

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 683 010**

51 Int. Cl.:

<b>C22C 38/02</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/04</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/06</b>	(2006.01)
<b>C23C 2/06</b>	(2006.01)
<b>C21D 9/46</b>	(2006.01)
<b>B32B 15/01</b>	(2006.01)
<b>C22C 18/00</b>	(2006.01)
<b>C22C 18/02</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/38</b>	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.02.2008 PCT/EP2008/052195**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **28.08.2008 WO08102009**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.02.2008 E 08717056 (9)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.06.2018 EP 2115178**

54 Título: **Tira de acero de alta resistencia laminada en frío y recocida continuamente, y método para producir dicho acero**

30 Prioridad:

**23.02.2007 EP 07003811**  
**02.03.2007 EP 07004331**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**24.09.2018**

73 Titular/es:

**TATA STEEL IJMUIDEN BV (100.0%)**  
**Wenckebachstraat1**  
**NL-1951 JZ VELSEN-NOORD, NL**

72 Inventor/es:

**HANLON, DAVID NEAL y**  
**VLOT, MARGOT JULIA**

74 Agente/Representante:

**SÁEZ MAESO, Ana**

ES 2 683 010 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

Tira de acero de alta resistencia laminada en frío y recocida continuamente, y método para producir dicho acero

5 Esta invención se refiere a una tira de acero de alta resistencia laminada en frío y recocida continuamente provista con una capa de recubrimiento de aleación de zinc, y a un método para producirla.

10 Los aceros de alta resistencia se usan cada vez más en aplicaciones automotrices y en la construcción, como resultado de la búsqueda de la reducción del peso. Para compensar la reducción del grosor resultante de los materiales que se usan en la construcción de vehículos, se consideran materiales que tienen una mayor resistencia. Sin embargo, una mayor resistencia usualmente tiene un costo con respecto a la conformabilidad. Como resultado, actualmente se están estudiando muchos aceros de alta resistencia que tienen una buena conformabilidad. Estos desarrollos en el acero usualmente resultan en aceros con una combinación muy específica de microestructura y composición química, y se producen por procedimientos cuidadosamente diseñados y controlados.

15 El uso de aceros más delgados con mayor resistencia requiere que el acero se proteja adecuadamente contra la corrosión. Esta protección puede lograrse proporcionando el acero con un recubrimiento metálico. Se conoce la provisión de una tira de acero con un recubrimiento de zinc, particularmente para aplicaciones automotrices y en la construcción como se describe en JP 11 236621. Para obtener una capa delgada de zinc sobre una tira de acero de una manera económica, es una práctica normal recubrir la tira de acero por galvanizado en caliente, en la cual el acero se mueve a través de un baño de zinc fundido. El zinc fundido se adhiere al acero y, a la salida de la tira del baño, en la mayoría de los casos el exceso de zinc se elimina de la tira para dar una capa delgada de recubrimiento, usualmente mediante el uso de cuchillos de gas. En la técnica se conoce la adición de ciertos elementos químicos al baño para mejorar la calidad del recubrimiento de zinc y/o para mejorar el proceso de recubrimiento de la tira de acero. Como los elementos, a menudo se eligen el aluminio y el magnesio.

20 Estas combinaciones cuidadosamente equilibradas hacen que la producción de aceros de alta resistencia tienda a fluctuaciones significativas en las propiedades mecánicas como resultado de las fluctuaciones de la microestructura. Por lo tanto, un objetivo de esta invención es proporcionar un método para producir un acero de alta resistencia que tenga propiedades mecánicas consistentes, que sea menos sensible a las fluctuaciones del proceso. Además, un problema con la galvanización de aceros de alta resistencia es que estos aceros muestran una mala capacidad de humectabilidad para las capas de recubrimiento de zinc, como resultado de la cantidad superior de elementos de aleación usados en el acero. En contraste con la naturaleza del equilibrio termodinámico de la humectación entre interfaces inertes (como el agua sobre el oro), el recubrimiento de superficies de acero con un revestimiento de Zn líquido mediante inmersión en caliente es un proceso de humedecimiento reactivo complejo. Sin embargo, se conoce que los elementos de aleación con una alta afinidad con el oxígeno, tales como Mn, Al, Si, etc., conducen a un enriquecimiento de los óxidos en la superficie del acero durante el proceso de recocido. Se conoce que la capacidad de humectación de estos óxidos con el zinc líquido es muy pobre. Un objetivo de la invención es proporcionar una capa de recubrimiento de zinc que ofrezca una capacidad de humectación total del sustrato de acero de alta resistencia, a pesar del alto nivel de elementos de aleación en el acero que son desfavorables para obtener la capacidad de humectación total.

El objetivo de acuerdo con la invención se logra con una tira de acero de alta resistencia laminada en frío y recocida continuamente que comprende (todos los porcentajes son en % en peso, a menos que se indique de otra manera):

45 0,04-0,30 %C

1,0-3,5 %Mn

0-1,0 %Si

0,05-2,0 %Al

0-1,0 %Cr

50 0-0,02 %P

0-0,01 %S

0-0,25 %V

0-0,1 %Nb

0-0,20 %Ti

55 0-0,015 %N

0-0,010 %B

impurezas inevitables

balance de hierro,

60 provista con una capa de revestimiento de aleación de zinc galvanizada por inmersión en caliente, en la que la capa de revestimiento de aleación de zinc consiste en 0,3 - 4,0% Mg y 0,05% - 6,0% Al y opcionalmente como máximo 0,2% de uno o más elementos adicionales junto con impurezas inevitables y el resto es zinc.

