

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 448 551**

51 Int. Cl.:

C23C 2/26 (2006.01)
C23C 2/28 (2006.01)
B21D 22/02 (2006.01)
C21D 8/02 (2006.01)
C22C 38/32 (2006.01)
C22C 38/38 (2006.01)
C23C 2/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.01.2009 E 09701846 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.01.2014 EP 2242863**

54 Título: **Procedimiento para fabricar productos estampados y productos estampados preparados a partir del mismo**

30 Prioridad:

15.01.2008 WO PCT/IB2008/000079

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

14.03.2014

73 Titular/es:

ARCELORMITTAL FRANCE (100.0%)
1-5, rue Luigi Cherubini
93200 Saint Denis, FR

72 Inventor/es:

DRILLET, PASCAL;
SPEHNER, DOMINIQUE y
KEFFERSTEIN, RONALD

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 448 551 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para fabricar productos estampados y productos estampados preparados a partir del mismo.

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a procedimientos para fabricar productos estampados en caliente preparados a partir de aceros revestidos y a diversos usos de los productos de la invención tales como en soldadura por puntos.

10 Antecedentes de la invención

En años recientes, la utilización de aceros revestidos en procesos de estampación en caliente para la conformación de piezas ha llegado a ser importante, especialmente en la industria automovilística. La fabricación de tales piezas o productos puede incluir los siguientes pasos principales sucesivos:

- 15
- Revestimiento de bandas o chapas de acero,
 - Recorte o corte para obtener piezas en bruto,

20

 - Calentamiento de las piezas en bruto a fin de obtener la aleación del sustrato de acero con el prerrevestimiento, así como la austenización del acero,
 - Conformación en caliente seguida por el rápido enfriamiento de la pieza a fin de obtener estructuras predominantemente martensíticas.

25 Esto se ilustra, por ejemplo, por la patente US nº 6.296.805 incorporada a la presente memoria como referencia.

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 en bruto que tienen tal revestimiento pueden ser calentadas en un rango de temperatura en el que tiene lugar la austenización del sustrato metálico, permitiendo un endurecimiento adicional por temple.

35 Los tratamientos térmicos de las piezas en bruto con miras a la aleación intermetálica del revestimiento y la austenización del sustrato se realizan muy frecuentemente en hornos. Los ciclos térmicos experimentados por las piezas en bruto incluyen en primer lugar una fase de calentamiento cuya tasa es función de parámetros tales como ajustes de la temperatura del horno, velocidad de desplazamiento, espesor de la pieza en bruto, proceso de calentamiento y reflectividad del revestimiento. Después de esta fase de calentamiento, los ciclos térmicos incluyen generalmente una fase de mantenimiento cuya temperatura es la temperatura de regulación del horno.

40 Las piezas o productos obtenidos después del calentamiento, la estampación en caliente y el enfriamiento rápido presentan una resistencia mecánica muy alta y pueden utilizarse para aplicaciones estructurales, por ejemplo para aplicaciones de la industria automovilística. Estas piezas deben soldarse frecuentemente a otras y se requiere alta soldabilidad. Esto significa que:

- 45
- La operación de soldadura deberá ser realizable en un rango de funcionamiento suficientemente amplio a fin de garantizar que una eventual deriva de los parámetros de soldadura nominal no tenga ninguna incidencia sobre la calidad de la soldadura. Para la soldadura por resistencia, que es muy común en la industria automovilística, un rango operativo de soldadura viene definido por la combinación de los parámetros: intensidad I de corriente de soldadura y fuerza F aplicada a las piezas durante la soldadura, los cuales están entre los más importantes. Una combinación apropiada de estos parámetros ayuda a asegurar que no se obtenga un diámetro insuficiente del punto de soldadura (provocado por una intensidad demasiado baja o una fuerza demasiado baja) y que no ocurra ninguna expulsión de soldadura.

50

 - La operación de soldadura deberá realizarse también de tal manera que se obtenga alta resistencia mecánica en la soldadura. Esta resistencia mecánica puede evaluarse por ensayos tales como por ensayos de tensión de cizalladura o ensayos de tensión transversal.
- 55

60 El documento EP 1 380 666 describe también un procedimiento que incluye estampación en caliente de chapas de acero revestidas de aluminio para la fabricación de miembros estructurales soldados. No obstante, la soldabilidad necesita ser mejorada adicionalmente.

Sigue habiendo necesidad de un procedimiento que haga posible preparar piezas o productos estampados que sean muy adecuados para la soldadura por puntos, que sean fáciles de pintar y que presenten buena resistencia a la corrosión.

