	≤ 0,15
Inicaciones en % en peso, El resto es hierro e impurezas inevitables				

Tabla 2

Acero	ΔT [°C]	WAT [°C]	WET [°C]	φg [%]	tk [K/s]	HAT [°C]
S1	150	1150	1020	17	200	300
S2	150	1150	1025	14	200	300

20

Tabla 3

Acero	Estructura	dWB [mm]	ρWB [g/cm ³]	Rp0,2 [MPa]	Rm [MPa]	Ag [%]	n	r
S1	austenítica-ferrítica	3,1	7,2	519	761	33,1	0,26	0,90
S2	austenítica-ferrítica segregaciones finas de carburos κ	3,0	6,8	680	920	35	0,26	0,76
n.e. = no determinado								

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para fabricar un producto plano de acero, laminado en caliente, que comprende los siguientes pasos de trabajo:

- fundir una masa fundida de acero (S), que además de hierro e impurezas inevitables contiene (en % en peso)

5 C: 0,5 - 1,3 %,

Mn: 18 - 26 %,

Al : 5,9 - 11,5 %,

Si: 0,1 - 0,4 %,

Cr: menos del 3 %,

10 Ni: menos del 1 %,

Mo: menos del 0,5 %,

N: 0,005 - 0,04 %,

B: menos del 0,0050 %,

Cu: menos del 1 %

15 Nb: menos del 0,2 %,

Ti: menos del 0,3 %,

V: menos del 0,3 %,

Ca: menos del 0,005 %,

Zr: menos del 0,005 %,

20 P: 0,01 - 0,03 %,

S: 0,005 - 0,02 %,

- colar la masa fundida de acero (S) para obtener una banda (G) colada,

- colar la masa fundida de acero (S) para obtener una banda (G) colada,

25 - calentar la banda (G) colada con una velocidad de calentamiento que es de al menos 20 K/s, hasta una temperatura inicial de laminación en caliente que es de 1100 - 1300 °C,

- laminar en caliente la banda (G) colada, calentada a la temperatura inicial de laminación en caliente para obtener una banda (W) laminada en caliente,

- enfriar la bandas laminadas en caliente (W), dentro de los 10 segundos después de la laminación en caliente, con una velocidad de enfriamiento de al menos 100 K/s hasta < 400 °C,

30 - bobinar la banda (W) laminada en caliente enfriada para obtener una bobina (C) a una temperatura de devanado de hasta 400 °C.

2. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el colado de la masa fundida de acero para obtener una banda (G) colada se realiza en una máquina de fundición de dos rodillos.

35 3. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el espesor de la banda (G) colada es a lo sumo de 5 mm.

4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el calentamiento acelerado hasta la temperatura inicial de laminación en caliente se realiza por medio de un dispositivo de calentamiento (5) que funciona de modo inductivo.

5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la temperatura inicial de laminación en caliente a la cual se calienta la banda (G) colada es de al menos 1150 °C.
- 5 6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el grado total de deformación logrado en el transcurso de la laminación en caliente es de al menos el 10 %, en particular del 10 - 20 %.
7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la temperatura final de laminación en caliente de la laminación en caliente es de 1000 - 1050 °C.
8. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la laminación en caliente se realiza en una pasada.
- 10 9. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el enfriamiento acelerado de la banda (W) laminada en caliente comienza dentro de los 10 segundos siguientes al final de la laminación en caliente.
10. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque los pasos de trabajo realizados antes de la laminación en caliente se realizan en una atmósfera (A) de gas protector.
- 15 11. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la banda (W) laminada en caliente obtenida se somete a un recocido de bandas laminadas en caliente a una temperatura de recocido que es de 900 - 1150 °C.
12. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11, caracterizado porque el contenido de Al de la banda (G) colada es de al menos el 10 % en peso.
- 20 13. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la banda (W) laminada en caliente se lamina en frío para obtener una banda laminada en frío.

