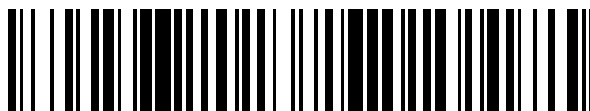


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 561 059**

51 Int. Cl.:

C23C 2/26 (2006.01)

C23C 2/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.10.2006** **E 06820214 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.12.2015** **EP 1943368**

54 Título: **Procedimiento de fabricación de una pieza de características mecánicas muy elevadas a partir de una plancha laminada y revestida**

30 Prioridad:

27.10.2005 WO PCT/FR2005/002689

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

24.02.2016

73 Titular/es:

**ARCELORMITTAL FRANCE (100.0%)
1-5, RUE LUIGI CHERUBINI
93200 SAINT DENIS, FR**

72 Inventor/es:

**BELLO, ALAIN;
FABBRI, VIVIAN y
DUGELAY, GÉRARD**

74 Agente/Representante:

PONTI SALES, Adelaida

ES 2 561 059 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de fabricación de una pieza de características mecánicas muy elevadas a partir de una plancha laminada y revestida

5

[0001] La invención se refiere a la fabricación de piezas de acero revestido laminado en caliente o en frío con elevada resistencia mecánica, así como resistencia a la corrosión.

[0002] Para algunas aplicaciones, se busca producir piezas de acero que combinen una elevada resistencia mecánica, una gran resistencia a los impactos y una buena resistencia a la corrosión. Este tipo de combinación es particularmente deseable en la industria del automóvil, donde el objetivo es producir vehículos significativamente más ligeros. Esto se puede lograr, en particular, utilizando piezas de aceros con propiedades mecánicas muy elevadas cuya microestructura sea martensítica o bainítico-martensítica: piezas anti-intrusión, estructurales o de seguridad de los vehículos de motor, como guardabarros, travesaños de parachoques, refuerzos de puertas o de pilares centrales, soportes de rueda, etc., requieren, por ejemplo, las cualidades mencionadas.

[0003] La publicación EP1630244A1 describe un procedimiento de fabricación de una pieza de acero mediante moldeado en caliente en prensa, a partir de una preforma previamente revestida con una aleación de zinc que cuente con menos de 0,5 % en peso de aluminio, de modo que se evite la excesiva formación de óxidos de aluminio en la superficie del revestimiento.

[0004] La publicación EP0365682B1 describe un proceso para producir una plancha de acero prepintada, que incluye una etapa de revestimiento por templado en caliente en un baño de zinc, que contenga, en particular, entre 0,3 y 3,5 % de aluminio en peso.

25

[0005] La patente FR20004427 y la solicitud de patente EP1143029A1 divulgan un proceso de fabricación en el que se dispone de una plancha de acero laminada provista de un revestimiento metálico previo de zinc o de una aleación a base de zinc, cuyo acero posee, por ejemplo, una resistencia a la rotura de alrededor de 500 MPa. Se corta a continuación la plancha para obtener una preforma, que se somete a un tratamiento térmico con el fin de formar un compuesto de aleación en la superficie y efectuar un prensado en caliente de la preforma. A continuación, se enfría dicha preforma en condiciones adecuadas para dar al acero una elevada dureza. A partir de un acero con una resistencia inicial de 500 MPa, se obtienen, por ejemplo, piezas con una resistencia mecánica superior a 1500 MPa. El compuesto aleado formado por interdifusión del revestimiento previo y del acero durante el tratamiento térmico garantiza así una protección contra la corrosión y la decarburación y una función de lubricación a alta temperatura, que permite prolongar la vida útil de las herramientas de prensado en caliente.

[0006] En comparación con un procedimiento de prensado en caliente en piezas desnudas, es decir, sin revestimiento previo, la presencia del compuesto proporciona una protección contra la decarburación durante el calentamiento en el horno. También permite prescindir de la necesidad de granear o arenar posteriormente las piezas con el fin de eliminar la capa superficial irregular que se forma por oxidación en el horno.

[0007] Sin embargo, se pueden encontrar limitaciones al llevar a cabo este procedimiento en algunas aplicaciones que requieren propiedades específicas del revestimiento formado por aleación:

45 - Las piezas prensadas en caliente pueden tener zonas de concavidad pronunciada. Dada la diferencia de dureza en caliente y de reología entre el acero de base y el revestimiento, puede producirse un fenómeno de indentación del revestimiento en el acero de base, en particular en las regiones altamente deformadas. En el caso de piezas que estén muy presionadas mecánicamente, conviene evitar esas indentaciones, que potencialmente pueden originar defectos.

50

- Durante el tratamiento térmico que lleva a la aleación entre el acero y el revestimiento previo, se produce una germinación de fases Zn Fe ricas en hierro y una difusión de zinc cerca de esos sitios de germinación. Esta difusión crea lagunas que pueden llevar a la creación de defectos de compacidad en un nivel microscópico. Por consiguiente, se buscan las condiciones de fabricación más favorables para reducir o eliminar estos defectos de compacidad en el revestimiento.

55

- También se intenta reducir al mínimo el desgaste de la herramienta durante las operaciones de moldeado, que será más o menos pronunciado en función del revestimiento. Se ha comprobado que los revestimientos de alta rugosidad son desventajosos de cara al mantenimiento de las herramientas. Se buscan por tanto condiciones que

permitan disminuir la rugosidad de ese revestimiento.