65

Sumario de la invención

5 Los inventores han descubierto que ciertos aceros revestidos en los que una banda o chapa de acero de base está revestida al menos parcialmente (algunas veces denominado "prerrevestida", indicando este prefijo que tendrá lugar una transformación de la naturaleza del prerrevestimiento durante el tratamiento de calor antes de la estampación o conformación en caliente) en al menos un lado con un revestimiento de aluminio o de aleación de aluminio y en los que el revestimiento tiene un espesor definido, se transforman convenientemente en piezas perfiladas después del calentamiento en condiciones particulares, y presentan así una soldabilidad mejorada particular.

10 Los inventores han descubierto también que una buena soldabilidad particular de las piezas aluminizadas y estampadas en caliente está asociada con una sucesión especial de capas de revestimiento en las piezas, que vea desde el sustrato de acero hacia fuera, y una fracción controlada de porosidades en estas capas.

15 Los inventores han descubierto también que esta especial disposición de las capas está asociada a condiciones de calentamiento específicas.

Objetivos de la invención

20 Un objetivo de la presente invención es proporcionar nuevas piezas estampadas en caliente que se preparan a partir de un acero prerrevestido.

Otro objetivo de la presente invención es proporcionar nuevos artículos de manufactura, tales como un vehículo de motor, que contienen tales piezas estampadas.

25 Otro objetivo de la presente invención es proporcionar nuevos procedimientos para fabricar piezas estampadas que presentan alta soldabilidad.

Estos y otros objetivos se pondrán de manifiesto durante la siguiente descripción detallada.

Breve descripción de los dibujos

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

Descripción detallada de las formas de realización preferidas

35 La invención se implementa con ciertas bandas de acero prerrevestidas que comprenden una banda de acero de base y un prerrevestimiento de aluminio o una aleación de aluminio en al menos una parte de un lado de la banda del acero de base. Para muchas aplicaciones, la banda o chapa de acero de base puede comprender cualquier tipo de acero que pueda revestirse con aluminio o una aleación de aluminio. Sin embargo, para ciertas aplicaciones, tales como una pieza estructural de un automóvil, se prefiere que la banda de acero de base comprenda un acero para proporcionar una resistencia ultraalta en la pieza mayor que 1000 MPa. En tales casos, es particularmente preferido que la banda de acero de base comprenda un acero al boro.

40 Debido a su procesamiento, la banda puede derivar de un laminador en caliente y, posiblemente, puede ser laminada en frío de nuevo dependiendo del espesor final deseado. Espesores preferidos son 0,7 a 3 mm. Típicamente, la banda de acero de base se almacenará y se transportará en forma de una bobina tanto antes como después de la formación del revestimiento.

50 Un ejemplo de un acero preferido para la banda de acero de base es uno que tiene la siguiente composición en peso:

- 55 0,10% < carbono < 0,5%
- 0,5% < manganeso < 3%
- 0,1% < silicio < 1%
- 0,01% < cromo < 1%
- níquel < 0,1%
- cobre < 0,1%
- 60 titanio < 0,2%
- aluminio < 0,1%
- fósforo < 0,1%
- azufre < 0,05%
- 65 0,0005% < boro < 0,010%

comprendiendo el resto, consistiendo esencialmente en o constando de hierro e impurezas inherentes al

procesamiento. La utilización de un acero de este tipo proporciona una resistencia mecánica muy alta después del tratamiento térmico y el revestimiento basado en aluminio proporciona una alta resistencia a la corrosión.

5 De manera particularmente preferida, la composición en peso del acero en la banda de acero de base es la siguiente:

0,15% < carbono < 0,25%
 0,8% < manganeso < 1,8%
 0,1% < silicio < 0,35%
 10 0,01% < cromo < 0,5%
 níquel < 0,1%
 cobre < 0,1%
 titanio < 0,1%
 aluminio < 0,1%
 15 fósforo < 0,1%
 azufre < 0,05%
 0,002% < boro < 0,005%

20 comprendiendo el resto, consistiendo esencialmente en o constando de hierro e impurezas inherentes al procesamiento. Un ejemplo de acero preferido comercialmente disponible para su utilización en la banda de acero de base es 22MnB5.

25 Pueden añadirse cromo, manganeso, boro y carbono en la composición del acero según la invención por su efecto sobre la capacidad de endurecimiento. Además, el carbono hace posible conseguir elevadas características mecánicas gracias a su efecto sobre la dureza de la martensita.

Se introduce aluminio en la composición para realizar una desoxidación en el estado líquido y para proteger la efectividad del boro.

30 Se introduce titanio, cuya relación de contenido con respecto al contenido de nitrógeno deberá ser de más de 3,42, por ejemplo a fin de impedir la combinación del boro con el nitrógeno, combinándose el nitrógeno con el titanio.

