

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 752 057**

51 Int. Cl.:

C23C 14/16 (2006.01)

C23C 14/30 (2006.01)

C23C 14/58 (2006.01)

C21D 1/673 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.05.2014** **E 14167917 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.09.2019** **EP 2944706**

54 Título: **Procedimiento para la fabricación de una pieza de construcción de acero moldeada mediante conformación en caliente a partir de una chapa de acero que presenta un revestimiento metálico**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.04.2020

73 Titular/es:
THYSSENKRUPP STEEL EUROPE AG (50.0%)
Kaiser-Wilhelm-Strasse 100
47166 Duisburg, DE y
THYSSENKRUPP AG (50.0%)

72 Inventor/es:
SCHUHMACHER, BERND;
SCHWERDT, CHRISTIAN;
SCHROOTEN, AXEL y
BAUSE, RALF

74 Agente/Representante:
VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 752 057 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 para la fabricación de una pieza de construcción de acero moldeada mediante conformación en caliente a partir de una chapa de acero que presenta un revestimiento metálico

5 La invención se refiere a un procedimiento para la fabricación de una pieza de construcción de acero moldeada de manera tridimensional a partir de una chapa de acero que presenta un revestimiento metálico, que se calienta y a continuación se conforma mediante conformación en caliente en la pieza de construcción de acero, presentando la chapa de acero usada una aleación a base de Fe-Al como revestimiento metálico.

10 Durante el calentamiento de acero hasta temperaturas por encima de aprox. 500 °C en una atmósfera que contiene oxígeno se forma sobre la superficie de acero una capa de óxido, la denominada cascarilla. La formación de cascarilla es por regla general indeseable, dado que causa problemas considerables. Así, la introducción por prensado de la cascarilla durante la conformación en caliente de la chapa de acero puede conducir a marcaciones de superficie o bien a una calidad de superficie insuficiente o incluso inaceptable. La cascarilla aumenta debido a su alta dureza el desgaste de los rollos transportadores que llevan la chapa de acero que va a conformarse así como de los moldes de conformación. La separación de la cascarilla origina adicionalmente costes.

15 El documento JP 2011137210 A describe un procedimiento para la fabricación de chapa de acero que puede conformarse en caliente, revestida con aluminio mediante revestimiento por inmersión en baño fundido, en el que el revestimiento de Al de la chapa de acero revestida por inmersión en baño fundido se convierte mediante tratamiento con calor en un horno de campana para recocer a una temperatura en el intervalo de 600 y 800 °C en una capa de aleación de Al-Fe.

20 El documento EP 2 312 005 A1 da a conocer una chapa de acero revestida con aluminio para la conformación en caliente, cuyo revestimiento de Al se convierte igualmente mediante tratamiento con calor en un horno de campana para recocer en una capa de aleación de Al-Fe. La temperatura de recocido debe encontrarse a este respecto en el intervalo de 600 y 750 °C.

25 El documento JP 2010 018860 A da a conocer igualmente una chapa de acero revestida con aluminio para la conformación en caliente, cuyo revestimiento de Al se convierte mediante tratamiento con calor en un horno de campana para recocer en una capa de aleación de Al-Fe.

30 El documento EP 2 578 719 A1 describe un acero que está dotado de una capa de aleación de Al mediante revestimiento por inmersión en baño fundido, presentando el revestimiento del 25-75 % en peso de Fe, del 2-20 % en peso de Mg, del 0,02-2 % en peso de Ca, el resto aluminio e impurezas inevitables.

35 En la publicación "Cathodic arc deposited FeAl coatings: properties and oxidation characteristics", de S. Paldey *et al.* en Materials Science and Engineering A, tomo 355, n.º 1-2, 25 de agosto de 2003, páginas 208-215, se describen revestimientos de Fe-Al sobre acero, que se preparan por medio de precipitación física en fase gaseosa (PVD) y presentan una proporción de Al del 40-45 % en peso.

40 La presente invención se basa en el objetivo de indicar un procedimiento del tipo mencionado anteriormente, en el que se eviten en gran parte los problemas de la formación de cascarilla. En particular se basa la invención en el objetivo de proporcionar una chapa de acero que está dotado de un revestimiento metálico protector frente a la cascarilla especialmente para piezas de construcción que van a fabricarse mediante conformación en caliente.

45 En cuanto al procedimiento, este objetivo se logra mediante un procedimiento con las características indicadas en la reivindicación 1. Configuraciones ventajosas y preferentes del procedimiento de acuerdo con la invención están indicadas en las reivindicaciones que se refieren a la reivindicación 1.