65 Un elemento adicional que podría añadirse en una cantidad pequeña, de menos de 0,2% en peso, es Pb o Sb, Ti, Ca, Mn, Sn, La, Ce, Cr, Ni, Zr o Bi. Pb, Sn, Bi y Sb se añaden usualmente para formar floreados. Preferentemente, la cantidad total de elementos adicionales en la aleación de zinc es de cuando mucho 0,2%. Estas cantidades pequeñas de un

5 elemento adicional no alteran las propiedades del recubrimiento ni del baño de manera significativa para las aplicaciones habituales. Preferentemente, cuando uno o más elementos adicionales están presentes en el recubrimiento de aleación de zinc, cada uno está presente en una cantidad < 0,02% en peso, preferentemente cada uno está presente en una cantidad < 0,01% en peso. Esto es debido a que los elementos adicionales no cambian la resistencia a la corrosión de manera significativa en comparación con la adición de magnesio y aluminio, y los elementos adicionales hacen que la tira de acero recubierta sea más costosa. Los elementos adicionales usualmente sólo se añaden para prevenir la formación de escoria en el baño con la aleación de zinc fundido para la galvanización por inmersión en caliente, o para formar floreados en la capa de recubrimiento. Por lo tanto, los elementos adicionales se mantienen lo más bajos posible. El grosor de la capa de recubrimiento de aleación de zinc está preferentemente entre 3 y 12 µm porque los recubrimientos más gruesos no son necesariamente para todas las aplicaciones. La capa de recubrimiento de aleación de zinc de acuerdo con la invención mejora la protección contra la corrosión, ya que un grosor de 12 µm como máximo es suficiente para casi todas las aplicaciones. Una capa de recubrimiento delgada también es beneficiosa para soldar entre sí dos láminas de acero con la capa de recubrimiento de acuerdo con la invención, por ejemplo, mediante soldadura con láser. En una modalidad preferida, la capa de recubrimiento de aleación de zinc tiene un grosor de 3-10 µm, siendo este un intervalo de grosor preferido para aplicaciones automotrices. De acuerdo con otra modalidad preferida, la capa de recubrimiento de aleación de zinc tiene un grosor de 3-8 µm o incluso de 7 µm. Este grosor se prefiere cuando son importantes las soldaduras con láser mejoradas que se producen sin un separador.

20 Los inventores han descubierto que el acero de acuerdo con la invención proporciona una excelente humectabilidad al sustrato para la capa de recubrimiento de aleación de zinc de acuerdo con la invención, a pesar de los altos niveles de elementos de aleación que se sabe que afectan de manera adversa la humectabilidad del sustrato de acero. Es importante señalar que el acero de acuerdo con la invención no contiene níquel como un elemento de la aleación, porque el níquel forma un compuesto con el Mg: MgNi<sub>2</sub> y Mg<sub>2</sub>Ni. Si el níquel en el acero forma estos compuestos con el Mg del baño de chapado, se produce la formación indeseable de escoria en combinación con una disminución indeseable del Mg del baño de chapado. De manera que, por razones del procedimiento, es indeseable un sustrato que contenga níquel.

30 Preferentemente, la microestructura comprende entre 90 y 65% de ferrita, preferentemente entre 85 y 70%, más preferentemente entre 80 a 75%. La fracción de austenita, presente antes del enfriamiento inmediatamente después del recocido intercrítico OAT, es preferentemente transformada por completo en componentes microestructurales no ferríticos, preferentemente bainita, martensita, ferrita acicular, o se conserva parcialmente como austenita retenida. En una modalidad, la tira de acero comprende entre 90 y 65% de ferrita, el resto de la estructura es ferrita acicular, bainita, martensita o austenita retenida. Preferentemente, la microestructura no contiene perlita, aunque los precipitados de carburo de hierro, tales como la cementita, no en forma de laminillas de perlita, pueden estar presentes en el acero. Por lo tanto, se obtiene una combinación del sustrato de acero con las propiedades mecánicas deseadas, con excelente protección contra la corrosión. El contenido de aluminio se limita a 6%, para no deteriorar la humectabilidad. Generalmente se cree que las capas de zinc que contienen Mg son más duras que las capas de zinc que no contienen Mg. A pesar del hecho de que esto generalmente significa que las capas son más quebradizas, los inventores descubrieron que la adhesión de la capa de recubrimiento de aleación de zinc fue mucho mejor que incluso durante la alta presión de contacto, durante la conformación, la capa de recubrimiento de aleación de zinc no sucumbe a la presión y se mantiene en su lugar para proteger el producto contra la corrosión durante y después del conformado. Las presiones de contacto superiores durante la formación de los componentes de acero de alta resistencia en una operación de conformado no conducen al daño del recubrimiento tal como sucede con frecuencia con una capa de recubrimiento galvanizado y recocido, y no se raspa tan fácilmente como lo hace una capa de zinc galvanizado normal. Esto puede deberse a que se cree que las adiciones de Mg son beneficiosas para promover la lubricación entre el acero recubierto y las herramientas de conformado (en caliente). Los inventores creen que el óxido de Mg que se forma en el baño de zinc protege contra la evaporación del zinc durante el recubrimiento. La evaporación reducida del zinc también es beneficiosa en el área de la boca durante el galvanizado en caliente. La boca es el lugar donde la tira entra al baño de zinc. Normalmente, el zinc se evapora y forma polvo en las áreas más frías (zinc y óxido de zinc) que puede caer sobre la tira y la superficie del baño de zinc en la boca. Esto puede conducir a defectos en el recubrimiento de zinc. El óxido de Mg sobre la superficie del baño limita la evaporación del zinc en esta área, y disminuye así la posibilidad de defectos en el recubrimiento de zinc.

