

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 754 621**

51 Int. Cl.:

B32B 15/00 (2006.01)

C21D 9/46 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.10.2006** E 17192410 (3)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.08.2019** EP 3290199

54 Título: **Tiras de acero revestidas y uso de las mismas, piezas vírgenes para estampado preparadas a partir de las mismas, productos estampados preparados a partir de las mismas y artículos de fabricación que contienen dicho producto estampado**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.04.2020

73 Titular/es:

ARCELORMITTAL (100.0%)
24-26 Boulevard d'Avranches
1160 Luxembourg, LU

72 Inventor/es:

DRILLET, PASCAL;
SPEHNER, DOMINIQUE y
KEFFERSTEIN, RONALD

74 Agente/Representante:

SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 754 621 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

Tiras de acero revestidas y uso de las mismas, piezas vírgenes para estampado preparadas a partir de las mismas, productos estampados preparados a partir de las mismas y artículos de fabricación que contienen dicho producto
5 estampado

CAMPO DE LA INVENCION

[0001] La presente invención se refiere a productos estampados preparados a partir de aceros revestidos, y a
10 diversos usos de los productos de la invención, tales como soldadura por puntos, etc.

[0002] Las ventajas adicionales y otras características de la presente invención se expondrán en parte en la descripción que sigue y, en parte, serán evidentes para los expertos en la técnica al examinar lo siguiente o se pueden aprender de la práctica de la presente invención. Las ventajas de la presente invención pueden realizarse y obtenerse
15 como se señala particularmente en las reivindicaciones adjuntas. Como se comprenderá, la presente invención es capaz de otras y diferentes realizaciones, y sus diversos detalles son susceptibles de modificaciones en varios aspectos obvios, todo sin apartarse de la presente invención. La descripción debe considerarse de naturaleza ilustrativa y no restrictiva.

20 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

[0003] En los últimos años, el uso de aceros prerrevestidos en procedimientos de estampado en caliente para la conformación de piezas se ha vuelto importante, especialmente en la industria automotriz. La fabricación de tales piezas puede incluir las siguientes etapas principales:
25

- Prerrevestimiento de chapas de acero, por inmersión en caliente
- Recorte o corte para obtener espacios en piezas vírgenes
- Calentamiento de las piezas vírgenes para obtener la aleación del sustrato de acero con el prerrevestimiento, así como la austenización del acero
- 30 - Formación en caliente seguida de un rápido enfriamiento de la pieza para obtener estructuras predominantemente martensíticas

Ver por ejemplo el Documento U.S. 6.296.805. El documento EP-A 1 380 666 se refiere a una lámina de acero revestida de aluminio para piezas estructurales de automóviles en la que el revestimiento comprende una capa interna
35 y una capa externa que tiene varias capas intermedias interpuestas entre ellas.

[0004] Gracias a una aleación del prerrevestimiento con el sustrato de acero, que tiene el efecto de crear aleaciones intermetálicas con alta temperatura de fusión, las piezas vírgenes que tienen dicho revestimiento pueden calentarse en un intervalo de temperatura donde se lleva a cabo la austenización del sustrato metálico, lo que permite
40 más endurecimiento por enfriamiento.

[0005] Los tratamientos térmicos de las piezas vírgenes en vistas de la aleación intermetálica del revestimiento y la austenización del sustrato se realizan con mayor frecuencia en hornos, donde las piezas vírgenes viajan sobre rodillos. Los ciclos térmicos experimentados por las piezas vírgenes incluyen primero una fase de calentamiento cuya
45 velocidad es función de parámetros tales como el espesor de la pieza virgen, la temperatura del horno, la velocidad de desplazamiento y la reflectividad del revestimiento. Después de esta fase de calentamiento, los ciclos térmicos generalmente incluyen una fase de retención, cuya temperatura es la temperatura de regulación del horno. Sin embargo, se experimentan problemas con la operación del horno: los rodillos pueden ensuciarse por depósitos metálicos que provienen del prerrevestimiento de las piezas vírgenes. Si estos depósitos son excesivos, se debe
50 realizar el mantenimiento de los rodillos y la productividad disminuye.

[0006] Las piezas obtenidas después del calentamiento y enfriamiento rápido muestran una resistencia mecánica muy alta y pueden usarse para aplicaciones estructurales, por ejemplo, para aplicaciones de la industria automotriz. Estas piezas deben soldarse con frecuencia con otras y se requiere una alta soldabilidad. Esto significa
55 que:

- La operación de soldadura debe realizarse en un intervalo de operación suficientemente amplio para garantizar que una deriva eventual de los parámetros nominales de soldadura no tenga incidencia en la calidad de la soldadura. Para la soldadura por resistencia, que es muy común en la industria automotriz, un intervalo operativo
60 de soldadura se define por la combinación de parámetros: la intensidad de corriente de soldadura I y la fuerza F aplicada de las piezas durante la soldadura se encuentran entre las más importantes. Una combinación adecuada de estos parámetros ayuda a garantizar que no se obtenga un diámetro de pepita insuficiente (causado por una intensidad demasiado baja o una fuerza demasiado baja) y que no se produzca la expulsión de la soldadura.
- La operación de soldadura también debe realizarse de tal manera que se obtenga una alta resistencia mecánica
65 en la soldadura. Esta resistencia mecánica puede evaluarse mediante pruebas tales como pruebas de tensión por

cizalladura o pruebas de tensión cruzada.

[0007] Sigue existiendo la necesidad de aceros revestidos que puedan usarse convenientemente para preparar piezas conformadas mediante un procedimiento de estampado. También sigue existiendo la necesidad de aceros revestidos que puedan usarse para preparar piezas conformadas mediante un procedimiento de estampado que sean adecuadas para soldadura. También permanece la necesidad de procedimientos para preparar tales aceros revestidos y piezas estampadas.

RESUMEN DE LA INVENCION

[0008] Los inventores han descubierto que ciertos aceros revestidos en los cuales una tira de acero base está revestida al menos parcialmente (a veces denominada «prerrevestida», este prefijo indica que una transformación de la naturaleza del prerrevestimiento tendrá lugar durante el tratamiento térmico antes del estampado) en al menos un lado con un revestimiento de aluminio o de una aleación de aluminio y en el que el revestimiento tiene un espesor definido y es preferiblemente sustancialmente uniforme, son formados convenientemente en piezas conformadas después del calentamiento por estampado y son convenientemente soldados. Además, los inventores han descubierto que el problema del ensuciamiento del rodillo descrito anteriormente generalmente surge de un grado insuficiente de aleación intermetálica entre el sustrato y el prerrevestimiento metálico. Además, se descubrió que la ubicación de la suciedad de los rodillos corresponde a zonas de las piezas vírgenes en contacto con los rodillos donde el espesor de prerrevestimiento metálico excede localmente el espesor promedio. Aunque no está sujeto a una teoría particular, se cree que si un prerrevestimiento es demasiado grueso localmente, la aleación intermetálica es insuficiente y el prerrevestimiento se funde, ensuciando los rodillos. Por lo tanto, los inventores han descubierto que el control de la homogeneidad del espesor del prerrevestimiento sobre toda la lámina dentro de las tolerancias dadas es un factor importante para obtener el grado deseado de aleación intermetálica, lo que permite mejorar la resistencia a la consecuente fusión del revestimiento durante el paso por los rodillos.

[0009] Los inventores también han descubierto que una soldabilidad particularmente buena de piezas aluminizadas y estampadas en caliente está asociada con una sucesión especial de capas de revestimiento en las piezas, que proceden del sustrato de acero hacia afuera.

[0010] Los inventores también han descubierto que una combinación específica del tiempo de transferencia entre el horno de calentamiento y el troquel de estampado, la cantidad de deformación durante el estampado, la temperatura de estampado, la velocidad de enfriamiento del producto durante el estampado, conduce a la fabricación de una pieza con una estructura martensítica completamente homogénea y que se obtiene un aumento en ductilidad o absorción de energía de las piezas después del estampado por una reducción de azufre por debajo de un valor crítico, estos dos beneficios se obtienen con o sin el revestimiento de aleación de aluminio/aluminio de la invención, y con otros revestimientos.

Objetos de la invención

[0011] Por consiguiente, y en vista de lo anterior, es un objetivo de la presente invención proporcionar nuevas tiras de acero prerrevestidas que puedan procesarse convenientemente en piezas vírgenes de estampado.

[0012] Es otro objetivo de la presente invención proporcionar nuevas tiras u hojas de acero prerrevestidas que pueden formarse convenientemente en piezas mediante estampado.

[0013] Es otro objetivo de la presente invención proporcionar nuevos aceros revestidas que pueden formarse convenientemente en piezas mediante estampado en caliente.

[0014] Es otro objetivo de la presente invención proporcionar procedimientos novedosos para fabricar tal acero revestido.

[0015] Es otro objetivo de la presente invención proporcionar nuevas piezas vírgenes para estampado que se preparen a partir de dicho acero revestido.

[0016] Es otro objetivo de la presente invención proporcionar procedimientos novedosos para fabricar tales piezas vírgenes para estampado.

[0017] Es otro objetivo de la presente invención proporcionar nuevas piezas estampadas que se preparen a partir de dicho acero revestido.

[0018] Es otro objetivo de la presente invención proporcionar procedimientos novedosos para fabricar tales piezas vírgenes estampadas.

