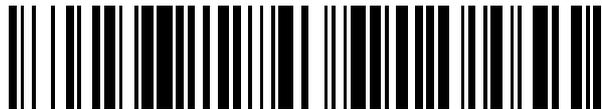


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 781 781**

51 Int. Cl.:

C21D 8/04 (2006.01)
C23C 2/02 (2006.01)
C22C 38/04 (2006.01)
C22C 38/02 (2006.01)
C21D 9/46 (2006.01)
C21D 8/02 (2006.01)
C23C 2/26 (2006.01)
C22C 38/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.06.2016 PCT/EP2016/064704**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **05.01.2017 WO17001303**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.06.2016 E 16733424 (2)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.01.2020 EP 3317431**

54 Título: **Fleje de acero galvanizado por inmersión en caliente de alta resistencia**

30 Prioridad:

01.07.2015 WO PCT/EP2015/020109

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
07.09.2020

73 Titular/es:

TATA STEEL IJMUIDEN B.V. (100.0%)
Wenckebachstraat 1
1951 JZ Velsen-Noord, NL

72 Inventor/es:

VAN KREVEL, JOOST, WILLEM, HENDRIK;
IONESCU, CORNELIA y
ENNIS, BERNARD, LEO

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 781 781 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

Fleje de acero galvanizado por inmersión en caliente de alta resistencia

5 La invención se refiere a un fleje de acero galvanizado por inmersión en caliente de alta resistencia que tiene una formabilidad mejorada, tal como la utilizada en la industria automotriz. La invención también se refiere a un método para producir dicho fleje de acero.

10 Estos tipos de acero son conocidos y se han desarrollado bajo el nombre de tipos de acero de doble fase. Estos tipos de acero no proporcionan la formabilidad requerida en muchas aplicaciones para la industria automotriz. Por esta razón, se han desarrollado tipos de acero de doble fase asistidos por TRIP. El documento EP1867746 divulga una lámina de acero galvanizado por inmersión en caliente de alta resistencia que comprende de 0.05 a 0.25% en peso de C, 0.5% en peso o menos de Si, 1 a 3% en peso de Mn, 0.1% en peso o menos de P, 0.01% en peso o menos de S, 0.1 a 2% en peso de Al, y menos de 0.005% en peso de N, el resto incluye Fe e impurezas inevitables, y un método para producirlo.

15 La formabilidad, sin embargo, no es el único requisito para un fleje de acero de doble fase asistido por TRIP. Los elementos de aleación deben ser bajos en cantidad para hacer que el coste del acero sea lo más bajo posible, y debe ser lo más fácil posible de producir el fleje de acero en un ancho más amplio tanto en la laminación en caliente como en la laminación en frío. Además, el fleje de acero debe ser fácil de recubrir con un recubrimiento a base de zinc, el fleje de acero debe tener una alta resistencia y una buena soldabilidad, y también debe exhibir una buena calidad de superficie. Estos requisitos son especialmente importantes para los tipos de acero de doble fase asistidos por TRIP producidos industrialmente, que tienen que formarse, por ejemplo, en partes de automóviles que se soldarán por puntos en una carrocería en blanco.

20 Por lo tanto, un objeto de la invención es encontrar una composición de un fleje de acero galvanizado por inmersión en caliente de alta resistencia que logre un equilibrio entre la conformabilidad, la homogeneidad y la procesabilidad del fleje.

25 Es un objeto adicional de la invención proporcionar un fleje de acero galvanizado por inmersión en caliente de alta resistencia que tenga una buena capacidad de recubrimiento durante el proceso de galvanización por inmersión en caliente.

30 Es aún un objeto adicional de la invención proporcionar un fleje de acero galvanizado por inmersión en caliente de alta resistencia que tenga una buena soldabilidad.

35 Es otro objeto de la invención proporcionar un fleje de acero galvanizado por inmersión en caliente de alta resistencia que tenga una buena calidad de superficie.

40 Es aún otro objeto de la invención proporcionar un fleje de acero galvanizado por inmersión en caliente de alta resistencia que tenga un precio de coste lo más bajo posible.

45 Uno o más de estos objetos se cumplen de acuerdo con la invención proporcionando un fleje de acero galvanizado por inmersión en caliente de alta resistencia que consiste, en porcentaje en masa, de los siguientes elementos:

- 0.10 - 0.21% C
- 1.75 - 2.50% Mn
- 0.04 - 0.60% Si
- 0.20 - 1.40% Al
- 50 0.001 - 0.025% P
- 0.0011 - 0.0040% B
- máx. 0.50% Cr
- máx. 0.20% Ti
- máx. 0.004% Ca
- 55 máx. 0.015% N
- el resto es Fe e impurezas inevitables.

60 Los inventores han descubierto que, mediante una selección cuidadosa de las cantidades de los principales elementos constitutivos del acero, que son carbono, manganeso, silicio, aluminio, cromo y boro, se puede producir un fleje de acero galvanizado por inmersión en caliente de alta resistencia que tiene la formabilidad, homogeneidad, procesabilidad, resistencia y estiramiento requeridos, mientras que al mismo tiempo proporciona una soldabilidad, capacidad de recubrimiento y calidad de superficie suficientes.

