



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 279 831**

51 Int. Cl.:

**C22C 38/38** (2006.01)

**C22C 38/58** (2006.01)

**C21D 8/02** (2006.01)

**B22D 11/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **01978372 .9**

86 Fecha de presentación : **14.09.2001**

87 Número de publicación de la solicitud: **1319091**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **18.06.2003**

54 Título: **Procedimiento para la fabricación de una banda o chapa de acero compuesta principalmente de austenita al Mn.**

30 Prioridad: **19.09.2000 DE 100 46 181**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**01.09.2007**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**01.09.2007**

73 Titular/es: **ThyssenKrupp Nirosta GmbH**  
**Oberschlesienstrasse 16**  
**47807 Krefeld, DE**

72 Inventor/es: **Brückner, Gabriele;**  
**Schlump, Wolfgang y**  
**Krautschick, Hans-Joachim**

74 Agente: **Carpintero López, Francisco**

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 la fabricación de una banda o chapa de acero compuesta principalmente de austenita al Mn.

La invención se refiere a un procedimiento para la fabricación de una banda o chapa de acero compuesta principalmente de austenita al Mn. Los aceros adecuados para la fabricación de tales productos se incluyen en la categoría AISI 200 y en ella llevan la denominación S20100 a S24000. Los materiales de acero de este tipo se caracterizan por una alta resistencia, que también se mantiene después una soldadura en la zona del cordón de soldadura.

Estas buenas propiedades de resistencia se consiguen por endurecimiento por solución sólida intersticial y sustitucional. A este respecto son especialmente eficaces el carbono y el nitrógeno. Sin embargo, se evitan mayores contenidos de carbono debido a la indeseada formación de carburos. Por tanto se prefiere el empleo de nitrógeno para el endurecimiento por solución sólida intersticial en los aceros del tipo en cuestión. Sin embargo, la producción de aceros con un contenido incrementado de nitrógeno es costosa con respecto a los componentes de la aleación o a los aparatos necesarios para la producción.

En un procedimiento conocido para la producción de aceros con mayores contenidos de nitrógeno, la masa fundida se funde con aplicación de presión. A este respecto, la presión que se ejerce sobre la masa fundida se halla tan por encima de la presión parcial del nitrógeno, que dicho nitrógeno se disuelve en el acero correspondiente. La ventaja de este procedimiento consiste en que pueden prepararse aceros con mayores contenidos de nitrógeno sin la adición de cantidades especiales de otros elementos de aleación. Sin embargo, es desventajoso el alto coste en aparatos necesario para ello.

Un procedimiento alternativo para la disolución del nitrógeno mediante una aplicación de presión durante la fundición consiste en incrementar la solubilidad misma de la masa fundida. Esto puede conseguirse mediante un alto contenido de cromo y manganeso. Una descripción de las propiedades de los aceros de la composición correspondiente, elaborada por M. du Toit se encuentra actualmente en Internet, en la dirección "[www.tecnet.co.za/mags/steel/feature1.htm](http://www.tecnet.co.za/mags/steel/feature1.htm)". Los aceros conocidos pueden fundirse sin una aplicación de presión y colarse de forma convencional, pero no en colada continua. Por tanto, la colada de los aceros conocidos conlleva altos costes.

Otro incremento de la resistencia de los aceros explicados anteriormente, de colada convencional, puede conseguirse mediante la adición por aleación de aluminio y/o silicio. Estos dos elementos favorecen el endurecimiento por solución sólida y conducen así a un aumento adicional de la resistencia. Además, mediante la adición de aluminio y silicio puede influirse en la energía de defecto de apilamiento, la que a su vez influye en los procesos de deformación. Así, la adición de aluminio conduce a un incremento de la energía de defecto de apilamiento y favorece la deformación por maclado. Por el contrario, el silicio reduce la energía de defecto de apilamiento, pero favorece la deformación a través de la formación de martensita. Por tanto, mediante la adición combinada de silicio y aluminio puede ejercerse una influencia precisa sobre el endurecimiento del material en la deformación. La formación de martensita conduce a un elevado endurecimiento, mientras que el endurecimiento se reduce por el maclado.