[0019] Es otro objetivo de la presente invención proporcionar nuevos artículos de fabricación, tales como un

vehículo a motor, que contienen tales piezas estampadas.

[0020] Es otro objetivo de la presente invención proporcionar nuevas piezas estampadas.

5 **[0021]** Es otro objetivo de la presente invención proporcionar procedimientos novedosos para fabricar piezas estampadas soldadas.

[0022] Es otro objetivo de la presente invención proporcionar nuevos artículos de fabricación, tales como un vehículo a motor, que contienen tales piezas estampadas soldadas.

10

[0023] Es otro objetivo de la presente invención proporcionar nuevos aceros revestidos soldados y piezas vírgenes para estampado soldadas.

15 **[0024]** Es otro objetivo de la presente invención proporcionar procedimientos novedosos para fabricar tales aceros revestidos soldados y piezas vírgenes para estampado soldadas.

[0025] Estos y otros objetivos, que serán evidentes durante la siguiente descripción detallada.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

20

[0026]

25 La figura 1 ilustra una pieza revestida de la invención, después del tratamiento térmico y el estampado. La sucesión de capas del revestimiento sobre el sustrato de acero es: (a) capa de interdifusión; (b) capa intermedia; (c) capa intermetálica; y (d) capa superficial. Esta disposición es particularmente favorable para la soldadura adicional de la pieza.

La figura 2 ilustra un revestimiento de un sustrato de acero después del tratamiento térmico y estampado que no corresponde a la invención. Esta sucesión de capas (capa de interdifusión y capa intermetálica) produce resultados inferiores en la soldadura por puntos de resistencia.

30 La figura 3 ilustra una microestructura de una pieza de acero, estampada en caliente y enfriada en condiciones no según la invención.

La figura 4 ilustra la microestructura de una pieza de acero, estampada en caliente y enfriada según un conjunto preferido de condiciones según la invención.

35 La figura 5 ilustra la influencia del azufre en el ángulo de flexión de las piezas después del estampado en caliente.

La figura 6 ilustra la influencia del azufre en la energía de iniciación de la fractura de piezas después del estampado en caliente.

La figura 7 muestra las condiciones de temperatura del horno en función del tiempo total de permanencia en el horno para láminas de espesores totales de 0,7-1,5 y 1,5-3 mm que proporcionan revestimientos particularmente favorables para la soldadura.

40

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES PREFERIDAS

45 **[0027]** Como se señaló anteriormente, el descubrimiento de los inventores de que ciertos aceros revestidos, en los que un acero base es prerrevestido al menos parcialmente en al menos un lado con un revestimiento de aluminio o de una aleación de aluminio y en el que el prerrevestimiento tiene un espesor definido y es sustancialmente uniforme, se forman convenientemente en piezas conformadas por estampado, forma una base para la invención.

50 **[0028]** En el contexto de la presente invención, los términos primer lado (o lado 1) y segundo lado (o lado 2) de la tira o lámina, etc., de acero base se refieren a las dos grandes superficies opuestas que tienen un área de superficie definida por la longitud y el ancho de la tira de acero base. En contraste, los bordes laterales de la tira de acero base son las dos pequeñas superficies enfrentadas que tienen un área superficial definida por la longitud y el espesor de la tira. Los bordes superior e inferior de la tira de acero base son las dos pequeñas superficies enfrentadas que tienen un área de superficie definida por el ancho y el espesor de la tira. A continuación, t_p designa el espesor del prerrevestimiento, en cualquier ubicación considerada en los lados 1 y 2 de una hoja o una pieza virgen. En particular, 55 en el caso de láminas revestidas en dos lados 1 y 2, t_{p1} representa el espesor en el lado 1, y t_{p2} el espesor en el lado 2.

60 **[0029]** Según una realización altamente preferida, t_p se controla en un intervalo preciso, expresado por ($t_{p\text{mín}}$, $t_{p\text{máx}}$), con el fin de mejorar la resistencia al ensuciamiento de los rodillos. El espesor se controla preferentemente, tanto en la dirección longitudinal (o de rodadura) de la tira o lámina, como también en la dirección transversal.

65 **[0030]** En relación con el problema del ensuciamiento de los rodillos, es especialmente importante el control del espesor de prerrevestimiento en el lado de la lámina o pieza virgen que está directamente en contacto con los rodillos. Debido a que diferentes operaciones pueden seguir la etapa de revestir la lámina de acero (por ejemplo, revestimiento por inmersión en caliente que proporciona los lados revestidos 1 y 2), es preferible controlar

cuidadosamente el prerrevestimiento en ambos lados de la lámina. Por ejemplo, después de enrollar, manipular, cortar, perforar, etc., los lados 1 y 2 pueden no ser fácilmente identificables. Pero cuando el control de t_p se efectúa en los dos lados de la lámina que ha sido revestida (primer lado y segundo lado) no es necesario seguir los lados 1 y 2 ya que ninguno de los lados ensuciará el rodillo. Además, no es necesario recortar la lámina para obtener una lámina

- 5 más pequeña preferida que tenga una homogeneidad más uniforme de espesor de prerrevestimiento, proporcionando así una lámina que está prerrevestida previamente, por ejemplo, por inmersión en caliente. En otras palabras, se obtienen importantes beneficios cuando se controla el espesor mínimo y máximo de prerrevestimiento del primer lado (t_{pmin1} , t_{pmax1}) y el espesor mínimo y máximo de prerrevestimiento del segundo lado (t_{pmin2} , t_{pmax2}) de la lámina de acero o pieza virgen en cuestión.
- 10 Los aceros revestidos por inmersión en caliente son los aceros preferidos aquí. Sin embargo, independientemente del procedimiento de revestimiento, el espesor de prerrevestimiento en uno o ambos lados de la lámina se puede medir y monitorear continuamente en una línea de revestimiento directamente después de la operación de revestimiento. Esto puede realizarse mediante dispositivos conocidos per se, tales como medidores de espesor que dependen de la absorción de rayos X. En cada momento, la medición del espesor en un lugar dado puede realizarse, por ejemplo, en
- 15 un área de unos pocos cientos de mm^2 , lo que representa la dimensión de la zona irradiada por rayos X.

[0031] En una realización preferida, una pluralidad de tales dispositivos se coloca a diferentes distancias en la dirección transversal de la tira para obtener un perfil del espesor del prerrevestimiento a lo largo del ancho de la tira.

- 20 **[0032]** Los inventores han descubierto que la resistencia a la contaminación o al ensuciamiento de los rodillos en los hornos mejora cuando el espesor mínimo y máximo respectivamente de al menos uno del primer lado (t_{pmin1} , t_{pmax1}) y del segundo lado (t_{pmin2} , t_{pmax2}) son respectivamente iguales a 20 y 33 micrómetros (un micrómetro es lo mismo que un micrón y es una unidad métrica de longitud igual a una millonésima parte de un metro). En otras palabras, en una realización preferida, en cada lugar en al menos una cara de la lámina o la pieza virgen, el espesor t_p del
- 25 prerrevestimiento es preferentemente de 20 a 33 micrómetros de espesor, incluyendo 21,22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31 y 32 micrómetros y todos los intervalos y subintervalos entre ellos, e incluyen todos los números entre cada valor listado como si estuvieran escritos en su totalidad (por ejemplo, 22,34 micrómetros). Para el revestimiento por inmersión en caliente, se puede realizar un control preciso de este intervalo de espesor de prerrevestimiento en una línea de operación, por ejemplo, utilizando un sistema de boquillas que emiten gas después del revestimiento, por
- 30 ejemplo, después de la salida de la tira o lámina de un baño, y por la lisura de la tira. El número, la geometría y la ubicación de las boquillas y los flujos se encuentran entre los parámetros principales para un control preciso del espesor t_p . Dada la presente descripción, un experto habitual en esta técnica puede controlar el espesor de prerrevestimiento como se describe en este documento sin trabajo excesivo.
- La invención se refiere a tiras producidas en condiciones industriales, es decir, donde el control del espesor del
- 35 prerrevestimiento es efectivo sobre una tira de superficie ancha, es decir, con una longitud mayor de 100 m, y con un ancho mayor de 600 mm. De esta manera, las piezas vírgenes cortadas o recortadas de estas tiras muestran una homogeneidad muy alta del espesor del prerrevestimiento, y la configuración de los tratamientos térmicos en el horno no tiene que cambiarse para adaptarse a eventuales variaciones de este espesor.

- 40 **[0033]** Si bien no están sujetos a una teoría de funcionamiento particular, los inventores creen que varios de los beneficios de la invención están relacionados con este intervalo de espesor del prerrevestimiento, como los siguientes:

- 45 - Para un espesor de prerrevestimiento inferior a 20 micrómetros, la capa de aleación que se forma durante el calentamiento de la pieza virgen tiene una rugosidad insuficiente. Por lo tanto, la adhesión de la pintura posterior es baja en esta superficie y la resistencia a la corrosión disminuye.
- Si el espesor del prerrevestimiento es superior a 33 micrómetros en un lugar determinado de una hoja, el riesgo es que la diferencia de espesor entre este lugar y otros lugares donde el prerrevestimiento sea más delgado se vuelve demasiado importante: Las configuraciones del tratamiento térmico en el horno pueden adaptarse al valor
- 50 más fino del prerrevestimiento, pero no al más grueso. Por lo tanto, la reacción de aleación que forma la aleación intermetálica puede tener lugar en un grado insuficiente, ya que la distancia media de difusión de los elementos en el prerrevestimiento se vuelve significativamente menor que el valor local del espesor del prerrevestimiento. Como resultado, la aleación se volverá mucho más difícil en la parte externa (o superficial), particularmente en el caso de una alta velocidad de calentamiento.

