(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 804 776**

(51) Int. CI.:

C23C 2/12 (2006.01)
C21D 1/673 (2006.01)
C23C 2/26 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.08.2015 PCT/EP2015/069550**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **10.03.2016 WO16034476**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.08.2015 E 15757210 (8)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.05.2020 EP 3189174**

(54) Título: **Producto plano de acero con un recubrimiento de Al, procedimiento para su fabricación y procedimiento para la fabricación de un elemento constructivo conformado en caliente**

(30) Prioridad:

05.09.2014 EP 14183757

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
09.02.2021

(73) Titular/es:

THYSSENKRUPP STEEL EUROPE AG (50.0%)
Kaiser-Wilhelm-Strasse 100
47166 Duisburg, DE y
THYSSENKRUPP AG (50.0%)

(72) Inventor/es:

BANIK, JANKO;
ETZOLD, ULRICH;
RÖSSLER, NORBERT;
RUTHENBERG, MANUELA y
WUTTKE, THIEMO

(74) Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

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

Producto plano de acero con un recubrimiento de Al, procedimiento para su fabricación y procedimiento para la fabricación de un elemento constructivo conformado en caliente

La invención se refiere a un producto plano de acero para la conformación en caliente, que se compone de un sustrato de acero, que se compone de un acero, que presenta del 0,1 - 3 % en peso de Mn y del 0,0005 - 0,01 % en peso de B, y un revestimiento protector aplicado sobre el sustrato de acero a base de Al, que contiene opcionalmente en total hasta el 20 % en peso de otros elementos de aleación.

Asimismo, la invención se refiere a un procedimiento para la fabricación de un producto plano de acero de acuerdo con la invención.

Además se describe un elemento constructivo de acero, producido mediante temple por moldeo por presión en caliente.

Por último, la invención se refiere también a un procedimiento para la fabricación de un elemento constructivo de acero conformado en caliente.

En la expresión "producto plano de acero" entran en este caso todos los productos de laminación cuya longitud es mucho mayor que su grosor. Entre estos figuran bandas y chapas de acero así como recortes y pletinas obtenidas a partir de las mismas.

Cuando en este caso se dan datos sobre contenidos de aleaciones, estos han de entenderse siempre como datos en "% en peso", siempre que no se indique expresamente de otro modo.

El sustrato de acero de productos planos de acero de acuerdo con la invención se compone del denominado "acero de MnB". Los aceros de este tipo están normalizados en la norma EN 10083-3. Estos aceros tienen una adecuada templabilidad y permiten, en el prensado en caliente, una realización del proceso segura, mediante la cual es posible, de manera económica, en el transcurso de la conformación en caliente, provocar un temple martensítico aún en la herramienta sin enfriamiento adicional. Un ejemplo típico de un acero de este tipo es el acero conocido con la denominación 22MnB5, que pueden encontrarse en Stahlschlüssel 2004 con el número de material 1.5528.

Normalmente, el acero 22MnB5 totalmente calmado, que puede obtenerse en el mercado, contiene, además de hierro e impurezas inevitables (en % en peso) del 0,10 - 0,250 % de C, del 1,0 - 1,4 % de Mn, 0,35 - 0,4 % de Si, hasta el 0,03 % de P, hasta el 0,01 % de S, hasta el 0,040 % de Al, hasta el 0,15 % de Ti, hasta el 0,1 % de Nb, en total hasta el 0,5 % de Cr + Mo, así como hasta el 0,005 % de B.

Para chapas de acero de MnB laminadas en caliente y provistas de un recubrimiento de Al, que son apropiadas para la fabricación de elementos constructivos de acero mediante temple por moldeo por presión en caliente, están indicadas especificaciones de aleación en el documento EP 0 971 044 B1, de acuerdo con las que un acero de MnB-Stahl presentará, además de hierro e impurezas inevitables (en % en peso) un contenido de carbono superior al 0,20 %, sin embargo inferior al 0,5 %, un contenido de manganeso superior al 0,5 %, sin embargo inferior al 3 %, un contenido de silicio superior al 0,1 %, sin embargo inferior al 0,5 %, un contenido de cromo superior al 0,01 %, sin embargo inferior al 1 %, un contenido de titanio inferior al 0,2 %, un contenido de aluminio inferior al 0,1 %, un contenido de fósforo inferior al 0,1 %, un contenido de azufre inferior al 0,05 % y un contenido de boro superior al 0,0005 %, sin embargo inferior al 0,08 %. En el caso del recubrimiento de Al se trata de un denominado recubrimiento de AlSi, que se compone del 9 - 10 % en peso de Si, del 2 - 3,5 % en peso de hierro y como resto de aluminio. Los productos planos de acero así creados y recubiertos se calientan hasta una temperatura de calentamiento superior a 700 °C, a continuación se introducen en una herramienta de moldeo por presión, en esta se conforma en caliente para dar el elemento constructivo de acero y a este respecto se enfría tan rápidamente que se genera una estructura de temple en el sustrato de acero del producto plano de acero.

