

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 705 203**

51 Int. Cl.:

B21B 1/46 (2006.01)

B22D 11/12 (2006.01)

C21D 9/48 (2006.01)

C22C 38/58 (2006.01)

C21D 7/13 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.01.2009 PCT/EP2009/000633**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.08.2009 WO09095264**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.01.2009 E 09705515 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.11.2018 EP 2257394**

54 Título: **Método para producir un acero TWIP laminado en caliente y un producto de acero TWIP producido de ese modo**

30 Prioridad:

30.01.2008 EP 08101119

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

22.03.2019

73 Titular/es:

TATA STEEL IJMUIDEN BV (100.0%)

PO Box 10000

1970 CA Ijmuiden, NL

72 Inventor/es:

CORNELISSEN, MARCUS, CORNELIS, MARIA

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 705 203 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

Método para producir un acero TWIP laminado en caliente y un producto de acero TWIP producido de ese modo

5 Esta invención se refiere a un método para producir un acero TWIP laminado en caliente, y un acero TWIP producido de ese modo.

10 Los aceros austeníticos con alto contenido de manganeso combinan una capacidad para estirarse en partes muy complejas con una resistencia muy alta. Los aceros TWIP derivan sus propiedades excepcionales de un mecanismo de fortalecimiento específico: el maclado. Además del mecanismo básico de deslizamiento de la dislocación, la deformación también se produce por maclado. Los aceros son totalmente austeníticos y no magnéticos durante la producción a altas temperaturas y durante el uso a temperaturas ambiente. La formación de maclas mecánicas durante la deformación genera un alto endurecimiento por deformación, evita el estrechamiento y mantiene así una capacidad de deformación muy alta. Este mecanismo se llama **Plasticidad Inducida por Maclado**.

15 Los fabricantes de automóviles dedican mucho tiempo, esfuerzo y costo al desarrollo de nuevas formas para proteger a los conductores y pasajeros. Junto con el diseño de la carrocería, los grados de acero usados son de primordial importancia. Los aceros TWIP son particularmente útiles en las partes de un automóvil, como las partes interiores de la barra de seguridad, ya que se requieren grandes deformaciones de la pieza antes del montaje en el automóvil, mientras que debe existir un potencial de reducción significativo para actuar como un amortiguador en caso de un accidente. En caso de accidente, los componentes de acero deben combinar dos características diferentes: deben ser dúctiles para absorber la mayor parte de la energía de colisión y al mismo tiempo tener suficiente estabilidad para proteger la cabina del pasajero. En caso de un choque, la parte de acero TWIP es capaz de soportar más deformación debido a su reserva de ductilidad. Cada parte del acero se alarga, después se fortalece y pasa la energía de deformación remanente a las partes circundantes, las que después comienzan a deformarse. Por lo tanto, al dispersar la energía en toda la superficie, el impulso de colisión se absorbe más eficientemente y los pasajeros se mantienen seguros.

30 Actualmente se consideran varias rutas para producir aceros TWIP. Las rutas de producción convencionales implican la fundición de planchas gruesas de 200 a 400 mm de grosor. Estas planchas se recalientan a temperaturas entre 1100 y 1300 °C y se laminan en caliente hasta el grosor de laminado en caliente deseado (h_f) en una pluralidad de pases de rodillo. En vista del alto nivel de elementos de aleación, la microsegregación de manganeso, resulta en una resistencia baja de la cubierta solidificada durante la fundición continua y una reducción del punto de fusión en el interior de la plancha debido al enriquecimiento de manganeso. Otro problema es el agotamiento de los elementos de la aleación en la región superficial y la oxidación de los límites de grano durante el recalentamiento de las planchas en el horno de recalentamiento de los laminadores de bandas en caliente. Alternativamente, la fundición en bandas se está considerando como una fuente para una banda. La banda fundida puede someterse a una o más etapas de laminado en caliente después de la fundición para lograr el grosor de laminado en caliente deseado (h_f). Este proceso tiene la desventaja de permitir solo una reducción limitada en el proceso de laminado en caliente. Es conveniente una mayor reducción para combatir los efectos de la segregación y el agotamiento local de los elementos de aleación y para lograr un tamaño de grano fino del producto laminado en caliente.