- 55 **[0034]** Por lo tanto, en una primera realización, la presente invención proporciona ciertas tiras de acero revestidas, que comprenden una tira de acero base y un prerrevestimiento de aluminio o de una aleación de aluminio en al menos una parte de un lado de la tira del acero base. Para muchas aplicaciones, la tira de acero base puede comprender cualquier tipo de acero que pueda ser revestido con aluminio o con una aleación de aluminio. Sin embargo,
- 60 para ciertas aplicaciones, como una parte estructural de un automóvil, se prefiere que la tira de acero base comprenda un acero de ultra alta resistencia (UHSS). En tales casos, se prefiere particularmente que la tira de acero base comprenda un acero al boro.

- [0035]** Los inventores también han descubierto que se logran buenos resultados de soldadura si el
- 65 revestimiento obtenido en piezas hechas de piezas vírgenes que han sufrido aleaciones intermetálicas, austenización

y estampado en caliente, presenta características distintivas. Cabe señalar que este revestimiento es diferente del prerrevestimiento inicial, ya que el tratamiento térmico provoca una reacción de la aleación con el sustrato de acero que modifica tanto la naturaleza fisicoquímica como la geometría del prerrevestimiento: a este respecto, los inventores han descubierto que una soldabilidad particularmente buena de las piezas aluminizadas y estampadas en caliente está asociada con la siguiente sucesión de capas de revestimiento en las piezas, que proceden del sustrato de acero hacia afuera:

- (a) Capa de interdifusión;
- (b) Capa intermedia;
- 10 - (c) Capa intermetálica;
- (d) Capa superficial.

Véase, por ejemplo, la figura 1. En una realización preferida, estas capas son las siguientes:

- 15 - (a) Capa de interdifusión, preferentemente con dureza media (por ejemplo, HV50g entre 290 y 410, HV50g designando la dureza medida bajo una carga de 50 gramos) Esta capa tiene la siguiente composición, en peso: 86-95 % Fe, 4-10 % Al, 0-5 % Si
- (b) Capa intermedia (HV50g alrededor de 900 - 1000 por ejemplo, +/- 10 %) Esta capa tiene la siguiente composición, en peso: 39-47 % Fe, 53-61 % Al, 0-2 % Si
- 20 - (c) Capa intermetálica, con dureza HV50g alrededor de 580-650, por ejemplo, +/- 10 %) En una realización preferida, esta capa tiene la siguiente composición, en peso: 62-67 % Fe, 30-34 % Al, 2-6 % Si
- (d) Capa superficial (HV50g alrededor de 900 - 1000 por ejemplo, +/- 10 %)

Esta capa tiene la siguiente composición, en peso: 39-47 % Fe, 53-61 % Al, 0-2 %

25 **[0036]** En una realización preferida, el espesor total de las capas (a) a (d) es superior a 30 micrómetros.

[0037] En otra realización preferida, el espesor de la capa (a) es inferior a 15 micrómetros, por ejemplo 14, 12, 10, 8, 6, 4, 2 o 1 micrómetros, y todos los números enteros, intervalos y subintervalos entre ellos, que incluyen todos los números entre cada valor listado como si estuvieran escritos en su totalidad (por ejemplo, 13,84 micrómetros).

[0038] Los inventores han descubierto que la alta soldabilidad se obtiene especialmente cuando las capas (c) y (d) son esencialmente continuas (es decir, ocupan al menos el 90 % del nivel correspondiente a la capa considerada) y cuando menos del 10 % de la capa (c) está presente en la superficie extrema de la pieza. Sin limitarse a una teoría, se cree que esta disposición particular de capa, en particular la capa (a) y las capas (c) y (d) influyen en la resistividad del revestimiento tanto por sus características intrínsecas como por el efecto de la rugosidad. Por lo tanto, el flujo de corriente, la generación de calor en las superficies y la formación de pepitas en la etapa inicial de la soldadura por puntos se ven afectados por esta disposición particular.

40 **[0039]** Esta disposición favorable de la capa se obtiene, por ejemplo, cuando las láminas de acero con revestimiento previo de aleación de aluminio o aluminio, cuyo grosor varía, por ejemplo, de 0,7 a 3 mm, se calientan durante 3 a 13 minutos (este tiempo de permanencia incluye la fase de calentamiento y el tiempo de retención) en un horno calentado a una temperatura de 880 a 940 °C. Otras condiciones que conducen a disposiciones de capa tan favorables se encuentran en la figura 7:

45 Para láminas de espesores totales mayores o iguales a 0,7 mm, y menores o iguales a 1,5 mm, las condiciones de tratamiento preferidas: (temperatura del horno, tiempo total de permanencia en el horno) se ilustran en la figura 7 por condiciones que se encuentran dentro de los límites del diagrama «ABCD»

[0040] Para láminas de espesores totales mayores o iguales a 1,5 mm, y menores o iguales a 3 mm, las condiciones de tratamiento preferidas: (temperatura del horno, tiempo total de permanencia en el horno) se ilustran en la figura 7 mediante el diagrama «EFGH»

[0041] La velocidad de calentamiento V_c está comprendida entre 4 y 12 °C/s para producir una disposición de capa de aleación favorable. A este respecto, esta «velocidad de calentamiento» refleja el aumento de temperatura que experimenta el acero prerrevestido al ubicarse en el horno precalentado. V_c se define como la velocidad media de calentamiento entre 20 y 700 °C. Los inventores han descubierto que el control de V_c en este intervalo preciso es un factor clave, porque controla directamente la naturaleza y la morfología de las capas de aleación que se forman. Aquí se subraya que la velocidad de calentamiento V_c es diferente de la velocidad de calentamiento media, que es la velocidad de calentamiento entre la temperatura ambiente y la temperatura del horno. Se incluyen las velocidades de 60 6, 7, 8, 9, 10 y 11 °C/s, así como todos los números, intervalos y subintervalos entre ellos, e incluyen todos los números entre cada valor listado como si estuvieran escritos en su totalidad (por ejemplo, 7,7 °C/s). A este respecto, se señalan todas las condiciones especificadas en la figura 7. Las condiciones particularmente preferidas son: (para espesor de 0,7-1,5 mm)

65 - 930 °C, de 3 minutos hasta 6 minutos;

ES 2 754 621 T3

- 880 °C, de 4 minutos 30 segundos hasta 13 minutos (para espesor de 1,5 a 3 mm)
- 940 °C, de 4 minutos hasta 8 minutos;
- 900 °C, de 6 minutos 30 segundos hasta 13 minutos;

5 **[0042]** Una ventaja especial surge de los prerrevestimientos cuyo espesor está comprendido entre 20 y 33 micrómetros, ya que este intervalo de espesores arroja una disposición favorable de la capa, y dado que la homogeneidad del espesor del prerrevestimiento está asociada a una homogeneidad del revestimiento formado después del tratamiento de aliación.

10 **[0043]** Posteriormente, las piezas vírgenes calentadas se transfieren a una matriz, se estampan en caliente para obtener una pieza o producto, y se enfrían a una velocidad de más de 30 °C/s. La velocidad de enfriamiento se define aquí como la velocidad media entre la salida de la pieza virgen calentada desde el horno, hasta 400 °C.

[0044] La tira de acero base está revestida con aluminio o con una aleación de aluminio. El aluminio comercialmente puro se conoce en la técnica como aluminio Tipo 2, mientras que las aleaciones de aluminio con 5 a 11 % en peso de silicio se conocen en la técnica como aluminio Tipo 1. El silicio está presente para evitar la formación de una gruesa capa intermetálica de hierro y metal que reduce la adherencia y la formabilidad. Otros elementos de aleación útiles con aluminio en la presente invención incluyen hierro, entre 2,5 y 3 % en peso, y calcio, entre 15 y 30 ppm en peso, incluidas combinaciones de dos o más de los mismos con aluminio.

20 **[0045]** Un baño de metal típico para un revestimiento de Al-Si generalmente contiene en su composición básica en peso, de 8 % a 11 % de silicio, de 2 % a 4 % de hierro, el resto es aluminio o aleación de aluminio, e impurezas inherentes al procesamiento. La composición típica del revestimiento de Al-Si es: Al- 9,3 % Si-2,8 % Fe. Sin embargo, los revestimientos de la invención no se limitan a estas composiciones.

25 **[0046]** La tira de acero base usada en el presente documento puede ser cualquiera que pueda revestirse mediante una técnica de revestimiento convencional. Por ejemplo, la tira de acero base puede ser cualquier tira laminada en caliente, como las preparadas laminando en caliente una placa de acero (con o sin laminado en frío posterior). Típicamente, la tira de acero base se almacenará y transportará en forma de bobina tanto antes como
30 después de la formación del revestimiento.

[0047] La composición de acero reivindicada para la tira de acero base es una que tiene la siguiente composición en peso:

- 35 0,15 % < carbono < 0,5 %
0,5 % < manganeso < 3 %
0,1 % < silicona < 1 %
40 0,01 % < cromo < 1 %
titanio < 0,2 %
45 aluminio < 0,1 %
fósforo < 0,1 %
azufre < 0,05 %
50 0,0005 % < boro < 0,010 %

el resto comprendido consiste esencialmente en hierro o consiste en impurezas inherentes al procesamiento. El uso de dicho acero proporciona una resistencia mecánica muy alta después del tratamiento térmico y el revestimiento a
55 base de aluminio proporciona una alta resistencia a la corrosión.