Las ventajas de la adición de contenidos de aluminio y silicio a los aceros del tipo en cuestión se enfrentan a la desventaja de que éstos son formadores de ferrita y favorecen la solidificación ferrítica primaria. La ferrita que se forma tiene sólo una baja solubilidad para nitrógeno. A consecuencia de ello, éste último se elimina en la solidificación en forma de burbujas de gas. Por tanto, para conseguir, a pesar de ello, un acero austenítico de alta resistencia manteniendo el contenido incrementado de nitrógeno, la austenita debería estabilizarse. Sin embargo, los contenidos aún más incrementados de manganeso necesarios para ello conducen, además de a un incremento de los costes de las materias primas, a problemas considerables en la producción de aceros con un contenido tan alto de manganeso en la acería.

Del documento JP 07-090471 A se conoce un acero, y un procedimiento para su fabricación, que presenta un alto contenido de nitrógeno y manganeso y que se produce por colada de desbastes convencional. El acero conocido no contiene ningún aluminio y posee un contenido de Si inferior al 1%. La composición del acero conocido y con ello el contenido de Fe- $\delta$  de la masa fundida de acero se ajusta por medio de una fórmula compleja, teniendo en cuenta la concentración de nitrógeno y un equivalente de nitrógeno que representa la solubilidad de N, de tal manera que se evita la formación de burbujas de gas en el transcurso de la colada, que tiene lugar de forma convencional, de la masa fundida para obtener palanquillas. A este respecto, cada uno de los elementos de la aleación que pueden estar incluidos en el acero conocido tiene una influencia inmediata sobre la proporción de Fe- $\delta$  considerada y el equivalente de nitrógeno. Por tanto, las posibilidades de variación de la aleación del acero conocido son muy limitadas. Además, las relaciones que han de considerarse en el ajuste de la aleación conocida son tan complejas que resultan inadecuadas para su empleo en la práctica.

Además, del documento US 4.946.644 se conoce una posibilidad para la fabricación, asimismo basada en la colada de desbastes convencional, de un acero de alto contenido de manganeso y que presenta simultáneamente altas concentraciones de nitrógeno. El acero conocido contiene 13 - 17% de Cr, 8 - 12% de Mn, 0,05 - 0,2% de C, 0,15 - 0,23% de N,  $\leq 1,5\%$  de Ni,  $\leq 1\%$  de Si,  $\leq 1\%$  de Cu, el resto de hierro e impurezas inevitables. Sin embargo, a este respecto no se ha tratado el problema de la colada de un acero de tal composición. En lugar de ello, en el documento US 4.946.644 sólo se ha comprobado que un acero con 14% de Cr, 10% de Mn y 0,11% de C mostraba porosidades indeseadas para

## ES 2 279 831 T3

un contenido de nitrógeno de 0,23%. Por tanto, se ha limitado el contenido de nitrógeno en este estado de la técnica a 0,16 - 0,22%.

En el artículo "Couleé continue de bandes d'acier" de J. P. Birat, Techniques de l'ingénieur, matériaux métalliques, volumen M, nº 7816, marzo de 2000 (2000-03), se han explicado en detalle los desarrollos técnicos en la colada de banda en un equipo de colada de dos rodillos, sin entrar, a este respecto, en las particularidades de la producción de aceros con manganeso y nitrógeno. De forma similar, también en el artículo "Continuous Strip and Thin Slab Casting of Steel - An Overview" de M. Cyger y col., LECO Continuous Casting Symp. VII, Florida, 28-29/4/86, págs. 1-39, se ha explicado solamente que en la colada de bandas con espesores de 0,65-1,70 mm pueden alcanzarse altas velocidades de enfriamiento, que se hallan entre 10<sup>4</sup>°C/s y 10<sup>2</sup>°C/s. Sin embargo, este artículo también se limita a la exposición de las posibilidades técnicas de la colada de banda y no hace referencia a tipos de acero determinados.