El documento JP2011137210A divulga una chapa de acero aluminizada a fuego (22MnB5) para la conformación en caliente, conteniendo el recubrimiento a base de Al los siguientes elementos de aleación: del 3-15 % en peso de Si, Fe como impureza inevitable y una combinación del 0,05-1,0 % en peso de Mn, del 0,05-1,0 % en peso de Mg, del 0,05-0,5 % en peso de Cr y del 0,05-0,5 % en peso de Mo.

El documento JP2006299377A divulga una chapa de acero aluminizada a fuego (22MnB5) para la conformación en caliente, cuyo recubrimiento a base de Al contiene los siguientes elementos de aleación: del 3-15 % en peso de Si, Fe como impureza inevitable, del 0,1-1,0 % en peso de Cr, del 0,1-1,0 % en peso de Ti y del 1,0-5,0 % en peso de Sn, y adicionalmente al menos un metal alcalinotérreo, por ejemplo Mg, Ca, Sr, Ba.

El documento KR100872569B1 divulga una chapa de acero que presenta B y Mn para la conformación en caliente, estando recubierta la chapa de acero con un sistema de A1-10Si -3Bi- 0,3 Mg (en % en peso).

En estado de bruto de la pieza fundida, todos los productos de acero de manganeso-boro son pobres en hidrógeno. Sus contenidos en hidrógeno difusible se encuentran en cada caso por debajo del limite de detección de, en la actualidad, 0,1 ppm. En consecuencia, los aceros de MnB muestran en principio solo una baja tendencia a la formación de grietas tardía inducida por hidrógeno.

En la práctica, se ha mostrado sin embargo que en el caso de la conformación en caliente de aceros de manganeso-boro recubiertos con revestimientos protectores a base de aluminio en atmósferas de horno más húmedas, se produce un enriquecimiento en hidrógeno en el sustrato de acero. Como motivo de esto se ha identificado una reacción de metal-vapor de agua. Esta reacción se produce cuando el producto plano de acero provisto del recubrimiento de Al para la conformación en caliente se calienta en un horno de calentamiento bajo una atmósfera que contiene vapor de agua hasta temperaturas más altas. A este respecto, el vapor de agua que se encuentra en la atmósfera del horno reacciona en la superficie del material para dar hidrógeno y un óxido de metal. El hidrógeno generado se difunde en el material de acero y puede entonces llevar en el mismo a un fallo retardado, concentrándose preferentemente en zonas de mayor esfuerzo residual de tracción. Si se consigue una concentración de hidrógeno localmente muy alta, esto debilita la unión a los límites intergranulares de la estructura de sustrato de acero en la medida en la que, en el uso, a consecuencia de la tensión que aparece a este respecto, se produce una grieta a lo largo del límite intergranular.

Para evitar la entrada de hidrógeno a consecuencia de la reacción superficial en el horno, se emplean con frecuencia equipos de regulación del punto de rocío. El objetivo en este caso es limitar el vapor de agua disponible en la atmósfera del horno.

Un ejemplo de un modo de proceder de este tipo es el procedimiento descrito en el documento EP 1 767 286 A1. En este procedimiento se calienta un producto plano de acero provisto de un recubrimiento de Al o Zn para su conformación en caliente bajo una atmósfera seca, cuyo contenido de hidrógeno no asciende a más del 6 % en volumen, preferentemente a no más del 1 % en volumen, y cuyo punto de rocío se mantiene en, como máximo, 10 °C, hasta una temperatura que es al menos igual a la temperatura Ac3 y, como máximo, igual a 1100 °C. Mientras que el sustrato de acero del producto plano de acero calentado de esta manera se compone preferentemente de un acero de MnB con el 0,05 - 0,5 % en peso de C, el 0,5 - 3 % en peso de Mn y hasta el 0,05 % en peso de B, en su recubrimiento de Al y Zn, para mejorar la protección contra la corrosión, puede estar contenido en cada caso del 0,1 - 1 % en peso de Cr, del 0,5 - 10 % en peso de Mg, del 0,1 - 1 % en peso de Ti o del 1 - 5 % en peso de Sn. El recubrimiento de Al es a este respecto preferentemente un recubrimiento de AlSi con del 3 - 15 % en peso de Si. Puede estar contenido hierro en el recubrimiento de Al como impureza en contenidos habitualmente del 0,05 - 0,5 % en peso. Ningún ejemplo de realización presentado en el ejemplo EP 1 767 286 A1 trata, no obstante, de un revestimiento de AlSi

que, además de las impurezas inevitables de Fe, contiene un constituyente de aleación adicional. En particular en regiones en las que lo habitual es una elevada humedad del aire, el gasto necesario para la provisión de cantidades suficientes de aire seco o nitrógeno seco, provoca costes de explotación considerables.

En este contexto del estado de la técnica, el objetivo de la invención consistía en crear un producto plano de acero del tipo indicado al principio, en el que esté minimizada la absorción de hidrógeno durante el calentamiento necesario para una conformación en caliente. Además, se indicará un procedimiento para la fabricación de un producto plano de acero de este tipo, y un procedimiento para la fabricación de un elemento constructivo de acero conformado en caliente de este tipo.