65 Los inventores han descubierto especialmente que es ventajoso agregar boro a la composición del acero. Al agregar boro, el acero laminado en caliente se puede enfriar lo suficientemente rápido en la mesa de acabado para obtener una temperatura de bobinado que proporcione una microestructura adecuada para su posterior procesamiento.

Además, debido a la adición de boro, los inventores han descubierto que las propiedades del producto final tienen un alto grado de homogeneidad. Por lo tanto, el fleje de acero se puede producir en un ancho que sea comercialmente interesante.

- 5 El boro suprime la formación de ferrita durante el enfriamiento de austenita. Esto minimiza el enriquecimiento local de carbono en el fleje. Por lo tanto, normalmente se evita el boro si se fabrican aceros tipo TRIP. Los inventores han descubierto que se pueden obtener buenas calidades de acero asistidas por TRIP mediante el recocido intercrítico del fleje laminado en frío para que no se requiera la nucleación de ferrita.
- 10 Además, la adición de boro mejora la templabilidad del acero, lo que da como resultado la posibilidad de usar menos elementos de aleación. Esto da como resultado una escala dimensional mejorada para el fleje de acero, lo que significa una mayor relación de ancho a espesor, mientras que las propiedades mecánicas del acero sobre el ancho del fleje siguen siendo adecuadas.
- 15 El boro se segrega a los límites del grano y reemplaza el fósforo en los límites del grano, lo que hace posible tener una mayor cantidad de P en el acero, al mismo tiempo que se logra una buena soldabilidad.

La razón de las cantidades de los principales elementos constitutivos es la siguiente.

- 20 C: 0.10 - 0.21% en masa. El carbono debe estar presente en una cantidad que sea lo suficientemente alta como para garantizar la templabilidad y la formación de martensita a las tasas de enfriamiento disponibles en una línea convencional de recocido/galvanizado. Se requiere martensita para proporcionar la resistencia adecuada. El carbono libre también permite la estabilización de austenita, lo que ofrece un potencial de endurecimiento del trabajo mejorado y una buena formabilidad para el nivel de resistencia resultante. Se necesita un límite inferior de 0.10% en masa por estos motivos. Se ha descubierto que un nivel máximo de 0.21% en masa es esencial para garantizar una buena soldabilidad.
- 25

- Mn: 1.75 - 2.50% en masa. Se agrega manganeso para aumentar la capacidad de endurecimiento, lo que facilita la formación de fases duras como martensita o bainita dentro de la capacidad de tasa de enfriamiento de una línea convencional de recocido/galvanizado continuo. El manganeso también contribuye al fortalecimiento de la solución sólida que aumenta la resistencia a la tracción y fortalece la fase de ferrita, y también ayuda a estabilizar la austenita retenida. El manganeso reduce el rango de temperatura de transformación del acero de doble fase, bajando así la temperatura de recocido requerida a niveles que pueden alcanzarse fácilmente en una línea convencional de recocido/galvanizado continuo. Se necesita un límite inferior de 1.75% en masa por las razones anteriores. Este límite inferior es posible en vista de la adición de otros elementos, tal como el boro. Se impone un nivel máximo de 2.50% en masa para garantizar fuerzas de laminación aceptables en el laminado en caliente y para garantizar fuerzas de laminación aceptables en el laminado en frío asegurando una transformación suficiente del acero de fase dual a productos de transformación blanda (ferrita y perlita). Este nivel máximo también se da en vista de la segregación más fuerte durante el moldeo y la formación de una banda de martensita en el fleje a valores más altos. Preferiblemente, la cantidad de manganeso está entre 1.9 y 2.3% en masa, más preferiblemente entre 2.0 y 2.2% en masa.
- 30
- 35
- 40

- Si: 0.04 - 0.60% en masa. El silicio proporciona un fortalecimiento de la solución sólida que permite alcanzar una alta resistencia y la estabilización de la austenita a través del fortalecimiento de la matriz de ferrita. El silicio retarda muy eficazmente la formación de carburos durante el terminado, manteniendo así el carbono en solución para la estabilización de la austenita. Por estas razones, se necesita un límite inferior de 0.04% en masa. Se impone un nivel máximo de 0.60% en masa en vista de la capacidad de recubrimiento del fleje de acero, ya que los altos niveles de silicio conducen a una calidad de recubrimiento inaceptable debido a la menor adherencia.
- 45

- Al: 0.20 - 1.40% en masa. El aluminio se agrega al acero líquido con el propósito de la desoxidación. En la cantidad adecuada, también proporciona una aceleración de la transformación de la bainita, permitiendo así la formación de bainita dentro de las limitaciones de tiempo impuestas por la sección de recocido de una línea de recocido/galvanizado continuo convencional. El aluminio también retarda la formación de carburos, lo que mantiene el carbono en solución, lo que provoca la división de la austenita durante el terminado y promueve la estabilización de la austenita. Se requiere un nivel inferior de 0.20% en masa por las razones anteriores. Se impone un nivel máximo de 1.40% en masa para la colabilidad, dado que los altos contenidos de aluminio conducen al envenenamiento de la escoria del molde de fundición y, en consecuencia, a un aumento de la viscosidad de la escoria del molde, lo que conduce a una transferencia de calor y lubricación incorrecta durante la fundición.
- 50
- 55