45 Los documentos WO2004026497 y DE102005010243 describen un método de fabricación de una banda laminada en caliente de acero TWIP mediante el uso de un aparato de fundición de planchas delgadas y laminado directo. El documento US5647922 describe un método para evitar el agrietamiento de los aceros TWIP durante el proceso convencional de fundición de planchas gruesas, mediante recalentamiento y laminado en caliente con el uso de una relación baja de reducción durante las etapas iniciales del proceso de laminado en caliente, seguido por el uso de una relación alta de reducción durante las etapas finales del proceso de laminado en caliente.

50 Durante el proceso de laminado en caliente, se forma una capa de óxido en la superficie de la banda laminada en caliente. La banda laminada en caliente debe decaparse para eliminar esta capa de óxido antes de laminar en frío hasta el grosor final. Después del decapado, la banda se lamina en frío hasta el grosor final. En el proceso de laminado en frío, la banda laminada en frío resultante se deforma mucho.

55 Antes de aplicar el recubrimiento en un proceso de recubrimiento por inmersión en caliente, la banda debe recocerse para promover la recristalización de la microestructura deformada en frío para restaurar la conformabilidad del acero.

60 Durante este proceso de recocido, se forman partículas de óxido de manganeso en la superficie de la banda. Estas partículas afectan negativamente la adhesión del recubrimiento metálico a la banda y deben eliminarse antes de aplicar el recubrimiento. Esta eliminación requiere un segundo decapado antes de aplicar el recubrimiento por inmersión en caliente. Esta etapa adicional del proceso es económica y logísticamente poco atractiva porque aumenta los costos de producción y el riesgo de rechazo.

65 Es un objeto de la invención proporcionar un método para la fabricación de una banda de acero que permita una mayor reducción durante el laminado en caliente.

También es un objeto de esta invención proporcionar un proceso para producir un acero TWIP recubierto de una manera más económica sin el riesgo de rechazo.

Uno o más de los objetos de la invención se alcanzan mediante el método de acuerdo con la reivindicación 1. El método de acuerdo con la invención proporciona un método para la fabricación de una banda de acero TWIP, mediante el cual el acero fundido que tiene una composición que comprende 0,05-0,78 % de C, 11 a 23 % de Mn, como máximo 5 % de Al, como máximo 5 % de Cr, como máximo 2,5 % de Ni, como máximo 5 % de Si, como máximo 0,5 % de V, el resto que es hierro e impurezas inevitables se funde en una máquina de fundición continua con una o más hebras para formar una plancha con un grosor de al menos 30 mm y como máximo 120 mm y, mientras se hace uso del calor de la fundición, se transporta a través de un aparato del horno, se lamina en caliente en un laminador en caliente que comprende uno o más trenes de laminación en una banda de acero de un grosor final deseado (h_f) de entre 0,5 y 5 mm

i. en un proceso de laminado continuo en donde

a. existe una conexión de material entre el acero en la máquina de fundición continua, en el aparato del horno y en el laminador en caliente y en la zona de enfriamiento forzado opcional, o b. en donde las planchas de una pluralidad de hebras se conectan para formar una plancha continua, con lo que se logra una conexión de material entre el acero en el aparato del horno y el laminador en caliente y la zona de enfriamiento forzado opcional; o

ii. en un proceso de laminado semicontinuo en donde existe una conexión de material entre el acero en el aparato del horno y el laminador en caliente y la zona de enfriamiento forzado opcional,

y en donde la banda después del laminado continuo o semicontinuo y después del enfriamiento forzado opcional se corta en porciones de la longitud deseada que subsecuentemente se enrollan.