Con respecto al producto plano de acero, la invención ha conseguido este objetivo por que un producto plano de acero de este tipo está configurado de acuerdo con la reivindicación 1. Un procedimiento para la fabricación de un producto plano de acero de acuerdo con la invención está indicado en la reivindicación 4.

Un procedimiento para la fabricación de un elemento constructivo de acero conformado en caliente se desprende por último de la reivindicación 6.

Configuraciones ventajosas de la invención están indicadas en las reivindicaciones dependientes y se explican en detalle a continuación como la idea general de la invención.

Un producto plano de acero de acuerdo con la invención comprende un sustrato de acero, que se compone de un acero, que presenta del 0,1 - 3 % en peso de Mn y - hasta el 0,01 % en peso de B, y un revestimiento protector aplicado sobre el sustrato de acero a base de aluminio, que contiene opcionalmente en total hasta el 20 % en peso de otros elementos de aleación.

De acuerdo con la invención, el revestimiento protector a base de Al contiene ahora como constituyentes de aleación adicionales, que tienen una afinidad por el oxígeno mayor que el aluminio, en total del 0,11 - 0,5 % en peso de al menos dos elementos del grupo de los metales alcalinotérreos o de transición, con la condición de que el contenido de magnesio del revestimiento protector ascienda al menos al 0,1 % en peso y el contenido de calcio del revestimiento protector ascienda al menos al 0,01 % en peso, formándose durante la conformación en caliente del

producto plano de acero en la superficie exterior del revestimiento protector un óxido del metal alcalinotérreo o de transición y siendo el revestimiento protector opcionalmente un revestimiento de AlSi con un contenido de Si del 3 - 15 % en peso y/o conteniendo opcionalmente hasta el 5 % en peso de Fe.

El revestimiento protector a base de Al contiene como constituyente de aleación adicional al menos el 0,1 % en peso de Mg, estando formado óxido de magnesio (MgO) tras la conformación en caliente del producto plano de acero a una temperatura de calentamiento de al menos 700 °C en la superficie exterior del revestimiento protector.

Los constituyentes de aleación adicionales agregados de acuerdo con la invención en pequeñas cantidades al revestimiento de Al se caracterizan por una mayor afinidad por el oxígeno que el constituyente principal aluminio del revestimiento protector. Ya con la presencia de pequeñas cantidades de este tipo de un metal alcalinotérreo o de un metal de transición se genera sobre la superficie del revestimiento protector una capa de óxido delgada, que cubre el aluminio que se encuentra entre ella y el sustrato de acero. Esta capa delgada impide, con el calentamiento necesario para la conformación en caliente del producto plano de acero, una reacción del aluminio con la humedad, que está presente en la atmósfera del horno usado para el calentamiento del producto plano de acero. Una oxidación del aluminio del revestimiento y una liberación de hidrógeno asociada con ello, que podría entrar por difusión en el revestimiento y el sustrato de acero del producto plano de acero, se impiden de este modo de manera efectiva. Esto se cumple sorprendentemente en particular también cuando el revestimiento a base de Al, a consecuencia del calentamiento, se vuelve localmente fundido-líquido y se rasga su superficie, de modo que el material de revestimiento fundido- liquido entra en contacto con la atmósfera del horno. En particular en el caso de duraciones de recocido más largas, en los productos planos de acero de acuerdo con la invención se muestra una concentración de hidrógeno menor frente a los productos planos de acero provistos convencionalmente de un recubrimiento de Al en el elemento constructivo conformado en caliente a partir del producto plano de acero.

La invención propone dos modos diferentes para la fabricación de productos planos de acero de acuerdo con la invención.

El modo de proceder preferido de acuerdo con la invención para la fabricación de un producto plano de acero de acuerdo con la invención prevé que se genera un producto plano de acero de acuerdo con la invención por que se proporciona un sustrato de acero en forma de un producto plano de acero producido a partir de un acero, que presenta del 0,1 - 3 % en peso de Mn y hasta el 0,01 % en peso de B, en particular del 0,0005 - 0,01 % en peso de B, y se recubre este sustrato de acero con un revestimiento protector a base de Al, que contiene del 0,11 - 0,5 % en peso de al menos dos elementos de constituyentes de aleación extraídos del grupo de los metales alcalinotérreos o de los metales de transición, con la condición de que el contenido de magnesio del revestimiento protector ascienda al menos al 0,1 % en peso y el contenido de calcio del revestimiento protector ascienda al menos al 0,01 % en peso, así como opcionalmente en total hasta el 20 % en peso de otros elementos de aleación. También para este proceso de recubrimiento se ofrece el recubrimiento por inmersión en fundido, usándose en este caso un baño fundido para el recubrimiento por inmersión en fundido, al que ya se ha añadido por aleación el constituyente de aleación adicional previsto de acuerdo con la invención.

