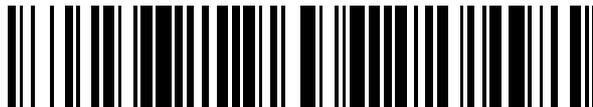


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 371 985**

51 Int. Cl.:

C23C 2/02 (2006.01)

C23C 2/06 (2006.01)

C23C 2/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08762800 .4**

96 Fecha de presentación: **06.06.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **2171116**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **07.04.2010**

54 Título: **PROCEDIMIENTO PARA LA PRODUCCIÓN DE UNA CHAPA DE ACERO RECOCIDO Y GALVANIZADA MEDIANTE REGULACIÓN DFF.**

30 Prioridad:
29.06.2007 EP 07290816

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
12.01.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
12.01.2012

73 Titular/es:
**ARCELORMITTAL FRANCE
1-5, RUE LUIGI CHERUBINI
93200 SAINT DENIS, FR y
NIPPON STEEL CORPORATION**

72 Inventor/es:
**MATAIGNE, Jean-Michel y
BERTRAND, Florence**

74 Agente: **Lehmann Novo, Isabel**

ES 2 371 985 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la producción de una chapa de acero recocida y galvanizada mediante regulación DFF

El presente invento se refiere a un procedimiento para producir una chapa de acero recocida y galvanizada por inmersión en caliente que tiene una microestructura con TRIP.

5 Para cumplir el requisito de aligerar las estructuras de los vehículos terrestres propulsados por motor, es conocido usar unos aceros con TRIP (representando el término TRIP el acrónimo de Transformation Induced Plasticity = plasticidad inducida por transformación), que combinan una resistencia mecánica muy alta con la posibilidad de unos niveles muy altos de deformación. Los aceros con TRIP tienen una microestructura que comprende ferrita, austenita residual y opcionalmente martensita y/o bainita, lo que les permite conseguir una resistencia a la tracción de desde
10 600 hasta 1.000 Mpa. Este tipo de acero se usa ampliamente para la producción de piezas que absorben energía, tales como por ejemplo piezas estructurales y de seguridad, tales como miembros longitudinales y refuerzos.

Antes del suministro a los fabricantes de coches, las chapas de acero son revestidas con un revestimiento a base de zinc, lo que se realiza generalmente mediante galvanización por inmersión en caliente, con el fin de aumentar la resistencia a la corrosión. Después de haber abandonado el baño de zinc, las chapas de acero galvanizadas se someten con frecuencia a un recocido. que favorece el aleado del revestimiento de zinc con el hierro del acero (el denominado recocido con galvanización). Esta clase de revestimiento, hecho de una aleación de zinc y hierro, ofrece una mejor soldabilidad que un revestimiento de zinc. Un procedimiento para la producción de una chapa de acero recocida y galvanizada por inmersión en caliente se describe en el documento de patente belga BE 1014997 A3.
15

La mayor parte de las chapas de acero con TRIP se obtienen añadiendo un gran cantidad de silicio al acero. El silicio estabiliza a la ferrita y a la austenita a la temperatura ambiente, e impide que la austenita residual se descomponga para formar un carburo. Sin embargo, las chapas de acero que contienen más de 0,2 % en peso de silicio, se galvanizan con dificultades, puesto que se forman óxidos de silicio sobre la superficie de la chapa de acero durante el recocido que tiene lugar justamente antes de realizar el revestimiento. Estos óxidos de silicio muestran una mala humectabilidad hacia el zinc fundido y deterioran el rendimiento del chapado de la chapa de acero.
20

Para resolver este problema, es conocido usar un acero con TRIP que tiene un bajo contenido de silicio (menos que 0,2 % en peso). Sin embargo, esto tiene una desventaja principal: un alto nivel de resistencia a la tracción, a saber de aproximadamente 800 MPa, se puede conseguir solamente si se aumenta el contenido de carbono. Sin embargo, esto tiene el efecto de disminuir la resistencia mecánica de los lugares soldados.
25