[0048] De manera particularmente preferible, la composición en peso del acero en la tira de acero base es la siguiente:

- 60 0,15 % < carbono < 0,25 %
0,8 % < manganeso < 1,8 %
0,1 % < silicona < 0,35 %
65

0,01 % < cromo < 0,5 %

titanio < 0,1 %

5 aluminio < 0,1 %

fósforo < 0,1 %

0,002 % < boro < 0,005 %,

10

el resto comprendido consiste esencialmente en hierro o consiste en impurezas inherentes al procesamiento.

[0049] Una tira preferida aquí tiene 100 m de largo y 600 mm de ancho. Los espesores preferidos son 0,7 a 3 mm.

15

[0050] Incluso más preferentemente, en la composición en peso de la lámina, la relación en peso del contenido de titanio con respecto al contenido de nitrógeno es superior a 3,42, que se cree que es un nivel en el que el boro ya no puede combinarse con el nitrógeno.

20 **[0051]** Un ejemplo de acero preferido comercialmente disponible para su uso en la tira de acero base es 22MnB5.

[0052] Se puede añadir cromo, manganeso, boro y carbono en la composición del acero según la invención, por su efecto sobre la templabilidad. Además, el carbono permite alcanzar altas características mecánicas gracias a su efecto sobre la dureza de la martensita.

25

[0053] Se introduce aluminio en la composición para realizar la desoxidación en estado líquido y para proteger la eficacia del boro.

30 **[0054]** El titanio, cuya proporción con respecto al contenido de nitrógeno debe ser superior a 3,42, se introduce, por ejemplo, para evitar la combinación del boro con el nitrógeno, el nitrógeno se combina con titanio.

[0055] Los elementos de aleación, Mn, Cr, B, hacen posible una templabilidad que permite el endurecimiento en las herramientas de estampado o el uso de fluidos de endurecimiento suave que limitan la deformación de las piezas en el momento del tratamiento térmico. Además, la composición según la invención es optimizada desde el punto de vista de la soldabilidad.

35

[0056] El acero en la lámina puede someterse a un tratamiento para la globularización de sulfuros realizado con calcio, lo que tiene el efecto de mejorar la resistencia a la fatiga de la lámina.

40

[0057] Como se mencionó anteriormente, se puede proporcionar una resistencia ultraalta con la lámina de acero revestida y estampada en caliente según la invención. Este alto nivel de resistencia a veces se asocia con una ductilidad limitada. En aplicaciones que requieren una mayor ductilidad, en particular cuando se requiere una capacidad de flexión de una pieza o un producto, los inventores han descubierto que se puede obtener una mayor ductilidad si el azufre es particularmente controlado: cuando el nivel de azufre del acero base es menor o igual a 0,002 % (20 ppm), el ángulo de flexión puede ser mayor que 60° y se obtiene ductilidad y resistencia al desgarro mejoradas en las piezas que han experimentado un tratamiento térmico y estampado. Niveles preferidos incluyen 20, 18, 15, 13, 10, 8, 5, 2, etc. ppm de azufre. De hecho, este beneficio se aplica a los aceros en general, y no se limita a los aceros revestidos ni a los aceros revestidos con revestimientos de Al o de aleación de Al. Si bien no está sujeto a una teoría particular, al analizar las causas de falla prematura de algunas piezas en las operaciones de flexión, los inventores observaron que la falla se inició en las inclusiones de sulfuro. Por lo tanto, se cree que las descohesiones entre inclusiones y la matriz martensítica o bainito-martensítica actúan como factores de concentración de estrés y desencadenan una mayor propagación de grietas en el modo dúctil.

45

50

55 **[0058]** La especificación también discute un procedimiento para producir una pieza a partir de una lámina revestida de la invención, a continuación se corta en una pieza virgen que, después de la conformación, el revestimiento de la pieza virgen se somete a un aumento de temperatura a una velocidad superior a 4 °C/segundo, pero inferior a 12 °C/segundo. La velocidad de calentamiento V_c es definida como la velocidad media entre 20 y 700 °C.

60 **[0059]** La invención también se refiere al uso de una lámina de acero laminada en caliente que a continuación puede ser laminada en frío y recubierta, para piezas estructurales y/o antiintrusión o subestructura para un vehículo a motor terrestre, como, por ejemplo, una barra de parachoques, un refuerzo de puerta, un radio de rueda, etc.

[0060] La lámina según la invención descrita anteriormente puede derivar, en razón de su procesamiento, de un laminador en caliente, y posiblemente puede ser enrollada en frío nuevamente dependiendo del espesor final

65

deseado. A continuación se reviste con un revestimiento a base de aluminio, por ejemplo, sumergiéndolo en un baño que contiene, además de la fuente/aleación de aluminio, por ejemplo, de 8 % a 11 % de silicio y de 2 % a 4 % de hierro, teniendo la lámina una alta resistencia mecánica después del tratamiento térmico y una alta resistencia a la corrosión, así como una buena capacidad para pintar y pegar.

5

[0061] El revestimiento se controla preferentemente como anteriormente, y tiene en particular la función de proteger la lámina básica contra la corrosión en diversas condiciones. El tratamiento térmico aplicado en el momento de un procedimiento de conformación en caliente o después de la conformación permite obtener altas características mecánicas que pueden exceder 1500 MPa para resistencia mecánica y 1200 MPa para límite elástico. Las características mecánicas finales son ajustables y dependen en particular de la fracción de martensita de la estructura, del contenido de carbono del acero y del tratamiento térmico. En el momento del tratamiento térmico realizado en una pieza terminada o en el momento de un procedimiento de conformación en caliente, el revestimiento forma una capa que tiene una resistencia sustancial a la abrasión, al desgaste, a la fatiga, a los golpes, así como una buena resistencia a la corrosión y una buena capacidad para pintar y pegar. El revestimiento permite evitar diferentes operaciones de preparación de la superficie, como las láminas de acero para tratamiento térmico que no tienen ningún revestimiento.

10

15

[0062] La lámina de acero se puede prerrevestir sumergiéndola, después de decapado, en un baño de aluminio que contiene, por ejemplo, solo aluminio o aluminio y del 8 % al 11 % de silicio y del 2 % al 4 % de hierro, o solo del 2 % al 4 % hierro, o incluso en un baño de aluminio que contiene preferentemente de 9 % a 10 % de silicio y 2 % a 3,5 % de hierro. El aluminio puede ser aluminio per se o una aleación de aluminio.

20

[0063] En un ejemplo de implementación de un revestimiento de la lámina sumergiéndola en un baño de metal que contiene una aleación de aluminio que comprende una proporción de aproximadamente 90 % de aluminio, la capa de revestimiento comprende una primera capa de aleación en contacto con la superficie del acero. Esta capa, directamente en contacto con la superficie de la lámina, está altamente aleada con hierro.

25

[0064] Una segunda capa de revestimiento, encima de la primera, contiene aproximadamente 90 % de aluminio y puede contener silicio y una pequeña cantidad de hierro, dependiendo de la composición del baño.

30

[0065] La primera capa de aleación puede agrietarse cuando la lámina se somete a altas tensiones durante las operaciones de conformación en frío de la fabricación de piezas.

[0066] Según la invención, después de la formación de la pieza, el revestimiento se somete a un aumento de temperatura a una velocidad superior a 4 °C/segundo. Este aumento de temperatura hace posible una rápida refusión del aluminio que llena las grietas generadas por la operación de conformación de la pieza.

35

[0067] En el momento del tratamiento térmico, el revestimiento base, de aluminio, por ejemplo, se transforma en una capa aleada con hierro y comprende diferentes fases dependiendo del tratamiento térmico y tiene una dureza considerable que puede superar los 600 HV50.

40

[0068] Otra ventaja de la invención radica en el hecho de que la difusión del hierro en el revestimiento se inicia a alta temperatura. De este modo, se tendrá una mejor cohesión entre el revestimiento y el acero en la lámina. En otra forma de la invención, el tratamiento térmico puede realizarse localmente, en zonas altamente deformadas.

45

[0069] Según la invención, la lámina, en el estado de entrega en una bobina o en una lámina, cuyo espesor puede oscilar entre 0,25 mm y 15 mm, tiene buenas propiedades de conformación y una buena resistencia a la corrosión, así como una buena capacidad para pintar o pegar. Preferentemente, la lámina de acero o pieza virgen tiene un espesor inferior a 3 mm, ya que las velocidades de enfriamiento que se pueden lograr después del enfriamiento rápido son altas y ayudan a obtener estructuras martensíticas.

50

[0070] La lámina de acero, un producto revestido, tiene una resistencia sustancial a la corrosión en el estado de entrega, durante la conformación y los tratamientos térmicos, así como durante el uso de la pieza terminada.

[0071] La presencia del revestimiento en el momento del tratamiento térmico de las piezas permite evitar cualquier descarburación del metal base, así como cualquier oxidación. Esa es una ventaja innegable, en particular en el caso de la conformación en caliente. Además, el calentamiento de la pieza tratada no requiere un horno que tenga una atmósfera controlada para evitar una descarburación.