Este método permite una gran reducción de la plancha fundida mientras se asegura una temperatura muy homogénea sobre el ancho y el grosor de la banda. El método no se relaciona con el llamado proceso de fundición de planchas, en donde una plancha tiene un grosor entre 1 y 20 mm. Estas bandas delgadas no permiten una reducción suficientemente grande de la plancha fundida. Además, como resultado de la conexión del material, es posible alcanzar un pequeño grosor de acabado después del laminado en caliente, porque el cabezal de cada nueva bobina se une a la cola de la bobina precedente, y estas solo se separan inmediatamente antes de enrollarse, lo que evita de ese modo riesgos de levantamiento de la banda de la mesa transportadora después del laminador en caliente. Con el método de acuerdo con la invención, la microsegregación de los elementos de aleación se neutraliza en el aparato del horno por difusión. La macrosegregación se nivela por la gran deformación de la plancha solidificada en la operación de laminado en caliente. Esta operación de laminado en caliente puede comprender una operación de desbaste y una operación de acabado separada, pero toda la operación de laminado puede realizarse además en un laminador en el que se combina la operación de desbaste y acabado. La velocidad de laminado constante durante el proceso de laminado continuo o semicontinuo garantiza que cada punto de una plancha tenga sustancialmente la misma historia termomecánica y esto es una gran ventaja para este tipo de aceros en comparación con el proceso de plancha por plancha y bobina por bobina porque los procesos térmicamente activados, tal como el proceso de difusión para contrarrestar la microsegregación, la recristalización dinámica y estática durante el laminado, el crecimiento del grano de los granos austeníticos, el desarrollo de la textura cristalográfica, las reacciones de precipitación resultan en un producto homogéneo. Además, la velocidad de laminado a lo largo de la plancha es sustancialmente constante, lo que no es el caso en el proceso de plancha por plancha y de bobina por bobina. Muchos procesos metalúrgicos, como la generación de dislocaciones, dependen de la velocidad de deformación y una velocidad de deformación constante a una temperatura constante (o más bien una reducción constante y una velocidad de laminado a temperatura constante) resulta en propiedades homogéneas y reproducibles. Dado que estos aceros austeníticos no tienen el beneficio de una transformación de fase al enfriarse a temperatura ambiente como lo tienen los aceros comunes, es particularmente importante garantizar un proceso de laminado en caliente reproducible y homogéneo de acuerdo con la invención. Preferentemente, la microestructura de la matriz ferrosa de la lámina terminada tiene un contenido en volumen de austenita de al menos 75 %.

Después de la fundición de la plancha delgada, la plancha se alimenta directamente a un horno de calentamiento homogeneizador para proporcionar la plancha a la temperatura correcta y homogénea (a lo largo del ancho y grosor de la plancha) para la etapa de laminado en caliente, o se alimenta directamente desde la fundición a la etapa de laminado en caliente sin, o con solo una corrección de temperatura muy limitada.

Durante el proceso de laminado en caliente, se forma una capa de óxido en la superficie de la banda laminada en caliente. La banda laminada en caliente debe decaparse para eliminar esta capa de óxido antes de laminar en frío hasta el grosor final. Después del decapado, la banda se lamina en frío hasta el grosor final. En el proceso de laminado en frío convencional, la banda laminada en frío resultante se deforma mucho.

El método de acuerdo con la invención comprende las etapas de:

- fundir una plancha delgada y laminar en caliente la plancha delgada hasta una banda que tenga un grosor final (hf) como se describió anteriormente en la presente descripción;
- decapar la banda;
- proveer la banda con un recubrimiento metálico;

5 La banda se somete a una reducción por laminado en frío (CCR) o una reducción por laminado y temple (TRR) entre el laminado en caliente y el recubrimiento y/o después del recubrimiento. Esta CRR o TRR es como máximo 20 % y la reducción por laminado en frío o la reducción por laminado y temple es la única etapa de laminado en frío entre el laminado en caliente y el recubrimiento y/o después del recubrimiento de la banda. Por medio de esta CRR, las propiedades mecánicas de la banda pueden ajustarse con precisión a los requisitos del cliente. En el resto de esta descripción, TRR se utilizará para indicar la reducción en la reducción por laminado en frío o por laminado y temple. El laminado y temple es un proceso de laminado en frío. Se observa que un tratamiento de laminado y temple con el único y expreso propósito de la corrección solamente de la forma no se considera una etapa de laminado en frío en este sentido, ya que no necesita recocido para recristalizar la microestructura de laminado en frío muy deformada. Los tratamientos de laminado y temple con el único propósito de eliminar el alargamiento en el punto de fluencia no se usan para estos tipos de acero. El término laminado y temple se usa como un equivalente al laminado en frío a un grado de reducción que no requiere un tratamiento de recocido posteriormente antes del uso del acero en una operación de conformado y que no se usa con el único y expreso propósito de corrección solamente de la forma.