Como alternativa, un producto plano de acero de acuerdo con la invención también se puede fabricar en un modo de proceder en el que se proporciona un sustrato de acero en forma de un producto plano de acero producido a partir de un acero, que presenta del 0,1 - 3 % en peso de Mn y - hasta el 0,01 % en peso de B, en particular del 0,0005 - 0,01 % en peso de B, y que puede presentar, por lo demás, de manera conocida, constituyentes de aleación adicionales para ajustar sus propiedades, a continuación se recubre este sustrato de acero con un revestimiento protector a base de Al, pudiendo contener el revestimiento protector opcionalmente elementos de aleación adicionales, cuyos contenidos pueden ascender en total hasta el 25 % en peso, y por último se aplica sobre revestimiento protector obtenido una capa, que se compone de al menos dos elementos de constituyentes de aleación extraídos del grupo de los metales alcalinotérreos o de los metales de transición, estando dimensionado el grosor de la capa aplicada de modo que el contenido referido al peso total de revestimiento protector y capa aplicada de los constituyentes de aleación adicionales asciende a del 0,11 - 0,5 % en peso. Los grosores de capa adecuados para ello se encuentran, normalmente, en el intervalo de 5 - 35 µm, en particular 10 - 25 µm. A este respecto, esta variante de procedimiento se caracteriza por que permite la aplicación de grosores de capa con los constituyentes de aleación adicionales mencionados tales que pueden añadirse de manera controlada al revestimiento de manera en sí conocida, para ajustar propiedades particulares del revestimiento.

En la fabricación de un producto plano de acero de acuerdo con la invención puede estar previsto en particular que uno de los constituyentes de aleación adicionales, extraídos del grupo de los metales alcalinotérreos o los metales de transición se forma por Mg.

El revestimiento protector a base de Al puede aplicarse de manera especialmente económica mediante recubrimiento por inmersión en fundido, denominado en el lenguaje técnico también "aluminizar al fuego", sobre el producto plano de acero.

Para la aplicación de la capa que se compone de constituyentes de aleación adicionales previstos de acuerdo con la invención es adecuado cualquier procedimiento conocido con el que sea posible la deposición de capas

suficientemente delgadas sobre el revestimiento a base de Al. Pueden mencionarse en este caso los procedimientos de PVD (Physical Vapour Deposition) o de CVD (Chemical Vapour Deposition) conocidos. Asimismo puede concebirse aplicar la capa adicional mediante aplicación por laminación de una lámina de Al a modo de un proceso de plaqueado por laminación sobre el sustrato de acero.

De los metales alcalinotérreos previstos para los fines de acuerdo con la invención adicionalmente en el revestimiento protector de un producto plano de acero de acuerdo con la invención pueden mencionarse en primer lugar magnesio y calcio, teniéndose en cuenta de forma complementaria también estroncio, sodio o bario.

De los metales de transición pueden emplearse por ejemplo Zr y Ti. Estos forman con el hidrógeno presente o que penetra en el revestimiento protector de Al, hidruros de tipo metálico, cuya disociación dura claramente más que el calentamiento del producto plano de acero hasta la temperatura de calentamiento, hasta la que calienta el producto plano de acero para la conformación en caliente, de modo que el producto plano de acero, al comienzo de la conformación en caliente respectiva, presenta la temperatura de conformación en caliente requerida para ello. Para alcanzar temperaturas de conformación en caliente en el intervalo de 700 - 900 °C, la temperatura de calentamiento se encuentra por consiguiente prácticamente en al menos 700 °C.

La cantidad total de elementos de aleación adicionales previstos con el fin de impedir una captación de hidrógeno del producto plano de acero de acuerdo con la invención se encontrará en el intervalo del 0,11 - 0,5 % en peso.

Unos ensayos han dado como resultado en este caso que ya pequeñas cantidades de los al menos dos constituyentes de aleación adicionales previstos de acuerdo con la invención pueden ser suficientes para los fines de acuerdo con la invención. En este caso resultan favorables contenidos lo más bajos posibles en constituyentes de aleación previstos adicionalmente de acuerdo con la invención, porque entonces ha concluido rápidamente la oxidación de los constituyentes de aleación adicionales, la superficie del revestimiento protector está pasivada rápidamente de manera correspondiente y del constituyente de aleación adicional tampoco procede una formación de hidrógeno excesiva.

Por lo tanto, los contenidos en los constituyentes de aleación adicionales previstos de acuerdo con la invención para el fin de impedir la captación de hidrógeno del producto plano de acero están limitados preferentemente a menos del 0,5 % en peso, en particular menos del 0,45 % en peso o como máximo el 0,4 % en peso. Esto se cumple en particular teniendo en cuenta que unos ensayos han mostrado en este caso que también ya en el caso de contenidos de hasta el 0,35 % en peso, se consiguen efectos suficientes para los fines de acuerdo con la invención.