50 Debido a la formación de Fe<sub>2</sub>Al<sub>5</sub>, la capa de recubrimiento siempre contiene algo de hierro, incluso cuando el baño a partir del cual es depositada la capa de recubrimiento no contenga hierro como un elemento adicional como se definió anteriormente. El hierro constituye una impureza inevitable debido al hecho de que se usa un sustrato de acero. El hierro no es un elemento adicional y preferentemente no debería exceder de 1,5% o más preferentemente de 1,0%. En una modalidad de la invención, el contenido de hierro en la capa de recubrimiento se limita a por debajo de 0,6%, preferentemente por debajo de 0,4%. Aún más preferentemente la cantidad se limita a por debajo de 0,2%.

60 En una modalidad de la invención, el sustrato de acero consiste únicamente en los elementos de aleación que se reivindican expresamente. Otros elementos, como el oxígeno o los elementos de tierras raras, solo pueden estar presentes como impurezas inevitables, y el resto es hierro.

65 Se usa el nivel mínimo de aluminio de 0,05%, ya que no es importante prevenir todas las reacciones entre el Fe y el Zn. Sin aluminio, las aleaciones de Fe-Zn sólidas gruesas crecen en la superficie del acero y el espesor del recubrimiento no se puede regular sin problemas al limpiar con un gas. Un contenido de aluminio de 0,05% es suficiente para evitar la

formación problemática de la aleación Fe-Zn. Preferentemente, el contenido de aluminio es de al menos 0,3%. Por último, se mejora la fosfatabilidad del acero como resultado de la adición de Mg.

5 En una modalidad de la invención, la aleación de zinc comprende de 0,3 a 2,3% en peso de magnesio y de 0,6 a 2,3% en peso de aluminio. Al limitar el nivel de magnesio a un máximo de 2,3%, se reduce la formación de escoria oxidica en el baño de zinc, al tiempo que se conserva la protección contra la corrosión a un nivel suficientemente alto. Al limitar el contenido de aluminio, se mejora la humectabilidad. En una modalidad preferida, el contenido de silicio en la capa de aleación de zinc está por debajo de 0,0010% en peso.

10 De acuerdo con una modalidad preferida, la tira de acero se ha provisto con una capa de recubrimiento de aleación de zinc en la cual la aleación de zinc contiene de 1,6 - 2,3% en peso de magnesio y de 1,6 - 2,3% en peso de aluminio. Esta es una modalidad preferida, porque a estos valores la protección del recubrimiento contra la corrosión está a un máximo, y la protección contra la corrosión no es influenciada por variaciones pequeñas en la composición. Por encima de 2,3% en peso de magnesio y aluminio, el recubrimiento puede hacerse quebradizo y puede disminuir la calidad de la superficie del recubrimiento.

15 En una modalidad de la invención, la tira de acero se ha provisto con una capa de recubrimiento de aleación de zinc en la cual la aleación de zinc contiene de 0,6 - 1,3% en peso de aluminio y/o de 0,3 - 1,3% en peso de magnesio. Con estas cantidades más pequeñas de aluminio y magnesio, no son necesarias modificaciones importantes del baño y del aparato convencional de galvanizado en caliente, mientras que el magnesio a niveles entre 0,3 y 1,3% en peso mejora la resistencia a la corrosión considerablemente. Habitualmente, para estas cantidades de magnesio, se debe agregar más de 0,5% en peso de aluminio para evitar que se forme más escoria oxidada en el baño que para los baños convencionales; la escoria puede ocasionar defectos en el recubrimiento. Los recubrimientos con estas cantidades de magnesio y aluminio son óptimos para aplicaciones con demandas altas de calidad de superficie y de resistencia mejorada a la corrosión.

20 Preferentemente, la aleación de zinc contiene 0,8 - 1,2% en peso de aluminio y/o 0,8 - 1,2% de magnesio. Estas cantidades de magnesio y aluminio son óptimas para proporcionar un recubrimiento con una alta resistencia a la corrosión y una calidad superficial excelente, una conformabilidad excelente, y una buena soldabilidad a costos adicionales limitados en comparación con el galvanizado por inmersión en caliente convencional.

25 De acuerdo con una modalidad preferida, la tira de acero se ha provisto con una capa de recubrimiento de aleación de zinc galvanizada en caliente en la cual la cantidad de aluminio en % en peso es la misma que la cantidad de magnesio en % en peso más o menos un máximo de 0,3% en peso. Se ha descubierto que la escoria formada en el baño se suprime hasta un nivel considerable cuando la cantidad de aluminio iguala o casi iguala a la cantidad de magnesio.

30 En una modalidad de la invención, la tira de acero cubierta con un recubrimiento de aleación de zinc de acuerdo con la invención, comprende 0,07-0,16% de C, 1,4-2,0% de Mn, preferentemente 1,5-1,8% de Mn, 0,2-0,4% de Si, preferentemente al menos 0,25% de Si, 0,5-1,5% de Al, 0,4-0,8% de Cr, 0-0,05% de Ti, 0-0,03% de Nb, 0-0,01% de N, 0-0,002% de B y V como impureza.