20 Debe señalarse que la banda puede reducirse en frío después del recubrimiento cuando el acero se prensa, se moldea a presión, se estira en profundidad o se conforma en una pieza para su aplicación, por ejemplo, en un automóvil. En el contexto de esta invención, la deformación inducida por estas prensas de conformación no debe considerarse como una TRR. Debe señalarse que, en el contexto de esta invención, la reducción por laminado y temple de 20 % se considera la reducción agregada por laminado en frío entre el final de la etapa de laminado en caliente y el uso de la banda de acero en un proceso de producción posterior, tal como mediante prensado o estampado de una parte de un corte en bruto a la medida de la banda de acero. La deformación del acero por el uso no se considera parte de dicha reducción agregada por laminado en frío.

30 La etapa de recubrimiento se realiza después de la reducción por laminado en frío y no hay una etapa de recocido ni una etapa de decapado entre la etapa de laminado en frío y la etapa de recubrimiento.

35 la plancha delgada tiene preferentemente un grosor de como máximo 100 mm, y es de al menos 30 mm. Preferentemente, el grosor de la plancha delgada está entre 30 y 90 mm. Dado que el grosor de la banda se produce principalmente mediante laminado en caliente a causa de la etapa de laminado en frío muy limitada o incluso ausente, es ventajoso que el grosor de la plancha delgada sea lo más bajo posible. El grosor mínimo de la plancha se limita por las limitaciones dimensionales del proceso de fundición de planchas delgadas. Por lo tanto, puede preferirse una plancha delgada de aproximadamente 45 a 65 mm. La reducción del núcleo líquido de la plancha fundida puede usarse para reducir el grosor de la plancha antes del laminado en caliente. Debido a la diferencia en las condiciones metalúrgicas, la reducción del núcleo líquido en este contexto se considera parte del proceso de fundición y no del proceso de laminado en caliente.

45 El grosor de la banda de acero laminado en caliente es de entre 0,5 y 5 mm. Sin embargo, dado que la aplicación principal para estos aceros será la sustitución de aceros laminados en frío y recocidos, el intervalo de grosor preferente está entre 0,5 y 3,0 mm. Con mayor preferencia, el grosor máximo es de 2,5 o incluso 2,0 mm. Un grosor mínimo adecuado es de 0,8 mm o incluso 1,0 mm.

Todos los porcentajes de composición se dan en porcentaje en peso, a menos que se indique lo contrario. Se encontró que los aceros de esta composición exhiben excelentes propiedades relacionadas con la TWIP.

50 Para beneficiarse de la adición de vanadio, el contenido mínimo de vanadio preferentemente es de al menos el 0,05%. Para beneficiarse de la adición de aluminio, un contenido mínimo de aluminio preferente del acero es al menos 1%. El contenido de aluminio del acero de al menos 1% garantiza una mayor estabilidad de la austenita.

55 La aleación con vanadio promoverá la formación de precipitados con VC que contribuyen a la resistencia del acero y la prevención de fractura retardada al proporcionar sumideros para hidrógeno en la interfase predominantemente semicoherente entre los precipitados con VC y la matriz. Para optimizar este efecto, es preferente un contenido mínimo de vanadio de 0,1 o incluso 0,2 %. En una modalidad, el contenido de cromo es como máximo 0,5 % y/o al menos 0,05 %. Un contenido mínimo adecuado de cromo es 0,10 o incluso 0,15 %.

60 En una modalidad de la invención, la lámina de acero comprende un contenido máximo de Mn de 18 % de Mn. Un contenido máximo adecuado de manganeso es de 16 % o incluso 15,5 %.

65 En una modalidad, los contenidos de Ni y Mn se eligen de manera que (Ni + Mn) sea de 11,0 a 23. Un máximo preferente para (Ni + Mn) es 18 %. Con mayor preferencia, este máximo se elige para que sea 17 o incluso 15,9 %.

En una modalidad de la invención, la microestructura de la lámina comprende al menos 80 %, preferentemente al menos 85 %, con mayor preferencia al menos 90 % y aún con mayor preferencia al menos 95 % en volumen de austenita después del laminado en caliente y enfriamiento. Debido a la metaestabilidad de la austenita y la aparición de la plasticidad inducida por la transformación, la cantidad de austenita tiende a disminuir durante etapas de procesamiento posteriores. Para garantizar buena conformabilidad y alta resistencia, incluso durante una posterior o su última etapa de procesamiento, es conveniente tener un contenido de austenita lo más alto posible en cualquier etapa del procesamiento.