55

[0072] El tratamiento térmico del metal en la lámina que comprende el calentamiento a una temperatura que oscila entre Ac1, temperatura inicial de transformación austenítica al calentar a, por ejemplo 750 °C y 1200 °C, en un horno, durante un período que depende de la temperatura a alcanzar y el espesor de la pieza virgen. La composición es optimizada para limitar el crecimiento del grano en el momento del tratamiento térmico. Si la estructura buscada es completamente martensítica, la temperatura de retención debe ser superior a Ac3, por ejemplo 840 °C, temperatura de transformación austenítica completa. La retención de la temperatura debe ir seguida de un enfriamiento ajustado a la estructura final buscada.

65

[0073] Posteriormente, las piezas vírgenes se transfieren desde el horno a una prensa de estampado. Cuando el tiempo transcurrido entre la salida de las piezas vírgenes del horno y la introducción en la prensa de estampado es más de 10 segundos, es probable que aparezca una transformación parcial de austenita: si se desea obtener una estructura martensítica completa, el tiempo de transferencia entre la salida del horno y el estampado debe ser inferior a 10 segundos.

[0074] Los inventores también han descubierto que la obtención de una estructura completamente martensítica está relacionada con la cantidad de deformación en la operación de conformación en caliente: la cantidad de deformación local causada por la conformación en caliente está estrechamente relacionada con la forma de la pieza o producto y puede exceder localmente 40 o 50 % en algunas regiones particulares. Los inventores descubrieron que, cuando la tensión local supera un valor crítico del 10 %, la velocidad de enfriamiento debe ser lo suficientemente alta para obtener una transformación martensítica total. De lo contrario, la transformación bainítica puede tener lugar en una cantidad significativa en lugar de la transformación martensítica. Por lo tanto, el riesgo es que la estructura heterogénea aparezca en piezas con formas complejas donde algunos lugares estén mucho más deformados que otros. A este respecto, los inventores ponen en evidencia que, en los lugares de las piezas donde la tensión de conformación es superior al 10 %, la velocidad de enfriamiento debe aumentarse más allá de 50 °C/s para garantizar la transformación martensítica completa. La velocidad de enfriamiento se define como la velocidad media entre la salida de la pieza virgen calentada desde el horno, hasta 400 °C.

[0075] Pero también se puede tratar de obtener estructuras ferrito-bainíticas o ferrito-martensíticas, calentando a una temperatura que oscila entre Ac1, por ejemplo 750 °C y Ac3, por ejemplo 840 °C, seguido de un enfriamiento apropiado. Según el nivel de resistencia a alcanzar y el tratamiento térmico aplicado, uno o varios de estos constituyentes está/están presente(s) en proporciones variables.

[0076] La modulación de los parámetros de tratamiento térmico permite lograr, con una composición dada, diferentes niveles de resistencia de la lámina caliente y fría según el espesor buscado. Para los niveles de resistencia más altos, la estructura está compuesta predominantemente de martensita.

[0077] El acero es particularmente adecuado para la producción de piezas estructurales y antiinrusión.

[0078] Por lo tanto, la invención permite producir una lámina de acero laminada en caliente o en frío de un espesor deseado, revestida y con amplias posibilidades de conformación y que, después del tratamiento térmico realizado en la pieza terminada, permite obtener una resistencia mecánica superior a 1000 MPa, una resistencia sustancial a los golpes, fatiga, abrasión y desgaste, al tiempo que conserva una buena resistencia a la corrosión, así como una buena capacidad para soldar, pintar y pegar.

[0079] La presente invención se describirá ahora adicionalmente por medio de ciertas realizaciones ejemplares que no pretenden ser limitantes.

EJEMPLOS

Ejemplo 1:

[0080] En un primer ejemplo de implementación, una lámina de acero laminado en frío, de 1,9 mm de espesor, que contiene en peso: 0,23 % de carbono, 1,25 % de manganeso, 0,017 % de fósforo, 0,002 % de azufre, 0,27 % de silicio, 0,062 % de aluminio, 0,021 % de cobre, 0,019 % de níquel, 0,208 % de cromo, 0,005 % de nitrógeno, 0,038 % de titanio, 0,004 % de boro, 0,003 % de calcio, ha sido revestida previamente con una aleación a base de aluminio con composición 9,3 % de silicio, 2,8 % de hierro, el resto es aluminio e impurezas inevitables. Según las condiciones de fabricación, es decir, la configuración de los dispositivos de soplado en la línea de operación, se produjeron láminas de 120 m de largo y 650 mm de ancho con varios intervalos de espesor.

- Lámina A (según la invención): El espesor t_{p1} y t_{p2} en cada lado de la lámina se controló para estar dentro del intervalo (20-33) micrómetros, en cada lugar de las dos caras de la lámina, tanto en la dirección longitudinal (o de rodadura) como en la dirección transversal. La medición se realizó de forma continua con dispositivos de medición de espesor que dependen de la emisión de rayos X. En cada momento, el punto de medición de cada medidor era una zona circular de aproximadamente 20 mm de radio. Las láminas se cortaron a continuación en piezas vírgenes de 1,2 x 0,5 m² de dimensiones totales.

- Lámina B (referencia): En estas láminas, el espesor de prerrevestimiento tenía una variabilidad más amplia ya que el espesor t_{p1} y t_{p2} en los dos lados de la lámina estaba comprendido en el intervalo (30-45) micrómetros. Las piezas vírgenes cortadas de estas láminas exhiben el mismo espesor de prerrevestimiento.

[0081] Las piezas vírgenes fueron sometidas a calentamiento en un horno a $T = 920$ °C. El tiempo de calentamiento fue de 3 minutos, con 4 minutos de tiempo de retención. La microestructura es entonces completamente austenítica. Posteriormente, las piezas vírgenes se transfirieron del horno a una prensa de estampado. Cuando el

tiempo transcurrido entre la salida de las piezas vírgenes del horno y la transferencia a la prensa de estampado es más de 10 segundos, es probable que aparezca una transformación parcial de austenita, reduciendo así la resistencia mecánica de la parte estampada.

5 **[0082]** Posteriormente, las piezas vírgenes se enfriaron directamente sin estampación en caliente para apreciar la eventual refusión del revestimiento.

[0083] En la serie A, no se encontró fusión del prerrevestimiento. La aleación intermetálica entre el prerrevestimiento y el sustrato de acero se produjo por completo.

10

[0084] En la serie B, el prerrevestimiento se sometió principalmente a aleaciones, pero se encontraron algunos rastros de refundición, particularmente en los lugares anteriores más gruesos del prerrevestimiento. Esta refusión parcial del prerrevestimiento de aluminio contribuye a ensuciar progresivamente los rodillos en el horno. Las láminas según la invención no contribuyen a esta acumulación progresiva en los rodillos.

15

Ejemplo 2:

[0085]

20 i) Condiciones según la invención: En un segundo ejemplo de implementación, se ha fabricado una lámina de acero laminado en frío, de 1,2 mm de espesor, 120 m de largo y 650 mm de ancho, con la misma composición y el mismo prerrevestimiento que en el ejemplo 1. Posteriormente, las láminas se cortaron en piezas vírgenes que se calentaron a 920 °C durante 6 minutos, esta vez incluyendo la fase de calentamiento y el tiempo de retención. La velocidad de calentamiento V_c entre 20 y 700 °C fue de 10 °C/s. Las piezas vírgenes finalmente se estamparon en caliente y se enfriaron para obtener estructuras martensíticas completas.

25

Las piezas obtenidas después del estampado en caliente están cubiertas por un revestimiento de 40 micrómetros de espesor, ilustrado en la figura 1, que tiene una estructura de cuatro capas. A partir del sustrato de acero, las capas son las siguientes:

30

- (a) Capa de interdifusión o capa intermetálica, 17 micrómetros de espesor. Esta capa está compuesta por dos subcapas. La dureza HV50g varía de 295 a 407, y la composición media es: 90 % Fe, 7 % Al, 3 % Si.

- (b) Capa intermedia, que aparece más oscura, 8 micrómetros de espesor. Esta capa tiene una dureza de 940HV50g y una composición media, en peso: 43 % Fe, 57 % Al, 1 % Si.

35

- (c) Capa intermetálica que aparece como una fase pálida, 8 micrómetros de espesor, que muestra una dureza de 610HV50g, una composición media de 65 % Fe, 31 % Al, 4 % Si

- (d) Capa superficial más oscura, 7 micrómetros de espesor, 950 HV50g, con una composición media de 45 % Fe, 54 % Al, 1 % Si

40

Las capas (c) y (d) son casi continuas, es decir, ocupan al menos el 90 % del nivel correspondiente a la capa considerada. En particular, la capa (c) no alcanza la superficie extrema, excepto muy excepcionalmente. De todos modos, esta capa (c) ocupa menos del 10 % de la superficie extrema.

ii) Condiciones de referencia: Por otro lado, las piezas vírgenes con el mismo material base y piezas de prerrevestimiento se calentaron en horno en diferentes condiciones: Las piezas vírgenes se calentaron a 950 °C durante 7 minutos, esta vez incluyendo la fase de calentamiento. La velocidad de calentamiento V_c fue de 11 °C/s.