Por otro lado, la velocidad de aleado durante el proceso de recocido con galvanización se decelera grandemente cualquiera que sea la composición del acero con TRIP, a causa de la oxidación selectiva externa que actúa como una barrera contra la difusión para el hierro, y la temperatura del recocido con galvanización ha de ser aumentada. El aumento de la temperatura del recocido con galvanización es perjudicial para la conservación del efecto de TRIP a causa de la descomposición de la austenita residual a una alta temperatura. Como el fin de conservar el efecto de TRIP, se ha de añadir al acero una gran cantidad de molibdeno (más que 0,15 % en peso), de manera tal que se pueda retrasar la precipitación de carburos. Sin embargo, esto tiene un cierto efecto sobre el costo de la chapa de acero.
30
35

Desde luego, el efecto de TRIP se observa cuando la chapa de acero con TRIP está siendo deformada, puesto que la austenita residual es transformada en martensita bajo el efecto de la deformación, y aumenta la resistencia mecánica de la chapa de acero con TRIP.

40 La finalidad del presente invento es, por lo tanto, remediar las desventajas antes mencionadas y proponer un procedimiento para recocer y galvanizar por inmersión en caliente una chapa de acero que tiene un alto contenido de silicio (más que 0,5 % en peso) y una microestructura con TRIP que muestra unas altas características mecánicas, que garantizan una buena humectabilidad de la chapa de acero superficial y nada de porciones no revestidas, y por consiguiente garantiza una buena adhesión y un bonito aspecto superficial del revestimiento con
45 una aleación de zinc sobre la chapa de acero, y que conservan el efecto de TRIP.

El primer objeto del invento es un procedimiento para la producción de una chapa de acero recocida y galvanizada por inmersión en caliente, que tiene una microestructura con TRIP que comprende ferrita, austenita residual y opcionalmente martensita y/o bainita, comprendiendo dicho procedimiento las etapas que consisten en:

- proporcionar una chapa de acero cuya composición comprende, en peso:

- 0,01 ≤ C ≤ 0,22 %
- 0,50 ≤ Mn ≤ 2,0 %
- 0,5 < Si ≤ 2,0 %
- 0,005 ≤ Al ≤ 2,0 %

ES 2 371 985 T3

Mo < 0,01 %
Cr ≤ 1,0 %
P < 0,02 %
Ti ≤ 0,20 %
V ≤ 0,40 %
Ni ≤ 1,0 %
Nb ≤ 0,20 %

- 5
- 10
- 15
- 20
- siendo el resto de la composición hierro y las impurezas inevitables que resultan de la fusión, oxidar dicha chapa de acero con el fin de formar una capa de óxido de hierro sobre la superficie de la chapa de acero, y formar un óxido interno a base de al menos un tipo de óxido, seleccionado entre el conjunto que consiste en óxido de Si, óxido de Mn, óxido de Al, un óxido complejo que comprende Si y Mn, un óxido complejo que comprende Si y Al, un óxido complejo que comprende Al y Mn, y un óxido complejo que comprende Si, Mn y Al,
 - reducir dicha chapa de acero oxidada con el fin de reducir la capa de óxido de hierro,
 - galvanizar por inmersión en caliente dicha chapa de acero reducida para formar una chapa de acero revestida con un revestimiento a base de zinc, y
 - someter dicha chapa de acero revestida con un revestimiento a base de zinc, a un tratamiento de aleado para formar una chapa de acero recocida y galvanizada.

Con el fin de obtener la chapa de acero recocida y galvanizada por inmersión en caliente que tiene una microestructura con TRIP de acuerdo con el invento, se proporciona una chapa de acero que comprende los siguientes elementos:

- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55
- 60
- 65
- Carbono con un contenido comprendido entre 0,01 y 0,22 % en peso. Este elemento es esencial para obtener buenas propiedades mecánicas, pero no debe estar presente en una cantidad demasiado grande con el fin de no romper la soldabilidad. Para favorecer la templabilidad y obtener un suficiente límite aparente de elasticidad R_e , y también para formar una austenita residual estabilizada, el contenido de carbono no debe ser menor que 0,01 % en peso. Tiene lugar una transformación bainítica a partir de una microestructura austenítica formada a una alta temperatura, y se forman unas laminillas de ferrita/bainita. Debido a la muy baja solubilidad del carbono en la ferrita en comparación con la austenita, el carbono de la austenita es rechazado entre las laminillas. Debido al silicio y al manganeso, hay muy poca precipitación de carburos. Por lo tanto, la austenita interlaminar se enriquece progresivamente con carbono sin que precipiten carburos de ningún tipo. Este enriquecimiento es tal que se estabiliza la austenita, es decir que no tiene lugar la transformación martensítica de esta austenita después de haber enfriado hasta la temperatura ambiente.
 - Manganeso con un contenido comprendido entre 0,50 y 2,0 % en peso. El manganeso favorece la templabilidad, haciendo posible conseguir un alto límite aparente de elasticidad R_e . El manganeso favorece la formación de austenita, contribuye a reducir la temperatura de iniciación de la transformación martensítica M_s y a estabilizar a la austenita. Sin embargo, es necesario evitar que el acero tenga un contenido de manganeso demasiado alto con el fin de impedir una segregación, que se puede manifestar durante un tratamiento térmico de la chapa de acero. Además, una adición excesiva de manganeso causa la formación de una gruesa capa de óxido de manganeso interno, que causa fragilidad, y no será suficiente la adhesión del revestimiento a base de zinc.
 - Silicio con un contenido de más que 0,5 % en peso, preferiblemente de más que 0,6 % en peso y menor o igual que 2,0 % en peso. El silicio mejora el límite aparente de elasticidad R_e del acero. Este elemento estabiliza a la ferrita y a la austenita residual a la temperatura ambiente. El silicio inhibe la precipitación de cementita después de haber enfriado a partir de la austenita, retardando considerablemente el crecimiento de los carburos. Esto se debe al hecho de que la solubilidad del silicio en la cementita es muy baja y al hecho de que el silicio aumenta la actividad del carbono en la austenita. Por lo tanto, cualquier núcleo de cementita que se forme será rodeado por una región austenítica rica en silicio, y será rechazado hacia la interfase entre precipitado y matriz. Esta austenita enriquecida en silicio es también más rica en carbono, y se decelera el crecimiento de la cementita a causa de la difusión reducida que resulta del gradiente de actividad del carbono reducido entre la cementita y la región austenítica vecina. Esta adición de silicio contribuye, por lo tanto, a estabilizar una cantidad de austenita residual suficiente para obtener un efecto de TRIP. Durante la etapa de recocido con el fin de mejorar la humectabilidad de la chapa de acero, se forman óxidos de silicio internos y un óxido complejo que comprende silicio y/o manganeso y/o aluminio, y se dispersan bajo la superficie de la chapa. Sin embargo, una adición excesiva de silicio causa la formación de una gruesa capa de óxidos de silicio internos y posiblemente de un óxido complejo que comprende silicio y/o manganeso y/o aluminio, que causa fragilidad, y no será suficiente la adhesión del revestimiento a base de zinc.
 - Aluminio con un contenido comprendido entre 0,005 y 2,0 % en peso. Como el silicio, el aluminio estabiliza a la ferrita y aumenta la formación de ferrita cuando se enfría la chapa de acero. El no es demasiado soluble en cementita y se puede usar a este respecto para evitar la precipitación de cementita cuando se mantiene el acero a una temperatura de transformación bainítica, y para estabilizar a la austenita residual. Se requiere una cantidad mínima de aluminio con el fin de desoxidar al acero.

- 5 - Molibdeno con un contenido menor que 0,01 % en peso, y que preferiblemente no supera un 0,006 % en peso. Un proceso convencional requiere la adición de Mo para impedir la precipitación de carburos durante un recalentamiento después de haber galvanizado. Aquí, gracias a la oxidación interna de silicio, manganeso y aluminio, el tratamiento de aleado de la chapa de acero galvanizada puede ser realizado a una temperatura más baja que la de una chapa de acero galvanizada convencional, que no comprende ningún óxido interno. Consiguientemente, el contenido de molibdeno puede ser reducido y resultar menor que 0,01 % en peso, puesto que no es necesario retrasar la transformación bainítica, tal como es el caso durante el tratamiento de aleado de una chapa de acero galvanizada convencional.
- 10 - Cromo con un contenido que no supera un 1,0 % en peso. El contenido de cromo debe de ser limitado con el fin de evitar problemas de aspecto superficial cuando se galvaniza el acero.
- 15 - Fósforo con un contenido que no supera un 0,02 % en peso, y preferiblemente menor que 0,010 % en peso. El fósforo en combinación con el silicio aumenta la estabilidad de la austenita residual, suprimiendo la precipitación de carburos.
- 15 - Titanio con un contenido que no supera un 0,20 % en peso. El titanio mejora el límite aparente de elasticidad de R_e , pero su contenido debe de ser limitado a 0,20 % en peso con el fin de evitar la degradación de la tenacidad.
- 20 - Vanadio con un contenido que no supera un 0,40 % en peso. El vanadio mejora el límite aparente de elasticidad de R_e por refinamiento del grano, y mejora la soldabilidad del acero. Sin embargo, por encima de un 0,40 % en peso, la tenacidad del acero es degradada y hay un riesgo de que aparezcan grietas en las zonas de soldadura.
- 20 - Níquel con un contenido que no supera un 1,0 % en peso. El níquel aumenta el límite aparente de elasticidad de R_e . Su contenido es limitado generalmente a 1,0 % en peso debido a su alto costo.
- 25 - Niobio con un contenido que no supera un 0,20 % en peso. El niobio favorece la precipitación de carbonitruros, aumentando de esta manera el límite aparente de elasticidad de R_e . Sin embargo, por encima de 0,20 % en peso se degradan la soldabilidad y la conformabilidad en caliente.