35 Los elementos de aleación Mn, Cr, B hacen posible una capacidad de endurecimiento que permite el endurecimiento en las herramientas de estampación o la utilización de fluidos de endurecimiento moderado que limitan la deformación de las piezas en el momento del tratamiento térmico. Además, la composición según la invención se optimiza desde el punto de vista de la soldabilidad. Pueden realizarse también adiciones de Ni y Cu, hasta 0,1%.

40 El acero puede experimentar un tratamiento de globularización de sulfuros realizado con calcio, lo que tiene el efecto de mejorar la resistencia a la fatiga de la chapa.

45 La banda del acero de base se reviste (o prerreviste, indicando este prefijo que tendrá lugar una transformación de la naturaleza del prerrevestimiento durante el tratamiento término antes de la estampación) con aluminio o una aleación de aluminio, preferentemente con inmersión en caliente. Un baño de metal típico para un revestimiento de Al-Si contiene generalmente en su composición básica en peso desde 8% hasta 11% de silicio, desde 2% hasta 4% de hierro, siendo el resto aluminio o aleación de aluminio e impurezas inherentes al procesamiento. El silicio está presente para impedir la formación de una gruesa capa intermetálica de hierro-metal que reduzca la adherencia y la conformabilidad. Otros elementos de aleación útiles con el aluminio incluyen aquí hierro y calcio, entre 15 y 30 ppm en peso, incluyendo combinaciones de dos o más de los mismos con aluminio. Una 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.

55 Aunque sin quedar vinculados por una teoría particular de funcionamiento, los inventores creen que varios de los beneficios de la invención están primeramente relacionados con un rango específico de espesores de prerrevestimiento tp de 20 a 33 micrómetros:

- Para un espesor de prerrevestimiento menor de 20 micrómetros, la capa aleada que se forma durante el calentamiento de la pieza en bruto tiene una aspereza insuficiente. Así, la adhesión de pintura posterior es baja sobre esta superficie, y se reduce la resistencia a la corrosión.
- 60 - Si el espesor de prerrevestimiento es de más de 33 micrómetros en una localización dada sobre una chapa, el riesgo es que la diferencia de espesor entre esta localización y algunas otras localizaciones en las que el prerrevestimiento sea más delgado, llega a ser demasiado importante, y esa aleación durante el calentamiento de la pieza en bruto llega a ser desigual. Los inventores han mostrado también que el control del espesor de prerrevestimiento en el estrecho rango presentado anteriormente contribuye a formar revestimientos después de la aleación cuyo espesor es controlado también en un rango preciso. Esto es también un factor para asegurar que el rango de los parámetros de soldadura por resistencia aplicados en las

piezas después de la aleación no esté sometido a variabilidad.

Las chapas o bandas de acero prerrevestidas se cortan a continuación en piezas en bruto y se someten a tratamientos térmicos en horno antes de estampado en caliente a fin de obtener productos o piezas. Los inventores han descubierto que se consiguen propiedades de soldadura muy buenas si el revestimiento obtenido en las piezas o productos derivados de las piezas en bruto que han experimentado aleación intermetálica, austenización y estampación en caliente, presenta características distintivas. Debe señalarse que este revestimiento es diferente del prerrevestimiento inicial, puesto que el tratamiento térmico provoca una reacción de 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 piezas aluminizadas y estampadas en caliente está asociada con la siguiente sucesión de capas de revestimiento en las piezas, yendo desde el sustrato de acero hacia fuera:

- (a) una capa de interdifusión,
- (b) una capa intermedia,
- (c) una capa intermetálica,
- (d) una capa superficial.

Los inventores han descubierto también que se obtiene una buena soldabilidad particular con una cantidad limitada de porosidades en las capas de revestimiento, como se detallará a continuación.

En una forma de realización preferida, las capas son como sigue:

- (a) Capa de interdifusión, preferentemente con dureza media (por ejemplo, HV50g entre 290 y 410, designando HV50g la dureza medida bajo una carga de 50 gramos. En una forma de realización preferida, 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%). En una forma de realización preferida, esta capa tiene la siguiente composición en peso: 39-47%Fe, 53-61%Al, 0,2%Si.
- (c) Capa intermetálica con dureza HV50g alrededor de 580-650, por ejemplo +/- 10%). En una forma de 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%). En una forma de realización preferida esta capa tiene la siguiente composición en peso: 39-47%Fe, 53-61%Al, 0,2%Si.

En una forma de realización preferida, el espesor total de las capas (a) a (d) es mayor que 30 micrómetros.

En otra forma de realización preferida, el espesor de la capa (a) es menor que 15 micrómetros.