50 Para proteger la chapa de acero o bien una pieza de construcción de acero fabricada a partir de ésta mediante conformación en caliente (endurecimiento en prensa) frente a la formación de cascarilla, se aplica de acuerdo con la invención una aleación a base de Fe-Al por medio de precipitación física en fase gaseosa directamente sobre la chapa de acero, realizándose un calentamiento de la chapa de acero hasta una temperatura en el intervalo de 250 a 500 °C tras la aplicación de la precipitación física en fase gaseosa, de modo que el revestimiento presenta ya antes del calentamiento de la chapa de acero revestida que va a realizarse para la conformación en caliente una fase de Fe-Al estable hasta por encima de 900 °C, y conteniendo el revestimiento así generado

55 del 30 - 60 % en peso de Fe,
al menos un elemento del grupo de elementos de aleación que está constituido por de Mg, Ti, Si, Li y Ca con una proporción del
0,1 - 10 % en peso de Mg,
0,1 - 5 % en peso de Ti,
60 0,1 - 10 % en peso de Si,
0,1 - 10 % en peso de Li y

0,1 - 10 % en peso de Ca,
y además como resto al menos el 28 % en peso de Al,
conteniendo el revestimiento como máximo el 20 % en peso de los elementos de aleación que están constituidos
por Mg, Ti, Si, Li y Ca.

5 A diferencia de un revestimiento con una capa de aleación intermetálica, que se genera mediante un “recocido previo”, se aplica directamente de acuerdo con la invención la aleación a base de Fe o bien a base de Fe-Al. Para ello es adecuado especialmente una precipitación física en fase gaseosa (el denominado procedimiento PVD). Este procedimiento permite un proceso de revestimiento continuo.

10 El revestimiento de acuerdo con la invención tiene las siguientes ventajas:

15 1. La reacción del revestimiento con las piezas de construcción del horno de la instalación de conformación en caliente, en particular los rodillos transportadores cerámicos, se ha impedido mediante la fase de Fe-Al ya estabilizada. Esto tiene efectos positivos sobre la calidad de la superficie de la chapa de acero revestida y reduce el gasto de mantenimiento con respecto al horno.

20 2. El revestimiento ya previamente aleado puede calentarse claramente de manera más rápida debido a la mejor emisividad (capacidad de absorción), lo que permite un acortamiento del proceso de conformación en caliente. Esto conduce a un aumento de la productividad y a una reducción de los costes de fabricación de las piezas de construcción de acero endurecidas en prensa generadas.

25 3. El desgaste de los moldes de conformación se ha reducido mediante la evitación de apelmazamiento en consecuencia de las partes constituyentes del revestimiento aún no aleadas completamente (“pastosas”). También debido a ello se minimizan los tiempos de parada y se ahorran costes.

30 Las partes constituyentes de aleación magnesio, titanio, silicio, litio y calcio tienen un potencial de corrosión más alto que hierro, de manera que se favorece una cierta protección catódica en zonas eventualmente dañadas del revestimiento endurecido en prensa. Debido a la tendencia a la formación de una fase de bajo punto de fusión con aluminio y el riesgo unido a ello de grietas inducidas en fase líquida se prescinde en el revestimiento de acuerdo con la invención del uso de cinc como elemento de aleación.

35 Una configuración preferente de la invención está caracterizada por que la aleación a base de Fe-Al contiene al menos el 38 % en peso de Al. Mediante esto se eleva la acción de protección frente a la formación de cascarilla, sin influir negativamente en el material base.

40 Según otra configuración ventajosa de la invención contiene la aleación a base de Fe-Al del 0,1 - 10 % en peso de Mg y/o del 0,1 - 5 % en peso de Ti. Las partes constituyentes de aleación magnesio y titanio tienen un efecto positivo sobre la superficie del revestimiento. Ciertos ensayos han mostrado que en un intervalo de proceso amplio se ajusta una rugosidad óptima, que conduce por un lado a una protección frente a la corrosión mejorada mediante una rugosidad base reducida (Ra, Rz), y por otro lado da como resultado un número de picos elevado (R_{Pc}), mediante lo cual se mejora la adherencia de la laca de la capa de laca aplicada en el proceso KTL.

45 Es también ventajoso cuando la aleación a base de Fe-Al según otra configuración preferente contiene del 0,1 - 10 % en peso de Li y/o del 0,1 - 10 % en peso de Ca. Ciertos ensayos han mostrado que mediante esto puede mejorarse claramente la protección frente a la corrosión catódica. Esto se aplica en particular también para la adición de magnesio.

50 Pueden conseguirse resultados especialmente buenos en cuanto a la acción de protección frente a la formación de cascarilla así como frente a la corrosión, cuando la aleación a base de Fe-Al según otra configuración preferente contiene como máximo el 15 % en peso y preferentemente como máximo el 12 % en peso de los elementos de aleación que están constituidos por Mg, Ti, Si, Li y Ca.

