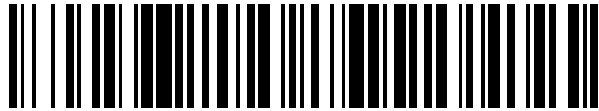


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 656 070**

51 Int. Cl.:

C21D 1/18	(2006.01)
C21D 6/00	(2006.01)
C21D 7/13	(2006.01)
C21D 9/48	(2006.01)
C22C 38/04	(2006.01)
C23C 2/06	(2006.01)
C23C 2/26	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.02.2008 PCT/EP2008/052213**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **28.08.2008 WO08102012**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.02.2008 E 08717067 (6)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.12.2017 EP 2126144**

54 Título: **Procedimiento de conformación termomecánica de un producto final con muy alta resistencia y un producto producido por el mismo**

30 Prioridad:

23.02.2007 EP 07003812
02.03.2007 EP 07004332

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
23.02.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

VLOT, MARGOT JULIA y
VAN TOL, RONALD THEODOOR

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 656 070 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de conformación termomecánica de un producto final con muy alta resistencia y un producto producido por el mismo

5 La invención se refiere a un procedimiento de conformación termomecánica de un producto final con una resistencia muy alta y un producto producido de ese modo.

10 En muchas de las soluciones de acero de alta resistencia conocidas, el aumento de la resistencia se acompaña con una disminución de la conformabilidad. Los aceros como aceros TRIP, aceros de fase doble e incluso aceros TWIP buscan aumentar la resistencia del acero mediante una combinación cuidadosamente ajustada de composición química y procesamiento. Muchos de estos aceros tienen problemas de soldabilidad. La composición química de los aceros puede ser tal que se perjudica la soldabilidad o la soldadura puede destruir la microestructura cuidadosamente producida como resultado del aporte de calor durante la soldadura. Esto significa que una pieza producida, que está soldada a otra parte, puede ser fuerte en general, pero débil en la ubicación de las soldaduras. Adicionalmente, todos los aceros mencionados anteriormente sufren de recuperación elástica después de la conformación, y cada vez con mayor límite de elasticidad.

20 Al separar las propiedades de formación y las necesarias para el uso, se pueden superar al menos algunos de estos problemas. Las características requeridas para el uso se obtienen a través de un tratamiento de conformación termomecánico de una pieza de acero. Mediante el tratamiento de conformación termomecánico, se entiende un tratamiento en el que la conformación y el tratamiento térmico se integran mediante una operación de conformación seguida de un tratamiento térmico o mediante una operación de conformado durante un tratamiento térmico. El recubrimiento de la pieza para la protección contra la corrosión generalmente se realiza en piezas terminadas, lo que requiere una limpieza cuidadosa de las superficies y cualquier parte hueca. Adicionalmente, el tratamiento termomecánico debe realizarse bajo una atmósfera controlada para evitar la descarbonización y/u oxidación del metal en la lámina. Las láminas de acero que no tienen ningún revestimiento previo requieren un tratamiento posterior de la superficie, como el descascarillado y/o el revestimiento. Si el revestimiento se aplica sobre la pieza terminada, las superficies y las áreas huecas de la pieza deben limpiarse con mucho cuidado. Dicha limpieza puede requerir el uso de ácidos o bases, cuyo reciclaje y almacenamiento conllevan costes y riesgos financieros significativos para los operadores y el medio ambiente. El revestimiento posterior de aceros con propiedades mecánicas muy altas también puede provocar un agrietamiento inducido por hidrógeno en la electrogalvanización o un cambio en las propiedades mecánicas de los aceros en la galvanización en baño de piezas previamente formadas.

35 Por esa razón, se han propuesto aceros prerrecubiertos adecuados para un tratamiento de conformación termomecánico. El problema con estos aceros recubiertos es que la adhesión del recubrimiento al sustrato de acero es insuficiente y se desprende antes, durante o después del tratamiento de conformación termomecánico. Otro problema con un revestimiento de aleación de zinc depositado sobre una superficie metálica se consideró hasta el momento como de fundir, fluid y ensuciar las herramientas de formación en caliente durante el tratamiento térmico a temperaturas superiores a la temperatura de fusión del zinc. Esto significaría que es probable que la calidad del producto conformado se deteriore, tanto en forma como en calidad superficial, en el transcurso de una serie de producción, o que las herramientas de conformación tengan que limpiarse a menudo para evitar este deterioro. Adicionalmente, en el proceso de formación de calor, la acumulación de carbono puede dañar las herramientas de conformación debido a su abrasividad, que disminuye la calidad dimensional y estética de las piezas producidas o requiere reparaciones de herramientas frecuentes y costosas.