Los inventores han descubierto que se obtiene una alta soldabilidad especialmente cuando las capas (c) y (d) son esencialmente continuas; el carácter de la continuidad esencial de estas capas se define de la siguiente manera: las capas pueden ser totalmente continuas. No obstante, pueden fragmentarse en algunas áreas debido a partes de capa que proceden de niveles inferiores o superiores. Según la invención, esta fragmentación debe limitarse, es decir, las capas (c) y (d) deben ocupar al menos el 90% de su respectivo nivel. Se obtiene una alta soldabilidad cuando menos del 10% de la capa (c) está presente en la superficie extrema de la pieza. Sin vincularse a ninguna teoría, se piensa que esta disposición particular de capas, en particular la capa (a) y las capas (c) y (d), influye en la resistividad del revestimiento tanto por sus características intrínsecas como por el efecto de la aspereza. Así, el flujo de corriente, la generación de calor en las superficies y la formación de puntos de soldadura en la etapa inicial de soldadura por puntos se ven afectados por esta disposición particular.

Esta disposición de capas favorable se obtiene, por ejemplo, cuando chapas de acero prerrevestidas de aluminio o de aleación de aluminio, cuyo espesor va desde, por ejemplo, 0,7 hasta 3 mm, se calientan durante 3 a 13 minutos (este tiempo de permanencia incluye la fase de calentamiento y el tiempo de mantenimiento) en un horno sin atmosfera especial calentado a una temperatura de 880 a 940°C. La invención no requiere un horno con una atmósfera controlada. Otras condiciones que conducen a tales disposiciones de capas favorables se encuentran en la figura 1 y a continuación.

Son condiciones particularmente preferidas:

- para espesores de 0,7-1,5 mm
 - 930°C desde 3 minutos hasta 6 minutos;
 - 880°C, desde 4 minutos 30 segundos hasta 13 minutos
- para espesores de 1,5 a 3 mm

- 940°C, desde 4 minutos hasta 8 minutos;
- 900°C, desde 6 minutos 30 segundos hasta 13 minutos.

5 Para chapas de espesores totales mayores o iguales que 0,7 mm y menos o iguales que 1,5 mm, las condiciones de tratamiento preferidas (temperatura del horno, tiempo de permanencia total en el horno) se ilustran en la figura 1 por condiciones que están dentro de los límites del diagrama "ABCD". Para chapas de espesores totales mayores que 1,5 mm y menos o iguales que 3 mm, las condiciones de tratamiento preferidas (temperatura del horno, tiempo de permanencia total en el horno) se ilustran en la figura 1 por el diagrama "EFGH".

10 La tasa de calentamiento V_c está comprendida entre 4 y 12°C/s para producir una disposición de capas aleadas favorable V_c , que depende en particular de los ajustes del horno, y se define como la tasa de calentamiento media entre 20 y 700°C experimentada por la pieza en bruto de acero prerrevestida en el horno precalentado. Los inventores han descubierto que el control de V_c en este rango particular permite influir en la naturaleza y la morfología de las capas aleadas que se forman. Se subraya aquí que la tasa de calentamiento V_c es diferente de la tasa de calentamiento media, que es la tasa de calentamiento entre la temperatura ambiente y la temperatura de mantenimiento del horno.

15 Los inventores han descubierto de una manera sorprendente que unas condiciones de calentamiento especiales son particularmente favorables para la formación de capas aleadas, llevando a una menor formación de porosidades. Sin quedar vinculados por una teoría de la invención, se cree que la formación de las capas aleadas preferidas tiene lugar en un particular rango de temperatura debido a la cinética particular de aleación en este rango; a este respecto, se ha descubierto que el control de la tasa de calentamiento en el rango de temperatura particular entre 500 y 700°C (designado aquí como V_c') es especialmente importante y que el valor de V_c' tiene que estar comprendido entre 1,5 y 6°C/s.

20 Cuando V_c' es menor que 1,5°C/s hay riesgo de que la cinética de oxidación, resultante de la interacción de oxígeno de la atmósfera del horno con la superficie de prerrevestimiento, compita con la cinética de aleación entre el sustrato de acero y el prerrevestimiento. Así, no se obtiene la disposición de la capa aleada deseada. Además, la tasa de calentamiento lento V_c' provoca una cantidad demasiado alta de porosidades en el revestimiento.

25 Cuando V_c' es más alta que 6°C/s, la capa intermetálica (c) tiene tendencia a estar presente en más del 10% en la superficie extrema de la pieza, reduciendo así la soldabilidad. Cuando V_c está comprendida entre 1,5 y 6°C/s, se asegura completamente el carácter de continuidad esencial de las capas (c) y (d).

30 Sin quedar vinculados por una teoría, se piensa que la formación de porosidad y su influencia en la soldabilidad pueden explicarse como sigue:

- 40 - Aparecen porosidades principalmente durante la interdifusión del prerrevestimiento con el sustrato de acero, debido a la diferencia de flujos de difusión. Esto implica un flujo de lugares vacantes con una creación de defectos de Kirkendal. Esta manifestación de lugares vacantes bajo la forma de porosidades parece que se optimiza cuando la tasa de calentamiento V_c' está comprendida entre 1,5 y 6°C/s.