55 El calentamiento posterior del sustrato de acero revestido hasta 250 – 500 °C provoca una mejora de la adherencia de capa. Si a continuación se reviste por inmersión en baño fundido, sobra un calentamiento adicional.

60 Para la generación de piezas de construcción de acero con peso reducido con propiedades mecánicas muy altas puede endurecerse la chapa de acero en otra configuración del procedimiento de acuerdo con la invención durante la conformación en caliente y/o a continuación de la conformación en caliente mediante enfriamiento rápido.

A continuación se explica en más detalle la invención por medio de ejemplos de realización (ensayos).

Ensayo 1 :

65 Un material base, por ejemplo un acero que puede endurecerse en prensa del tipo 22MnB5, se revistió por medio de precipitación física en fase gaseosa (PVD) en el proceso de revestimiento continuo con aprox. el 60 % en peso de Al

y aprox. el 39 % en peso de Fe así como aprox. el 1 % en peso de Ti. Se consiguió esto mediante la precipitación simultánea de hierro y titanio por medio de una evaporación de haz de electrones así como la precipitación de aluminio en una etapa de procedimiento PVD térmica separada. Se obtuvo un espesor de capa de aprox. 8 μm . Esta capa se compactó posteriormente a continuación en un horno de paso continuo térmicamente a aprox. 500 °C y un tiempo de tratamiento (tiempo de retención) de aprox. 60 segundos. La compactación posterior térmica sirve para la mejora de la adherencia de las capas así como para una primera formación de aleación mediante difusión de sólidos.

La banda de acero generada así en el proceso de revestimiento de bandas continuo se cortó a continuación, de acuerdo con los procesos de procesamiento posterior por parte del cliente, en placas y se alimentó al proceso de endurecimiento en prensa. Durante la fase de calentamiento acortada de 6 minutos a 3 minutos en el horno de endurecimiento en prensa de laboratorio se ajusta un recubrimiento metálico (revestimiento) con aprox. el 55 % en peso de Fe y aprox. el 45 % en peso de Al así como una capa de óxido de titanio y aluminio de solo aprox. 150 nm de espesor. El recubrimiento presentaba una rugosidad base muy adecuada para el procesamiento posterior, en particular el lacado de $R_a = 0,8 - 1 \mu\text{m}$ y $RPC = 150 - 200$.

Se determinó que ni los rodillos transportadores cerámicos del horno de paso continuo ni en los moldes de conformación pudieron detectarse adherencias de aluminio.

Se determinó de manera sorprendente también que la rugosidad base reducida a diferencia de una chapa de referencia con un recubrimiento de aluminio-silicio conduce a una mejora de la protección frente a la corrosión en piezas de construcción de acero revestidas en el procedimiento KTL.

Ensayo 2:

Un material base, por ejemplo acero que puede endurecerse en prensa del tipo 22MnB5, se revistió por medio de precipitación física en fase gaseosa en el proceso de revestimiento continuo con aprox. el 50 % en peso de Al y aprox. el 45 % en peso de Fe así como aprox. el 5 % en peso de Mg. Se consiguió esto mediante la precipitación simultánea de aluminio y magnesio por medio de PVD por chorro de crisoles separados así como la precipitación de hierro en una etapa de revestimiento separada por medio de evaporación por haz de electrones. El espesor de capa así obtenido ascendía a aprox. 8 μm . Esta capa se compactó posteriormente a continuación en un horno de paso continuo térmicamente a aprox. 400 °C durante aprox. 60 segundos. La compactación posterior térmica sirve para la mejora de la adherencia de las capas así como para una primera formación de aleación mediante difusión de sólidos.

La banda de acero generada así en el proceso de revestimiento de bandas continuo se cortó a continuación, de acuerdo con los procesos de procesamiento posterior por parte del cliente, en placas y se alimentó al proceso de endurecimiento en prensa. Durante la fase de calentamiento acortada de 6 minutos a 3,5 minutos en el horno de endurecimiento en prensa de laboratorio se ajusta un recubrimiento metálico (revestimiento) con aprox. el 55 % en peso de Fe, aprox. el 42 % en peso de Al y aprox. el 3 % en peso de magnesio así como una capa de óxido de magnesio y aluminio de aprox. 1 μm de espesor. El recubrimiento presentaba una rugosidad base muy adecuada para el procesamiento posterior, en particular el lacado de $R_a = 1 - 2,2 \mu\text{m}$ y $RPC = 100 - 120$.