- También se pretende obtener un aspecto superficial regular del revestimiento después del tratamiento térmico de aleación, de cara a una posible pintura posterior o a su utilización como piezas visibles. En particular, el objetivo es evitar la aparición de agrietamiento superficial tras el tratamiento térmico: ese defecto visual del revestimiento se caracteriza por la yuxtaposición de celdas, que suelen tener unos milímetros de tamaño, separadas juntas. Dentro de una celda, el espesor del revestimiento es sustancialmente constante mientras que en las juntas de las celdas el espesor del revestimiento es irregular.

10 **[0008]** La presente invención tiene la finalidad de resolver los problemas mencionados. En particular, el objetivo de la invención es proporcionar un procedimiento para la fabricación de piezas de acero laminado en caliente o en frío previamente revestidas con una aleación a base de zinc, que incluye una etapa de tratamiento de aleación tras la que se obtiene un revestimiento que presenta al mismo tiempo una buena compacidad, una gran resistencia al agrietamiento y una rugosidad asociada a una longevidad satisfactoria de la herramienta de moldeado.

15 También se trata de proporcionar un procedimiento que no cause defectos de indentación.

[0009] Con tal fin, el objetivo de la invención es una pieza de acero revestida con un compuesto formado, en más del 90 % de su espesor, por al menos una fase a base de Zn Fe, cuyo contenido en peso de Fe sea igual o superior al 65 % y cuya proporción Fe/Zn sea de entre 1,9 y 4, estando el compuesto formado por al menos un tratamiento térmico de aleación entre el acero y un revestimiento previo que sea una aleación de zinc que incluya, en proporciones expresadas en peso, entre 0,7 y 2,5 % de aluminio y, opcionalmente, uno o más elementos seleccionados entre: $Pb \leq 0,003$ %; $Sb \leq 0,003$ %; $Bi \leq 0,003$ %; $0,002$ % $\leq Si \leq 0,070$ %; $La < 0,05$ %; $Ce < 0,05$ %, estando el resto constituido por zinc e impurezas inevitables.

20

25 **[0010]** Según una realización preferida, el revestimiento previo es una aleación cuyo contenido de aluminio es superior al 0,7 % e inferior o igual al 0,8 % en peso. También preferiblemente el revestimiento previo es una aleación cuyo contenido de aluminio es superior al 0,8 % e inferior al 2,5 % en peso.

[0011] Preferiblemente, la composición del acero incluirá, en proporciones expresadas en peso: $0,15$ % $\leq C \leq 0,5$ %; $0,5$ % $\leq Mn \leq 3$ %; $0,1$ % $\leq Si \leq 0,5$ %; $0,01$ % $\leq Cr \leq 1$ %; $Ti \leq 0,2$ %; $Al \leq 0,1$ %; $S \leq 0,05$ %; $P \leq 0,1$ %; $0,0005$ % $\leq B \leq 0,010$ %, estando el resto de la composición constituido por hierro e impurezas inevitables resultantes de la elaboración.

30

[0012] De acuerdo con una realización preferida, la composición del acero consta, en proporciones expresadas en peso, de: $0,15$ % $\leq C \leq 0,25$ %; $0,8$ % $\leq Mn \leq 1,5$ %; $0,1$ % $\leq Si \leq 0,35$ %; $0,01$ % $\leq Cr \leq 0,3$ %; $Ti \leq 0,1$ %; $Al \leq 0,1$ %; $S \leq 0,05$ %; $P \leq 0,1$ %; $0,002$ % $\leq B \leq 0,005$ %, estando el resto de la composición constituido por hierro e impurezas inevitables resultantes de la elaboración.

35

[0013] El objeto de la invención es también un procedimiento para la fabricación de una pieza de acero revestida, que consta de sucesivas etapas en las que:

40

- se dispone de una plancha de acero laminada en caliente o en frío,

- se hace un revestimiento metálico previo de la plancha con una aleación a base de zinc que incluye, en proporciones expresadas en peso, entre 0,7 y 2,5 % de aluminio y, opcionalmente, uno o varios elementos seleccionados entre: $Pb \leq 0,003$ %; $Sb \leq 0,003$ %; $Bi \leq 0,003$ %; $0,002$ % $\leq Si \leq 0,070$ %; $La < 0,05$ %; $Ce < 0,05$ %, estando el resto constituido por zinc e impurezas inevitables, se lleva a cabo opcionalmente un pretratamiento térmico, se corta la plancha para obtener una pieza, se calienta la pieza a una temperatura de entre Ac_1 y $Ac_3 + 100^\circ C$ durante un tiempo de mantenimiento superior o igual a 20s, de modo que se forme, por aleación entre el acero y el revestimiento previo, un revestimiento de aleación formado, en más del 90 % de su espesor, por al menos una fase a base de Zn Fe, cuyo contenido ponderal de Fe sea superior o igual al 65 % y cuya proporción Fe/Zn esté entre 1,9 y 4 y, con el fin de dar al acero una estructura parcial o totalmente austenítica,

45

50

- se deforma la pieza en caliente y se enfría en condiciones idóneas para darle las características mecánicas que se buscan para la pieza de acero.

55

[0014] También preferiblemente el revestimiento previo es una aleación cuyo contenido de aluminio es superior al 0,7% e inferior al 0,8% en peso.