35 En una modalidad preferida, el boro no se añade como un elemento de aleación, pero, si está presente, está presente solo como una impureza. Se conoce que el boro afecta la templabilidad considerablemente, estimulando así la formación de martensita a expensas de la austenita retenida y, por lo tanto, perjudicando la conformabilidad del acero. La microestructura del acero de acuerdo con esta modalidad está libre de perlita y comprende ferrita, bainita, martensita y austenita retenida. Preferentemente, la fracción en volumen de austenita retenida está entre 1 y 10%, preferentemente aproximadamente 5%. La bainita está preferentemente libre de carburo. Estos aceros proporcionan una buena resistencia a la tracción en combinación con una alta ductilidad y una excelente resistencia a la corrosión y soldabilidad.

40 En una modalidad preferida de la invención, la tira de acero comprende 0,07-0,12% de C y 0,5-1,0% de Al. La resistencia a la tracción del acero de acuerdo con esta modalidad es algo baja, y es de aproximadamente 600 MPa. La reducción en los elementos de la aleación significa que el tratamiento de recocido después del laminado en frío tiene que adaptarse para obtener todavía una microestructura libre de perlita que comprenda ferrita, bainita, martensita y austenita retenida.

45 En una modalidad de la invención, una tira de acero provista con una capa de recubrimiento de aleación de zinc de acuerdo con la invención comprende 0,07-0,20% de C, 1,2-3,5% de Mn, 0-1,5% de Al, 0-0,15% de Ti, 0-0,002% de B.

50 En una modalidad preferida el boro no se añade como un elemento de aleación, pero, si está presente, está presente solo como una impureza. La microestructura del acero de acuerdo con esta modalidad está libre de perlita y comprende ferrita, martensita y carburos. Preferentemente, la fracción en volumen de ferrita está entre 70 y 95%, preferentemente aproximadamente 80%. La aplicación de la capa de recubrimiento de aleación de zinc proporciona un acero de alta resistencia con buena ductilidad. Preferentemente, la tira de acero comprende 0,07-0,17% de C, 1,2-2,5% de Mn y 0-1,0% de Al. Más preferentemente la tira de acero comprende 0,07-0,12% de C, 1,2-2,0% de Mn, 0-0,4% de Si, 0-1,0% de Al, 0-0,05% de Ti, 0-0,07% de Nb, 0-0,01% de N. Ambas modalidades preferidas proporcionan una resistencia a la tracción algo menor en combinación con una mayor ductilidad y excelente resistencia a la corrosión y soldabilidad.

65

En una modalidad de la invención, la tira de acero cubierta con un recubrimiento de aleación de zinc de acuerdo con la invención comprende 0,15-0,30% de C, 1,5-3,5% de Mn, 0,5-2,0% de Al, 0-0,05% de Nb, 0-0,01% de N, 0-0,002% de B. En una modalidad preferida, no se añade boro como un elemento de la aleación, pero, si está presente, es sólo como una impureza. La microestructura del acero de acuerdo con esta modalidad está libre de perlita y comprende ferrita, bainita, martensita y austenita retenida. Este acero se menciona algunas veces como acero TRIP. Preferentemente, la fracción en volumen de austenita retenida está entre 1 y 10%, preferentemente aproximadamente 5%. La bainita está preferentemente libre de carburo. La aplicación de la capa de recubrimiento de aleación de zinc proporciona un acero de alta resistencia con buena ductilidad y excelente resistencia a la corrosión y soldabilidad. En una modalidad, la tira de acero comprende 0,15-0,24% de C, 1,5-2,0% de Mn, 0,2-0,8% de Si, preferentemente 0,2-0,6% de Si, preferentemente al menos 0,25% de Si, 0,5-1,5% de Al, 0-0,05% de Nb, preferentemente un máximo de 0,03%. En una modalidad preferida la tira de acero comprende 0,15-0,20% de C.

De acuerdo con un segundo aspecto de la invención, se proporciona un método para producir una tira de acero de alta resistencia recocida y laminada en frío continuamente, que comprende las etapas posteriores de:

- proporcionar una tira de acero laminada en frío, que comprende:

0,04-0,30 %C  
 1,0-3,5 %Mn  
 0-1,0 %Si  
 0,05-2,0 %Al  
 0-1,0 %Cr  
 0-0,02 %P  
 0-0,01 %S  
 0-0,25 %V  
 0-0,1 %Nb  
 0-0,20 %Ti  
 0-0,015 %N  
 0-0,010 %B  
 impurezas inevitables  
 balance de hierro

- calentar la tira a una temperatura de recocido intercrítica IAT  
 - mantener la tira en la IAT durante un tiempo de recocido suficiente para alcanzar la relación deseada de ferrita a austenita  
 - enfriar la tira a una temperatura de sobreenvejecimiento OAT  
 - mantener la tira a la OAT por un tiempo de sobreenvejecimiento  
 - calentar la tira a una temperatura de galvanización GT  
 - recubrir la tira por inmersión de la tira en un baño fundido que tiene una temperatura de baño de zinc ZBT que contiene la aleación de zinc para la capa de recubrimiento de aleación de zinc que se va a recubrir en la tira de acero  
 - enfriar la tira.