45 Durante la soldadura por puntos de productos de soldadura, la corriente fluye inicialmente alrededor de las porosidades, que se colapsan progresivamente debido a la elevación de la presión y la temperatura. Así, la corriente fluye a través de un revestimiento en el que algunas de sus propiedades pueden cambiar discontinuamente, lo que a su vez puede llevar a chisporroteos y salpicaduras durante la operación de soldadura.

50 Se observa una soldabilidad por puntos incrementada cuando el revestimiento resultante de la interdifusión contiene, en fracción de superficie, menos del 10% de las porosidades. Para un área dada representativa del revestimiento, esta fracción es la superficie total ocupada por porosidades, referido al área del revestimiento.

55 Se experimenta una buena soldabilidad especial cuando la capa superficial tiene una compacidad controlada, lo que significa que la capa superficie (d) contiene menos del 20% de porosidades: esta fracción es la superficie de las porosidades en la capa superficial (d), referido al área de esta capa superficial. Surge una ventaja especial de los prerrevestimientos cuyo espesor está comprendido entre 20 y 33 micrómetros, puesto que este rango de espesor produce una disposición favorable de las capas, y puesto que la homogeneidad del espesor del prerrevestimiento está asociada a una homogeneidad del revestimiento formado después del tratamiento de aleación.

60 Las piezas en bruto calentadas se transfieren luego del horno a una matriz, se estampan en caliente en una prensa para obtener una pieza o producto, y se enfrían a una tasa V_r de más de 30°C/s. La tasa de enfriamiento V_r se define aquí como la tasa media entre la salida de la pieza en bruto calentada del horno y la reducción de temperatura hasta 400°C. En estas condiciones, la austenita formada a alta temperatura se transforma principalmente en estructuras martensíticas o martensíticas-bainíticas con alta resistencia.

65 En una forma de realización preferida, el tiempo transcurrido entre la salida de la pieza en bruto calentada y la

introducción de la pieza en bruto en la prensa de estampación en caliente no es de más de 10 segundos. De otra manera, es susceptible de aparecer una transformación parcial de la austenita: si se desea obtener una estructura martensítica completa, el tiempo de transferencia entre la salida del horno y la estampación deberá ser menor de 10 s.

El revestimiento obtenido tiene en particular la función de proteger la chapa básica contra la corrosión en diversas condiciones. En el momento del tratamiento térmico realizado en una pieza acabada o en el momento de un proceso de estampación en caliente, el revestimiento forma una capa que tiene una resistencia sustancial a la abrasión, el desgaste, la fatiga, el golpe, así como una buena resistencia a la corrosión y una buena capacidad para pintarla y encolarla. El revestimiento hace posible evitar diferentes operaciones de preparación de superficie, tal como para chapas de acero para tratamiento térmico que no tenga ningún revestimiento.

El tratamiento térmico aplicado en el momento de un proceso de conformación en caliente o después de la conformación hace posible obtener características mecánicas altas que pueden exceder de 1500 MPa para la resistencia mecánica y 1200 MPa para el esfuerzo de deformación remanente. 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.

La invención se refiere también a la utilización de una chapa de acero laminada en caliente que puede laminarse en frío y revestirse a continuación, piezas estructurales y/o antiintrusión o subestructurales para un vehículo de motor terrestre, tal como, por ejemplo, una barra parachoques, un refuerzo de puerta, un rayo de rueda, etc.

La presente invención se describirá ahora adicionalmente por medio de ciertas formas de realización tomadas a modo de ejemplo que no están destinadas a ser limitativas.

Ejemplos

i) - Condiciones según la invención: en un ejemplo de implementación, se ha fabricado una chapa de acero laminada en frío de 1,2 mm de espesor: 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. La chapa se ha revestido previamente con una aleación basada en aluminio con una composición de 9,3% de silicio, 2,8% de hierro, siendo el resto aluminio e impurezas inevitables. El espesor en cada lado de la chapa se controló para que estuviera dentro del rango de 20-33 micrómetros.

Las chapas se cortaron a continuación en piezas en bruto que se calentaron a 920°C durante 6 min, incluyendo este tiempo la fase de calentamiento y el tiempo de mantenimiento. La tasa de calentamiento V_c entre 20 y 700°C fue de 10°C/s. La tasa de calentamiento V_c' entre 500 y 700°C fue de 5°C/s. No se realizó ningún control especial de la atmósfera del horno. Las piezas en bruto se transfirieron desde el horno hasta una prensa en menos de 10s, se estamparon en caliente y se templaron a fin de obtener estructuras martensíticas completas.