- Cr: máx. 0.50% en masa. Se agrega cromo para aumentar la templabilidad. El cromo promueve la formación de ferrita. Se impone un nivel máximo de 0.50% en masa para garantizar que no se forme demasiada martensita al coste o austenita retenida. También es posible agregar sin cromo. Preferiblemente, la cantidad de Cr está entre 0.01 y 0.40% en masa, más preferiblemente entre 0.02 y 0.25% en masa.
- 60

- Ti: máx. 0.20%. El titanio se agrega principalmente para fortalecer el acero. Se impone un nivel máximo de 0.20% para limitar el coste del acero. También es posible no agregar Ti.
- 65

- Ca: máx. 0.004% en masa. La adición de calcio modifica la morfología de las inclusiones de sulfuro de manganeso. Cuando se agrega calcio, las inclusiones adquieren una forma globular en lugar de estirada. Las inclusiones estiradas, también llamados rigidizadores, pueden actuar como planos de debilidad a lo largo de los cuales puede ocurrir el desgarro laminar y la fractura por delaminación. Evitar los rigidizadores es beneficioso para los procesos de formación de láminas de acero que implican la expansión de agujeros o la dilatación de las bridas y promueve el comportamiento de formación isotrópica. El tratamiento con calcio también evita la formación de inclusiones de alúmina duras, angulares y abrasivas en los tipos de acero desoxidado con aluminio, formando inclusiones de aluminato de calcio que son más suaves y globulares a temperaturas de laminado, mejorando así las características de procesamiento del material. En las máquinas de colada continua, algunas inclusiones que se producen en el acero fundido tienden a bloquear la boquilla, lo que resulta en una pérdida de producción y un aumento de los costes. El tratamiento con calcio reduce la propensión al bloqueo al promover la formación de especies de bajo punto de fusión que no obstruirán las boquillas. También es posible no agregar calcio cuando el contenido de azufre es muy bajo. Preferiblemente, la cantidad de Ca está entre 0.0005 y 0.003% en masa.
- P: 0.001 - 0.025% en masa. El fósforo interfiere con la formación de carburos, y, por lo tanto, algo de fósforo en el acero es ventajoso. Sin embargo, el fósforo puede hacer que el acero se vuelva quebradizo al soldar, por lo que la cantidad de fósforo debe controlarse cuidadosamente durante la fabricación del acero, especialmente en combinación con otros elementos de fragilidad tal como el azufre y el nitrógeno. Por otro lado, en vista de la adición de boro, es posible tener más fósforo en el acero que el habitual.
- El contenido de nitrógeno está limitado a un máximo de 0.015% en peso, como es típico para plantas de colada continua. Usualmente, la cantidad de N está entre 0.001 y 0.010% en peso.
- Además de las razones dadas anteriormente, los rangos para aluminio, boro, silicio, cromo y manganeso se eligen de tal manera que se encuentre un equilibrio correcto para proporcionar una transformación que sea lo más homogénea posible en la mesa de terminado y durante el enfriamiento de la bobina, para asegurar un fleje de acero que pueda ser laminado en frío, y para proporcionar una estructura de partida que permita la disolución rápida de carbono en la línea de recocido para promover la templabilidad y corregir el comportamiento de transformación ferrítico/bainítico. Además, debido a que el aluminio acelera y el cromo desacelera la transformación bainítica, el equilibrio correcto entre aluminio y cromo debe estar presente para producir la cantidad correcta de bainita dentro de los plazos permitidos por una línea de galvanizado por inmersión en caliente convencional con una sección de terminado restringida. En la práctica, esto significa que el contenido de aluminio debería ser mayor que el contenido de cromo.
- De acuerdo con una realización preferida, las cantidades de Al y Si se eligen de manera que $0.60\% < \text{Al} + \text{Si} < 1.40\%$.
- De acuerdo con otra realización preferida, las cantidades de Mn y Cr se eligen de manera que $\text{Mn} + \text{Cr} > 2.00\%$.
- Preferentemente, las cantidades de Al y Si se eligen de manera que $\text{Si} \leq \text{Al}$.
- Además de los contenidos absolutos de los elementos como se indicó anteriormente, también son importantes las cantidades relativas de ciertos elementos.
- El aluminio y el silicio juntos deberían mantenerse entre 0.60 y 1.40% en masa para asegurar la supresión de carburos en el producto final y la estabilización de una cantidad suficiente de austenita, con la composición correcta, para proporcionar una extensión deseable de formabilidad.
- El manganeso y el cromo juntos deberían estar por encima del 2.00% en masa para asegurar una templabilidad suficiente para la formación de martensita y/o bainita y, por lo tanto, lograr resistencia en una línea de recocido continuo convencional y una línea de galvanizado por inmersión en caliente. Además, el Mn ayuda a estabilizar la austenita retenida. Preferiblemente, $\text{Mn} + \text{Cr}$ debería estar por encima del 2.10% en masa, especialmente cuando la cantidad de Si es baja.
- Preferiblemente, Al debe estar presente en una cantidad igual o superior a Si en vista de una buena capacidad de recubrimiento de zinc.
- Preferiblemente, el elemento C está presente en una cantidad de 0.13 - 0.18%. En este rango, la templabilidad del acero es óptima, mientras que la soldabilidad del acero mejora, también por la presencia de boro. Más preferiblemente, el elemento C está presente en una cantidad de 0.14 - 0.17%. Se ha encontrado que esta cantidad de C funciona bien en la práctica.
- Preferentemente, el elemento Si está presente en una cantidad de 0.05 a 0.50%, más preferentemente de 0.05 a 0.40%. Una cantidad de silicio inferior a 0.50% mejora la capacidad de recubrimiento del fleje de acero, aún más cuando la cantidad de silicio es inferior a 0.40%.