45

Estas condiciones corresponden a un grado de aleación que es más importante que en las condiciones (i)

- En este revestimiento, la capa intermetálica pálida (c) no es continua y parece estar dispersa dentro del revestimiento. Alrededor del 50 % de esta capa está presente en la superficie extrema de la pieza. Además, la capa de interdifusión, de 10 micrómetros de espesor en contacto con el sustrato de acero, es más delgada que en el caso anterior de la figura 1.

50

[0086] La soldadura por puntos de resistencia se realizó en las dos situaciones i) y ii):

- (i): Revestimiento con capas cuasicontinuas (c) y (d), la capa (c) ocupando menos del 10 % de la superficie extrema

55

- (ii): Revestimiento con capas mixtas y discontinuas, la capa (c) ocupando más del 10 % de la superficie extrema

[0087] La soldadura por puntos de resistencia se realizó superponiendo dos partes y uniéndolas en las siguientes condiciones:

60

- Fuerza de compresión y fuerza de soldadura: 4000 N

- Tiempo de compresión: 50 períodos

- Soldadura y tiempo de retención: 18 períodos respectivamente

65

[0088] En cada condición, se determinó el intervalo de intensidad adecuado para obtener:

- Sin chisporroteo durante la soldadura
- Tamaño de pepita aceptable.

5 **[0089]** Para la condición i), el intervalo de soldabilidad, expresado en términos de intensidad de corriente, es 1,4 kA. Para la condición ii) el intervalo de soldabilidad es extremadamente pequeño.

[0090] Por lo tanto, se puede ver que el revestimiento según la invención produce resultados mucho más satisfactorios.

10

Ejemplo 3:

[0091] En un tercer ejemplo de implementación, una lámina de acero laminada en frío del ejemplo 1 se cortó en piezas vírgenes de 500x500 mm² que se calentaron a 920 °C, durante 6 minutos, a continuación se estamparon en caliente y se enfriaron en herramientas, en condiciones tales que se obtuvieron dos velocidades de enfriamiento diferentes:

- (A): Velocidad de enfriamiento: $V_A = 30$ °C/s
- (B): Velocidad de enfriamiento: $V_B = 60$ °C/s

20

[0092] Debido a la forma de las piezas, se crearon diferentes niveles de deformación ϵ durante el estampado en caliente. En particular, algunas zonas con mucha tensión muestran niveles de deformación superiores al 30 %.

25 - Como se ilustra en la figura 3, observaciones metalográficas revelan que cuando $\epsilon > 10$ %, se produce una transformación parcial bainítica o ferrítica en piezas enfriadas con $V_a = 30$ °C/s, principalmente en los límites de granos austeníticos anteriores. Por otro lado, las piezas enfriadas con $V_b = 60$ °C/s muestran una microestructura completamente martensítica como se ilustra en la figura 4. Las últimas estructuras muestran una resistencia mecánica superior y una gran homogeneidad en el caso de sollicitación mecánica.

30 **[0093]** Por lo tanto, incluso en productos o piezas donde el esfuerzo es mayor que el 10 %, la aplicación de enfriamiento según la invención garantiza una homogeneidad microestructural y mecánica.

Ejemplo 4:

35 **[0094]** En un cuarto ejemplo de implementación, se elaboraron piezas de acero fundido que contenían diferentes valores de azufre. Estos aceros se laminaron posteriormente en caliente, a continuación se laminó el acero en frío en láminas de 2,2 mm de espesor. El contenido de azufre varía de 11 ppm (0,0011 %) a 59 ppm (0,006 %) en peso. Además del azufre, las composiciones de estas diferentes piezas de acero fundido comprenden, en peso: 0,24 % de carbono, 1,17 % de manganeso, 0,01 % de fósforo, 0,25 % de silicio, 0,045 % de aluminio, 0,01 % de cobre, 40 0,02 % de níquel, 0,2 % de cromo, 0,04 % titanio, 0,003 % de boro, 0,002 % de calcio, el resto es hierro e impurezas inevitables.

[0095] Estas láminas se revistieron previamente con una aleación a base de aluminio de composición que comprende 9,3 % de silicio, 2,8 % de hierro, el resto es aluminio e impurezas inevitables.

45

[0096] Posteriormente, las láminas se cortaron en piezas vírgenes que se calentaron a 950 °C durante 5 minutos, a continuación se estamparon en caliente y se enfriaron en herramientas para obtener una estructura martensítica completa. La resistencia mecánica fue superior a 1450 MPa.

50 **[0097]** Especímenes se extrajeron según el sentido transversal de la dirección de rodadura y se sometieron a una prueba de flexión con modos de flexión alternativos. Los inventores ponen en evidencia que el ángulo de flexión crítico (ángulo de fractura) está estrechamente relacionado con el contenido de azufre del acero: cuando el contenido de azufre es inferior al 0,002 %, el ángulo de flexión excede los 60°, lo que indica una mayor ductilidad y absorción de energía.

55

[0098] Especímenes compactos del tipo de prueba de tracción también se extrajeron según la dirección de rodadura transversal para medir la resistencia al desgarro, es decir, la energía que es necesaria para el inicio o la propagación de una grieta existente. Los resultados, ilustrados en la figura 6, indican que se alcanza una energía de iniciación superior a 18 Joules cuando el contenido de azufre es inferior al 0,002 % en peso.

60

[0099] Como estas cualidades de alta resistencia, alta absorción de energía y soldabilidad son necesarias en la industria automovilística, las piezas o productos fabricados según la invención se utilizarán con lucro para tales aplicaciones.

65 **[0100]** Si bien la descripción anterior es clara con respecto a la comprensión de la invención, los siguientes

términos, tal como se utilizan en la siguiente lista de realizaciones y reivindicaciones preferidas tienen los siguientes significados para evitar cualquier confusión:

- 5 **prerrevestimiento** - el material (Al o aleación de Al) revestido o ubicado en al menos una porción de la tira o lámina, etc., de acero base para formar un prerrevestimiento/compuesto base, el compuesto no ha sido sometido a una reacción de aliación entre el material de Al o aleación de Al revestido y el acero base
- 10 **aliación** - una reacción entre el prerrevestimiento y el acero base, para producir al menos una capa intermedia de composición diferente tanto del acero base como del prerrevestimiento. La reacción de aliación ocurre durante el tratamiento térmico inmediatamente anterior al estampado en caliente. La reacción de aliación afecta el espesor total del prerrevestimiento. La reacción de aliación forma las siguientes capas: (a) interdifusión, (b) intermedia, (c) intermetálica y (d) superficial como se describió anteriormente;
- 15 **acero prerrevestido** - el prerrevestimiento/compuesto base que no ha sido sometido a una reacción de aliación entre el material revestido y el acero base;
- revestimiento** - el prerrevestimiento/compuesto base que no ha sido sometido a una reacción de aliación entre el material revestido y el acero base; En la invención reivindicada, el revestimiento comprende capas (a) interdifusión, (b) intermedia, (c) intermetálica y (d) superficial descritas anteriormente;
- 20 **acero o producto revestido** - el acero o producto prerrevestido que ha sido sometido a una reacción de aliación entre el prerrevestimiento y el acero base. En la invención reivindicada, el acero revestido es una tira o lámina, etc., de acero base que tiene un revestimiento de la invención que comprende capas (a) interdifusión, (b) intermedia, (c) intermetálica y (d) superficial descritas anteriormente;
- pieza virgen** - una forma cortada de una tira.
- producto** - una pieza virgen estampada

25 **[0101]** La descripción de la invención escrita anteriormente proporciona una manera y procedimiento de hacerla y usarla de tal manera que cualquier persona experta en esta técnica esté habilitada para hacer y usar la misma, esta habilitación se proporciona en particular para el tema de las reivindicaciones adjuntas, que constituyen una parte de la descripción original. Como se usaron anteriormente, las frases «seleccionadas del grupo que consiste en», «elegidas de» y similares incluyen mezclas de los materiales especificados. Términos como «contiene(n)» y similares, como se usan en el presente documento, son términos abiertos que significan «incluyendo al menos», a menos que se indique lo contrario. Todas las referencias, patentes, solicitudes, pruebas, estándares, documentos, publicaciones, folletos, textos, artículos, etc. se mencionan aquí para información. Cuando se establece un límite o intervalo numérico, se incluyen los puntos extremos. Además, todos los valores y subintervalos dentro de un límite o intervalo numérico se incluyen específicamente como si estuvieran explícitamente escritos. La descripción anterior se presenta para permitir que una persona experta en la técnica haga y use la invención, y se proporciona en el contexto de una aplicación particular y sus requisitos.

35

REIVINDICACIONES

1. Un producto estampado de acero revestido, que comprende:

5 (a) una tira de acero base que tiene un primer lado y un segundo lado, el acero en la tira que tiene una composición que comprende, en peso:

0,15 % < carbono < 0,5 %

10 0,5 % < manganeso < 3 %

0,1 % < silicona < 0,5 %

15 0,01 % < cromo < 1 %

titanio < 0,2 %

aluminio < 0,1 %

20 fósforo < 0,1 %

azufre < 0,05 %

25 0,0005 % < boro < 0,08 %, y además comprende hierro e impurezas inherentes al procesamiento; y

(b) un revestimiento en al menos uno de dicho primer lado de dicha tira de acero base y dicho segundo lado de dicha tira de acero base, en el que:

30 (i) dicho revestimiento es el resultado de la interdifusión entre dicho acero base y el prerrevestimiento de aluminio o aleación de aluminio, (ii) dicho revestimiento comprende, procediendo desde el acero base hacia afuera,

35 - (a) Capa de interdifusión, que tiene la siguiente composición, en peso: 86-95 % Fe, 4-10 % Al, 0-5 % Si;
 - (b) Capa intermedia, que tiene la siguiente composición, en peso: 39-47 % Fe, 53-61 % Al, 0-2 % Si;
 - (c) Capa intermetálica
 - (d) Capa superficial, que tiene la siguiente composición, en peso: 39-47 % Fe, 53-61 % Al, 0-2 % Si;

40 en el que dichas capas (c) y (d) ocupan al menos el 90 % del nivel correspondiente a dichas capas consideradas y en el que menos del 10 % de la capa (c) está presente en la superficie extrema del producto.