El documento US2001/042393 A1 se refiere a la conformación en caliente de una preforma de acero de una composición de acero genérico que se recubre con una aleación basada en zinc.

50 El documento EP1621645 se refiere a una banda de acero recubierta con una aleación de zinc con bajos porcentajes de Al y Mg que se van a utilizar para propósitos de edificación y construcción.

El documento EP0329220 divulga una aleación baja no envejecida laminada en caliente que incluye nitrógeno, titanio y azufre en cantidades que satisfacen ciertas condiciones.

55 El documento US2007/0000117 A1 divulga un acero recubierto con aleación de zinc en el que el revestimiento comprende Mg y/o Si y/o Ti y/o Ca y/o Al.

El documento JP2002/285311 A divulga diversos aceros recubiertos con Zn-Al-Mg en inmersión en caliente.

60 El documento GB2110248 A divulga un proceso para preparar aceros recubiertos con Zn-Al-Mg en inmersión en caliente para propósitos convencionales.

65 El objetivo de esta invención es proporcionar un procedimiento para producir una banda o lámina de acero laminado en caliente o en frío prerrecubierto de un espesor deseado que tenga excelente conformabilidad y que, después del tratamiento de conformación termomecánico realizado en la banda o banda acabada, haga posible obtener un límite

elástico superior a 1000 MPa, una resistencia sustancial a los golpes, la fatiga, la abrasión y el desgaste, conservando una buena resistencia a la corrosión y una buena capacidad para pintar, pegar y fosfatar, en el que el recubrimiento muestra una excelente adherencia al sustrato de acero y las propiedades de cobertura del sustrato antes, durante y después del tratamiento de conformación termomecánico, transmitiendo así una excelente protección contra la corrosión en todo momento.

También es un objeto de la invención proporcionar un acero revestido como se describió anteriormente que permite llevar a cabo la parte mecánica del tratamiento termomecánico a temperaturas elevadas, seguido de templabilidad en la herramienta de formación en el que el revestimiento muestra una excelente adherencia y propiedades de recubrimiento antes, durante y después del tratamiento termomecánico.

Uno o más de estos objetivos se alcanzan mediante la materia objeto de las reivindicaciones adjuntas.

El contenido de titanio es mayor que la cantidad requerida para unir estequiométricamente el nitrógeno, de modo que $Ti > 3.4 N$. Si todo el nitrógeno está ligado al titanio, el nitrógeno ya no puede reaccionar con el boro. Se puede usar el nivel mínimo de aluminio de 0.05%, ya que no es importante prevenir todas las reacciones entre Fe y Zn. Sin aluminio, las aleaciones sólidas de Fe-Zn sólidas 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 aleación de Fe-Zn. Preferiblemente, el contenido mínimo de aluminio en la capa de revestimiento de aleación de zinc es al menos 0.3%. El boro se necesita principalmente para suprimir la formación de ferrita a fin de permitir la formación de martensita a velocidades de enfriamiento críticas más bajas, limitando así el riesgo de deformación de los productos formados durante el enfriamiento. Si el boro reacciona al nitrógeno, la BN resultante ya no es efectiva. Preferiblemente, la cantidad de titanio se adapta al contenido de nitrógeno para no añadir demasiado titanio, porque es un elemento de aleación costoso. Adicionalmente, el exceso de titanio puede reaccionar con el carbono para formar partículas de carburo de titanio, y estas partículas duras pueden dañar las herramientas de formación o causar un desgaste excesivo de ellas. Preferiblemente, el contenido máximo de titanio está por lo tanto limitado a $Ti-3.4N < 0.05\%$, pero más preferiblemente a $Ti-3.4N < 0.02\%$. Se añaden cromo, manganeso y carbono, en la composición del acero de acuerdo con la invención, por su efecto sobre la templabilidad. Además, el carbono permite alcanzar altas características mecánicas gracias a su efecto sobre la dureza de la martensita. El aluminio se introduce en la composición para atrapar oxígeno y proteger la efectividad del boro. También se cree que el aluminio previene el crecimiento de granos de austenita. El acero en la lámina puede someterse a un tratamiento para la globularización de sulfuros realizados con calcio, que tiene el efecto de mejorar la resistencia a la fatiga de la lámina. El fósforo es preferiblemente $< 0.05\%$.