El objetivo de la invención consiste en lograr un procedimiento para la fabricación de un acero compuesto principalmente de austenita al Mn, que pueda prepararse con un coste justificado y que simultáneamente posea una resistencia incrementada en comparación con el estado de la técnica.

Este objetivo se consigue mediante un procedimiento para la fabricación de una banda (W) o chapa de acero compuesta principalmente de austenita al Mn,

- en el que se funde un acero que contiene los siguientes componentes de aleación (en % en peso):

15,00 - 24,00% de Cr,

5,00 - 12,00% de Mn,

0,10 - 0,60% de N,

0,01 - 0,2% de C,

máx. 0,07% de P,

máx. 0,05% de S,

máx. 0,5% de Nb,

máx. 0,5% de V,

máx. 3,0% de Ni,

máx. 5,0% de Mo,

máx. 2,0% de Cu,

así como 0,30 - 3,0% de Al y/o 0,50 - 3,00% de Si, no superando la suma de los contenidos de Al y Si el 3,00%, y como resto, hierro e impurezas inevitables,

- en el que el acero se cuela en una ranura de colada formada entre dos cilindros o rodillos rotatorios para obtener una banda delgada con un espesor de 10 mm como máximo, enfriándose los cilindros o rodillos tan intensamente que la banda delgada se enfría en la ranura de colada con una velocidad de enfriamiento de al menos 200 K/s.

Preferentemente, el espesor de la banda delgada se halla entre 1 y 5 mm. Por supuesto, el dato de la composición del acero usado según la invención incluye también, en principio, aquellas aleaciones en las que el contenido de aquellos elementos para los que sólo se indica un límite superior máximo permitido del contenido, es igual a cero.

Según otras configuraciones de la invención, el contenido de cromo del acero puede limitarse a 17,00 - 21,00% en peso de Cr, el contenido de manganeso al 8,00 - 12,00% en peso de Mn y/o el contenido de nitrógeno al 0,40 - 0,60% en peso de N. Además, el acero puede contener Ni, Mo y/o Cu.

Los contenidos de los elementos de aleación incluidos en la composición de acero usada según la invención están optimizados en función del efecto de cada uno de estos elementos. Así, Cr, Mn, Mo, V, Nb y Al incrementan la solubilidad del nitrógeno en la masa fundida, mientras que Ni, Cu, como formadores de austenita, y Si reducen la solubilidad del nitrógeno. Como se ha mencionado, Si actúa, sin embargo, simultáneamente como endurecedor en solución sólida. Además, se emplea para afinar el grano y reduce la energía de defecto de apilamiento. Por el contrario, Al incrementa la energía de defecto de apilamiento. Mo actúa asimismo como endurecedor en solución sólida y mejora en comportamiento a la corrosión. V actúa adicionalmente afinando el grano e incrementa la resistencia. La adición de Nb conduce a un aumento de la resistencia mediante endurecimiento por precipitación.

La invención aprovecha la técnica en principio conocida de un equipo de colada de bandas, de modo que el acero se cuela en la ranura de colada formada entre los cilindros o rodillos de, por ejemplo, un aparato de colada de dos rodillos ("double roller") y a este respecto dicho acero se enfría tan intensamente que se produce un desplazamiento de la solidificación ferrítica primaria hacia una solidificación austenítica primaria. Esto hace posible que el nitrógeno disuelto en la masa fundida pase al acero, ya que la austenita posee una alta solubilidad para el nitrógeno. La posibilidad de un enfriamiento tan intensivo se abre sólo por la colada de una banda delgada en una ranura de colada, cuyas paredes, que están formadas por los rodillos o cilindros de colada, se mueven fundamentalmente con la misma velocidad que la banda colada, de modo que se garantiza un intercambio de calor continuo e intensivo entre dichas paredes (rodillos/cilindros de colada) y el acero colado en la ranura de colada.