Antes de aplicar el recubrimiento en un proceso de recubrimiento por inmersión en caliente, la banda debe recocerse para promover la recristalización de la microestructura deformada en frío para restaurar la conformabilidad del acero.

Durante este proceso de recocido, se forman partículas de óxido de manganeso en la superficie de la banda. Estas partículas afectan negativamente la adhesión del recubrimiento metálico a la banda y deben eliminarse antes de aplicar el recubrimiento. Esta eliminación requiere un segundo decapado antes de aplicar el recubrimiento por inmersión en caliente. Esta etapa adicional del proceso es económica y logísticamente poco atractiva porque aumenta los costos de producción y el riesgo de rechazo.

El recubrimiento metálico puede proporcionarse por medio de una etapa de recubrimiento por inmersión en caliente, una etapa de galvanizado, una etapa de deposición física de vapor o una etapa de deposición química de vapor, opcionalmente seguido de un tratamiento térmico tal como el galvanizado y recocido después de una etapa de galvanizado por inmersión en caliente. Preferentemente, la capa de recubrimiento metálico tiene un espesor de al menos 1 μm .

En el método de acuerdo con la invención, la banda no lamina en frío hasta al punto de que sea necesario recocer la banda porque todavía está disponible un potencial de deformación adecuado como resultado de las propiedades por la TWIP. En consecuencia, debido a la ausencia de la etapa de recocido, se evita la formación de partículas de óxido de manganeso en la superficie de la banda. De este modo, se evita un segundo decapado antes del recubrimiento por inmersión en caliente para eliminar estas partículas, lo que reduce significativamente los costos de producción del acero recubierto y el riesgo de rechazo.

Usualmente, la banda laminada en caliente se enrolla después de laminar y se desenrolla antes del decapado, pero la invención se relaciona además con un enlace directo entre el laminado en caliente y el decapado inmediatamente seguido por el recubrimiento, lo que ahorra así una etapa de enrollado y desenrollado y, potencialmente, una etapa de enfriamiento y recalentamiento, por ejemplo, en caso de una etapa de recubrimiento por inmersión en caliente.

Al producir una banda de acero TWIP recubierto de acuerdo con la invención, se evita la formación de partículas que afectan adversamente la adhesión del recubrimiento por inmersión en caliente a la banda de acero. Se observa que es esencial que no haya etapa de laminado en frío entre el laminado en caliente y el recubrimiento, con una reducción por laminado en frío que requiere una etapa de recocido entre el decapado y la etapa de recubrimiento por inmersión en caliente, ya que entonces se formarán partículas indeseables de óxido de manganeso sobre la superficie de la banda recocida. Se observa que un tratamiento de laminado y temple con el único y expreso propósito de la corrección solamente de la forma no se considera una etapa de laminado en frío en este sentido. Los tratamientos de laminado y temple con el único propósito de eliminar el alargamiento en el punto de fluencia no se usan para estos tipos de acero. La máxima reducción agregada por laminado en frío (o reducción por laminado y temple) que se usará de acuerdo con esta invención es de 20 %. La reducción agregada por laminado en frío se define como la reducción por laminado en frío total entre el final de la etapa de laminado en caliente y el uso de la banda de acero en un proceso posterior, como el corte en la prensa, conformado, unión, etc. Con esta reducción, el límite de elasticidad y, en menor medida, la resistencia a la tracción, han aumentado considerablemente, pero la ductilidad del producto laminado en frío es aún adecuada para muchos fines de conformación. Preferentemente, la TRR máxima es como máximo 10 %, con mayor preferencia 8 % o incluso 6 %. Un valor mínimo adecuado para la TRR es 0,5 %, preferentemente 1 % o incluso 2 %. Preferentemente, la TRR está entre 1 y 4 %. Este nivel de TRR permite además la corrección de la forma de la banda laminada en caliente, y se realiza preferentemente después de la etapa de recubrimiento, aunque también es posible realizar la TR después del decapado y antes del recubrimiento. Con el fin de influir efectivamente en las propiedades de la banda laminada en caliente por laminado en frío, es deseable un mínimo de TRR de al menos 5 %. Un valor mínimo adecuado en ese caso es 8 % o incluso 10 %.