El resto de la composición se compone de hierro y otros elementos, que usualmente se espera encontrar, y las impurezas que resultan de la fusión, del acero, en unas proporciones que no tienen ninguna influencia sobre las propiedades deseadas.

30 La chapa de acero que tiene la composición anterior es sometida en primer lugar a una oxidación seguida por una reducción, antes de ser galvanizada por inmersión en caliente en un baño de zinc fundido, y tratada térmicamente para formar dicha chapa de acero recocida y galvanizada.

La meta es la de formar una chapa de acero oxidada que tiene una capa exterior de óxido de hierro con un espesor controlado, que protegerá al acero con respecto de la oxidación externa selectiva de silicio, manganeso y aluminio, mientras que la chapa de acero es recocida antes de la galvanización por inmersión en caliente.

35 Dicha oxidación de la chapa de acero se realiza en unas condiciones que permiten la formación, sobre la superficie de la chapa de acero, de una capa de óxido de hierro que no contiene óxidos superficiales seleccionados entre el conjunto que consiste en óxido de silicio, óxido de manganeso, óxido de aluminio, un óxido complejo que comprende silicio y/o manganeso y/o aluminio. Durante esta etapa, se desarrollará una oxidación selectiva interna de silicio, manganeso y aluminio debajo de la capa de óxido de hierro, y esto conducirá a una zona de agotamiento profundo en silicio, manganeso y aluminio metálicos, lo que reducirá al mínimo el riesgo de una oxidación selectiva superficial cuando se consiga la reducción ulterior. Se forma de esta manera una capa de un óxido interno de por lo menos un tipo de óxido, seleccionado entre el conjunto que consiste en óxido de silicio, óxido de manganeso, óxido de aluminio, un óxido complejo que comprende Si y Mn, un óxido complejo que comprende Si y Al, un óxido complejo que comprende Mn y Al y un óxido complejo que comprende Si, Mn y Al.

45 La oxidación se realiza preferiblemente calentando dicha chapa de acero desde la temperatura ambiente hasta una temperatura de calentamiento T1 que está situada entre 680 y 800°C, en un horno de llama directa en el que la atmósfera comprende aire y un combustible, con una relación de aire a combustible situada preferiblemente entre 1 y 1,2.

50 Cuando la temperatura T1 está situada por encima de 800°C, la capa de óxido de hierro que se haya formado sobre la superficie de la chapa de acero contendrá manganeso que procede del acero, y se perjudicará la humectabilidad. Si la temperatura T1 está situada por debajo de 680 °C, no se favorecerá la oxidación interna de silicio, manganeso y aluminio y será insuficiente la galvanizabilidad de la chapa de acero.

55 Una atmósfera que tiene una relación de aire a combustible menor que 1 conduce a la formación de una oxidación superficial de silicio, manganeso y aluminio, y por lo tanto se forma una capa superficial de óxidos seleccionados entre el conjunto que consiste en óxido de silicio, óxido de manganeso, óxido de aluminio y un óxido complejo que comprende silicio y/o manganeso y/o aluminio, posiblemente en combinación con óxido de hierro, y se perjudica la humectabilidad. Sin embargo, con una relación de aire a combustible situada por encima de 1,2, la capa de óxido de hierro es demasiado gruesa, y no será reducida completamente. Por lo tanto se perjudicará también la humectabilidad.