ES 2 781 781 T3

- De acuerdo con una realización preferida, el elemento Al está presente en una cantidad de 0.30 a 1.20%, preferiblemente una cantidad de 0.40 a 1.00%. Un nivel inferior elevado de aluminio tiene el mismo efecto que una mayor cantidad de silicio, pero apenas aumenta la resistencia del acero. Un límite superior inferior de aluminio mejora la capacidad de fundición del acero.
- 5 La cantidad de elemento B está preferiblemente entre 0.0013 y 0.0030%. para proporcionar la templabilidad deseada y, por lo tanto, aportar la resistencia suficiente.
- 10 La cantidad de Ti es preferiblemente un máximo de 0.10% para limitar el coste del acero y mantener la escala dimensional lo más grande posible. Más preferiblemente, la cantidad de Ti está entre 0.005 y 0.05%.
- 15 Preferiblemente, el fleje de acero galvanizado por inmersión en caliente tiene una resistencia a la tracción final R_m superior a 750 MPa y/o una resistencia de prueba R_p del 0.2% de 430 - 700 MPa, preferiblemente la diferencia entre el centro y los bordes del fleje de acero es inferior a 75 MPa para R_p y/o R_m , más preferiblemente esta diferencia es inferior a 60 MPa. Estos niveles de resistencia se pueden lograr con la composición de acuerdo con la invención.
- 20 De acuerdo con una realización preferida, el fleje de acero galvanizado por inmersión en caliente tiene una microestructura, que consiste en 20-50% en volumen de ferrita, 10-25% en volumen de austenita retenida + martensita, de la cual 5-12% de austenita retenida, el resto es martensita templada, bainita y cementita.
- 25 De acuerdo con un segundo aspecto de la invención, se proporciona un método para producir un fleje de acero galvanizado por inmersión en caliente de alta resistencia como se definió anteriormente, en donde el acero fundido se lamina en caliente hasta un espesor de 2.0 - 4.0 mm y bobinado a una Temperatura CT de por debajo de la temperatura de $B_s-20^\circ\text{C}$ y por encima de la temperatura $M_s + 60^\circ\text{C}$, el fleje se lamina en frío con una reducción del 40% o más, después de lo cual el fleje se recoce intercríticamente a una temperatura entre la temperatura A_{c1} y A_{c3} , y el fleje se termina a una temperatura inferior a la temperatura de B para formar bainita y/o martensita templada, después de lo cual el fleje se galvaniza por inmersión en caliente.
- 30 Debido al bobinado a una Temperatura de Bobinado inferior a la temperatura de $B_s-20^\circ\text{C}$ y superior a la temperatura de $M_s + 60^\circ\text{C}$, se logra una microestructura bien definida, que puede ser laminada en frío con la reducción correcta y recocida a las temperaturas adecuadas y galvanizado después, para obtener un fleje de acero galvanizado con la resistencia correcta y las propiedades correctas.
- 35 Preferiblemente, la bobina laminada en caliente tiene una microestructura que consiste en 50 - 70% en volumen de ferrita, 20 - 50% en volumen de perlita y/o bainita, y menos de 10% de cementita. Con una microestructura de este tipo, la bobina tiene las propiedades correctas para un procesamiento posterior, especialmente para el paso de recocido, y se puede laminar en frío en una escala de gran dimensión.
- 40 De acuerdo con una realización preferida, el fleje galvanizado por inmersión en caliente se lamina por tensión con una reducción del 0.2 al 0.8%. Este porcentaje de laminación por tensión puede proporcionar las propiedades mecánicas correctas al fleje, tal como el nivel de resistencia correcto, mientras que las otras propiedades permanecen dentro de la escala deseada.
- 45 De acuerdo con un aspecto adicional de la invención, se proporciona un método para producir un fleje de acero de fase compleja galvanizado por inmersión en caliente de alta resistencia de acuerdo con el primer aspecto de la invención, en donde el acero fundido se lamina en caliente hasta un espesor de 2.0 - 4.0 mm y bobinado a una Temperatura CT de Bobinado por debajo de la temperatura de $B_s-20^\circ\text{C}$ y por encima de la temperatura de $M_s + 60^\circ\text{C}$, el fleje se lamina en frío con una reducción del 40% o más, después de lo cual el fleje se recoce a una temperatura superior a la temperatura A_{c1} más 50°C , y el fleje se termina a una temperatura por debajo de la temperatura de Bs para formar bainita y/o martensita templada, después de lo cual el fleje se galvaniza por inmersión en caliente. Este fleje de acero de fase compleja se puede fabricar debido a la Temperatura de Bobinado precisa y a las temperaturas de recocido y sobrevejecimiento prescritas.
- 50 Preferiblemente, este fleje de acero de fase compleja galvanizado por inmersión en caliente se lamina por tensión con una reducción del 0.4 - 2.0%, preferiblemente con una reducción del 0.4 - 1.2%. Este porcentaje de laminación por tensión puede proporcionar las propiedades mecánicas correctas al fleje, tal como el nivel de resistencia correcto, mientras que las otras propiedades permanecen dentro de la escala deseada.
- 55 La invención se aclarará a continuación.
- 60 La figura 1 muestra la medición de la resistencia R_m a la tracción final y la resistencia R_p de prueba al 0.2% después del recocido.
- 65 Se realizaron ensayos en línea, como se muestra en la Tabla 1, indicados en mili-% en peso a menos que se indique lo contrario.