El revestimiento de aleación de zinc se puede aplicar en una línea de galvanización por inmersión en caliente, y se puede combinar con una etapa de recocido continuo o recristalización. En una realización de la invención, la operación de conformación termomecánica es una operación de formación de prensa.

La banda de acero revestida de acuerdo con la invención proporciona excelentes propiedades de corrosión. Además, la capa de revestimiento de aleación de zinc que contiene magnesio proporciona lubricación durante la etapa de conformación termomecánica, y la adhesión de la capa de revestimiento antes, durante y después del tratamiento de conformación termomecánica es buena. Adicionalmente, los elementos de la capa de revestimiento de aleación de zinc se difundieron en el sustrato de acero durante la exposición prolongada al calor cuando el material de acero revestido se calentó antes de la formación en caliente, dando como resultado un recubrimiento por difusión, mientras que el magnesio y el aluminio se oxidaron. Este revestimiento de difusión ya proporciona al sustrato de acero protección contra la corrosión, mientras que también se cree que promueve la adhesión de la capa de revestimiento de aleación de zinc al sustrato de acero. El espesor de la capa de difusión de Zn debe elegirse de manera que se consiga la protección contra la corrosión activa después de la etapa de formación y enfriamiento.

En general, se considera 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 frágiles, los inventores descubrieron que la adhesión de la capa de revestimiento de aleación de zinc era mucho mejor que incluso durante la alta presión de contacto durante la conformación la capa de revestimiento de aleación de zinc no sucumbe a la presión y permanece en su lugar para proteger el producto contra la corrosión durante y después de la conformación. Esto puede deberse a que se cree que la adición de Mg es beneficiosa para promover la lubricación entre el acero revestido y las herramientas de conformado (caliente). Los inventores consideran que el óxido de Mg que se forma en la capa de zinc protege contra la evaporación del zinc. La evaporación reducida de zinc también es beneficiosa en el área del difusor durante el galvanizado en caliente. El difusor es el lugar donde la banda entra en el baño de zinc. Normalmente, el zinc se evapora y forma polvo en las áreas más frías (zinc y óxido de zinc) que pueden caer sobre la banda y la superficie del baño de zinc en el difusor. Esto puede conducir a defectos en el recubrimiento de zinc. El óxido de Mg en la superficie del baño limita la evaporación del zinc en esta área y por lo tanto disminuye la posibilidad de defectos en el recubrimiento de zinc. Por último, se mejora la fosfatabilidad del acero como resultado de la adición de Mg.

Debido a la formación de Fe_2Al_5 , la capa de revestimiento siempre contiene algo de hierro, aunque el baño del que se depositó la capa de revestimiento no contiene hierro como un elemento adicional como se definió anteriormente. El hierro constituye una impureza inevitable debido al hecho de que se utiliza un sustrato de acero. El hierro no es un

elemento adicional y preferiblemente no debe exceder 1.5% o más preferiblemente 1.0%. En una realización de la invención, el contenido de hierro en la capa de revestimiento está limitado por debajo de 0.6%, preferiblemente por debajo de 0.4%. Incluso más preferiblemente, la cantidad está limitada a menos del 0.2%.

5 Los inventores han encontrado que los aceros de acuerdo con la invención proporcionan una excelente humectabilidad del sustrato para la capa de revestimiento de aleación de zinc según la invención, excelente adhesión durante el tratamiento de conformación termomecánico, formación rápida de una capa intermetálica de hierro y zinc cuando se someten a alta temperatura, excelente cierre de grietas de las grietas formadas en el revestimiento durante la conformación, buena resistencia a la abrasión durante la conformación y buena resistencia a la corrosión antes, durante y después de la operación termomecánica, incluida la protección de los bordes de la pieza debido al comportamiento galvánico del zinc con acero. Por lo tanto, se obtiene una combinación de sustrato de acero que tiene las propiedades mecánicas deseadas con una excelente protección contra la corrosión. El contenido de aluminio está limitado al 6%, porque por encima del 6% la capacidad de soldadura se ve afectada.