Mediante el intensivo enfriamiento que se lleva a cabo con alta velocidad de enfriamiento, se asegura que las burbujas gaseosas de nitrógeno que posiblemente se producen en la masa fundida que solidifica se mantengan pequeñas y que la presión ejercida sobre ellas sea elevada. Esto evita una desgasificación del nitrógeno en el transcurso de la solidificación. Además, una salida de nitrógeno de este tipo se reprime por la alta presión ferrostática que se produce debido a la gran altura del depósito de masa fundida en la ranura de colada. De esta forma se asegura que la presión  $P_N$  en las burbujas gaseosas de nitrógeno que se hayan producido, dado el caso, sea siempre inferior a la suma de la presión del entorno  $P_A$ , la presión ferrostática  $P_F$  y el doble de la tensión superficial  $\sigma$  de las burbujas gaseosas respecto al radio de dichas burbujas  $r$  (es decir,  $P_N < P_A + P_F + 2\sigma/r$ ).

Por tanto, la rápida solidificación de la banda colada en la colada de banda ofrece, en particular en relación con los aceros del tipo usado según la invención, gran libertad en cuanto a la elección de la composición del acero. Como se ha explicado, por la rápida solidificación pueden disolverse mayores cantidades de nitrógeno. Los elementos de aleación que mejoran las propiedades del material pueden añadirse, por tanto, sin tener en cuenta su efecto negativo, dado el caso, sobre la solubilidad del nitrógeno, en mayores cantidades que en el modo de fabricación convencional. Si, por ejemplo, el acero contiene mayores cantidades de Si, en el procedimiento según la invención se evita el peligro de la desgasificación de nitrógeno que existe en el modo de fabricación convencional debido a la lenta solidificación y la intensificada formación de ferrita que esto lleva consigo. También en el caso de contenidos incrementados de Al se evita, mediante el rápido enfriamiento previsto según la invención, la formación de AIN que se presenta en caso de un enfriamiento lento. Por tanto, la invención permite, sin tener en cuenta las influencias perjudiciales debidas al enfriamiento lento, ajustar de forma precisa, mediante la elección adecuada de los contenidos de Al y Si, el mecanismo de deformación de cada aleación usada para obtener un producto final con propiedades optimizadas.

La ventaja de costes alcanzada por la invención en el procesado de los aceros difícilmente deformables en sí, del tipo usado según la invención, es considerable. Esto se cumple tanto para aquellos aceros que contienen hasta el 7,5% en peso de Mn, que pueden colarse por colada continua convencional, como también para aquellos aceros que contienen más del 7,5% en peso de Mn, que convencionalmente sólo pueden colarse en lingotes y laminarse a continuación hasta el espesor final deseado en varias pasadas de laminación con los recalientamientos necesarios, dado el caso.

Una banda laminada en caliente a partir de una aleación apta para colada continua puede fabricarse en la actualidad sólo con espesores de 3,5 mm como mínimo en un tren de laminación de banda ancha en caliente convencional. La producción de banda laminada en frío con los espesores objetivo típicos de 0,8 - 1,2 mm sólo puede plantearse mediante un recocido intermedio. Por el contrario, en el procedimiento según la invención por la colada de banda, ya no es necesario un recocido intermedio debido al menor espesor de la banda laminada en caliente obtenida. Dado que mediante la colada de banda prevista según la invención puede producirse una banda delgada cuyos espesores finales se hallan entre 1 y 3 mm, en muchos casos es posible además ajustar el espesor final de la banda producida de modo que puede omitirse completamente un laminado en frío. De esta manera, pueden evitarse los problemas causados por la baja deformabilidad de las austenitas al Mn en el modo de fabricación convencional.