Tabla 1: Composiciones de materiales probados en línea. A menos que se indique diferente, las composiciones se definen en % en peso de fábrica. Los valores de Bs y Ms se calcularon a partir de [1].

Molde	C	Mn	P	Si	Cr	B ppm	Al-zo	Ti	N ppm	Al+Si	Mn+Cr	Bs -20°C	Ms +60°C
1	151	2101	12	58	99	20	682	22	43	740	2200	581	477
2	161	2161	10	120	206	20	660	21	40	780	2267	573	472
3	147	2046	10	130	204	20	610	20	46	740	2250	578	479
4	149	2057	10	392	26	24	602	6	30	994	2083	583	476
5	148	2071	12	100	184	19	690	21	48	790	2255	578	478
6	153	2093	9	102	204	19	685	22	47	787	2297	573	475

¹S.M.C. Van Bohemen, Temperatura de inicio de Bainita y martensita calculada con dependencia exponencial de carbono, Materials Science and Technology 28, 4 (2012) 487-495.

5 Los moldes número 1, 2, 3, 5 y 6 fueron laminados en caliente con una temperatura de acabado de laminado en caliente de aproximadamente 875°C. El molde número 4 se laminó en caliente con una temperatura de acabado de la laminación en caliente de aproximadamente 950°C.

Tabla 2: distribución típica de martensita + austenita sobre diferentes posiciones en la bobina.

Molde 6	Promedio de martensita + austenita
Cabeza M	14.3
Cabeza R	19.6
Centro M	18.9
Centro R	18.9
Cola M	17.7
Cola R	18.3

10 Normalmente, el material estaba caliente y posteriormente laminado en frío hasta un calibre típico en el intervalo de 0.8-2.0 mm.

15 Para los moldes 5 y 6, la microestructura y las fracciones de fase definidas se proporcionan en la figura 2. Para el molde 6, la microestructura sobre diferentes posiciones de muestreo sobre la bobina se proporciona en la Tabla 2. La microestructura se proporciona para la cabeza, el centro y la cola de una bobina. M indica el centro del fleje, R el lado derecho.

20 Usando los moldes 1 a 4 y 6, se produjo un fleje de acero de doble fase. La temperatura de acabado del laminado en caliente fue de aproximadamente 875°C para todos los moldes, pero para el molde 4, como se indicó anteriormente la temperatura de bobinado estaba entre 500-520°C, bien entre Bs-20°C y Ms + 60°C. Posteriormente, el material fue laminado en frío y recocido intercríticamente alrededor de 800°C, y la temperatura de terminado fue de 400°C. Después de la galvanización por inmersión en caliente, el fleje se laminó con una reducción de alrededor del 0.3%.

25 Usando el molde 5, se produjo un fleje de acero de fase compleja. La temperatura de acabado del laminado en caliente fue de aproximadamente 875°C, la temperatura de bobinado fue de 550°C. El material fue laminado en frío y recocido intercríticamente a aproximadamente 840°C, y la temperatura de terminado fue de 400°C. Después de la galvanización por inmersión en caliente, el fleje se laminó templado con una reducción del 1.0%.

30 Para el molde 1 a 6, se midieron las propiedades mecánicas, dependiendo de la temperatura de bobinado. Estas propiedades mecánicas se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3: Propiedades de tracción en las mediciones de HEC a media bobina.

Molde	CT (°C)	Rp (MPa)	Rm (MPa)	Ag (%)	A80 (%)	n	r	HEC (%)	VDA doblabilidad @ 1mm (L)
1	520	450	782	14.5	21.7	0.15	0.76	28-32*	137 ^{o*}
1	498	490	817	14.0	21.0	0.14	0.54		
2	506	505	808	13.5	20.4	0.13	0.69	18-30*	100-110 ^{o*}
3	506	497	811	13.2	22.1	0.13	0.72		
4	500	494	815	14.5	21.1	0.15	0.74		
5	550	622	869	9.5	13.6	<0.1	0.70	33-36*	
6	520	475	837	13.1	18.6				

*: Valores Típicos

35 De los moldes mostrados en la Tabla 1, se produjeron varias planchas. Estas planchas fueron laminadas en caliente en flejes que tenían un espesor de 2.5-3 mm y posteriormente los flejes se bobinaron a diferentes temperaturas (CT)

de bobinado entre 500 y 590°C. Estas bobinas fueron laminadas en frío hasta un espesor de 1.3 mm, recocidas continuas y galvanizadas por inmersión en caliente.

5 La medición de la resistencia Rm a la tracción final y la resistencia Rp de prueba del 0.2% después del recocido muestran que Rp y Rm aumentan cuando la CT es más baja. Esto se muestra en la figura 1. Las mediciones también muestran que el estiramiento se vuelve ligeramente más bajo cuando la TC es menor, pero el estiramiento sigue siendo satisfactorio con una TC baja.