2. Un producto estampado de acero revestido según la reivindicación 1, en el que dicho revestimiento tiene un espesor mayor de 30 micrómetros.

45 3. Un producto estampado de acero revestido según las reivindicaciones 1 o 2, en el que dicha capa (a) tiene un espesor menor que 15 micrómetros.

4. Un producto estampado de acero revestido según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el 50 acero en la tira tiene una composición que comprende, en peso:

0,20 % < carbono < 0,5 %

55 0,8 % < manganeso < 1,5 %

0,1 % < silicona < 0,35 %

0,01 % < cromo < 1 %

60 titanio < 0,1 %

aluminio < 0,1 %

65 fósforo < 0,05 %

ES 2 754 621 T3

azufre < 0,03 %

0,0005 % < boro < 0,01 %,

5 y además comprende hierro e impurezas inherentes al procesamiento.

5. Un producto estampado de acero revestido según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el acero comprende 20 ppm o menos de azufre.

10 6. Un producto estampado de acero revestido según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la relación de titanio a nitrógeno en el acero en % en peso es superior a 3,42.

7. Un producto estampado de acero revestido según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el prerrevestimiento de aluminio o aleación de aluminio comprende de 8 % a 11 % de silicio en peso, de 2 % a 4 % de hierro en peso, el resto es aluminio e impurezas inherentes al procesamiento.

8. Un producto estampado de acero revestido según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que la capa intermetálica tiene la siguiente composición, en peso: 62-67 % Fe, 30-34 % Al, 2-6 % Si.

20 9. Un vehículo terrestre de motor que comprende el producto estampado de acero revestido según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.