15 Un elemento adicional que podría agregarse en una pequeña cantidad, menos de 0.2% en peso, podría ser Pb o Sb, Ti, Ca, Mn, Sn, La, Ce, Cr, Ni, Zr o Bi. Pb, Sn, Bi y Sb generalmente se agregan para formar floreado. Estas pequeñas cantidades de un elemento adicional no alteran las propiedades del recubrimiento ni del baño de manera significativa para las aplicaciones habituales. Preferiblemente, cuando uno o más elementos adicionales están presentes en el revestimiento de aleación de zinc, cada uno está presente en una cantidad <0.02% en peso, preferiblemente cada uno está presente en una cantidad <0.01% en peso. Esto se debe a que los elementos adicionales no cambian la resistencia a la corrosión en gran medida en comparación con la adición de magnesio y aluminio, y los elementos adicionales hacen que la banda de acero recubierto sea más costosa. Por lo general, solo se agregan elementos adicionales para evitar la formación de escoria en el baño con aleación de zinc fundido para el galvanizado por inmersión en caliente, o para formar lentejuelas en la capa de revestimiento. Los elementos adicionales se mantienen lo más bajo posible. La cantidad de aleación de zinc en un lado de la banda de acero debe estar entre 25 y 600 g/m². Esto corresponde a un espesor de entre aproximadamente 4 y 95 μm. Preferiblemente, el espesor está entre 4 y 20 μm (50-140 g/m²) porque los revestimientos más gruesos no son necesarios para la mayoría de las aplicaciones. La capa de revestimiento de aleación de zinc según la invención mejora la protección contra la corrosión a un grosor de como máximo 12 μm. Una capa de revestimiento más delgada es beneficiosa para soldar juntas dos láminas de acero con la capa de revestimiento de acuerdo con la invención, por ejemplo, mediante soldadura láser. En una realización preferida, la capa de revestimiento de aleación de zinc tiene un espesor de 3-10 μm, siendo este un intervalo de espesor preferido para aplicaciones automotrices. De acuerdo con una realización preferida adicional, la capa de revestimiento de aleación de zinc tiene un grosor de 3-8 μm o incluso 7 μm. Este espesor se prefiere cuando las soldaduras láser mejoradas que se producen sin un separador son de importancia.

35 En una realización de la invención, el acero revestido comprende la siguiente composición (todos los porcentajes en % en peso):

- 40 - 0.15% < carbono <0.5%
- 0.5% < manganeso <3%
- 0.1% < silicio <0.5%
- 45 - 0.01% < cromo <1%
- titanio <0.2%
- aluminio <0.1%
- 50 - fósforo <0.1%
- nitrógeno <0.01% N
- 55 - azufre <0.05%
- 0.0005% < boro <0.015%
- impurezas inevitables.
- 60 - El resto es hierro.

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

Con el fin de mejorar aún más la calidad del revestimiento de aleación de zinc, se puede usar una etapa de galvanizado posterior a la etapa de revestimiento de aleación de zinc y antes de la etapa de enfriamiento a temperatura ambiente. Una etapa de galvanizado puede comprender el calentamiento de la banda, por ejemplo, durante 20 a 40 segundos a 470 a 550°C, inmediatamente después de la inmersión en caliente con el fin de alcanzar un contenido de hierro en el revestimiento de aleación de zinc de hasta 15%, preferiblemente entre 7 y 13%, por ejemplo, aproximadamente 10%.

En una realización de la invención, la conformación termomecánica comprende conformar la lámina de acero en bruto en un producto a temperatura ambiente, someter dicho producto a un tratamiento térmico al calentar el producto hasta por encima de Ac1 para así austenizar por lo menos parcialmente el producto, seguido de enfriamiento rápido del producto para obtener el producto final con sus propiedades finales. El enfriamiento rápido preferiblemente se realiza mientras el producto está restringido, por ejemplo, en las herramientas de conformado o herramientas de calentamiento para evitar defectos de forma o pandeo durante el enfriamiento. Opcionalmente, cualquier exceso de material se recorta después de formar el producto y antes del tratamiento térmico. De forma alternativa o adicionalmente se puede realizar un recorte del producto final, es decir, después del tratamiento térmico, por ejemplo, mediante corte por láser. El recorte también se puede realizar mientras el producto está siendo tratado térmicamente o enfriado.

Esta realización proporciona la situación en la que el tratamiento mecánico está separado del tratamiento térmico, es decir, la etapa de conformación se realiza a temperatura ambiente, y el tratamiento térmico se realiza después de la etapa de conformado para dar al producto sus propiedades finales. La banda de acero se corta para obtener una banda de acero, la banda de acero se conforma para obtener el producto, la pieza así obtenida se calienta luego a una temperatura superior a Ac1 para austenizar al menos parcialmente la banda y se enfría rápidamente, preferiblemente a una velocidad de enfriamiento mayor que la tasa de enfriamiento crítico y preferiblemente en la prensa, para impartir al producto altas propiedades mecánicas.