[0015] Preferiblemente, el revestimiento previo es una aleación cuyo contenido de aluminio es superior al 0,8 % e

inferior o igual al 2,5 % en peso.

[0016] Según una realización preferida, se dispone de una plancha de acero laminada en caliente o en frío, cuya composición consta, en proporciones expresadas en peso, de: 0,15 % $\leq C \leq 0,5$ %; 0,5 % $\leq Mn \leq 3$ %; 0,1 % $\leq Si \leq 0,5$ %; 0,01 % $\leq Cr \leq 1$ %; $Ti \leq 0,2$ %; $Al \leq 0,1$ %; $S \leq 0,05$ %; $P \leq 0,1$ %; 0,0005 % $\leq B \leq 0,010$ %, estando el resto de la composición constituido por hierro e impurezas inevitables resultantes de la elaboración.

[0017] También preferiblemente, se dispone de una plancha de acero laminada en caliente o en frío, cuya composición consta, en proporciones expresadas en peso, de: 0,15 % $\leq C \leq 0,25$ %; 0,8 % $\leq Mn \leq 1,5$ %; 0,1 % $\leq Si \leq 0,35$ %; 0,01 % $\leq Cr \leq 0,3$ %; $Ti \leq 0,1$ %; $Al \leq 0,1$ %; $S \leq 0,05$ %; $P \leq 0,1$ %; 0,002 % $\leq B \leq 0,005$ %, estando el resto de la composición constituido por hierro e impurezas inevitables resultantes de la elaboración.

[0018] De acuerdo con una realización particular, el tratamiento térmico previo incluye el calentamiento a una temperatura comprendida entre 450 °C y 520 °C durante un tiempo de entre 2 y 10 minutos.

[0019] El objeto de la invención también es la utilización de una de las piezas anteriormente descritas o fabricada de acuerdo con una de las variantes descritas para la fabricación de piezas estructurales o de seguridad para vehículos automóviles terrestres de motor.

[0020] Otras características y ventajas de la invención se pondrán de manifiesto a lo largo de la descripción que se da a continuación a modo de ejemplo y con referencia a las siguientes figuras adjuntas:

- La figura 1 muestra la variación de un índice que caracteriza la calidad del revestimiento en función del contenido de aluminio del revestimiento previo a base de zinc.

- La figura 2 es una vista superficial de un agrietamiento observado en la superficie de un acero recubierto mediante un proceso de fabricación no conforme a la invención.

- La figura 3 es una vista microestructural de sección transversal de una plancha de acero con un revestimiento según la invención.

[0021] En comparación con un revestimiento previo de zinc puro, los inventores descubrieron sorprendentemente que la calidad del revestimiento formado después de un tratamiento térmico de aleación entre el acero de base y el revestimiento previo mejora considerablemente cuando el revestimiento previo está compuesto por una aleación a base de zinc con una determinada cantidad de aluminio. La figura 1 muestra la variación de un índice de la calidad del revestimiento en función del contenido de aluminio del revestimiento previo a base de zinc. Este índice tiene en cuenta las propiedades de compacidad, rugosidad y resistencia al agrietamiento del revestimiento. Este índice está graduado de 0 a 10 (10 = muy buenas cualidades de compacidad, rugosidad y resistencia al agrietamiento; 0 = comportamiento muy mediocre).

- Cuando la proporción ponderal de aluminio del revestimiento previo es inferior al 0,5 %, la compacidad del revestimiento de aleación formado es mediocre y este tiene porosidades de tamaño variable desarrolladas durante el tratamiento de aleación. Además, en estas condiciones aparece una red de grietas muy desarrollada.

- Cuando el contenido de aluminio es superior al 2,5 %, la calidad del revestimiento disminuye sustancialmente debido a un aumento de la rugosidad.

- Cuando el contenido de aluminio del revestimiento previo a base de zinc está entre 0,5 y 0,7 %, el revestimiento tiene una combinación ventajosa, en especial en cuanto a las propiedades de rugosidad y resistencia al agrietamiento. Estas propiedades mejoran aún más cuando el contenido de aluminio es superior al 0,7 % e inferior o igual al 0,8 %.

- Se obtiene una combinación óptima de compacidad, resistencia al desgaste y al agrietamiento cuando el contenido de aluminio del baño de zinc es superior al 0,8 % e inferior al 2,5 %.

[0022] El revestimiento previo a base de zinc puede depositarse en la base de acero mediante un tratamiento de templado, por electrodeposición, por un método de revestimiento al vacío o por cualquier otro procedimiento. El revestimiento se efectuará preferiblemente de forma continua. Además del aluminio, el revestimiento previo a base de zinc puede contener opcionalmente uno o varios de los siguientes elementos:

- Plomo, antimonio y bismuto, siendo la proporción ponderal de cada uno de estos tres elementos inferior o igual al 0,003 % para evitar el fenómeno del floreado en el caso de revestimiento por templado.

5 - Silicio, en una proporción ponderal superior o igual al 0,002 %, que hace posible evitar la formación de una capa interfacial Fe_xAl_y excesivamente importante. Sin embargo, si el contenido de silicio es superior al 0,070 %, se forma escoria en caso de revestimiento por templado.