5 Cuando abandona el horno de llama directa, la chapa de acero oxidada es reducida en unas condiciones que permiten la consecución de la reducción completa del óxido de hierro para formar hierro. Esta etapa de reducción puede ser realizada en un horno de tubos radiantes o en un horno de resistencia eléctrica. Dicha chapa de acero oxidada es por lo tanto tratada térmicamente en una atmósfera que comprende preferiblemente más de 15 % en volumen de hidrógeno, siendo el resto nitrógeno y las impurezas inevitables. Desde luego, si el contenido de hidrógeno en la atmósfera es menor que 15 % en volumen, la capa de óxido de hierro puede ser reducida de manera insuficiente y se perjudica la humectabilidad.

10 Dicha chapa de acero oxidada es calentada desde la temperatura de calentamiento T1 hasta una temperatura de mantenimiento T2, luego es mantenida a dicha temperatura de mantenimiento T2 durante un período de tiempo de mantenimiento t2, y finalmente es enfriada desde dicha temperatura de mantenimiento T2 hasta una temperatura de enfriamiento T3.

15 Dicha temperatura de mantenimiento T2 está situada preferiblemente entre 770 y 850°C. Cuando la chapa de acero está a la temperatura T2, se forma una microestructura de fase doble que se compone de ferrita y austenita. Cuando T2 está por encima de 850°C, la relación en volumen de austenita crece demasiado, y se produce una oxidación selectiva externa sobre la superficie del acero. Sin embargo, cuando T2 está por debajo de 770°C, es demasiado alto el período de tiempo requerido para que se forme una suficiente relación en volumen de austenita.

20 Con el fin de obtener el deseado efecto de TRIP, debe formarse una suficiente cantidad de austenita durante la etapa de mantenimiento de temperatura, de modo que se mantenga una suficiente cantidad de austenita residual durante la etapa de enfriamiento. El mantenimiento de temperatura se efectúa durante un período de tiempo t2 que preferiblemente está situado entre 20 y 180 s (segundos). Si el período de tiempo t2 es más largo que 180 s, los granos de austenita se hacen más gruesos y será limitado el límite aparente de elasticidad R_e del acero después de la conformación. Además, la templabilidad del acero es baja. Sin embargo, si la chapa de acero es mantenida a una cierta temperatura durante un periodo de tiempo t2 menor que 20 s, será insuficiente la proporción de austenita formada y no se formará suficiente cantidad de austenita residual y bainita cuando se enfríe.

25 La chapa de acero reducida es finalmente enfriada a una temperatura de enfriamiento T3 cercana a la temperatura del baño de zinc fundido, con el fin de evitar el enfriamiento o el recalentamiento de dicho baño. La T3 está por lo tanto situada preferiblemente entre 460 y 510°C. Por lo tanto, se puede obtener un revestimiento a base de zinc que tiene una microestructura homogénea.

30 Cuando la chapa de acero se ha enfriado, es sumergida en caliente en el baño de zinc fundido cuya temperatura está situada preferiblemente entre 450 y 500°C. Este baño puede contener de 0,08 a 0,135 % en peso de aluminio disuelto, siendo el resto zinc y las impurezas inevitables. Se añade aluminio dentro del baño con el fin de desoxidar al zinc fundido, y hacer más fácil de controlar el espesor del revestimiento a base de zinc. En esta condición, se induce la precipitación de una fase delta ($FeZn_7$) en la interfase entre el acero y el revestimiento a base de zinc.

35 Cuando ha abandonado el baño, la chapa de acero es enjugada por proyección de un gas, con el fin de ajustar el espesor del revestimiento a base de zinc. Este espesor, que generalmente está situado entre 3 y 10 μm , es determinado de acuerdo con la requerida resistencia a la corrosión.