En el caso de que el revestimiento Al se aplique como recubrimiento por inmersión en fundido y se añade por aleación la cantidad prevista de acuerdo con la invención de constituyentes de aleación adicionales al baño fundido, la adición de pequeñas cantidades, además de un impedimento opcional de la captación de hidrógeno, la ventaja de que, está minimizado el riesgo de la generación de mayores cantidades de escoria en el baño fundido, desencadenado por su presencia en el baño fundido. Una formación de escoria elevada podría perjudicar la calidad del revestimiento.

Como constituyente de aleación adicional especialmente adecuado para impedir la captación de hidrógeno ha dado buen resultado magnesio, que puede introducirse por aleación adecuadamente en revestimientos protectores de Al del tipo mencionado en este caso. La cantidad añadida de Mg se ajusta de manera óptima de modo que en el revestimiento protector está presente al menos el 0,1 % en peso y como máximo el 0,5 % en peso de Mg, habiendo resultado especialmente favorables, por los motivos ya explicados anteriormente, contenidos en Mg inferiores al 0,5 % en peso, en particular inferiores al 0,45 % en peso o al 0,4 % en peso o al 0,35 % en peso, en la práctica para los fines de acuerdo con la invención.

Puede estar presente calcio en el revestimiento de Al de acuerdo con la invención para los fines de acuerdo con la invención como constituyente de aleación adicional en contenidos del 0,01 - 0,5 % en peso, siendo válido también en este caso, por los motivos ya explicados, que pueden ser ventajosos bajos contenidos en Ca de hasta el 0,02 % en peso.

Por los mismos motivos, puede estar presente también estroncio en un revestimiento protector de acuerdo con la invención en contenidos del 0,005 - 0,25 % en peso como elemento de aleación adicional. A este respecto, puede ser ventajoso también en este caso limitar el contenido de Sr en hasta el 0,15 % en peso, en particular hasta el 0,10 % en peso.

Puede añadirse bario al revestimiento protector de acuerdo con la invención como constituyente de aleación adicional para los fines de acuerdo con la invención en contenidos del 0,005 - 0,25 % en peso, resultando especialmente favorables, por los motivos explicados, en este caso, contenidos de Ba del 0,005 - 0,05 % en peso.

Si se añaden zirconio y titanio al revestimiento protector como elementos de aleación adicionales para los fines de acuerdo con la invención, entonces esto puede tener lugar en cantidades en cada caso del 0,15 - 0,7 % en peso, siendo especialmente favorables, por los motivos ya explicados, contenidos de como máximo el 0,5 % en peso, en

particular como máximo el 0,4 % en peso o como máximo el 0,35 % en peso.

En el caso del revestimiento protector de un producto plano de acero de acuerdo con la invención se trata normalmente de un revestimiento de AlSi que, además de Al contiene del 3 - 15 % en peso de Si. Los contenidos de Si típicos de los revestimientos de AlSi de este tipo se encuentran en el intervalo del 9 - 12 % en peso, conteniendo un revestimiento de AlSi convencional conocido por la práctica, el 10 % en peso.

Además de o como alternativa al contenido de Si, en el revestimiento protector a base de Al pueden estar contenidos constituyentes de aleación adicionales. Entre estos figura en particular hasta el 5 % en peso de Fe, que llega como impureza al revestimiento o que puede añadirse de manera controlada para una unión optimizada del revestimiento al sustrato de acero del producto plano de acero. El contenido de impurezas en el revestimiento puede ascender hasta el 0,5 % en peso.

Tal como ya se mencionó, los constituyentes de aleación adicionales previstos de acuerdo con la invención forman, a más tardar en el transcurso del calentamiento del producto plano de acero con el agua, con la que está cargada la atmósfera del horno, en la superficie del revestimiento protector, una capa de óxido delgada, que impide una penetración de hidrógeno en el producto plano de acero y una oxidación que libera hidrógeno adicional del aluminio del revestimiento protector. En el caso de un elemento constructivo de acero conformado en caliente a partir de un producto plano de acero de acuerdo con la invención, esta capa es solo de un grosor hasta 200 nm, habiendo resultado suficientes en la práctica grosores de capa de hasta 100 nm.

Un elemento constructivo de acero de acuerdo con la invención se puede fabricar proporcionando un producto plano de acero de acuerdo con la invención de la manera explicada anteriormente, entonces se calienta el producto plano de acero hasta una temperatura de conformación en caliente, teniendo lugar el calentamiento bajo atmósfera ambiental o una atmósfera reducida en H_2O y por último se conforma en caliente el producto plano de acero calentado para dar el elemento constructivo de acero.

La conformación en caliente puede realizarse a este respecto de manera conocida de modo que la temperatura de conformación en caliente sea tan alta que la estructura del sustrato de acero sea austenítica, y el producto plano de acero tras la conformación (proceso de dos etapas) o en el transcurso de la conformación, es decir, todavía en la herramienta de conformación (proceso de una etapa), se templa, de modo que en la estructura del sustrato de acero del producto plano de acero se forma la estructura de temple.