10 La figura 2 muestra microestructuras típicas (grabadas con Nital) obtenidas en el centro del producto de fleje laminado en caliente, después de bobinar y enfriar. Se utiliza la composición del molde 1. Para la imagen de la izquierda, la temperatura CT de bobinado fue de 500°C. La imagen de la derecha muestra el mismo material, pero después de una temperatura de bobinado de 550°C. La fase oscura es perlita/bainita y la fase clara es ferrita; los puntos negros son cementita. En la imagen de la izquierda, la perlita/bainita está presente en 25-35%, ferrita 60-70% y cementita menos del 10%. En la imagen de la derecha, la perlita/bainita está presente en 20-30%, ferrita 65-75% y cementita menos del 10%.

15 Las mediciones también han demostrado que a bajas temperaturas de bobinado se mejoran las propiedades de tracción sobre el ancho del fleje, lo que significa que la diferencia entre el centro del fleje y los bordes del fleje es pequeña. La diferencia es ahora como máximo de aproximadamente 50 MPa para Rp y Rm, mientras que solía ser de aproximadamente 100 MPa.

20 La figura 3 muestra la variación en Rm y Rp sobre el ancho del fleje. La figura 3a muestra esta variación para una composición del fleje que no está de acuerdo con la invención, que tiene una composición de 0.15 C, 2.05 Mn, 0.2 Cr, 0.7 Al, 0.07 Si, 0.015 Nb y 0.004 N (en% en peso). La diferencia en Rm entre el centro y el borde del fleje es de aproximadamente 100 MPa, la diferencia en Rp es de aproximadamente 50 MPa.

25 La figura 3b muestra la variación en Rm y Rp para un fleje con la composición del molde 1. Esta figura muestra que es posible obtener una variación entre el centro y el borde del fleje que sea inferior a 20 MPa para ambos Rm y Rp. La figura 3c muestra, de hecho, lo mismo para un fleje con la composición del molde 3. El fleje mostrado en las figuras 3b y 3c se ha fabricado de acuerdo con el método de la invención.

30 La figura 4 muestra tres formas diferentes de indicar gráficamente las microestructuras de los moldes después de usar el método de la invención. Estas son las representaciones Picral, Nital y LePera bien conocidas. En los gráficos de Picral, el negro representa bainita o martensita templada. En el gráfico Nital, las manchas blancas indican ferrita. En contraste, en el gráfico de LePera, el blanco indica martensita (templada) + austenita retenida. Las diferencias entre DP800 en el lado izquierdo y CP800 en el lado derecho son claramente visibles.

35 Las indicaciones de longitud en las figuras 2 y 4 indican una longitud de 10 µm.

REIVINDICACIONES

1. Fleje de acero galvanizado por inmersión en caliente de alta resistencia que consiste, en porcentaje en masa, de los siguientes elementos:
- 5
- 0.10 - 0.21% C
 1.75 - 2.50% Mn
 0.04 - 0.60% Si
 0.20 - 1.40% Al
- 10
- 0.001 - 0.025% P
 0.0011 - 0.0040% B
 máx. 0.50% Cr
 máx 0.20% Ti
 máx 0.004% Ca
- 15
- máx 0.015% N
 el resto es Fe e impurezas inevitables.
2. Fleje de acero de acuerdo con la reivindicación 1, en donde las cantidades de Al y Si se eligen de manera que $0.60\% < Al + Si < 1.40\%$ y/o las cantidades de Mn y Cr se eligen de manera que $Mn + Cr > 2.00\%$, y/o las cantidades de Al y Si se eligen de manera que $Si \leq Al$.
- 20
3. Fleje de acero de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde el elemento C está presente en una cantidad de 0.13 a 0.18%, preferiblemente en una cantidad de 0.14 a 0.17%.
- 25
4. Fleje de acero de acuerdo con la reivindicación 1, 2 o 3, en donde el elemento Si está presente en una cantidad de 0.05 a 0.50%, preferiblemente en una cantidad de 0.05 a 0.40%.
5. Fleje de acero de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el elemento Al está presente en una cantidad de 0.30 a 1.20%, preferiblemente en una cantidad de 0.40 a 1.00%.
- 30
6. Fleje de acero de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el elemento B está presente en una cantidad de 0.0015 - 0.0030%.
- 35
7. Fleje de acero de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el elemento Ti está presente en una cantidad máxima de 0.10%, preferiblemente entre 0.005 y 0.05%.
8. Fleje de acero de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el fleje de acero galvanizado por inmersión en caliente tiene una resistencia R_m a la tracción final superior a 750 MPa y/o una resistencia R_p de prueba del 0.2% de 430 - 700 MPa, preferiblemente la diferencia entre el centro y los bordes del fleje de acero son inferiores a 75 MPa para R_p y/o R_m , más preferiblemente esta diferencia es inferior a 60 MPa.
- 40
9. Fleje de acero de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el fleje de acero galvanizado por inmersión en caliente tiene una microestructura que consiste en 20-50% en volumen de ferrita, 10-25% en volumen de martensita y austenita retenida, de la cual 5-12% en volumen retenido austenita, el resto es martensita templada, bainita y cementita.
- 45
10. Método para producir un fleje de acero de doble fase galvanizado por inmersión en caliente de alta resistencia de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el acero fundido se lamina en caliente hasta un espesor de 2.0 - 4.0 mm y se bobina a una temperatura CT de bobinado por debajo de temperatura $B_s - 20^\circ C$ y superior a la temperatura $M_s + 60^\circ C$, el fleje se lamina en frío con una reducción del 40% o más, después de lo cual el fleje se recoce intercríticamente a una temperatura entre la temperatura A_{c1} y A_{c3} , y el fleje se termina a una temperatura debajo de la temperatura de B para formar bainita y/o martensita templada, después de lo cual el fleje se galvaniza por inmersión en caliente.
- 50
11. Método de acuerdo con la reivindicación 10, en donde la bobina laminada en caliente tiene una microestructura que consiste en 50 - 70% en volumen de ferrita, 20 - 50% en volumen de perlita y/o bainita, y menos de 10% de cementita.
- 55
12. Método de acuerdo con la reivindicación 10 u 11, en donde el fleje galvanizado por inmersión en caliente se lamina por tensión con una reducción del 0.2 al 0.8%.
- 60
13. Método para producir un fleje de acero de fase compleja galvanizado por inmersión en caliente de alta resistencia de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 9, en donde el acero fundido se lamina en caliente hasta un espesor de 2.0 - 4.0 mm y se bobina a una temperatura CT de bobinado inferior a $B_s - 20^\circ C$ de temperatura y más de $M_s + 60^\circ C$ de temperatura, el fleje se lamina en frío con una reducción del 40% o más, después de lo cual el fleje se recoce a una temperatura superior a la temperatura A_{c1} más $50^\circ C$, y el fleje se termina
- 65