Se determinó que ni los rodillos transportadores cerámicos del horno de paso continuo ni en los moldes de conformación pudieron detectarse adherencias de aluminio.

Además se determinó de manera sorprendente también que la profundidad de corrosión en la chapa de acero, determinada mediante estudios típicos para automóviles en una ranura y el canto de la chapa, en piezas de construcción revestidas en el procedimiento KTL debido al magnesio existente resulta claramente más baja que en el caso de chapa fina de acero con un revestimiento estándar de aluminio-silicio.

Ensayo 3 (variante no de acuerdo con la invención):

Sobre un material base, por ejemplo acero que puede endurecerse en prensa del tipo 22MnB5, se aplicó de manera electrolítica en primer lugar una capa de Fe de aprox. 4 μm de espesor. A continuación, tras el calentamiento del sustrato hasta 350 °C, se aplicó por medio de un proceso de PVD térmico una capa de aluminio-magnesio de aprox. 6 μm de espesor. Ambas partes constituyentes de aleación (Al y Mg) se depositan simultáneamente de dos crisoles separados. La capa de Al que resulta tenía una proporción de Mg de aprox. el 10 % en peso. Esta capa produce sobre el sustrato de acero de manera remanente también una protección frente a la corrosión por regla general pasiva en la pieza de construcción endurecida en prensa.

La banda de acero generada así en el proceso de revestimiento de bandas continuo se cortó a continuación, de acuerdo con los procesos de procesamiento posterior por parte del cliente, en placas y se alimentó al proceso de endurecimiento en prensa. Durante la fase de calentamiento acortada de 6 minutos a 3,5 minutos en el horno de endurecimiento en prensa de laboratorio se ajusta un recubrimiento metálico (revestimiento) con aprox. el 60 % en

ES 2 752 057 T3

5 peso de Fe, aprox. el 42 % en peso de Al y aprox. el 3 % en peso de magnesio así como una capa de óxido de magnesio y aluminio de aprox. 1 μm de espesor. El recubrimiento presentaba una rugosidad base muy adecuada para el procesamiento posterior, en particular el lacado de $R_a = 1 - 2,2 \mu\text{m}$ y $RPC = 100 - 120$. Se determinó que ni los rodillos transportadores cerámicos del horno de paso continuo ni en los moldes de conformación pudieron detectarse adherencias de aluminio.

10 Además se determinó de manera sorprendente que la profundidad de corrosión en el sustrato de acero, determinada mediante estudios típicos para automóviles en una ranura y el canto de la chapa, en piezas de construcción revestidas en el procedimiento KTL debido al magnesio existente resulta claramente más baja que en el caso de chapa fina de acero con un revestimiento estándar de aluminio-silicio.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la fabricación de una pieza de construcción de acero moldeada de manera tridimensional a partir de una chapa de acero que presenta un revestimiento metálico, que se calienta y a continuación se conforma mediante conformación en caliente en la pieza de construcción de acero, presentando la chapa de acero usada una aleación a base de Fe-Al como revestimiento metálico, **caracterizado por que** la aleación a base de Fe-Al se aplica por medio de precipitación física en fase gaseosa directamente sobre la chapa de acero, en donde se realiza una regulación de la temperatura de la chapa de acero hasta una temperatura en el intervalo de 250 a 500 °C tras la aplicación de la precipitación física en fase gaseosa, de modo que el revestimiento ya antes del calentamiento de la chapa de acero revestida que va a realizarse para la conformación en caliente presenta una fase de Fe-Al estable hasta por encima de 900 °C, y en donde el revestimiento así generado contiene
- el 30 - 60 % en peso de Fe,
al menos un elemento del grupo de elementos de aleación que está constituido por Mg, Ti, Si, Li y Ca con una proporción del
0,1 - 10 % en peso de Mg,
0,1 - 5 % en peso de Ti,
0,1 - 10 % en peso de Si,
0,1 - 10 % en peso de Li y
0,1 - 10 % en peso de Ca,
y además como resto al menos el 28 % en peso de Al,
en donde el revestimiento contiene como máximo el 20 % en peso de los elementos de aleación que están constituidos por Mg, Ti, Si, Li y Ca.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** la aleación a base de Fe-Al contiene al menos el 38 % en peso de Al.
3. Procedimiento según las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado por que** la aleación a base de Fe-Al contiene el 0,1 - 10 % en peso de Mg y/o el 0,1 - 5 % en peso de Ti.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** la aleación a base de Fe-Al contiene el 0,1 - 10 % en peso de Li y/o el 0,1 - 10 % en peso de Ca.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** la chapa de acero se endurece durante la conformación en caliente y/o a continuación de la conformación en caliente mediante enfriamiento rápido.