A continuación se explica en más detalle la invención por medio de ejemplos de realización. Muestran:

la figura 1 una estructura de capas de un revestimiento protector presente en un elemento constructivo de acero en una representación esquemática;

la figura 2 un diagrama, que reproduce el resultado de una medición de GDOES de las capas próximas a la superficie de un producto plano de acero de acuerdo con la invención tras un recubrimiento por inmersión en fundido, sin embargo antes de un temple por moldeo por presión en caliente;

la figura 3 un diagrama, que reproduce el resultado de una medición de GDOES de las capas próximas a la superficie de un producto plano de acero de acuerdo con la invención tras un temple por moldeo por presión en caliente;

la figura 4 un diagrama, en el que la captación de hidrógeno introducida a lo largo de diferentes duraciones de recocido de productos planos de acero provistos de un revestimiento protector de AlSi convencional y de revestimientos protectores de acuerdo con la invención están comparadas entre sí.

Para los ensayos llevados a cabo para la detección del efecto de la invención se han usado dos muestras El y V de una banda de acero que se compone de un acero de MnB, cuya composición están indicada en la Tabla 1.

Tabla 1

C	Si	Mn	P	S	Al	Ti	Cr+Mo	B
0,22	0,25	1,16	0,014	0,002	0,038	0,023	0,21	0,0026
el resto hierro e impurezas inevitables, datos en % en peso								

Las muestras libres de hidrógeno en este momento El y V están provistas en cada caso mediante recubrimiento por inmersión en fundido de un revestimiento protector de AlSi, cuya composición están indicada en la Tabla 2.

Tabla 2

Muestra	Si	Mg	Fe
E1	10	0,4	a 3
V	10	-	a 3

(continuación)

Muestra	Si	Mg	Fe
el resto aluminio e impurezas inevitables, datos en % en peso			

El peso de carga mínimo del revestimiento protector ascendió en cada caso a 120 g/m^2.

Las muestras de producto plano de acero provistas de un revestimiento protector E1 y V se han calentado hasta 900 °C en cada caso en el paso a lo largo de una duración de recocido GD de 360 s, 600 s u 800 s (véase la Figura 4) en un horno bajo una atmósfera normal, cuyo punto de rocío se encontraba en +14,0 °C. A continuación se han transportado en un tiempo de transferencia de 4 - 6 segundos a una herramienta de moldeo por presión en caliente y allí se han conformado en caliente dando un elemento constructivo. En el transcurso de la conformación en caliente se ha enfriado la muestra respectiva tan rápidamente que en la estructura de su sustrato de acero se ha generado una estructura de temple.

Tal como se representa esquemáticamente en la Figura 1, en la muestra de acuerdo con la invención E1, cuyo revestimiento protector "C" situado sobre el sustrato de acero "S", que comprende compuestos de FeAl(Si) como constituyente de aleación adicional contiene en cada caso Mg, se ha generado en el transcurso del tratamiento de recocido una capa de MgO "M" que limita con la superficie O del revestimiento protector S que, además de MgO contiene también Al_2O_3. La capa M protege la capa de AlSi "A" situada por debajo, que comprende compuestos de FeAl(Si), frente a la atmósfera del horno húmeda "P" e impide de este modo una oxidación excesiva del aluminio de la capa A.

Para la muestra E1 está representado en la Figura 2 el resultado de un análisis de GDOES del revestimiento protector tras el recubrimiento por inmersión en fundido y antes del endurecimiento por presión en caliente y en la Figura 3 el resultado de un análisis de GDOES del revestimiento protector tras el endurecimiento por presión en caliente. Se muestra que tanto antes como después del endurecimiento por presión en caliente está presente una capa de Mg delgada sobre el revestimiento de AlSi.

Una comparación de las Figuras 2 y 3 muestra que el porcentaje de magnesio antes del endurecimiento por presión está distribuido de manera esencialmente uniforme en la capa (Figura 2), mientras que este se ha enriquecido después del endurecimiento por presión en una capa próxima a la superficie (Figura 3).

En los constituyentes de acero generados de esta manera a partir de las muestras E1 y V se ha determinado el contenido de hidrógeno Hdiff, que ha entrado por difusión en el transcurso del tratamiento térmico en el sustrato de acero.

En la Figura 4 están comparados los resultados de estos exámenes para las muestras E1 y V recocidas durante diferentes duraciones. Se muestra que el revestimiento protector de acuerdo con la invención provoca incluso entonces una reducción decisiva de la captación de hidrógeno, cuando está presente Mg solo en cantidades muy pequeñas en el revestimiento protector.

REIVINDICACIONES

1. Producto plano de acero para una conformación en caliente que se compone de un sustrato de acero de un acero con del 0,1 - 3 % en peso de Mn y hasta el 0,01 % en peso de B y un revestimiento protector, a base de Al, aplicado sobre el sustrato de acero, en donde el revestimiento protector como constituyentes de aleación adicionales, que tienen una afinidad por el oxígeno mayor que el aluminio, contiene en total del 0,11 - 0,5 % en peso de al menos dos elementos del grupo de los metales alcalinotérreos o de los metales de transición, con la condición de que el contenido de magnesio del revestimiento protector ascienda al menos al 0,1 % en peso y el contenido de calcio del revestimiento protector ascienda al menos al 0,01 % en peso, y opcionalmente en total hasta el 20 % en peso de otros elementos de aleación, formándose durante la conformación en caliente del producto plano de acero en la superficie exterior del revestimiento protector un óxido del metal alcalinotérreo o de transición y siendo el revestimiento protector opcionalmente un revestimiento de AlSi con un contenido de Si del 3 - 15 % en peso y/o conteniendo opcionalmente hasta el 5 % en peso de Fe.