Durante el calentamiento de la tira a la IAT la matriz de acero sustancialmente ferrítica se transforme parcialmente en austenita, dependiendo de la IAT y del tiempo de recocido a la IAT. Por razones de simplicidad, la IAT puede elegirse constante, como se muestra esquemáticamente en la Figura 1, aunque es posible calentar la tira rápidamente hasta una temperatura algo menor a la TIR, seguido por un calentamiento lento hasta una IAT pico y seguido por un enfriamiento lento hasta una temperatura de nuevo algo menor a la IAT, de manera que se logre la relación deseada de ferrita a austenita al final del tratamiento de recocido a la IAT, como se muestra esquemáticamente en la Figura 2. Preferentemente la fracción en volumen de contenido de austenita antes del enfriamiento a la OAT es como máximo 50%. Sin embargo, para retener la suficiente capacidad de endurecimiento, la fracción en volumen está preferentemente entre 10 y 35%, preferentemente entre 15 a 30%, preferentemente entre 20 a 25%. En una modalidad de la invención la IAT es de entre 750 y 850 °C, preferentemente de entre 780 y 830 °C.

En una modalidad de la invención, el sustrato de acero consiste únicamente en los elementos de aleación que se reivindican expresamente. Otros elementos, como el oxígeno o los elementos de tierras raras, solo pueden estar presentes como impurezas inevitables, y el resto es hierro.

En una modalidad, la etapa de calentamiento a la IAT se realiza rápidamente hasta una temperatura por encima de Ac1 con un sobrecalentamiento de entre Ac1 + 20 y Ac1 + 80, a modo de efectuar una nucleación rápida de la austenita. Los inventores descubrieron que esta etapa de calentamiento rápido, que en la mayoría de los dispositivos de recocido coincide con el calentamiento en un horno de encendido directo (DFF), y por lo tanto la etapa de calentamiento rápido termina a la salida del DFF, da como resultado un aumento de la resistencia manteniendo o incluso mejorando la ductilidad a través de una refinación de la microestructura y la promoción de estructuras libres de bandas. Este efecto del calentamiento rápido combinado con el sobrecalentamiento por encima de Ac1 se ha encontrado para todas las modalidades de la invención. La mejora en la resistencia a la tracción final está en el intervalo de 30 a 120 MPa, dependiendo de la química. Preferentemente, la velocidad de calentamiento está entre 10 y 50 °C/s, más preferentemente

entre 15 y 40 °C. Se encontró que un valor adecuado para la velocidad de calentamiento está entre 15 y 25 °C/s, por ejemplo, aproximadamente 20 °C/s. Después del calentamiento rápido, el resto del calentamiento hasta la IAT puede realizarse a una menor velocidad de calentamiento (como en la Figura 2), o la IAT ya puede haberse alcanzado con la velocidad del calentamiento rápido (como en la Figura 1).

5 En una modalidad, la temperatura de sobrevejecimiento OAT es a lo máximo 150 °C menor que la GT, preferentemente a lo máximo 100 °C menor que la GT, más preferentemente a lo máximo 70 °C menor que la GT, con mayor preferencia, a lo máximo 50 °C menor que la GT. Al permitir que la OAT sea menor que la GT, el procedimiento puede ajustarse para lograr la microestructura deseada después del enfriamiento de la IAT y el tratamiento de sobrevejecimiento a la OAT, independientemente del recubrimiento por inmersión caliente posterior. Se encontró que el sobrevejecimiento a una temperatura por debajo de la GT proporciona una muy buena combinación de resistencia y ductilidad. Por otra parte, el tratamiento por inmersión en caliente puede optimizarse para lograr la mejor protección contra la corrosión, cobertura con el recubrimiento y adhesión del recubrimiento.

15 En una modalidad de la invención, la OAT es al menos 10 °C menor que la GT, preferentemente al menos 20 °C menor, más preferentemente como máximo 30 °C menor que la GT. En una modalidad de la invención, el aumento de temperatura de la OAT hasta la GT se logra mediante una etapa de calentamiento por inducción. El calentamiento por inducción es un procedimiento de calentamiento rápido y limpio, de manera que no contamina la superficie de la tira de acero que va a recubrirse por inmersión en caliente, y es suficiente con una sección muy corta de calentamiento. No hay límite para que la etapa de calentamiento pueda lograrse para calentar la tira de acero desde la OAT hasta la GT, pero los inventores descubrieron que mediante el calentamiento por inducción puede puentearse de manera económica una diferencia de temperatura de entre 10 y 75 °C entre la OAT y la GT.

25 En una modalidad, la temperatura del baño de zinc, TBZ, es como máximo 25 °C menor a la TG, preferentemente como máximo 20 °C, más preferentemente como máximo 15 °C, con mayor preferencia, como máximo 10 °C. Preferentemente la temperatura TG de la tira de acero antes de entrar al baño de aleación de zinc fundido está entre 380 °C y 850 °C, más preferentemente entre la temperatura del baño de aleación de zinc fundido y 25 °C por encima de la temperatura del baño. La temperatura de la tira de acero no debería ser menor que el punto de fusión de la aleación de zinc para evitar la solidificación local del baño de zinc. Las temperaturas altas de la tira de acero conducirán a una evaporación superior del zinc, lo que resulta en la formación de polvo. Las altas temperaturas de la tira de acero también pueden calentar el baño de zinc, lo que requiere el enfriamiento continuo del zinc en el baño, lo cual es costoso. Por estas razones, se prefiere que la temperatura de la tira de acero esté justo por encima de la temperatura del baño.

35 En una modalidad la OAT está entre 350 y 450 °C, preferentemente entre 380 y 430 °C. Se encontró que una OAT dentro de estos límites de temperatura proporciona una microestructura óptima para lograr alta resistencia y ductilidad.