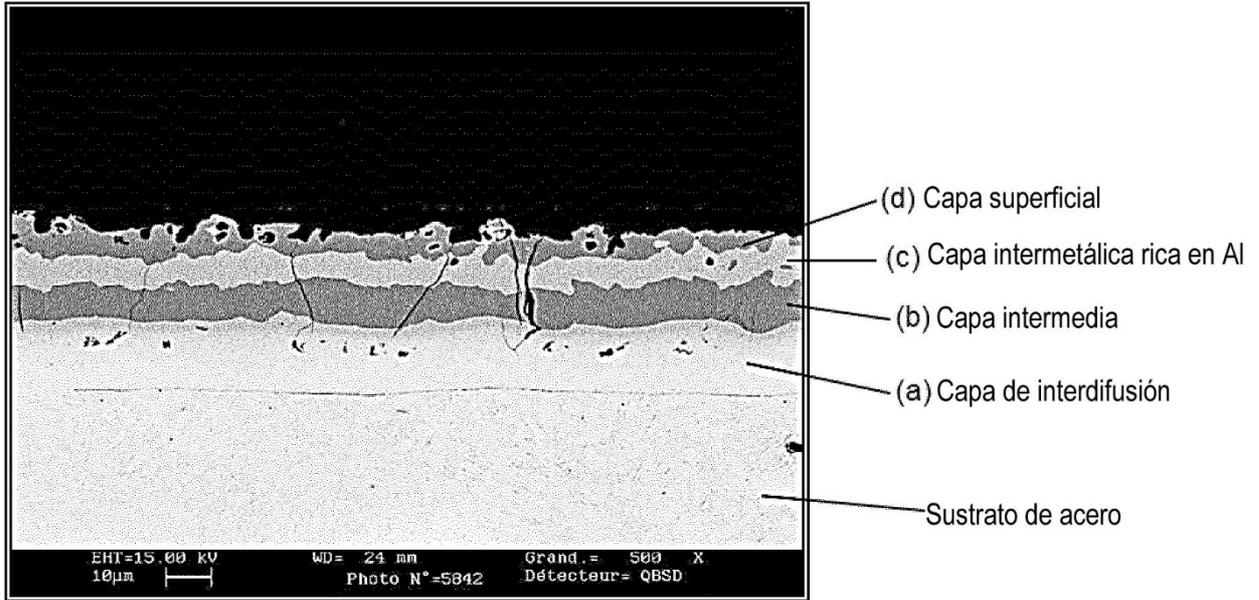


FIG.1

10µm

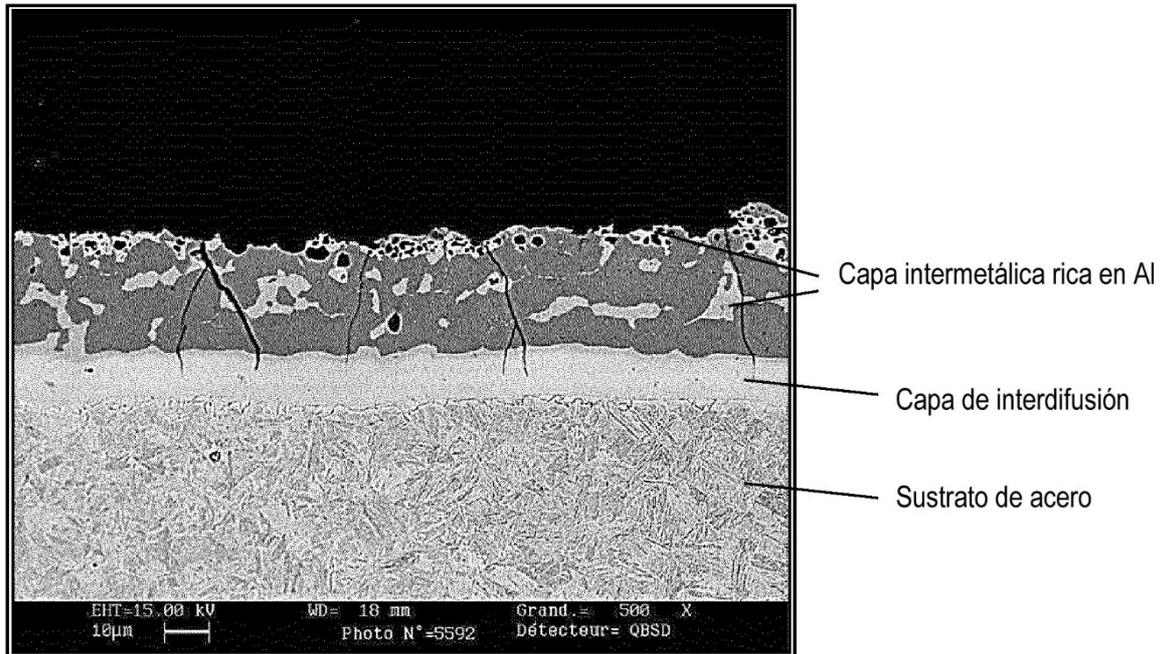


FIG.2

10µm

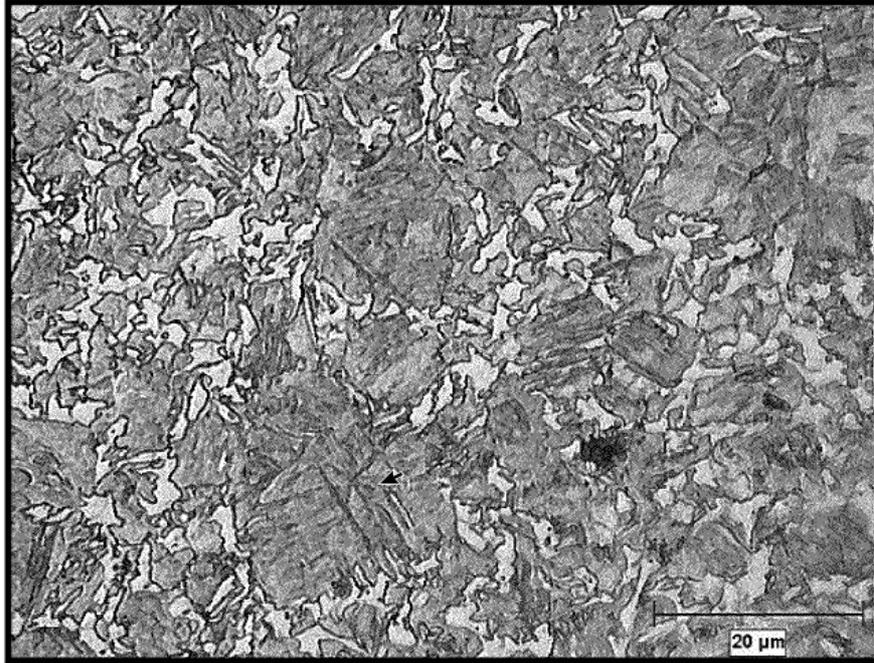


FIG.3

—
10μm



FIG.4

—
10 μm

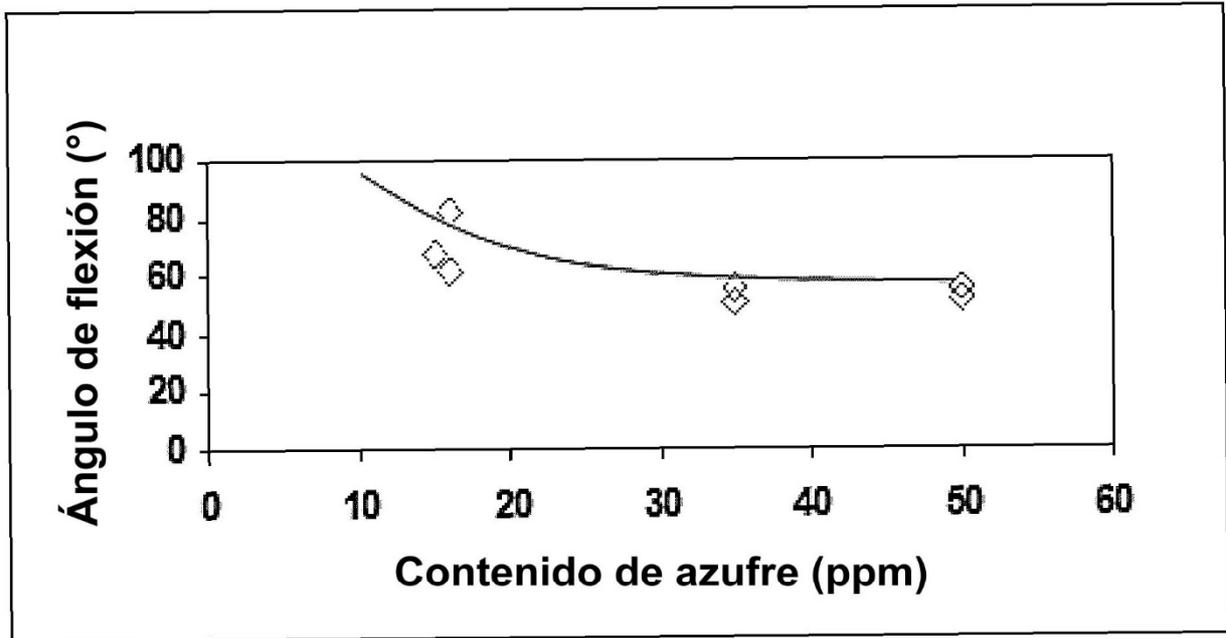


FIG.5

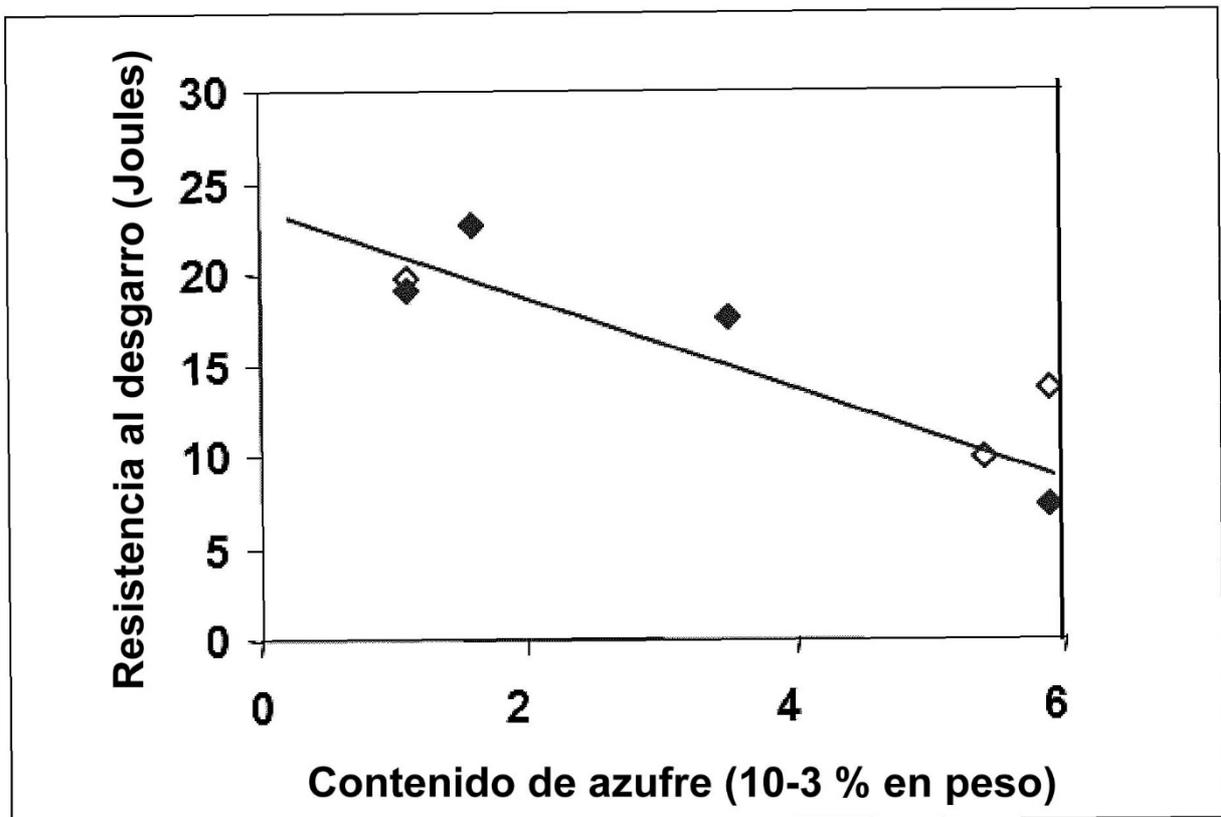


FIG.6

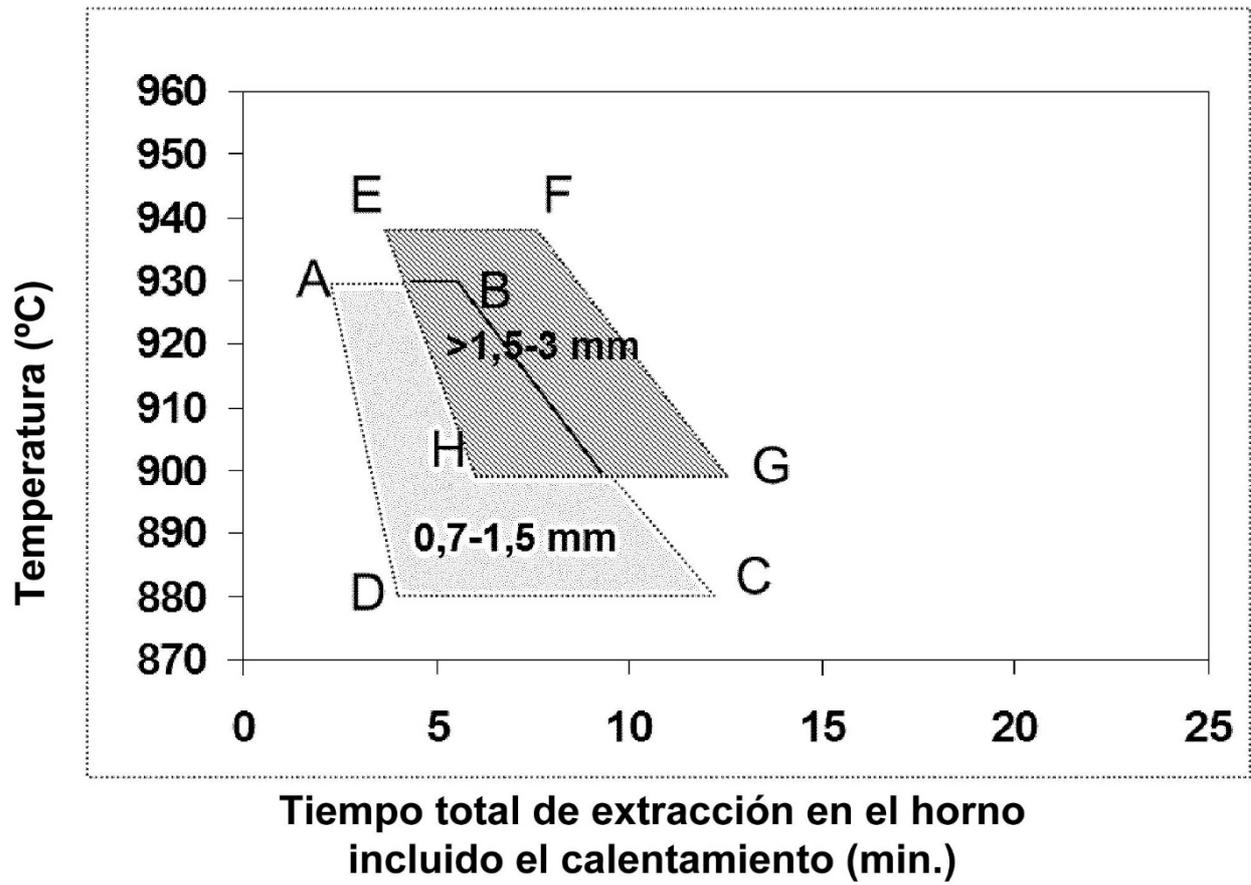


FIG.7