2. Producto plano de acero según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el contenido de Mg del revestimiento protector asciende hasta el 0,4 % en peso.

3. Producto plano de acero según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el revestimiento protector está aplicado mediante recubrimiento por inmersión en fundido.

4. Procedimiento para la fabricación de un producto plano de acero creado de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3 que comprende las siguientes etapas de trabajo:

- proporcionar un sustrato de acero en forma de un producto plano de acero producido a partir de un acero que presenta del 0,1 - 3 % en peso de Mn y hasta el 0,01 % en peso de B;
- recubrir el sustrato de acero con un revestimiento protector a base de Al, que contiene del 0,11 - 0,5 % en peso de al menos dos de los constituyentes de aleación extraídos del grupo de los metales alcalinotérreos o de los metales de transición, que tienen una afinidad por el oxígeno mayor que el aluminio, con la condición de que el contenido de magnesio del revestimiento protector ascienda al menos al 0,1 % en peso y el contenido de calcio del revestimiento protector ascienda al menos al 0,01 % en peso, así como opcionalmente en total hasta el 20 % en peso de otros elementos de aleación, un contenido de Si del 3 - 15 % en peso y/o hasta el 5 % en peso de Fe.

5. Procedimiento según la reivindicación 4, **caracterizado por que** el revestimiento protector se aplica sobre el sustrato de acero mediante recubrimiento por inmersión en fundido.

6. Procedimiento para la fabricación de un elemento constructivo de acero conformado en caliente, que comprende las siguientes etapas de trabajo:

- fabricar un producto plano de acero mediante aplicación de un procedimiento indicado en las reivindicaciones 4 o 5;
- calentar el producto plano de acero hasta una temperatura de calentamiento para la conformación en caliente, teniendo lugar el calentamiento bajo atmósfera ambiente o bajo atmósfera con un contenido reducido de H_2O;
- conformar en caliente el producto plano de acero para dar el elemento constructivo de acero.

7. Procedimiento según la reivindicación 6, **caracterizado por que** la temperatura de calentamiento es tan alta que el producto plano de acero al comienzo de la conformación tiene una temperatura de conformación en caliente a la que la estructura del sustrato de acero es austenítica, y por que el producto plano de acero se enfría bruscamente tras la conformación o en el transcurso de la conformación, de modo que en la estructura del sustrato de acero del producto plano de acero se forma la estructura de temple.

8. Procedimiento según la reivindicación 7, **caracterizado por que** la temperatura de calentamiento asciende al menos a 700 °C.