40 En una modalidad, la ZBT está entre 430 y 490 °C, preferentemente entre 440 y 480, más preferentemente entre 450 y 470 °C. De acuerdo con una modalidad preferida del proceso, la temperatura del baño de zinc fundido, TBZ, se mantiene entre 380 °C y 550 °C, preferentemente entre 430 °C y 490 °C. Un límite inferior de 440 °C es absolutamente seguro para evitar cualquier solidificación. El aumento de la temperatura del baño de zinc aumenta la evaporación del zinc y conduce a la formación de polvo en la línea de galvanización, lo que produce defectos en la superficie. El límite superior debería entonces ser razonablemente bajo, para lo cual 550 °C es correcto, y preferentemente 480 °C como un límite superior técnicamente posible.

45 En una modalidad preferida, se proporciona un método para producir una tira de acero de alta resistencia laminada en frío y recocida continuamente, de acuerdo con el procedimiento descrito anteriormente, donde la tira de acero comprende, y consiste preferentemente en, en % en peso:

50 0,04-0,16 % C, preferentemente 0,08-0,12 % C  
 1,4-2,0 % Mn, preferentemente 1,5-1,8% Mn  
 0,2-0,4 % Si, preferentemente al menos 0,25%  
 0,5-1,5 % Al  
 0,4-0,8 % Cr  
 0-0,05 % Ti  
 55 0-0,03 % Nb  
 0-0,01 % N  
 0-0,002 % B, preferentemente boro como impureza  
 V como impureza  
 impurezas inevitables  
 60 balance de hierro

65 En una modalidad preferida, el boro no se añade como un elemento de aleación, pero, si está presente, está presente solo como una impureza. Esta combinación de la composición del sustrato de acero, el tratamiento de recocido, el tratamiento de recubrimiento por inmersión en caliente y la capacidad de controlar la microestructura independientemente del tratamiento de recubrimiento por inmersión en caliente, proporciona una tira de acero de alta resistencia de excelente resistencia, consistencia y ductilidad, mientras que el tratamiento de recubrimiento puede realizarse independientemente

5 del tratamiento de sobre-envejecimiento, de manera que se obtenga la mejor calidad del recubrimiento. Esto es una gran ventaja, porque normalmente los componentes de la microestructura, y por lo tanto las propiedades mecánicas que se producen en las etapas iniciales del proceso de recocido, se afectan adversamente en la etapa posterior del tratamiento de galvanización. El calentamiento de la tira entre el sobre-envejecimiento y el recubrimiento por inmersión en caliente, se obtiene preferentemente mediante calentamiento por inducción. En una modalidad preferida, la tira de acero comprende 0,04-0,12% de C, o incluso 0,8 a 0,12% de C. Los inventores descubrieron que cuando la OAT se selecciona entre 380 y 430 °C para un tiempo de sobre-envejecimiento de entre 40 segundos y 150 segundos, preferentemente de entre 60 y 100 segundos, más preferentemente de entre 70 y 90 segundos, se logró una combinación muy buena de resistencia y ductilidad para esta composición particular, particularmente para aceros que tienen un contenido de aluminio de entre 0,3 y 0,7%. Cuando el contenido de aluminio del acero es de aproximadamente 1%, un tiempo de recocido de 120 segundos a una OAT entre 400 y 420, proporciona buenos resultados.

15 Para mejorar más la calidad del recubrimiento de aleación de zinc, puede usarse una etapa de galvanización y recocido después de la etapa de recubrimiento de la aleación de zinc, y antes de la etapa de enfriamiento a temperatura ambiente. Una etapa de galvanización y recocido puede comprender el calentamiento de la tira, por ejemplo, durante 20 a 40 segundos a 470 a 550 °C, inmediatamente después de la inmersión en caliente, para lograr un contenido de hierro en el recubrimiento de aleación de zinc de hasta 15%, preferentemente entre 7 y 13%, por ejemplo, aproximadamente 10%.

20 En una modalidad la aleación de zinc consiste en 0,3 - 4,0% de Mg y 0,3 - 6,0% de Al; opcionalmente como máximo 0,2% de uno o más elementos adicionales; impurezas inevitables; el resto es inc. Preferentemente la aleación de zinc consiste en: 0,3 - 2,3% en peso de magnesio; 0,5 - 2,3% en peso de aluminio; < 0,2% en peso opcional de uno o más elementos adicionales; impurezas inevitables; el resto es zinc. Preferentemente la aleación de zinc comprende menos de 0,0010% en peso de silicio.

25 En una modalidad la aleación del baño de zinc contiene 1,5 - 2,3% en peso de magnesio y 1,5 - 2,3% en peso de aluminio. Preferentemente la aleación del baño de zinc contiene 0,6 - 1,3% en peso de aluminio, y preferentemente contiene 0,7 - 1,2% en peso de aluminio y/o la aleación del baño de zinc contiene 0,3 - 1,3% en peso de magnesio, y preferentemente contiene 0,7 - 1,2% en peso de magnesio. Se realizaron ensayos industriales con varios sustratos de acero que tenían composiciones de acuerdo con la invención. Las capas de recubrimiento de aleación de zinc comprendían sustancialmente contenidos iguales de aluminio y magnesio, que variaban entre 1,5 y 2% de cada uno. Se encontró que la adhesión fue excelente e independiente de la composición del sustrato de acero, a pesar del uso de una cantidad significativa de elementos de aleación.