El laminado en frío en el contexto de esta invención se define como el laminado, mientras que el material a laminar tiene una temperatura absoluta $T(K)$ de como máximo la mitad de la temperatura absoluta de solidus del acero. Sin embargo, dado que la temperatura de solidus de los aceros TWIP puede ser muy baja, una temperatura máxima adecuada del material a laminar es como máximo 400 °C, y preferentemente como máximo 200 °C. El inicio del proceso de laminado en frío con un material a temperatura ambiente provoca un aumento de la temperatura del material durante el laminado en frío debido a la deformación del material. Como se ha dicho, este aumento de temperatura no debe resultar en una temperatura del material superior a 400 °C o preferentemente no superior a 200 °C.

5 En una modalidad de la invención, la lámina de acero TWIP recubierta se usa como un reemplazo para la lámina de acero laminada en frío, recocida y recubierta. Para poder reemplazar la lámina laminada en frío, el grosor del producto laminado en caliente debe ser lo suficientemente pequeño. El método descrito anteriormente en la presente es particularmente adecuado para proporcionar estas bandas delgadas laminadas en caliente con propiedades homogéneas sin el mayor riesgo de rechazo debido al levantamiento del cabezal de estas bandas. Dicha banda puede someterse a una reducción por laminado en frío uniforme en donde la reducción agregada por laminado en frío entre el final de la etapa de laminado en caliente y el uso de la banda de acero es como máximo 20 %.

10 En una modalidad de la invención, al menos una parte del acero TWIP laminado en caliente se somete a una reducción en frío que es diferente de las otras partes del acero TWIP laminado en caliente para lograr un grosor local y/o propiedades mecánicas diferentes. La microestructura que se redujo en frío se produjo por una reducción agregada de laminado en frío de como máximo 20 % entre el final de la etapa de laminado en caliente y el uso de la banda de acero.

15 Esta modalidad permite adaptar la resistencia a la tracción y el límite de elasticidad de diferentes partes de la banda laminada en caliente. Debe señalarse que la reducción en frío puede realizarse mediante una etapa de laminado en frío que puede imponer diferentes reducciones en frío a lo largo y/o ancho del producto laminado. El producto laminado puede ser una banda, placa o lámina de acero. A partir de este producto, pueden producirse piezas prefabricadas que, por ejemplo, pueden usarse para una operación de estampado o prensado.

20 En una modalidad, la reducción en frío es una etapa en la producción de una pieza laminada en bruto cortada a la medida, y en donde la reducción en frío de las diversas partes de la TRB se elige de tal manera que en la parte o partes de la TRB reducidas en frío se obtienen los valores deseados de propiedades mecánicas. En este proceso, un producto de acero, que tiene un conjunto inicial de propiedades mecánicas, se somete a un proceso de laminado que permite cambiar el grado de reducción a lo largo de la banda (lateralmente) y/o a lo ancho de la banda (longitudinalmente). Los grados de reducción se eligen como para producir la TRB con las propiedades geométricas deseadas, pero más importante, para tener las propiedades mecánicas deseadas en cada parte de la TRB. Las partes que se han sometido a un mayor grado de reducción en frío poseerán un mayor límite de elasticidad que las partes que no se han deformado en frío en una magnitud menor o ninguna. Las partes que experimentan pequeñas reducciones aún tienen un gran potencial de conformabilidad y pueden usarse en el lugar donde la TRB se someterá a una gran deformación durante la producción de la parte terminada de la TRB, mientras que las partes aún más deformadas en frío pueden ubicarse de manera que coincidan con el lugar de la pieza terminada donde se requiere un límite de elasticidad alto. Este ajuste de las propiedades mecánicas antes del estampado o la producción de la parte final permite una mayor flexibilidad en el diseño de la parte final, mientras que el proceso de deformación en frío es una forma más precisa de ajustar las propiedades que el proceso de estampado o producción de la parte final. Preferentemente, cada microestructura que se redujo en frío se produjo por una reducción agregada por laminado en frío de como máximo 20 % entre el final de la etapa de laminado en caliente y el uso de la banda de acero.

40 En una modalidad de la invención, el recubrimiento metálico es un recubrimiento convencional de zinc o aleación de zinc proporcionado por recubrimiento por inmersión en caliente o galvanizado.