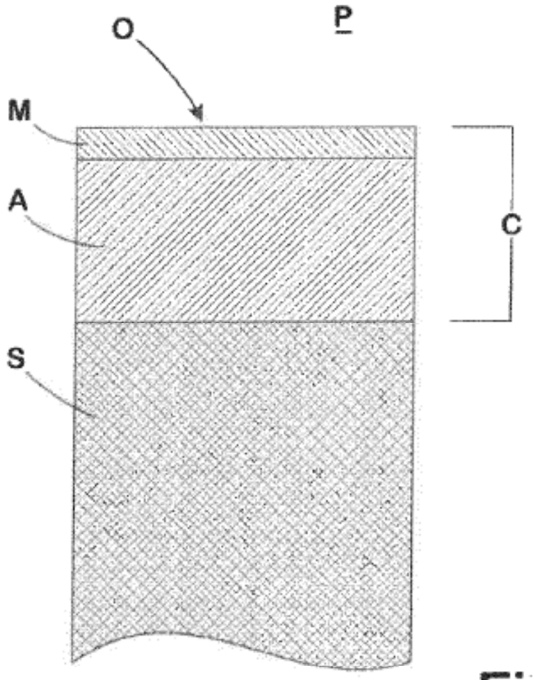

Fig. 1

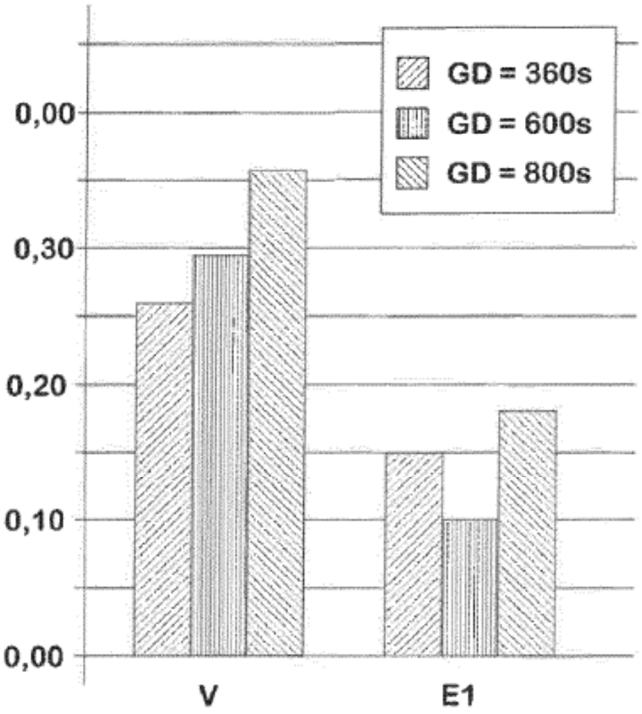

Fig. 4

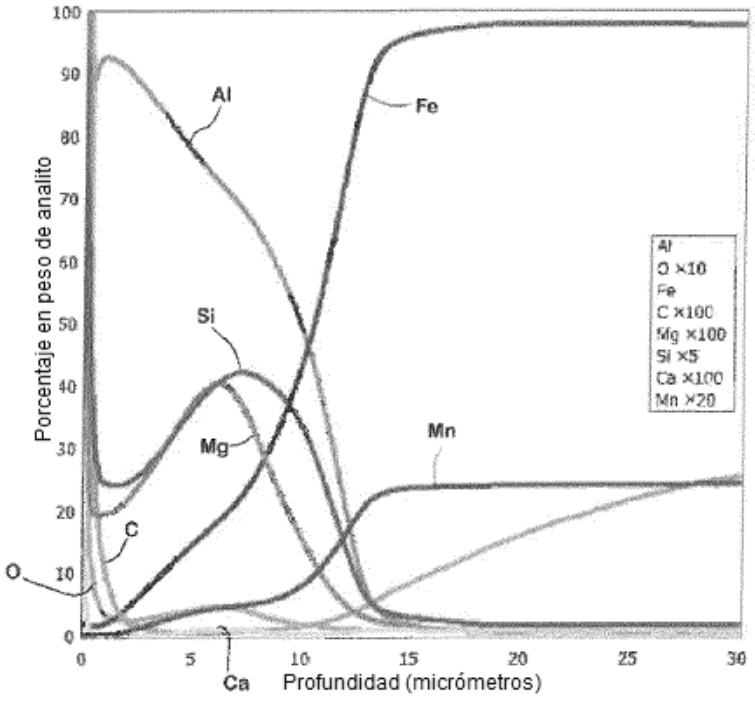
Porcentaje en peso de analito
Profundidad (micrómetros)
Al
Fe
Si
Mg
Mn
C
O
Ca
Al
O ×10
Fe
C ×100
Mg ×100
Si ×5
Ca ×100
Mn ×20

Fig. 2

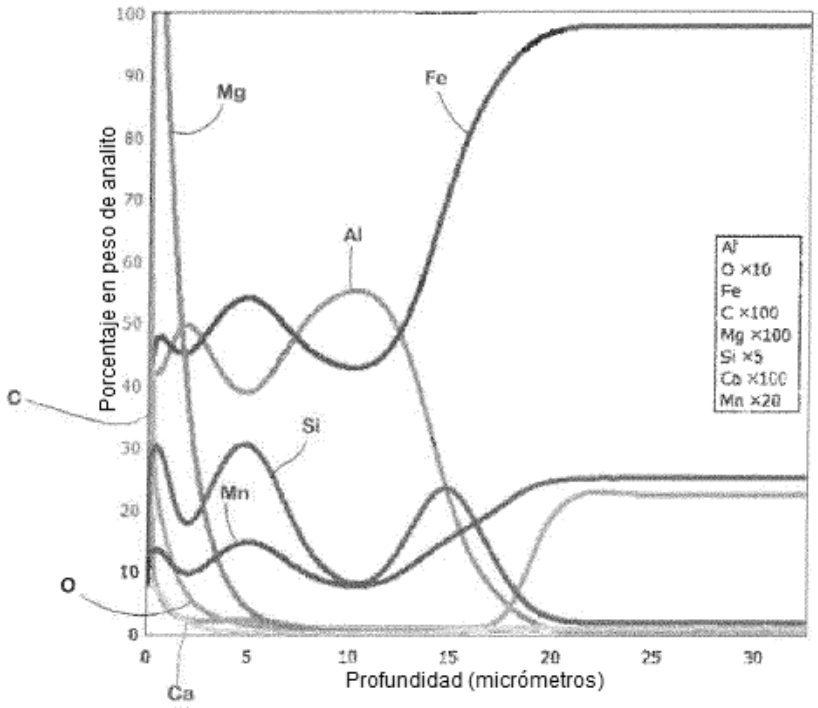
Porcentaje en peso de analito
Profundidad (micrómetros)
Mg
Fe
Al
C
Si
Mn
O
Ca
Al
O ×10
Fe
C ×100
Mg ×100
Si ×5
Ca ×100
Mn ×20

Fig. 3