30

Reivindicaciones

1. Tira de acero de alta resistencia laminada en frío y recocida continuamente, que comprende (en % en peso):
- 5 0,04-0,30 % C  
1,0-3,5 % Mn  
0-1,0 % Si  
0,05-2,0 % Al  
0-1,0 % Cr
- 10 0-0,02 % P  
0-0,01 % S  
0-0,25 % V  
0-0,1 % Nb  
0-0,20 % Ti
- 15 0-0,015 % N  
0-0,010 % B  
impurezas inevitables  
balance de hierro,
- 20 provista con una capa de recubrimiento de aleación de zinc galvanizada por inmersión en caliente o galvanizada, en donde la aleación de zinc consiste en 0,3 - 4,0% de Mg, 0,05 - 6,0% de Al y no más de 1,5% de Fe; opcionalmente como máximo 0,2% de uno o más elementos adicionales, los elementos adicionales son Pb, Sb, Ti, Ca, Mn, Sn, La, Ce, Cr, Ni, Zr o Bi; impurezas inevitables; el resto es zinc.
- 25 2. Tira de acero provista con una capa de recubrimiento de aleación de zinc de acuerdo con la reivindicación 1, en la cual la aleación de zinc comprende 0,3 - 2,3% en peso de magnesio y 0,6 - 2,3% en peso de aluminio, preferentemente en donde la aleación de zinc contiene 1,6 - 2,3% en peso de magnesio y 1,6 - 2,3% en peso de aluminio.
- 30 3. Tira de acero provista con una capa de recubrimiento de aleación de zinc de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la tira de acero comprende entre 90 y 65% de ferrita, el resto de la estructura es ferrita acicular, bainita, martensita o austenita retenida.
- 35 4. Tira de acero provista con una capa de recubrimiento de aleación de zinc de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la tira de acero comprende:
- 40 0,07-0,16 %C, preferentemente 0,08-0,12 % C,  
1,4-2,0 % Mn, preferentemente 1,5-1,8 % Mn,  
0,2-0,4 % Si, preferentemente al menos 0,25 %,  
0,5-1,5 % Al, preferentemente 0,5-1,0 % Al,  
0,4-0,8 % Cr  
0-0,05 % Ti  
0-0,03 % Nb  
0-0,01 % N
- 45 0-0,002 % B  
V como impureza  
impurezas inevitables  
balance de hierro.
- 50 5. Tira de acero provista con una capa de recubrimiento de aleación de zinc de acuerdo con la reivindicación 1, 2, o 3, en donde la tira de acero comprende:
- 55 0,07-0,20 % C, preferentemente 0,07-0,17 % C  
1,2-3,5 % Mn, preferentemente 1,2-2,5 % Mn  
0,05-1,5 % Al, preferentemente 0-1,0 % Al  
0-0,15 % Ti  
0-0,002 % B
- 60 6. Tira de acero provista con una capa de recubrimiento de aleación de zinc de acuerdo con la reivindicación 5, en donde la tira de acero comprende:
- 65 0,07-0,12 % C  
1,2-2,0 % Mn  
0,2-0,4 % Si  
0,05-1,0 % Al  
0-0,05 % Ti

## ES 2 683 010 T3

0-0,07 % Nb  
0-0,01 % N  
0-0,002 % B

- 5 7. Tira de acero provista con una capa de recubrimiento de aleación de zinc de acuerdo con la reivindicación 1, 2, o 3, en donde la tira de acero comprende:
- 10 0,15-0,30% C, preferentemente 0,15-0,24% C  
1,5-3,5% Mn, preferentemente 1,5-2,0 % Mn  
0,5-2,0% Al, preferentemente 0,5-1,5% Al  
0-0,05% Nb  
0-0,01% N  
0-0,002% B,  
impurezas inevitables  
15 balance de hierro
8. Tira de acero provista con una capa de recubrimiento de aleación de zinc galvanizada en caliente de acuerdo con la reivindicación 7, en donde la tira de acero comprende:
- 20 0,15-0,20% C  
1,5-2,0% Mn  
0,2-0,6% Si  
0,5-1,5% Al  
0-0,05% Nb
- 25 9. Método para producir una tira de acero de alta resistencia laminada en frío y recocida continuamente, que comprende las etapas posteriores de:
- 30 - proporcionar una tira de acero laminada en frío, que comprende:
- 35 0,04-0,30 % C  
1,0-3,5 % Mn  
0-1,0 % Si  
0,05-2,0 % Al  
0-1,0 % Cr  
0-0,02 % P  
0-0,01 % S  
0-0,25 % V  
0-0,1 % Nb  
40 0-0,20 % Ti  
0-0,015 % N  
0-0,010 % B  
impurezas inevitables  
45 balance de hierro
- calentar la tira a una temperatura de recocido intercrítica IAT  
- mantener la tira en la IAT durante un tiempo de recocido suficiente para alcanzar la relación deseada de ferrita a austenita  
50 - enfriar la tira a una temperatura de sobreenviejimiento OAT  
- mantener la tira a la OAT por un tiempo de sobreenviejimiento  
- calentar la tira a una temperatura de galvanización GT  
- recubrir la tira por inmersión de la tira en un baño fundido que tiene una temperatura de baño de zinc ZBT que contiene la aleación de zinc para la capa de recubrimiento de aleación de zinc a recubrir sobre la tira de acero; la aleación de zinc consiste en 0,3 - 4,0% Mg y 0,05 - 6,0% Al; opcionalmente como máximo 0,2% de uno o más elementos adicionales, los elementos adicionales son Pb, Sb, Ti, Ca, Mn, Sn, La, Ce, Cr, Ni, Zr o Bi; impurezas inevitables; el resto es zinc  
55 - enfriar la tira.
- 60 10. Método de acuerdo con la reivindicación 9, en donde la OAT es como máximo 150 °C menor a la GT y/o en donde la OAT es al menos 10 °C menor que la GT.
11. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 o 10 en donde el aumento de temperatura desde la OAT hasta la GT se logra mediante una etapa de calentamiento por inducción.
- 65 12. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, en donde la ZBT es como máximo 25 °C menor que la GT.