45 En una modalidad, el recubrimiento metálico es una capa de recubrimiento de aleación Mg-Zn, en donde la aleación de zinc consiste en 0,3 – 4,0 % de Mg y 0,05 – 6,0 % de Al, opcionalmente como máximo 0,2 % de uno o más elementos adicionales, impurezas inevitables y el resto es zinc. El contenido de aluminio se limita a 6 %, ya que por encima de 6 % se deteriora la soldabilidad. Si solo se añade un elemento adicional, la cantidad máxima es 0,2 %. Si se añaden dos o más elementos adicionales, la suma máxima de las cantidades de estos elementos adicionales es 0,2 %.

50 En una modalidad preferida, la aleación de Mg-Zn comprende 0,3 – 2,3 % en peso de magnesio y 0,6 – 2,3 % en peso de aluminio, con mayor preferencia en donde la aleación de zinc contiene 1,6 – 2,3 % en peso de magnesio y 1,6 – 2,3 % en peso de aluminio.

55 Los inventores descubrieron que estos recubrimientos de aleación de Mg-Zn se desempeñaron bien y mostraron buenas propiedades de adherencia y corrosión. Estos recubrimientos tienen un punto de fusión relativamente alto que reduce el riesgo de que el recubrimiento se funda, fluya y ensucie las herramientas de conformación en caliente durante el tratamiento térmico. Esto significa que es probable que el producto moldeado mantenga una alta calidad de forma y superficie individualmente en el transcurso de una serie de producción. Además, la capa de recubrimiento de aleación de zinc que contiene magnesio proporciona lubricación durante la etapa de moldeo termomecánico. Adicionalmente, los elementos de la capa de recubrimiento de aleación de Mg-Zn se difundieron en el sustrato de acero durante la exposición prolongada al calor cuando el material de acero recubierto se calentó antes de la conformación en caliente, lo que resulta de ese modo en un recubrimiento por difusión, mientras que el magnesio y el aluminio se oxidan. Este recubrimiento por difusión ya proporciona al sustrato de acero una protección contra la corrosión, mientras que se cree además que promueve la adhesión de la capa de recubrimiento de aleación de zinc al sustrato de acero. El grosor de la capa de difusión con Zn debe elegirse de manera que se consiga una protección activa contra la corrosión después de la etapa de conformación y enfriamiento. Además, el recubrimiento proporciona un excelente cierre de grietas de cualquier grieta formada en el recubrimiento durante la conformación, buena

resistencia contra la abrasión durante la conformación y proporciona una buena resistencia a la corrosión antes, durante y después de la operación termomecánica, lo que incluye la protección de los bordes de la parte debido al comportamiento galvánico del zinc con el acero.

- 5 Un elemento adicional que podría añadirse en una pequeña cantidad a las capas de Mg-Zn, 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 se añaden usualmente para formar floreados. Estas cantidades pequeñas de un 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,
- 10 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 banda de acero recubierto 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 el galvanizado por inmersión en caliente, o para formar floreados en la capa de recubrimiento. Los elementos
- 15 adicionales se mantienen así 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 grosor de entre aproximadamente 4 y 95 µm. Preferentemente, el grosor está entre 4 y 20 µm (50-140 g/m²) porque los recubrimientos más gruesos no son necesarios para la mayoría de las aplicaciones. La capa de recubrimiento de aleación de zinc de acuerdo con la invención mejora la protección contra la corrosión en un grosor de como máximo 12 µm. Una capa de recubrimiento más fina es beneficiosa para
- 20 soldar dos láminas de acero con la capa de recubrimiento de acuerdo con la invención, por ejemplo, mediante soldadura láser. En una modalidad preferida, la capa de recubrimiento de aleación de zinc tiene un grosor de 3 - 10 µm, que es 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.