40 La chapa de acero galvanizada por inmersión en caliente es finalmente tratada térmicamente, de manera tal que se obtiene un revestimiento hecho de una aleación de zinc y hierro, por difusión del hierro desde el acero hasta el zinc del revestimiento. Este tratamiento de aleado se puede realizar manteniendo dicha chapa de acero a una temperatura T4 comprendida entre 460 y 510°C durante un período de tiempo de mantenimiento t4 situado entre 10 y 30 s. Gracias a la ausencia de una oxidación selectiva externa de silicio, manganeso y aluminio, esta temperatura T4 es más baja que las convencionales temperaturas de aleado. Por esta razón, no se requieren grandes cantidades de molibdeno en el acero, y el contenido de molibdeno en el acero puede ser limitado a menos que 0,01 % en peso. Si la temperatura T4 está situada por debajo de 460°C, no es posible el aleado de hierro y zinc. Si la temperatura T4 está situada por encima de 510°C, resulta difícil formar austenita estable, a causa de la indeseada precipitación de carburos, y no se puede obtener el efecto de TRIP. El período de tiempo t4 es ajustado de manera tal que el contenido medio de hierro en la aleación esté situado entre 8 y 12 % en peso, lo cual constituye un buen compromiso para mejorar la soldabilidad del revestimiento y limitar la pulverización mientras que se conforma.

50 El invento será ilustrado ahora mediante unos ejemplos que se dan por vía de indicación no limitadora y con referencia a las Figuras 1 y 2.

La prueba se llevó a cabo usando unas muestras A y B que proceden de una chapa de 0,8 mm de espesor, producida a partir de una chapa de acero cuya composición está dada en la Tabla I.

Las muestras A y B son calentadas previamente desde la temperatura ambiente (20°C) hasta 750°C, en un horno de llama directa. Ellas son recocidas subsiguientemente y de manera continua en un horno de tubos radiantes, en

donde son calentadas desde 750° hasta 800°C, luego son mantenidas a 800°C durante 60 s y finalmente son enfriadas a 460°C. La atmósfera en el horno de tubos radiantes comprende 30 % en volumen de hidrógeno, siendo el resto nitrógeno y las impurezas inevitables.

5 Después de haber enfriado, las muestras A y B son galvanizadas por inmersión en caliente en un baño fundido a base de zinc que comprende 0,12 % en peso de aluminio, siendo el resto zinc y las impurezas inevitables. La temperatura de dicho baño es de 460°C. Después de enjuagar con nitrógeno y enfriar el revestimiento a base de zinc, el espesor del revestimiento a base de zinc es de 7 µm.

10 En primer lugar, la meta es comparar la humectabilidad y la adherencia de estas muestras cuando fluctúa la relación de aire a combustible en el horno de llama directa. La relación de aire a combustible es de 0,90 para la muestra A, y de 1,05 de acuerdo con el invento para la muestra B. Los resultados se muestran en la Tabla II.

La humectabilidad es controlada visualmente por un operario. La adherencia del revestimiento es también controlada visualmente después de un ensayo de dobladura en 180° de las muestras.

Tabla 1: Composición química del acero de las muestras A y B, en % en peso, siendo el resto de la composición hierro y las impurezas inevitables (muestras A y B)

15 Tabla I

| C | Mn | Si | Al | Mo | Cr | P | Ti | V | Ni | Nb |
|------|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|------|-------|
| 0,20 | 1,73 | 1,73 | 0,01 | 0,005 | 0,02 | 0,01 | 0,005 | 0,005 | 0,01 | 0,005 |

Tabla II

| | Humectabilidad | Adherencia | Aspecto de la superficie |
|--------------------|----------------|------------|--------------------------|
| Muestra A** | mala | mala | malo |
| Muestra B* | buena | buena | bueno |

* de acuerdo con el invento

** de acuerdo con el procedimiento convencional.

20 La Figura 1 es una fotografía de la muestra A después de la etapa de calentamiento previo y antes de la etapa de recocido, y la Figura 2 es una fotografía de la muestra B después de la etapa de calentamiento previo y antes de la etapa de recocido.

25 Entonces, la meta es mostrar el efecto de la oxidación selectiva interna de silicio y manganeso sobre la temperatura de aleado. Por lo tanto, la temperatura del tratamiento de aleado, aplicado a la muestra B con el fin de obtener una chapa de acero recocida y galvanizada de acuerdo con el invento, es comparada con la temperatura de aleado de la muestra A.

30 La muestra B, que ha sido galvanizada por inmersión en caliente, es sometida luego a un tratamiento de aleado calentándola a 480°C, y manteniéndola a esta temperatura durante 19 s. Los autores del invento han comprobado que la microestructura de TRIP de la chapa de acero recocida y galvanizada por inmersión en caliente que se ha obtenido de acuerdo con el invento, no se perdía por este tratamiento de aleado.