a una temperatura inferior a la temperatura Bs para formar bainita y/o martensita templada, después de lo cual el fleje se galvaniza por inmersión en caliente.

- 5 14. Método de acuerdo con la reivindicación 13, en donde el fleje galvanizado por inmersión en caliente se lamina por tensión con una reducción del 0.4 - 2.0%, preferiblemente con una reducción del 0.4 - 1.2%.

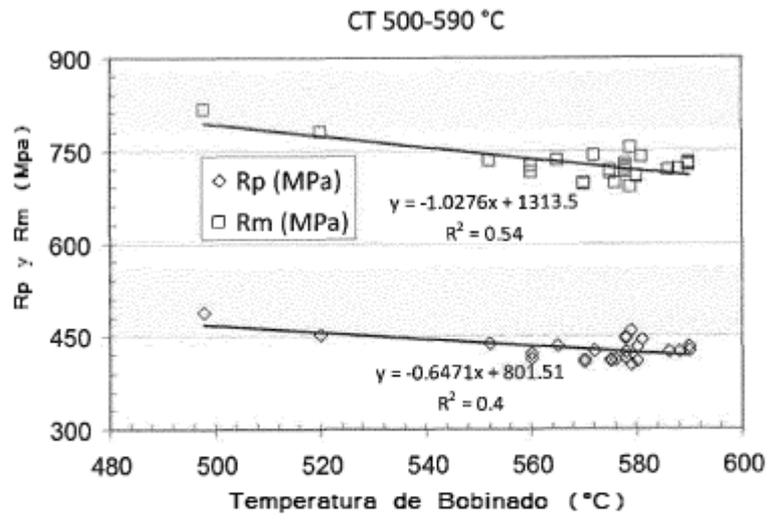


Figura 1

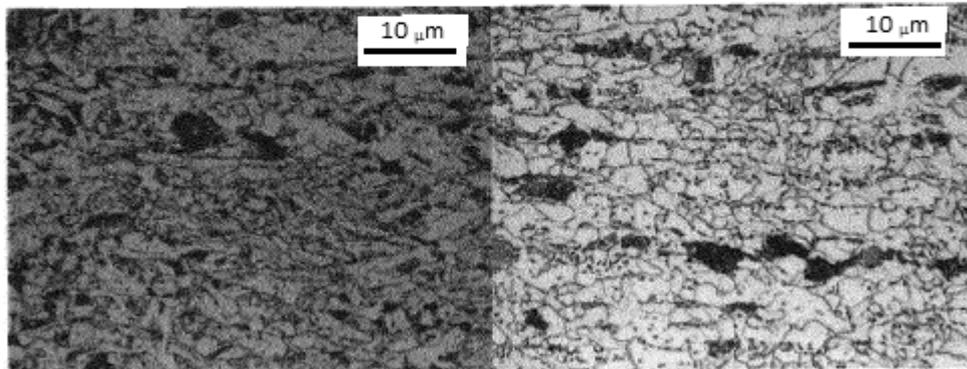


Figura 2

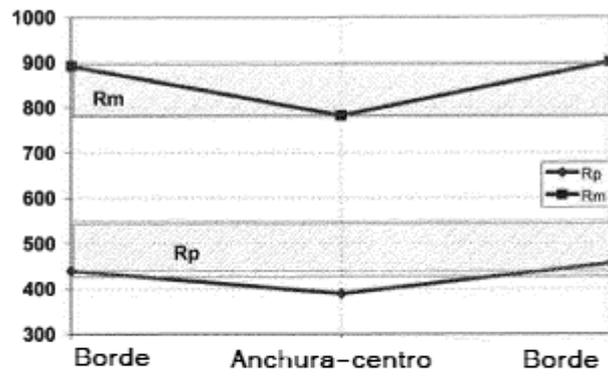


Figura 3a

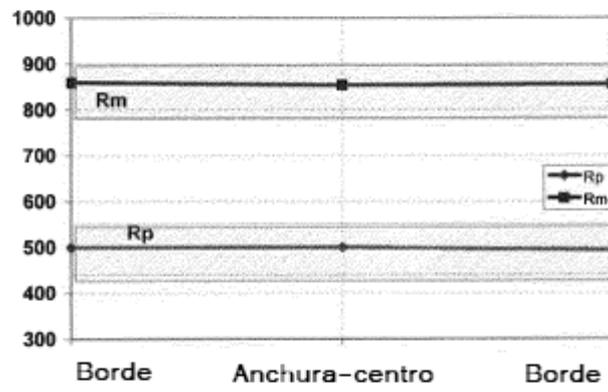


Figura 3b

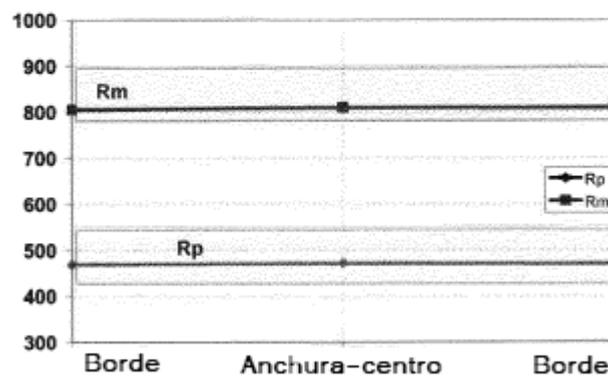


Figura 3c

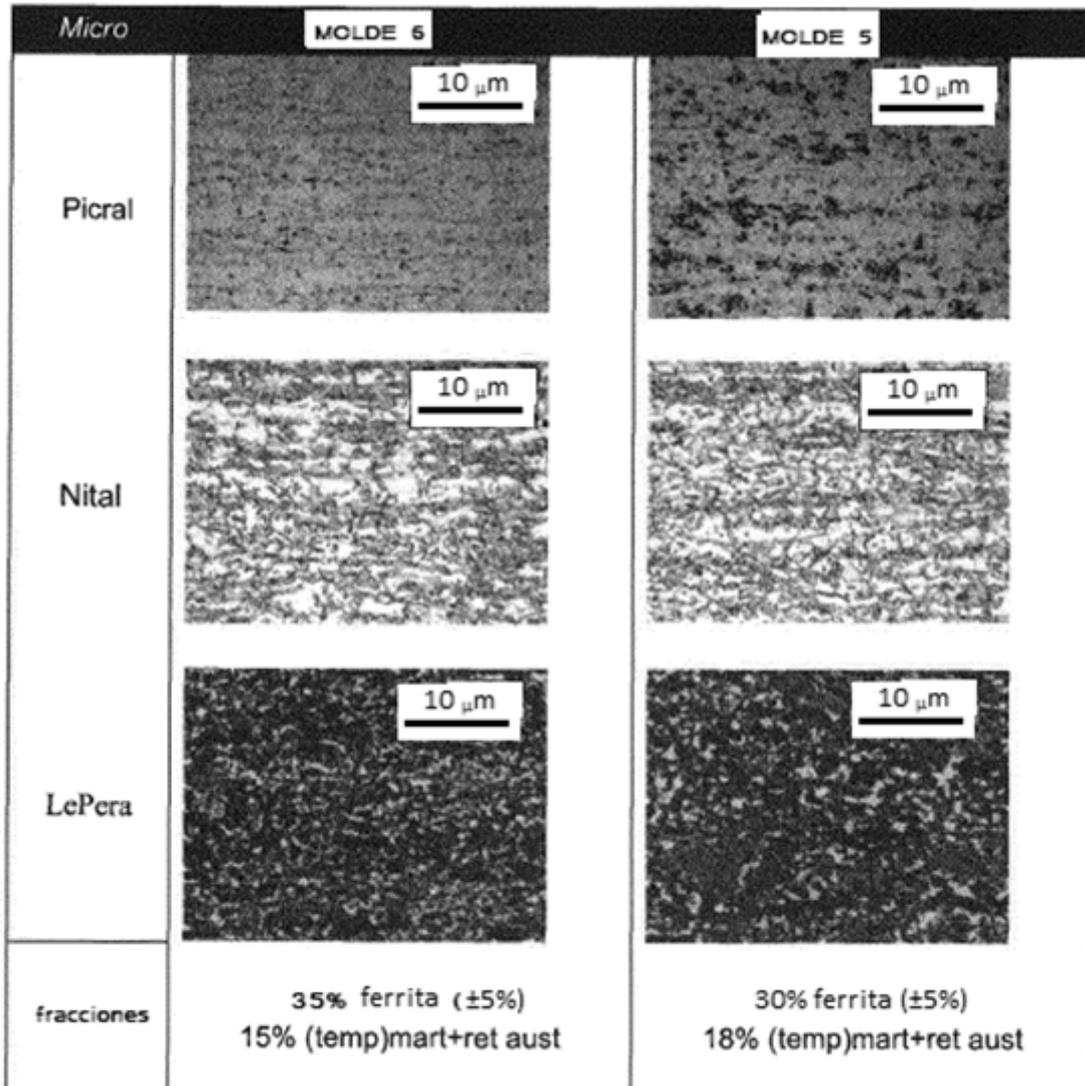


Figura 4