Las piezas obtenidas después de la estampación en caliente son cubiertas por un revestimiento de 40 micrómetros de espesor que tiene una estructura de cuatro capas. Comenzando por el sustrato de acero, las capas son las siguientes:

- (a) Capa de interdifusión o capa intermetálica, 17 micrómetros de espesor. Esta capa está a su vez compuesta de dos subcapas. La dureza HV50g va desde 295 hasta 407 y la composición media es, en peso, 90%Fe, 7%Al, 3%Si.
- (b) Capa intermedia, 8 micrómetros de espesor. Esta capa tiene una dureza de 940 HV50g y una composición media, en peso: 43%Fe, 57%Al, 1%Si.
- (c) Capa intermetálica, 8 micrómetros de espesor, que muestra una dureza de 610 HV50g y una composición media, en peso: 65%Fe, 31%Al, 4%Si.
- (d) Capa superficial, 7 micrómetros de espesor, 950 HV50g, con una composición media, en peso: 45%Fe, 54%Al, 1%Si.

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

Se observaron un pequeño número de porosidades en el revestimiento, siendo su fracción de superficie en este revestimiento menor que 10%. La fracción de superficie de las porosidades en la capa superficial (d) es menor que 20%.

ii) Condiciones de referencia: piezas en bruto con el mismo material de base y el mismo prerrevestimiento se calentaron en el horno en diferentes condiciones. Las piezas en bruto se calentaron a 950°C durante 7 minutos, incluyendo este tiempo la fase de calentamiento. La tasa de calentamiento V_c fue de 11°C/s. La tasa de calentamiento V_c' entre 500 y 700°C fue 7°C/s. Estas condiciones corresponden a un grado de aleación que es más importante que en las condiciones (i).

- En este revestimiento, la capa intermetálica (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. La capa de interdifusión de 10 micrómetros de grosor en contacto con el sustrato de acero es más delgada que en el caso previo. Además, las porosidades son mucho más numerosas que en la condición (i), puesto que su fracción de superficie en el revestimiento excede del 10%. Estas porosidades son especialmente más numerosas en la capa superficial (d) en la que la fracción de superficie excede del 20%.

Se realizó la soldadura de puntos por resistencia en las dos situaciones i) y ii):

- (i): Revestimiento con capas casi continuas (c) y (d), ocupando la capa (c) menos del 10% de la superficie extrema, y con baja fracción de superficie de las porosidades,
- (ii): Revestimiento con capas mezcladas y discontinuas, ocupando la capa (c) más del 10% de la superficie extrema, y con mayor fracción de superficie de las porosidades.

Se realizó la soldadura de puntos por resistencia superponiendo dos piezas y uniéndolas en las siguientes condiciones:

- Fuerza de aplastamiento y fuerza de soldadura: 4000 N
- Tiempo de aplastamiento: 50 periodos
- Tiempo de soldadura y mantenimiento: 18 periodos respectivamente.

En cada condición, se determinó el rango de intensidad adecuado para obtener:

- Ninguna pulverización catódica durante la soldadura
- Tamaño aceptable de los puntos de soldadura.

Se realizaron también ensayos de tracción para evaluar el rango de soldabilidad.

- Para la condición i), el rango de soldabilidad, expresado en términos de intensidad de corriente, es 1,4 kA. Para la condición ii), el rango de soldabilidad es extremadamente pequeño. La fracción más alta de las porosidades y la disposición de las capas se asocian a chispas y salpicaduras de revestimiento.

Así, puede verse que el revestimiento según la invención produce resultados mucho más satisfactorios.

Aunque la descripción anterior es clara con respecto a la comprensión de la invención, los siguientes términos utilizados en la siguiente lista de formas de realización preferidas y en las reivindicaciones tienen los siguientes significados destacados a fin de evitar cualquier confusión:

prerrevestimiento: - el material (Al o aleación de Al) aplicado sobre o localizado en al menos una porción de la banda o chapa, etc. de acero de base para formar un material compuesto de prerrevestimiento/base, no teniendo que someterse el material compuesto a una reacción de aleación entre el material de revestimiento de Al o de aleación de Al y el acero de base;

aleación: - una reacción entre el prerrevestimiento y el acero de base para producir al menos una capa intermedia diferente en su composición tanto del acero de base como del prerrevestimiento. La reacción de aleación sucede durante el tratamiento térmico que precede inmediatamente al estampado en caliente. La reacción de aleación afecta al espesor total del prerrevestimiento. En una forma de realización muy preferida, la reacción de aleación forma las siguientes capas: (a) interdifusión, (b) intermedia, (c) intermetálica y (d) superficial, como se describe anteriormente;