## ES 2 683 010 T3

- 5
13. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, en donde la OAT está entre 350 y 450 °C y/o en donde la ZBT está entre 430 y 490 °C y/o en donde la IAT está entre 750 y 850 °C, preferentemente entre 780 y 830 °C.
- 10
14. Método para producir una tira de acero de alta resistencia laminada en frío y recocida continuamente de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13, en donde la tira de acero comprende, en % en peso:
- 15
- 0,07-0,16 % C, preferentemente 0,08-0,12 % C  
1,4-2,0 % Mn, preferentemente 1,5-1,8% Mn  
0,2-0,4 % Si, preferentemente al menos 0,25%  
0,5-1,5 % Al  
0,4-0,8 % Cr  
0-0,05 % Ti  
0-0,03 % Nb  
0-0,01 % N  
0-0,002 % B  
V como impureza  
impurezas inevitables  
20 balance de hierro.
15. Método de acuerdo con la reivindicación 14, en donde la OAT está entre 380 y 430 °C para un tiempo de sobrevejecimiento de entre 40 segundos y 150 segundos.
- 25
16. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 a 15, en donde el sustrato de acero recubierto se somete a una etapa de galvanización y recocido después de la etapa de recubrimiento y antes de la etapa de enfriamiento.
- 30
17. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 - 16, en el cual - la aleación de zinc contiene 1,5 - 2,3% en peso de magnesio y 1,5 - 2,3% en peso de aluminio.

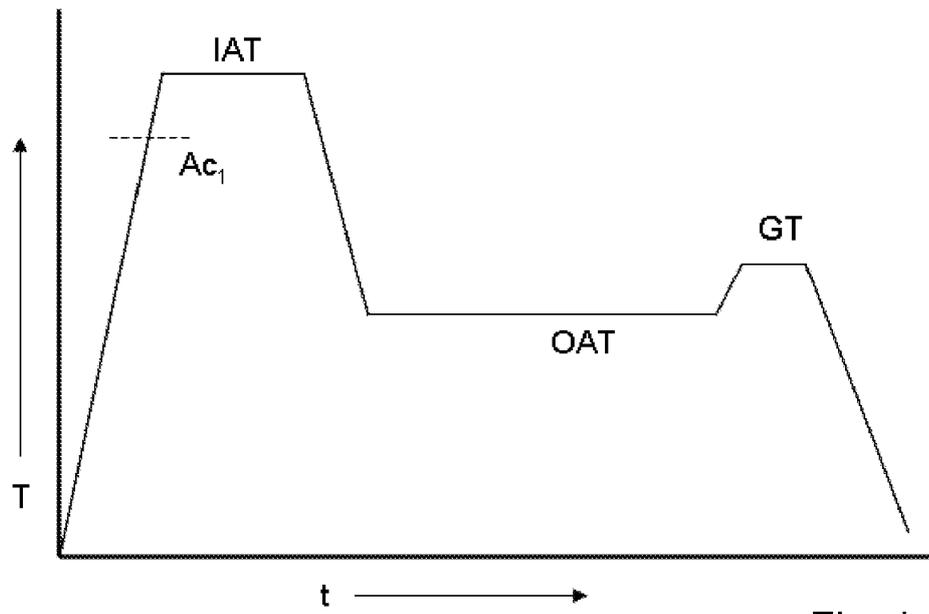


Fig. 1

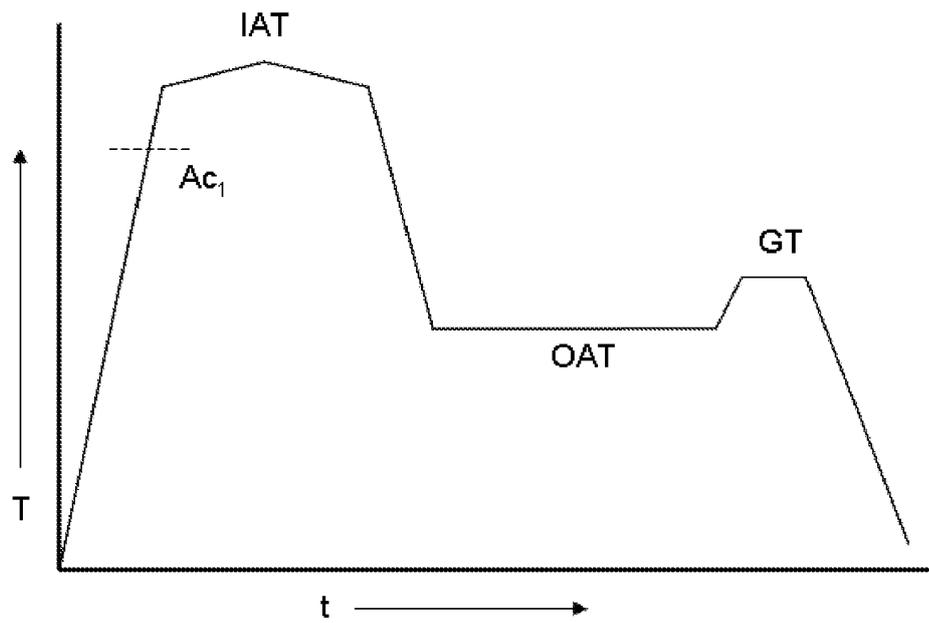


Fig. 2