Esta realización también se refiere a un proceso para producir un producto a partir de la lámina revestida en la que, después de la conformación, el revestimiento del producto se somete a un aumento de temperatura a una velocidad superior a 5°C/s, que puede superar 600°C/s. En otra realización de la invención, la conformación termomecánica comprende calentar la preforma de banda de acero a una temperatura por encima de Ac1, tal como a una temperatura superior a 750°C, para austenizar al menos parcialmente la preforma, dar forma a la preforma en un producto a temperatura elevada y enfriar rápidamente el producto para obtener el producto final con sus propiedades finales.

En esta realización, la banda de acero se corta para obtener una banda de acero, la banda de acero se calienta a una temperatura superior a Ac1 para austenizar al menos parcialmente la banda, la banda de acero se conforma para obtener el producto, la pieza así obtenida luego se enfría rápidamente, preferiblemente a una velocidad mayor que la velocidad de enfriamiento crítico, para impartirle altas propiedades mecánicas. Recortar el exceso de material y enfriar el producto son como se describió anteriormente. En una realización preferida, la operación de recorte se integra con la operación de formación en que los medios de recorte se proporcionan en las herramientas de formación para recortar el producto inmediatamente después de formar el producto en la prensa.

En otra realización más de la invención, la conformación termomecánica comprende conformar la lámina de banda de acero en un producto precursor a temperatura ambiente, someter dicho producto precursor a un tratamiento térmico calentándolo por encima de Ac1 para austenizar al menos parcialmente el producto precursor, conformando el producto precursor en un producto a temperatura elevada y enfriar rápidamente el producto para obtener el producto final con sus propiedades finales. De esta forma, se pueden conseguir grados de deformación significativamente más altos debido a que la tensión de la deformación del precursor se eliminará sustancialmente o incluso completamente antes de la segunda deformación a temperatura elevada. En una realización preferida, la operación de recorte se integra con la operación de formación en que los medios de recorte se proporcionan en las herramientas de formación para recortar el producto inmediatamente después de formar el producto en la prensa.

Por lo tanto, el acero de acuerdo con la invención se usa en uno de tres tipos de operaciones de conformación termomecánicas a partir de una preforma producida a partir de una banda o lámina:

A) conformar la preforma en un producto, sometiendo dicho producto a un tratamiento térmico calentándolo por encima de Ac1 para así austenizarlo al menos parcialmente, seguido de enfriamiento rápido para obtener el producto final con sus propiedades finales: esto es a veces denominado formación en frío.

B) calentar la preforma a una temperatura superior a Ac1 para austenizar al menos parcialmente la pieza en bruto, moldear la preforma en un producto a temperatura elevada, seguido de un enfriamiento rápido para obtener el producto final con sus propiedades finales: esto es a veces denominado formación en caliente;

C) conformar la preforma en un producto precursor, someter dicho producto precursor a un tratamiento térmico calentándolo por encima de Ac1 para, al menos parcialmente, austenizarlo, conformar el producto precursor en un producto a temperatura elevada, seguido de un enfriamiento rápido con el fin de obtener el producto final con sus propiedades finales: esto puede denominarse conformado en frío seguido de conformado en caliente;

ES 2 656 070 T3

En todos los casos, el enfriamiento rápido se efectúa preferiblemente a una velocidad de enfriamiento mayor que la velocidad de enfriamiento crítico, para impartirle altas propiedades mecánicas. El producto final resultante no muestra recuperación elástica, debido a que las tensiones inducidas por la etapa de formación se han eliminado mediante el tratamiento térmico. El enfriamiento se realiza preferiblemente mientras el producto está todavía en la prensa de formación.

En todos los casos, el tratamiento del acero comprende un paso de calentamiento a una temperatura de al menos la temperatura en la que el acero comienza a transformarse en austenita (Ac1). La temperatura de recalentamiento depende del grado deseado de austenización, la austenización completa se logra por encima de Ac3. La temperatura superior está limitada por el crecimiento del grano a altas temperaturas y la evaporación de la capa de revestimiento. En consecuencia, una temperatura de recalentamiento máxima adecuada es Ac3+50°C o incluso Ac3+20°C. El tiempo de recalentamiento depende de la temperatura a alcanzar y del espesor del material, un material más grueso que necesita más tiempo para alcanzar una temperatura homogénea en todo momento. La composición del acero está optimizada para limitar la ampliación de los granos en el momento del tratamiento térmico. Si la microestructura deseada después del enfriamiento es completamente martensítica, la temperatura de recalentamiento debe ser superior a Ac3. Estas temperaturas Ac1 y Ac3 se pueden determinar fácilmente en un dilatómetro. Para una estructura completamente martensítica y para un acero que tiene la composición del ejemplo, la velocidad de enfriamiento debe ser superior a la velocidad crítica de templabilidad que es de aproximadamente 30°C/s para una austenización a 950°C durante 5 minutos, la hoja tiene un espesor de aproximadamente 1.5 mm. También se puede determinar la velocidad de enfriamiento crítico utilizando un dilatómetro, como un Bähr 805A/D.