acero prerrevestido: - el material compuesto de prerrevestimiento/base que no se ha sometido a una reacción de aleación entre el material de revestimiento y el acero de base;

revestimiento: - el prerrevestimiento después de haberse sometido a una reacción de aleación entre el prerrevestimiento y el acero de base. En una forma de realización muy preferida, el revestimiento comprende las capas (a) interdifusión, (b) intermedia, (c) intermetálica y (d) superficial descritas anteriormente;

acero o producto revestido: - el acero o producto prerrevestido que se ha sometido a una reacción de aleación entre el prerrevestimiento y el acero de base. En una forma de realización muy preferida, el acero revestido es

una banda o chapa, etc. de acero de base que tiene sobre ella un revestimiento de la invención que comprende las capas (a) interdifusión, (b) intermedia, (c) intermetálica y (d) superficial descritas anteriormente;

5 pieza en bruto: - un corte con forma de una banda;

producto: - una pieza en bruto estampada en caliente.

10 La descripción anteriormente ofrecida de la invención proporciona una manera y un procedimiento de ejercitarla y utilizarla de tal manera que se permita que cualquier persona experta en esta materia la ejercite y la utilice.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para fabricar una pieza en bruto de acero revestido estampada en caliente, que comprende:

- 5 - prerrevestir una banda o chapa de acero con aluminio o aleación de aluminio, por inmersión en caliente de dicha banda o chapa de acero que tiene un primer lado y un segundo lado, en un baño de aluminio o de aleación de aluminio, siendo el espesor t_p de dicho prerrevestimiento de 20 a 33 micrómetros en cada localización en dicho primer y segundo lados de dicha banda o chapa, a continuación
- 10 - cortar dicha banda o chapa prerrevestida para obtener una pieza en bruto de acero prerrevestido, a continuación
- 15 - calentar dicha pieza en bruto de acero prerrevestido de aluminio o de aleación de aluminio en un horno precalentado a una temperatura y durante un tiempo definido por el diagrama ABCD de la figura 1 si el espesor de dicha chapa es mayor o igual que 0,7 mm y menor o igual que 1,5 mm, y por el diagrama EFGH de la figura 1 si el espesor de dicha chapa es mayor que 1,5 mm y menor o igual que 3 mm, a una tasa de calentamiento V_c de 20 a 700°C comprendida entre 4 y 12°C/s, y a una tasa de calentamiento V_c' de 500 a 700°C comprendida entre 1,5 y 6°C/s, para obtener una pieza en bruto calentada; a continuación
- 20 - transferir dicha pieza en bruto calentada a una matriz; a continuación
- estampar en caliente dicha pieza en bruto calentada en dicha matriz para obtener, de este modo, una pieza en bruto de acero estampada en caliente, a continuación
- 25 - enfriar dicha pieza en bruto de acero estampada en caliente a una tasa media V_r de al menos 30°C/s entre la salida de dicha pieza en bruto calentada del horno y la reducción de la temperatura hasta 400°C.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el tiempo transcurrido entre que dicha pieza en bruto calentada sale de dicho horno y comienza dicha estampación no es de más de 10 segundos.

- 30 3. Pieza en bruto de acero revestido estampada en caliente, que comprende:
 - (a) una banda de acero de base que tiene un primer lado y un segundo lado; y
 - 35 (b) un revestimiento en al menos uno de entre dicho primer lado de dicha banda de acero de base y dicho segundo lado de dicha de acero de base,

en la que:

- 40 (i) dicho revestimiento es resultado de la interdifusión entre dicho acero de base y dicho prerrevestimiento de aluminio o de aleación de aluminio,
- (ii) dicho revestimiento comprende, desde el acero de base hacia fuera,
 - 45 - (a) una capa de interdifusión
 - (b) una capa intermedia
 - (c) una capa intermetálica
 - (d) una capa superficial
- 50 (iii) dicho revestimiento contiene, en fracción de superficie, menos del 10% de porosidades,

y siendo dichas capas (c) y (d) casi continuas ocupando al menos el 90% de su respectivo nivel y estando menos del 10% de la capa (c) presente en la superficie extrema de dicha pieza en bruto de acero revestido estampada en caliente.

- 55 4. Pieza en bruto de acero revestido estampada en caliente según la reivindicación 3, en la que dicha capa superficial (d) contiene, en fracción de superficie, menos del 20% de porosidades.
- 60 5. Pieza en bruto de acero revestido estampada en caliente según las reivindicaciones 3 o 4, en la que dicho revestimiento tiene un espesor mayor que 30 micrómetros.
- 6. Pieza en bruto de acero revestido estampada en caliente según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, en la que dicha capa (a) tiene un espesor menor que 15 micrómetros.
- 65 7. Pieza en bruto de acero revestido estampada en caliente según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 6, en la que la composición de acero en la banda comprende los siguientes componentes en peso sobre la base del peso

total:

- 5 0,15% < carbono < 0,5%
0,5% < manganeso < 3%
0,1% < silicio < 0,5%
0,01% < cromo < 1%
níquel < 0,1%
cobre < 0,1%
titanio < 0,2%
- 10 aluminio < 0,1%
fósforo < 0,1%
azufre < 0,05%
0,0005% < boro < 0,08%,

15 siendo el resto hierro e impurezas inevitables.