El procedimiento según la invención hace posible la producción de bandas y chapas de acero que poseen contenidos especialmente altos de nitrógeno de 0,4 a 0,6% en peso, y a los que simultáneamente se ha añadido por aleación hasta el 3% de aluminio y/o silicio, sin que para ello la producción del acero tenga que tener lugar a sobrepresión o sean necesarios contenidos especialmente altos de manganeso. Los productos de acero producidos de tal manera poseen, para una baja macrosegregación o un bajo número de inclusiones gruesas, una estructura isótropa de grano fino. Debido a su contenido de Al y/o Si, presentan además una resistencia y ductilidad incrementadas en comparación con el estado de la técnica. Además, para una banda o chapa de acero producida según la invención puede ajustarse el endurecimiento, y con ello la absorción de energía en la deformación, de forma precisa mediante la elección de la aleación.

Preferentemente la colada de la banda delgada tiene lugar bajo una atmósfera gaseosa protectora. Mediante la colada bajo un gas protector puede producirse de manera sencilla una banda delgada con una superficie modificada, en cuyo grado de oxidación puede influirse de forma precisa. Así puede evitarse una formación de cascarilla.

La banda producida de esta manera puede laminarse en caliente a continuación en línea en un tren laminador, sin peligro de adhesión para los cilindros. En este contexto es especialmente ventajoso calentar la banda delgada a una temperatura inicial de laminado antes del laminado en caliente. Mediante este incremento de temperatura pueden conseguirse mayores grados de deformación en el laminado en caliente.

Sometiendo a la banda delgada a un tratamiento térmico después del laminado en caliente, puede optimizarse su estructura de forma precisa. A este respecto, el tratamiento térmico puede comprender un recocido y un enfriamiento controlado a continuación.

Debido a su gama de propiedades, las chapas de acero producidas según la invención son adecuadas, de forma especial, para la fabricación de piezas de chapa de carrocería, en particular, de componentes estructurales de refuerzo empleados en la construcción de vehículos en general y, especialmente, en la construcción de automóviles, de piezas del chasis, de ruedas de vehículos, así como de depósitos de combustible. Para todos estos usos son de efecto ventajoso las especialmente buenas propiedades de resistencia de las chapas de acero producidas por el procedimiento según la invención. Además, la buena resistencia a la corrosión de las chapas y bandas de acero según la invención resulta ventajosa para estos usos, en los que éstas entran en contacto con agentes agresivos, como por ejemplo combustibles.

A continuación, la invención se explica con más detalle mediante un dibujo que representa un ejemplo de realización.

La única figura muestra esquemáticamente una instalación de colada de banda 1. En esta instalación se procesa, por ejemplo, un acero que, además de las impurezas inevitables usuales, contiene (en % en peso) 0,08% de C, 0,5% de Si, 10% de Mn, 19% de Cr, 0,5% de N, 0,3% de Al y hierro como resto.

La instalación de colada de banda 1 comprende un aparato de colada de dos cilindros denominado "double roller", del que en la figura se representan los cilindros 2, 3, que giran sobre sus ejes respectivos en sentidos opuestos. Entre los cilindros 2, 3 está constituida una ranura de colada 4 que se rellena continuamente con la masa fundida, de modo que por encima de la ranura de colada 4 se forma un depósito de masa fundida S.

Los cilindros 2, 3 se enfrían intensivamente durante el proceso de colada mediante dispositivos de enfriamiento que no se representan, de modo que la masa fundida que entra en la ranura de colada 4 solidifica como austenita primaria con velocidades superiores a 200 K/s y sale de la ranura de colada 4 como una banda delgada D con un espesor de 1 a 5 mm. La banda delgada D producida de esta manera pasa a continuación por un horno 5, en el que se calienta a una temperatura inicial de laminado.

Tanto el dispositivo de colada de dos cilindros con los cilindros 2, 3, como también el horno 5 están alojados en un encerramiento 6 que contiene una atmósfera gaseosa protectora. Mediante la colada de la banda delgada D y su recalentamiento en el horno 5 bajo un gas protector se evita en su mayor parte la formación de cascarilla en la superficie de la banda delgada D.

La banda delgada D calentada a la temperatura inicial de laminado entra en un tren de laminado 7, en el que se lamina en caliente hasta su dimensión final. A este respecto, debido a la alta temperatura inicial de laminado son posibles grados de deformación elevados. La banda laminada en caliente W, a partir de la banda delgada D que llega al tren de laminado esencialmente sin cascarilla, presenta una superficie de una calidad especialmente alta después del laminado en caliente.