Reivindicaciones

1. Método para la fabricación de una banda de acero TWIP, mediante el cual el acero fundido que tiene una composición que comprende 0,05-0,78 % de C, 11 a 23 % de Mn, como máximo 5 % de Al, como máximo 5 % de Cr, como máximo 2,5% de Ni, como máximo 5 % de Si, como máximo 0,5 % de V, el resto es hierro e impurezas inevitables se funde en una máquina de fundición continua con una o más hebras para formar una plancha con un grosor de al menos 30 mm y como máximo 120 mm y, mientras se hace uso del calor de fundición, se transporta a través de un aparato del horno, se lamina en caliente en un laminador en caliente que comprende uno o más trenes de laminación en una banda de acero de un grosor final deseado (h_f) de entre 0,5 y 5 mm
 - i. en un proceso de laminado continuo en donde
 - a. existe una conexión de material entre el acero en la máquina de fundición continua, en el aparato del horno y el laminador en caliente y la zona de enfriamiento forzado opcional, o
 - b. en donde las planchas de una pluralidad de hebras se conectan para formar una plancha continua, logrando así una conexión de material entre el acero en el aparato del horno y el laminador en caliente y la zona de enfriamiento forzado opcional; o
 - ii. en un proceso de laminado semicontinuo en donde existe una conexión de material entre el acero en el aparato del horno y el laminador en caliente y la zona de enfriamiento forzado opcional, y en donde la banda después del laminado continuo o semicontinuo y después del enfriamiento forzado opcional se corta en porciones de la longitud deseada que posteriormente se enrollan,

la banda laminada en caliente se decapa para eliminar la capa de óxido formada en la superficie de la banda laminada en caliente antes del laminado en frío, el proceso comprende además la etapa posterior de laminado en frío de la banda, en donde la reducción agregada del laminado en frío entre el final de la etapa de laminado en caliente y el uso de la banda de acero es al menos 0,5 % y como máximo 20 %, y en donde se realiza una etapa de recubrimiento metálico después de dicha etapa de laminado en frío posterior y en donde no existe etapa de recocido ni etapa de decapado entre la etapa de laminado en frío y la etapa de recubrimiento.
2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la plancha delgada fundida tiene un grosor de entre 30 y 90 mm, y/o en donde el grosor final de la banda laminada en caliente y posteriormente laminada en frío es entre 0,5 y 5 mm.
3. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, en donde la plancha fundida delgada se produce por fundición de la plancha delgada y en donde el grosor de la plancha fundida es de al menos 45 mm.
4. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la etapa de recubrimiento metálico es una etapa de recubrimiento por inmersión en caliente, una etapa de galvanizado, una etapa de deposición física de vapor o una etapa de deposición química de vapor.
5. Método de acuerdo con la reivindicación 4, en donde la etapa de recubrimiento por inmersión en caliente es un galvanizado por inmersión en caliente opcionalmente seguido por una etapa de galvanizado y recocido.
6. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la reducción agregada por laminado en frío entre el final de la etapa de laminado en caliente y el uso de la banda de acero es de al menos 1 %.
7. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la reducción agregada por laminado en frío entre el final de la etapa de laminado en caliente y el uso de la banda de acero es como máximo 10 %.
8. Método para producir una banda de acero TWIP de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores para producir piezas laminadas prefabricadas.
9. Método para producir una banda de acero TWIP de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores en donde el recubrimiento metálico es una capa de recubrimiento de aleación Mg-Zn, en donde la aleación de zinc consiste en 0,3 – 4,0 % de Mg y 0,05 – 6,0 % de Al, opcionalmente como máximo 0,2 % de uno o más elementos adicionales, impurezas inevitables y el resto es zinc.
10. Método de acuerdo con la reivindicación 9 en donde la aleación de Mg-Zn comprende 0,3 – 2,3 % en peso de magnesio y 0,6 – 2,3 % en peso de aluminio, con mayor preferencia en donde la aleación de zinc contiene 1,6 – 2,3 % en peso de magnesio y 1,6 – 2,3 % en peso de aluminio.

- 5
- 10
11. Banda de acero TWIP recubierta producida de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en donde la banda comprende una microestructura reducida en frío, y en donde la microestructura reducida en frío se produjo mediante una reducción agregada por laminado en frío de al menos 0,5 y como máximo 20 % entre el final de la etapa de laminado en caliente y el uso de la banda de acero.
 12. Banda de acero TWIP recubierta de acuerdo con la reivindicación 11, en donde la banda comprende al menos dos partes en donde al menos las dos partes comprenden una microestructura reducida en frío diferente como resultado de al menos las dos partes que se han sometido a una reducción por laminado en frío diferente, y en donde cada microestructura reducida en frío se produjo mediante una reducción agregada por laminado en frío de al menos 0,5 y como máximo 20 % entre el final de la etapa de laminado en caliente y el uso de la banda de acero.
 13. Pieza laminada prefabricada producida a partir de la banda producida de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 11 o 12.