8. Pieza en bruto de acero revestido estampada en caliente según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 6, en la que la composición de acero en la banda comprende los siguientes componentes en peso sobre la base del peso total:

- 20 0,20% < carbono < 0,5%
0,8% < manganeso < 1,5%
0,1% < silicio < 0,35%
0,01% < cromo < 1%
- 25 níquel < 0,1%
cobre < 0,1%
titanio < 0,1%
aluminio < 0,1%
fósforo < 0,05%
- 30 azufre < 0,03%
0,0005% < boro < 0,01%

siendo el resto hierro e impurezas inevitables.

35 9. Pieza en bruto de acero revestido estampada en caliente según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 8, en la que el prerrevestimiento de aluminio o de aleación de aluminio comprende entre el 8% y el 11% de silicio en peso y entre el 2% y el 4% de hierro en peso, siendo el resto aluminio e impurezas inherentes al procesamiento.

40 10. Utilización de una pieza en bruto de acero revestido estampada en caliente según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 9 para la fabricación de un vehículo a motor terrestre.

11. Utilización de una pieza en bruto de acero revestido estampada en caliente fabricada según un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2 para la fabricación de un vehículo a motor terrestre.

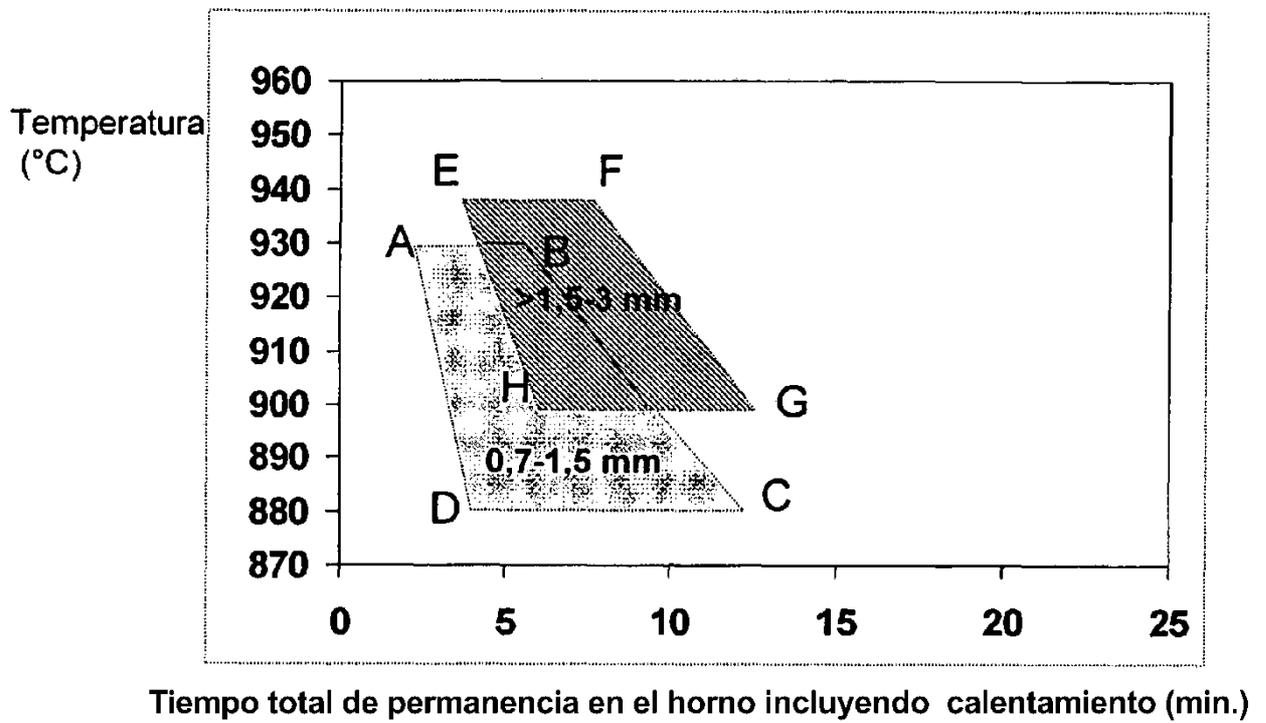


Fig. 1