Después del laminado en caliente en el tren de laminado 7, la banda laminada en caliente W se recuece en un horno de recocido continuo 8 y a continuación se enfría controladamente en un dispositivo de enfriamiento 9, para mejorar su estructura de forma precisa. La banda laminada en caliente (W) tratada térmicamente de esta manera se arrolla finalmente para formar una bobina 10.

La banda de acero producida de la manera explicada anteriormente presenta, en comparación con bandas de acero de composición y producción convencional, una resistencia especialmente alta para, simultáneamente, una buena deformabilidad e igualmente buena capacidad de absorción de energía, debido al alto contenido de nitrógeno conseguido por el rápido enfriamiento entre los rodillos 2, 3 del aparato de colada de dos cilindros.

En la tabla siguiente se contraponen los valores de resistencia superiores de la banda laminada en caliente W producida según la invención en la instalación de colada y laminado 1 a los valores de resistencia de aceros austeníticos al Mn convencionales producidos por colada continua.

	R <sub>P0,2</sub> [MPa]	R <sub>m</sub> [MPa]	A <sub>80</sub> [%]
Invención	550 - 650	850 - 900	35 - 45
Convencional	420	750 - 800	50

## ES 2 279 831 T3

### Caracteres de referencia

	1	Instalación de colada y laminado
5	2, 3	Cilindros
	4	Ranura de colada
	5	Horno
10	6	Encerramiento
	7	Tren de laminado
15	8	Horno de recocido continuo
	9	Dispositivo de enfriado
	10	Bobina
20	D	Banda delgada
	W	Banda laminada en caliente
25	S	Depósito de masa fundida.

30

35

40

45

50

55

60

65

# REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la fabricación de una banda (W) o chapa de acero compuesta principalmente de austenita al Mn,

- en el que se funde un acero que contiene los siguientes componentes de aleación (en % en peso):

15,00 - 24,00% de Cr,

5,00 - 12,00% de Mn,

0,10 - 0,60% de N,

0,01 - 0,2% de C,

máx. 0,07% de P,

máx. 0,05% de S,

máx. 0,5% de Nb,

máx. 0,5% de V,

máx. 3,0% de Ni,

máx. 5,0% de Mo,

máx. 2,0% de Cu,

así como 0,30 - 3,0% de Al y/o 0,50 - 3,00% de Si, no superando la suma de los contenidos de Al y Si el 3,00%, y como resto, hierro e impurezas inevitables,

- en el que el acero se cuela en una ranura de colada formada entre dos cilindros (2, 3) o rodillos rotatorios para obtener una banda delgada (D) con un espesor de 10 mm como máximo, enfriándose los cilindros (2, 3) o rodillos tan intensamente que la banda delgada (D) se enfría en la ranura de colada (4) con una velocidad de enfriamiento de al menos 200 K/s.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el espesor de la banda delgada (D) asciende a 1 a 5 mm.

3. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque el acero contiene 17,00 - 21,00% en peso de Cr.

4. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque el acero contiene 8,00 - 12,00% en peso de Mn.

5. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque el acero contiene 0,40 - 0,60% en peso de N.

6. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque el acero contiene adicionalmente Ni, Mo y/o Cu.

7. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque la colada de la banda delgada (D) tiene lugar bajo una atmósfera gaseosa protectora.

8. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque la banda delgada (D), a continuación de la colada, se lamina en caliente de forma continua para obtener una banda laminada en caliente (W).

9. Procedimiento según la reivindicación 8, **caracterizado** porque la banda delgada (D) se calienta a una temperatura inicial de laminado antes del laminado en caliente.

10. Procedimiento según la reivindicación 9, **caracterizado** porque el calentamiento tiene lugar bajo un gas protector.

11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 8 a 10, **caracterizado** porque la banda laminada en caliente (W) se somete a un tratamiento térmico después del laminado en caliente.