10 - Lantano y cerio, en cantidad inferior o igual al 0,05 %, que favorecen la humectabilidad de la superficie respecto al baño de zinc.

[0023] El revestimiento previo a base de zinc también puede contener impurezas inevitables como, por ejemplo, cadmio, estaño o cobre. Cuando se realiza el revestimiento previo por templado, puede haber hierro y manganeso en particular entre las impurezas. En condiciones óptimas, el acero de base sobre el que se deposita el
15 revestimiento previo tiene la siguiente composición ponderal:

- Un contenido de carbono de entre 0,15 y 0,5 % y, preferiblemente, de entre 0,15 y 0,25 % en peso. Este elemento desempeña un gran papel en la templabilidad y en la resistencia mecánica obtenida tras el enfriamiento posterior al tratamiento de austenización y aleación. Por debajo de un contenido de 0,15 % en peso, la templabilidad es
20 demasiado baja y las propiedades de resistencia son insuficientes. En cambio, por encima de un contenido del 0,5 % ponderal, el riesgo de formación de defectos aumenta en el temple, en particular en el caso de las piezas más gruesas. Un contenido de carbono de entre 0,15 y 0,25 % hace posible obtener una resistencia de entre aproximadamente 1250 y 1650 MPa.

25 - Además de su papel desoxidante, el manganeso también tiene un efecto importante en la templabilidad, en particular cuando su contenido ponderal es de al menos 0,5 % y preferiblemente del 0,8 %. Sin embargo, una cantidad demasiado grande (3 % en peso o preferiblemente 1,5 %) conlleva riesgos de segregación excesiva.

- El contenido de silicio del acero debe estar entre 0,1 y 0,5 % en peso y, preferiblemente, entre 0,1 y 0,35 %.
30 Además de su papel en la desoxidación del acero líquido, este elemento contribuye al endurecimiento del acero pero debe limitarse su contenido para evitar la formación excesiva de óxidos y favorecer la capacidad de revestimiento.

- Con un contenido superior al 0,01 %, el cromo aumenta la templabilidad y contribuye a la consecución de una alta resistencia después de la operación de moldeado en caliente. Es así en las distintas partes de la pieza después del enfriamiento posterior al tratamiento térmico de austenización y aleación. Por encima de un contenido del 1 %
35 (preferiblemente 0,3 %), se satura la contribución del cromo a la obtención de esta uniformidad de las propiedades mecánicas.

- El aluminio es un elemento que favorece la desoxidación y la precipitación del nitrógeno. En cantidad superior al
40 0,1 % ponderal, se forman aluminatos gruesos durante la elaboración, lo que incita a limitar su proporción a ese valor.

- En cantidades excesivas, el azufre y el fósforo dan lugar a un aumento de la fragilidad. Por esta razón, es preferible limitar sus respectivas proporciones a 0,05 y 0,1 % en peso.
45

- El boro, cuyo contenido debe estar entre 0,0005 y 0,010 % en peso, y preferiblemente entre 0,002 y 0,005 % en peso, es un elemento que tiene un papel importante en la templabilidad. Por debajo de un contenido del 0,0005 %, no se obtiene un efecto suficiente sobre la templabilidad. El efecto completo se obtiene con un contenido de 0,002 %. El contenido máximo de boro debe ser inferior al 0,010 %, y preferiblemente 0,005 %, con el fin de no
50 degradar la tenacidad. El titanio tiene una alta afinidad con el nitrógeno y por lo tanto ayuda a proteger al boro de manera que este elemento se encuentre en forma libre para ejercer todo su efecto sobre la templabilidad. Sin embargo, por encima del 0,2 %, y más concretamente del 0,1 %, hay un riesgo de formación de nitruros de titanio gruesos en el acero líquido, que tienen un efecto perjudicial sobre la tenacidad.

55 **[0024]** En el procedimiento según la invención, se dispone de una plancha de acero laminada en caliente o en frío con la composición ya descrita, que se reviste previamente con una aleación a base de zinc cuya composición también se ha descrito anteriormente. Antes o después del tratamiento térmico, se corta la plancha para obtener una pieza. A continuación, se calienta dicha pieza para realizar de manera conjunta:

- Un tratamiento de aleación para formar un revestimiento formado, en más del 90 % de su espesor, por al menos una fase a base de Zn Fe, cuya proporción ponderal de Fe sea superior o igual al 65 % y cuya proporción Fe/Zn esté entre 1,9 y 4. Durante la reacción de aleación, se produce una difusión de elementos de la plancha de acero, en especial hierro, manganeso y silicio, dentro del revestimiento. Además, determinados elementos del revestimiento previo, especialmente el zinc y el aluminio, también se difunden.

- Una austenización del acero de base, que puede ser parcial o total. Idealmente, se realiza el calentamiento en un horno de forma que la pieza alcance una temperatura comprendida entre Ac1 y Ac3+100 °C. Ac1 y Ac3 son, respectivamente, las temperaturas de inicio y fin de transformación austenítica. Según la invención, el tiempo de mantenimiento a esa temperatura es superior o igual a 20s, de forma que se uniformice la temperatura en los distintos puntos de la pieza. Se efectúa entonces la operación de moldeado en caliente de la pieza, operación favorecida por la disminución del límite de fluencia y el aumento de la ductilidad del acero con la temperatura. Partiendo de la estructura parcial o totalmente austenítica, la pieza se enfría entonces en condiciones apropiadas para dar las propiedades mecánicas deseadas a la pieza: en particular, se puede mantener la pieza dentro de una herramienta durante el enfriamiento, pudiendo enfriarse la herramienta misma con el fin de favorecer la disipación del calor. Para alcanzar elevadas propiedades mecánicas, será preferible obtener microestructuras martensíticas o bainítico-martensíticas.