Es posible obtener estructuras de ferrita-bainita o ferrita-martensita en cualquiera de los procesos A, B o C calentando a una temperatura entre Ac1 y Ac3 seguida de un enfriamiento apropiado. De acuerdo con el nivel de resistencia a lograr y el tratamiento térmico aplicado, una o varias de estas fases están presentes en proporciones apropiadas en la microestructura final. La elección de la temperatura de recocido determina la fracción de austenita durante el recocido. En combinación con la composición y la velocidad de enfriamiento, se puede obtener la microestructura deseada después del enfriamiento. Para los niveles de resistencia más altos, la microestructura final está compuesta predominantemente o incluso completamente de martensita. Alguna austenita retenida puede estar presente en la microestructura final después del enfriamiento. Los estudios metalográficos después de un tratamiento térmico o termomecánico en un dilatómetro permiten determinar los parámetros de proceso correctos para una determinada composición química del acero.

De acuerdo con la invención, la aleación de zinc comprende 0.3-2.3% en peso de magnesio. Al limitar el nivel de magnesio a un máximo del 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 a 0.6-2.3% en peso, se mejora la soldabilidad. En una realización preferida, el contenido de silicio en la capa de aleación de zinc está por debajo de 0.0010% en peso.

De acuerdo con una realización preferida se proporciona la banda de acero con una capa de recubrimiento de aleación de zinc en la que la aleación de zinc contiene 1.6-2.3% en peso de magnesio y 1.6-2.3% en peso de aluminio. Esta es una realización preferida, porque a estos valores la protección contra la corrosión del revestimiento es máxima, y la protección contra la corrosión no está influenciada por pequeñas variaciones de composición. Por encima de 2.3% en peso de magnesio y aluminio, el recubrimiento se hace más costoso y el revestimiento se hace más frágil y se puede reducir la calidad de la superficie del revestimiento.

En una realización de la invención, la banda de acero se ha provisto con una capa de revestimiento de aleación de zinc en la que la aleación de zinc contiene hasta 1.3 % en peso de aluminio y/o 0.3-1.3% en peso de magnesio. Preferiblemente, el aluminio es 0.6-2.3% en peso. Con estas cantidades más pequeñas de aluminio y magnesio, no se necesitan modificaciones importantes del baño y aparato de galvanización por inmersión en caliente convencionales, mientras que el magnesio a niveles entre 0.3 y 1.3% en peso mejora considerablemente la resistencia a la corrosión. 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 baños convencionales; la escoria puede ocasionar defectos en el revestimiento. Los revestimientos con estas cantidades de magnesio y aluminio son óptimos para aplicaciones con altas demandas de calidad superficial y resistencia mejorada a la corrosión.

Preferiblemente, la aleación de zinc contiene 0.8-1.2% en peso de aluminio y/o 0.8-1.2% en peso de magnesio. Estas cantidades de magnesio y aluminio son óptimas para proporcionar un revestimiento con una alta resistencia a la corrosión, una excelente calidad de superficie, una excelente formabilidad y una buena soldabilidad a costes adicionales limitados en comparación con el galvanizado por inmersión en caliente convencional.

De acuerdo con una realización preferida, la banda de acero se ha provisto con una capa de revestimiento de aleación de zinc galvanizada por inmersión en caliente en la que la cantidad % en peso de aluminio es la misma que la cantidad de % en peso de magnesio más o menos un máximo de 0.3% en peso. Se ha encontrado que la escoria formada en el baño se suprime a un nivel considerable cuando la cantidad de aluminio es igual o casi igual a la cantidad de magnesio.

ES 2 656 070 T3

En una realización de la invención, el sustrato de acero revestido comprende:

- 0.15% < carbono <0.40%
- 5 - 0.8% < manganeso <1.5%
- 0.1% < silicio <0.35%
- 0.01% < cromo <1%
- 10 - titanio <0.1%
- aluminio <0.1%
- 15 - nitrógeno <0.01% N
- fósforo <0.05%
- azufre <0.03%
- 20 - 0.0005% < boro <0.01%,
- impurezas inevitables,
- 25 - el resto es hierro,

En el que Ti >3.4N.

En una realización preferida, el sustrato de acero revestido comprende:

- 30 - 0.15-0.25% C
- 1.0-1.5% Mn
- 35 - 0.1 -0.35% Si
- Máx. 0,8% Cr, preferiblemente 0,1-0,4% Cr
- Máx. 0,1% Al
- 40 - 0-0.05% Nb, preferiblemente máx. 0.03%
- 0-0.01% N
- 45 - 0.01 -0.07% Ti
- fósforo < 0.05%, preferiblemente <0.03%
- azufre <0.03%
- 50 - 0.0005% < boro <0.008%,
- impurezas inevitables,
- 55 - el resto es hierro,
- en el que Ti >3.4N.

Preferiblemente B es por lo menos 0.0015%. Se descubrió que el efecto del boro se hizo particularmente evidente cuando el contenido de boro era de por lo menos 15 ppm.

En una realización preferida, el sustrato de acero revestido comprende:

- 65 - 0.15-0.25% C
- 1.0-1 .5% Mn

- 0.1 -0.35% Si
- 5 - Máx. 0.8% Cr. preferiblemente 0.1-0.4% Cr
- Máx. 0.1% Al
- 0-0.05% Nb, preferiblemente máx. 0.03%
- 10 - 0-0.01% N
- 0.0015-0.008% B
- 0.01 -0.07% Ti en donde $Ti > 3.4N$
- 15 - impurezas inevitables
- el resto es hierro
- 20 La invención también se refiere al uso del acero revestido laminado en caliente y/o laminado en frío, para producir piezas estructurales y/o antiintrusión o subestructura para un vehículo a motor terrestre, tal como, por ejemplo, una viga de parachoques de un automóvil, un refuerzo de puerta o un refuerzo de pilar B.
- 25 La banda o lámina de acuerdo con la invención se produce preferiblemente laminando en caliente una losa de fundición continuamente gruesa o delgada, que habitualmente tiene un espesor de entre 300 y 50 mm. También se puede producir mediante colada en banda a un espesor de entre 1 y 20 mm, opcionalmente seguido de uno o más pases de laminado en caliente. Este material precursor laminado en caliente se puede revestir y usar de acuerdo con la invención, pero también se puede laminar en frío dependiendo del espesor final deseado. Después del laminado en frío, se recubre con el recubrimiento según la invención. La etapa de revestimiento puede estar precedida por una
- 30 etapa de recocido con el fin de cambiar la microestructura deformada de la banda laminada en frío por recuperación o recristalización, para hacerlo más moldeable. La banda o lámina puede usarse posteriormente en la etapa de conformación termomecánica.
- 35 El recubrimiento tiene en particular la función de proteger la lámina básica contra la corrosión tanto caliente como fría. Las características mecánicas en el estado de entrega de la lámina según la invención permiten una gran variedad de conformación, en particular una estampación profunda. El tratamiento térmico aplicado en el momento de un proceso de conformado en caliente o después de la conformación permite obtener valores de resistencia elevados que pueden exceder la resistencia a la tracción de 1500 MPa y 1200 MPa para el límite elástico. Las propiedades mecánicas finales son ajustables y dependen de la composición química, particularmente del contenido de carbono, del acero y del
- 40 tratamiento térmico del mismo.
- 45 A modo de ejemplo, una banda de acero tratada con calcio según la invención que contiene 0.21% de carbono, 1.27% de manganeso, 0.012% de fósforo, 0.001% de azufre, 0.18% de silicio, 0.031% de aluminio, 0.014% de cobre, 0.020% de níquel, 0.18% de cromo, 0.0050% de nitrógeno, 0.018% de titanio, 0.002% de boro se recubre con una capa de revestimiento de aleación de zinc de acuerdo con la invención.
- 50 De acuerdo con la invención, la lámina, que puede tener un espesor de entre 0.25 mm y 15 mm, y preferiblemente entre 0.3 y 5 mm, y que se puede suministrar sobre una bobina o como láminas, tiene buenas propiedades de conformación y una buena resistencia a la corrosión, así como una buena capacidad para pintar, pegar o fosfatar.
- 55 La hoja, un producto de acero revestido, proporciona una buena resistencia a la corrosión en el estado de suministro, durante los tratamientos de conformación termomecánicos, así como durante el uso del producto formado terminado. Después del tratamiento térmico, se obtiene una resistencia a la tracción sustancial, que puede exceder 1200 MPa o incluso más alta.