[0025] Opcionalmente, se puede efectuar un pretratamiento térmico después de la etapa de revestimiento previo ya mencionada. Este tratamiento térmico previo incluye el calentamiento a una temperatura comprendida entre 450 °C y 520 °C durante un tiempo de entre 2 y 10 minutos. Este tratamiento térmico previo aumenta la compacidad del revestimiento formado tras el tratamiento conjunto de aleación y austenización, así como la resistencia a la fisuración de dicho revestimiento. También se ha comprobado que este pretratamiento térmico favorece la formación de revestimientos formados, en más del 90 % de su espesor, por dos fases ricas en hierro cuya proporción ponderal de hierro sea superior o igual al 65 % y cuya proporción Fe/Zn esté entre 1,9 y 4. En ausencia de tratamiento previo, los revestimientos tienden a estar compuestos por una única fase rica en hierro. Sin limitarse a una teoría, se cree que este pretratamiento modifica la interfase entre el acero y el revestimiento previo y, por lo tanto, los fenómenos de difusión que se producen durante el posterior tratamiento de aleación. A modo de ejemplo, se consideraron unas planchas de acero laminadas en frío de un espesor comprendido entre 1,3 y 1,6 mm, con la siguiente composición ponderal:

Carbono: 0,22 %

Manganeso: 1,3 %

Silicio: 0,30 %

Fósforo <0,010 %

Azufre: 0,005 %

Cromo: 0,18 %

Titanio: 0,025 %

Aluminio: 0,050 %

B: 0,003 %

[0026] Las planchas de acero fueron previamente revestidas mediante templado en caliente en un baño a base de zinc con hasta el 5 % de aluminio, una cantidad inferior al 0,003 % de plomo, antimonio y bismuto, además de hierro, como elemento residual inevitable, en una cantidad inferior al 0,020 %. También se efectuaron revestimientos previos de zinc puro mediante electrodeposición. En el caso de los revestimientos por templado, el espesor del revestimiento previo es de aproximadamente 10 a 20 micrómetros mientras que, en el caso de los revestimientos electrodepositados, el espesor es de unos 10 micrómetros.

[0027] Algunas de las planchas se sometieron a un tratamiento térmico previo de aleación de entre 470 y 520 °C durante un tiempo de 2 a 10 minutos. A continuación se cortaron las planchas para obtener las piezas.

[0028] Esas piezas se calentaron hasta alcanzar una temperatura de 930 °C (es decir Ac_3+70 °C) y se mantuvieron durante 3 minutos a esta temperatura. El tiempo de calentamiento, incluido el tiempo de subida de temperatura y el tiempo de mantenimiento a 930 °C, fue de 10 minutos. Estas condiciones dan lugar a una transformación austenítica completa del acero de base. Durante esta fase de calentamiento y mantenimiento, se constató que el revestimiento previo a base de zinc forma, en más del 90 % de su espesor, una o varias fases Zn Fe cuya proporción ponderal de hierro es superior o igual al 65 % y cuya proporción Fe/Zn está entre 1,9 y 4, por una reacción de aleación entre el acero de base y el revestimiento previo a base de zinc. Este revestimiento aleado, que tiene un punto de fusión elevado y una alta dureza, presenta una gran resistencia a la corrosión y evita la oxidación y la decarburación del acero de base subyacente durante y después de la fase de calentamiento.

[0029] Tras la fase de calentamiento a 930 °C, las piezas fueron deformadas en caliente un 5 %.

[0030] El posterior enfriamiento al aire dio lugar a una estructura bainítico-martensítica. La resistencia mecánica obtenida después de dicho tratamiento fue superior a 750 MPa.

[0031] Los revestimientos aleados fueron caracterizados a continuación con las siguientes técnicas:

- Cortes micrográficos para evaluar la compacidad de los revestimientos, así como la presencia de una posible indentación de los mismos dentro de la plancha de base en determinadas zonas deformadas en caliente.

- Observación visual y mediciones realizadas en un rugosímetro para cuantificar el parámetro de rugosidad R_a y evaluar el agrietamiento de los revestimientos después del tratamiento térmico y la deformación, así como la resistencia al desgaste de las herramientas.

- Observaciones en microscopio electrónico de barrido en contraste de fases para identificar las fases presentes en los revestimientos.

[0032] Los resultados de estas observaciones son los siguientes:

- En las condiciones de la invención, el revestimiento formado por aleación consta de fases Zn Fe ricas en hierro, cuya proporción ponderal de hierro es superior o igual al 65 % y cuya proporción Fe/Zn está entre 1,9 y 4, en más del 90 % de su espesor. La micrografía de la figura. 3, obtenida por microscopio electrónico de barrido, ilustra un ejemplo conforme a la invención: el revestimiento de aleación está compuesto en la gran mayoría de su espesor por dos fases: una fase muy pálida de composición media: 70 %Fe-27 %Zn-1 %Al-0,4 %Si y una fase de aspecto gris claro que consta de 76 %Fe-22%Zn-1%Al-0,5%Si. Se observa la presencia de manganeso en cantidades más pequeñas. La presencia de silicio y manganeso, y por supuesto la de hierro, da testimonio de la difusión del metal de base hacia el revestimiento previo durante el tratamiento de aleación y austenización. También están presentes algunas porosidades residuales escasas (zonas oscuras). En la superficie más externa de la muestra, se observa la presencia de un contenido de zinc más importante, lo que refuerza la protección contra la corrosión.

- Cuando el contenido de aluminio es inferior al 0,5 % en el revestimiento previo, la compacidad de la aleación de revestimiento formado es mediocre y el revestimiento tiene muchas porosidades más o menos desarrolladas. En estas condiciones, también se pone de manifiesto la presencia de una red de agrietamiento superficial muy pronunciado. La figura 2 muestra un ejemplo de tal agrietamiento con un contenido de aluminio de 0,1 %, es decir, fuera de las condiciones de la invención.

- Cuando el contenido de aluminio es superior al 2,5 % en el revestimiento previo, la rugosidad aumenta considerablemente, pasando de $R_a = 1,3$ micrómetros a $R_a = 3$ micrómetros.

- Cuando el contenido de aluminio del revestimiento previo a base de zinc es de entre 0,5 y 2,5 %, el revestimiento presenta una combinación muy buena de compacidad, baja rugosidad y ausencia de agrietamiento. También se observa que no hay indentación del revestimiento en el acero de base durante la deformación en caliente, ni siquiera en las zonas de pronunciada concavidad. Además, cuando el contenido de aluminio es superior al 0,7 % y preferiblemente al 0,8 %, la resistencia a la aparición del agrietamiento está en su nivel más alto.

[0033] Por lo tanto, la invención hace posible la fabricación de piezas revestidas de altas propiedades, al presentar el revestimiento metálico una combinación particularmente favorable de compacidad, baja rugosidad y ausencia de agrietamiento, así como de resistencia a la indentación. En función de la composición del acero, en particular de su

proporción de carbono y de manganeso, cromo y boro, se puede adaptar la resistencia máxima de las piezas a la utilización deseada.

[0034] Estas piezas se utilizarán ventajosamente en la fabricación de piezas de seguridad y especialmente de 5 piezas anti-intrusión o de subestructura, barras de refuerzo y pilares centrales para la construcción de vehículos de motor.

REIVINDICACIONES

1. Pieza de acero revestida con un compuesto formado, en más del 90 % de su espesor, por al menos una fase a base de Zn Fe, cuyo contenido en peso de Fe sea igual o superior al 65 % y cuya proporción Fe/Zn sea de entre 1,9 y 4, estando el compuesto formado por al menos un tratamiento térmico de aleación entre el acero y un revestimiento previo que sea una aleación de zinc que incluya, en proporciones expresadas en peso, entre 0,7 y 2,5 % de aluminio y, opcionalmente, uno o más elementos seleccionados entre:
5
 $Pb \leq 0,003 \%$
10
 $Sb \leq 0,003 \%$
 $Bi \leq 0,003 \%$
15 $0,002 \% \leq Si \leq 0,070 \%$
 $La < 0,05 \%$
 $Ce < 0,05 \%$,
20 siendo el resto zinc e impurezas inevitables
2. Pieza de acero según la reivindicación 1, **caracterizada porque** el mencionado revestimiento previo es una aleación cuyo contenido de aluminio es superior al 0,7 % e inferior o igual al 0,8 % en peso.
25
3. Pieza de acero según la reivindicación 1, **caracterizada porque** dicho revestimiento previo es una aleación cuyo contenido de aluminio es superior al 0,8 % e inferior o igual al 2,5 % en peso
4. Pieza de acero según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada porque** la composición
30 de dicho acero incluye, en proporciones expresadas en peso:
 $0,15 \% \leq C \leq 0,5 \%$
 $0,5 \% Mn \leq 3 \%$
35 $0,1 \% \leq Si \leq 0,5 \%$
 $0,01 \% \leq Cr \leq 1 \%$
40 $Ti \leq 0,2 \%$
 $Al \leq 0,1 \%$
 $S \leq 0,05 \%$
45 $P \leq 0,1 \%$
 $0,0005 \% \leq B \leq 0,010 \%$,
50 siendo el resto de la composición hierro e impurezas inevitables resultantes de la elaboración
5. Pieza de acero según la reivindicación 4, **caracterizada porque** la composición de dicho acero incluye, en proporciones expresadas en peso:
55 $0,15 \% \leq C \leq 0,25 \%$
 $0,8\% Mn \leq 1,5\%$
 $0,1 \% \leq Si \leq 0,35 \%$

$0.01\% \leq \text{Cr} \leq 0,3\%$

$\text{Ti} \leq 0.1\%$

5

$\text{Al} \leq 0,1 \%$

$\text{S} \leq 0,05 \%$

10 $\text{P} \leq 0,1 \%$

$0.002\% \leq \text{B} \leq 0,005\%$,

siendo el resto de la composición hierro e impurezas inevitables resultantes de la elaboración