REIVINDICACIONES

1. Método de conformado termomecánico de un producto final de muy alta resistencia que comprende las etapas de:

- 5 - proporcionar una banda o lámina de acero laminado en caliente y/o en frío que comprende (todos los porcentajes en % en peso):
- 0.04% < carbono <0.5%
- 10 ○ 0.5% < manganeso <3.5%
- silicio <1.0%
- 15 ○ 0.01% < cromo <1%
- titanio <0.2%
 - aluminio <2.0%
- 20 ○ fósforo <0.1%
- nitrógeno <0.015%
 - azufre <0.05%
- 25 ○ boro <0.015%
- en el que $0 < Ti - 3.4N < 0.05\%$,
- 30 ○ impurezas inevitables,
- el resto es hierro,
- 35 ○ el acero se recubre con una capa de revestimiento de aleación de zinc, en el que la aleación de zinc consiste de 0.3-2.3% Mg y 0.6-2.3% Al; opcionalmente a lo sumo 0.2% de uno o más de los elementos adicionales Pb, Sb, Ti, Ca, Mn, Sn, La, Ce, Cr, Ni, Zr o Bi; impurezas inevitables; el resto es zinc;
- cortar la lámina de acero para obtener una preforma de lámina de acero;
- 40 - conformar termomecánicamente la preforma de lámina de acero a un producto final con sus propiedades finales, que comprende calentar la preforma a una temperatura por encima de Ac1 con el fin de austenizar por lo menos parcialmente la preforma, conformar la preforma en un producto a temperatura elevada y enfriamiento rápido del producto con el fin de obtener el producto final con sus propiedades finales
- 45 2. Procedimiento de conformación termomecánica de un producto con muy alta resistencia de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende las etapas de:
- proporcionar una banda o lámina de acero laminada en caliente y/o laminada en frío que comprende (todos los porcentajes en % en peso):
- 50 ○ 0.15% < carbono <0.5%
- 0.5% < manganeso <3%
- 55 ○ 0.1% < silicio <0.5%
- 0.01% < cromo <1%
 - titanio <0.2%
- 60 ○ aluminio <0.1%
- fósforo <0.1%
- 65 ○ nitrógeno <0.01%

ES 2 656 070 T3

- azufre <0.05%
- 0.0005% < boro <0.015%
- 5 ○ impurezas inevitables,
- el resto es hierro,
- 10 ○ el acero está recubierto con una capa de revestimiento de aleación de zinc, la aleación de zinc de 0.3-2.3% de Mg y 0.6-2.3% de Al; posiblemente a lo sumo 0.2% de uno o más los elementos adicionales Pb, Sb, Ti, Ca, Mn, Sn, La, Ce, Cr, Ni, Zr o Bi; impurezas inevitables; el resto es zinc;
- cortar la lámina de acero para obtener una preforma de lámina de acero;
- 15 - conformar termomecánicamente la preforma de lámina de acero a un producto final con sus propiedades finales.
- 3. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes en el que
- la capa de revestimiento de aleación de zinc contiene 1.6-2.3% en peso de magnesio y 1.6-2.3% en peso de aluminio.
- 20 4. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes en el que el acero comprende:
- 0.15% < carbono <0.40%
- 25 - 0.8% < manganeso <1.5%
- 0.1% < silicio <0.35%
- 0.01% < cromo <1%
- 30 - nitrógeno 0-0.01%
- titanio <0.1%
- 35 - aluminio <0.1%
- fósforo <0.05%
- azufre <0.03%
- 40 - 0.0005% < boro <0.01%,
- impurezas inevitables,
- 45 - el resto es hierro,
- en el que Ti >3.4N.
- 5. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes en el que el acero comprende por lo menos 0.0015% B.
- 50 6. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes en el que el acero comprende 0 <Ti-3.4N <0.02%.
- 55 7. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes en el que el producto final es una pieza automotriz.
- 8. Piezas de subestructura o estructurales y/o anti-intrusión para un vehículo terrestre de motor, tales como, por ejemplo, una viga de parachoques de un automóvil, un refuerzo de puerta o un refuerzo de pilar B producido de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes.
- 60