15

6. Procedimiento de fabricación de una pieza de acero revestida, que consta de sucesivas etapas en las que:

- se dispone de una plancha de acero laminada en caliente o en frío,

20

- se hace un revestimiento metálico previo de la plancha con una aleación a base de zinc que incluye, en proporciones expresadas en peso, entre 0,7 y 2,5 % de aluminio y, opcionalmente, uno o varios elementos seleccionados entre:

25 $\text{Pb} \leq 0,003 \%$

$\text{Sb} \leq 0,003 \%$

$\text{Bi} \leq 0,003 \%$

30

$0,002 \% \leq \text{Si} \leq 0,070 \%$

$\text{La} < 0,05 \%$

35 $\text{Ce} < 0,05 \%$,

siendo el resto zinc e impurezas inevitables,

- se lleva a cabo opcionalmente un pretratamiento térmico,

40

-se corta dicha plancha para obtener una pieza,

- se calienta la pieza a una temperatura de entre AC_1 y $\text{AC}_3 + 100^\circ\text{C}$ durante un tiempo de mantenimiento superior o igual a 20s, de modo que se forme, por aleación entre el acero y el revestimiento previo, un revestimiento de aleación formado, en más del 90 % de su espesor, por al menos una fase a base de Zn Fe, cuyo contenido ponderal de hierro sea superior o igual al 65 % y cuya proporción Fe/Zn esté entre 1,9 y 4 y, con el fin de dar al acero una estructura parcial o totalmente austenítica,

45

- se deforma dicha pieza en caliente,

50

- se enfría la pieza en condiciones idóneas para darle las características mecánicas que se buscan para la pieza de acero.

7. Procedimiento de fabricación según la reivindicación 6, **caracterizado porque** dicho revestimiento previo es una aleación cuyo contenido de aluminio es superior al 0,7 % e inferior o igual a 0,8 % en peso

55

8. Procedimiento de fabricación según la reivindicación 6, **caracterizado porque** dicho revestimiento previo es una aleación cuyo contenido de aluminio es superior al 0,8% e inferior o igual a 2,5% en peso

9. Procedimiento de fabricación según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, **caracterizado porque** se dispone de una plancha de acero laminada en caliente o en frío, cuya composición consta, en proporciones expresadas en peso, de:

5 $0,15 \% \leq C \leq 0,5 \%$

$0,5 \% \text{ Mn} \leq 3 \%$

$0,1 \% \leq \text{Si} \leq 0,5 \%$

10

$0,01 \% \leq \text{Cr} \leq 1 \%$

$\text{Ti} \leq 0,2 \%$

15 $\text{Al} \leq 0,1 \%$

$\text{S} \leq 0,05 \%$

$\text{P} \leq 0,1 \%$

20

$0,0005 \% \leq \text{B} \leq 0,010 \%$,

siendo el resto de la composición hierro e impurezas inevitables resultantes de la elaboración

25 10. Procedimiento de fabricación según la reivindicación 9, **caracterizado porque** se dispone de una plancha de acero laminada en caliente o en frío, cuya composición consta, en proporciones expresadas en peso, de:

$0,15 \% \leq C \leq 0,25 \%$

30 $0,8 \% \text{ Mn} \leq 1,5 \%$

$0,1 \% \leq \text{Si} \leq 0,35 \%$

$0,01 \% \leq \text{Cr} \leq 0,3 \%$

35

$\text{Ti} \leq 0,1 \%$

$\text{Al} \leq 0,1 \%$

40 $\text{S} \leq 0,05 \%$

$\text{P} \leq 0,1 \%$

$0,002 \% \leq \text{B} \leq 0,005 \%$,

45

siendo el resto de la composición hierro e impurezas inevitables resultantes de la elaboración

11. Procedimiento de fabricación según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 10, **caracterizado porque** el mencionado tratamiento térmico previo incluye un calentamiento a una temperatura comprendida entre 450 °C y 50 520 °C durante un tiempo de entre 2 y 10 minutos.

12. Utilización de una pieza según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 o fabricada según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 11 para la fabricación de piezas estructurales o de seguridad para vehículos terrestres de motor.

55

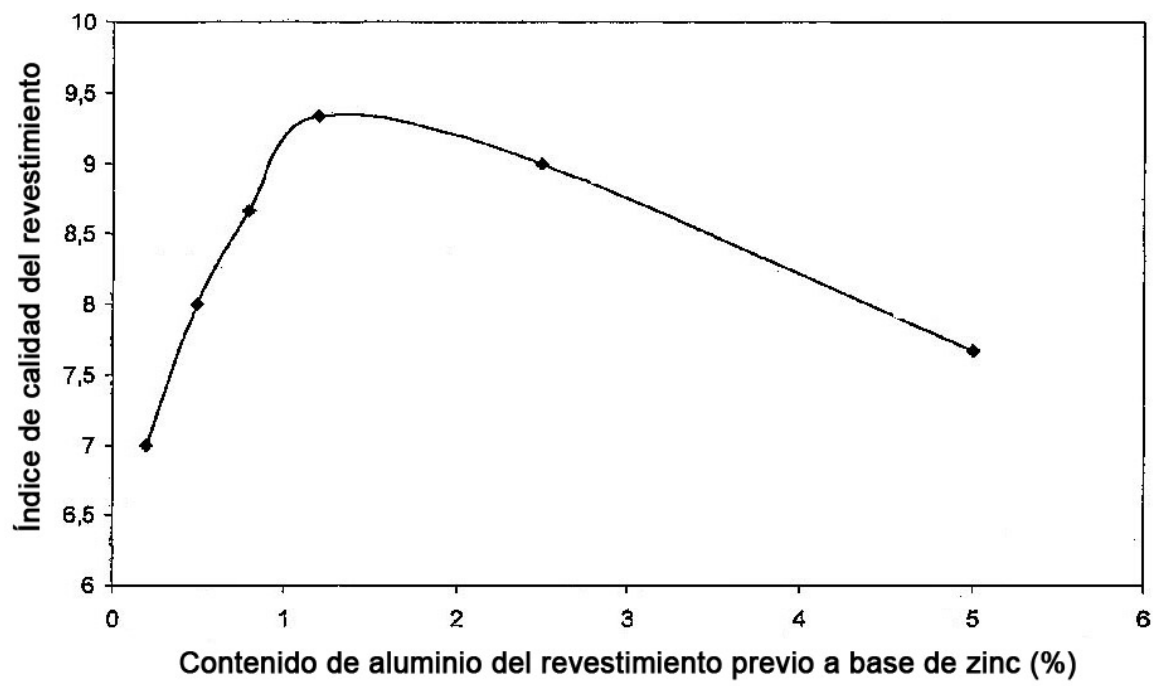


Figura 1

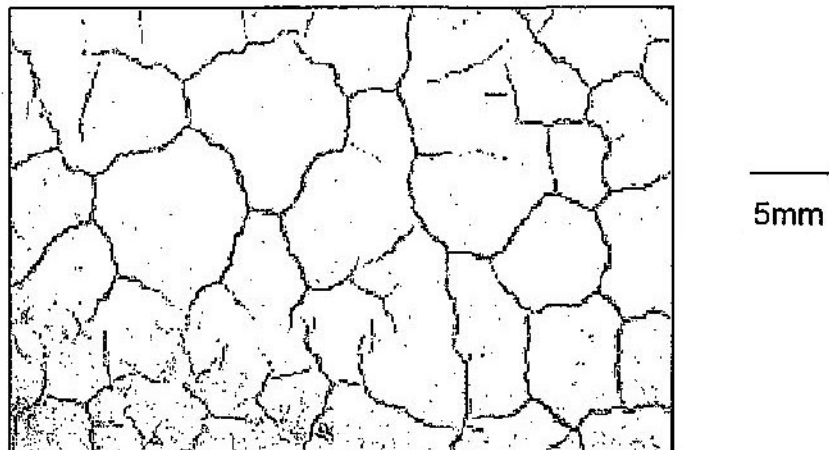


Figura 2

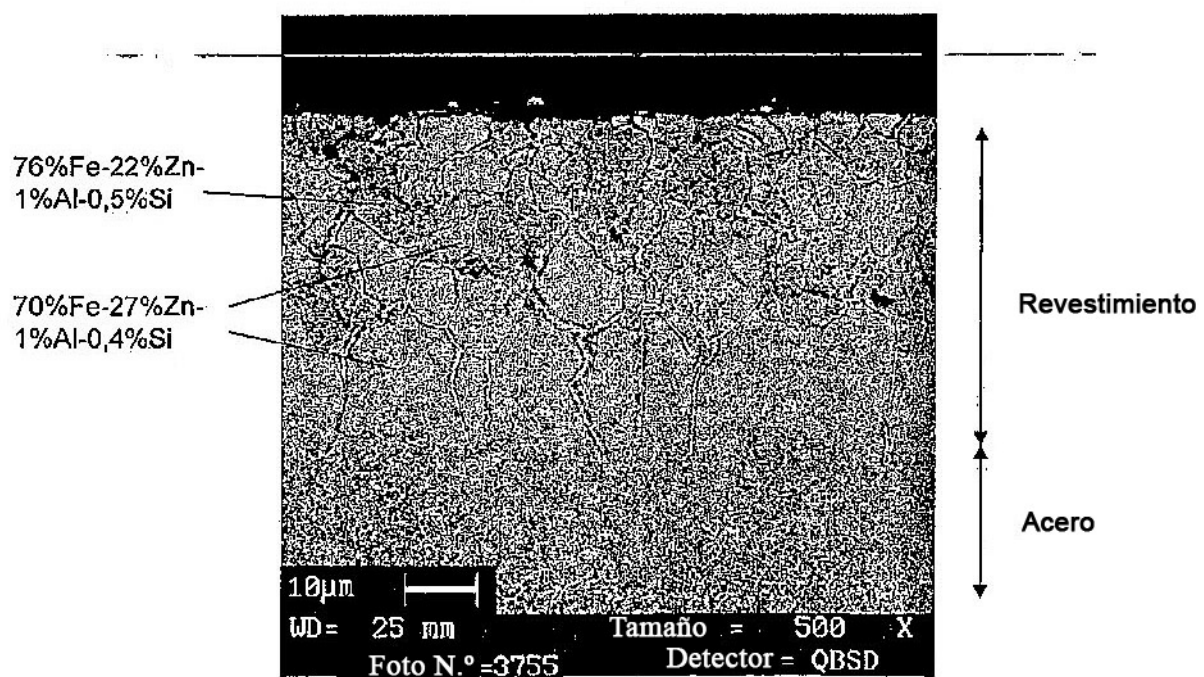


Figura 3

10 µm