35 Con el fin de obtener el aleado del revestimiento a base de zinc de la muestra A, es necesario calentarla a 540°C y mantenerla a esta temperatura durante 20 s. Con dicho tratamiento, los autores del invento han comprobado que se produce una precipitación de carburos, y la austenita residual ya no es mantenida durante el enfriamiento hasta la temperatura ambiente y que ha desaparecido el efecto de TRIP.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la producción de una chapa de acero recocida y galvanizada por inmersión en caliente que tiene una microestructura con plasticidad inducida por transformación (TRIP), que comprende ferrita, austenita residual y opcionalmente martensita y/o bainita, comprendiendo dicho procedimiento las operaciones que consisten en:
- proporcionar una chapa de acero cuya composición comprende, en peso:
 - $0,01 \leq C \leq 0,22 \%$
 - $0,50 \leq Mn \leq 2,0 \%$
 - $0,5 < Si \leq 2,0 \%$
 - $0,005 \leq Al \leq 2,0 \%$
 - $Mo < 0,01 \%$
 - $Cr \leq 1,0 \%$
 - $P < 0,02 \%$
 - $Ti \leq 0,20 \%$
 - $V \leq 0,40 \%$
 - $Ni \leq 1,0 \%$
 - $Nb \leq 0,20 \%$
- siendo el resto de la composición hierro y las impurezas inevitables que resultan de la fusión,
- oxidar dicha chapa de acero con el fin de formar una capa de óxido de hierro sobre la superficie de la chapa de acero a una temperatura T1 comprendida entre 680 y 800°C en un horno de llama directa que comprende aire y un combustible con una relación de aire a combustible comprendida entre 1,0 y 1,2 con el fin de formar una capa de óxido de hierro sobre la superficie de la chapa de acero, y formar un óxido interno de al menos un tipo de óxido, seleccionado entre el conjunto que consiste en óxido de Si, óxido de Mn, óxido de Al, un óxido complejo que comprende Si y Mn, un óxido complejo que comprende Si y Al, un óxido complejo que comprende Al y Mn, y un óxido complejo que comprende Si, Mn y Al,
 - reducir dicha chapa de acero oxidada con el fin de reducir la capa de óxido de hierro,
 - galvanizar por inmersión en caliente dicha chapa de acero reducida para formar una chapa de acero revestida con un revestimiento a base de zinc, y
 - someter dicha chapa de acero, revestida con un revestimiento a base de zinc, a un tratamiento de aleado para formar una chapa de acero recocida y galvanizada.
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha chapa de acero comprende, expresado en % en peso, $P < 0,010 \%$.
3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en el que dicha chapa de acero comprende, expresado en % en peso, $Mo \leq 0,006 \%$.
4. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 hasta 3, en el que la reducción de dicha chapa de acero oxidada consiste en un tratamiento térmico realizado en una atmósfera que comprende más de 15 % en volumen de hidrógeno, siendo el resto nitrógeno y las impurezas inevitables, comprendiendo dicho tratamiento térmico una fase de calentamiento desde la temperatura T1 hasta una temperatura de mantenimiento T2, una fase de mantenimiento a dicha temperatura de mantenimiento T2 durante un período de tiempo de mantenimiento t2, y una fase de enfriamiento desde dicha temperatura de mantenimiento T2 hasta una temperatura de enfriamiento T3.
5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4, en el que dicha temperatura de mantenimiento T2 está situada entre 770 y 850°C.
6. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4 ó 5, en el que dicho periodo de tiempo de mantenimiento t2 está situado entre 20 y 180 s.
7. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 4 hasta 6, en que dicha temperatura de enfriamiento T3 está situada entre 460 y 510°C.
8. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 3 hasta 7, en el que dicha reducción se realiza en un horno de tubos radiantes o en un horno de resistencia eléctrica.
9. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 hasta 8, en el que la galvanización por inmersión en caliente se realiza sumergiendo en caliente a dicha chapa de acero reducida en un baño fundido que comprende de 0,08 a 0,135 % en peso de aluminio, siendo el resto zinc y las impurezas inevitables.

10. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9, en el que la temperatura de dicho baño fundido está situada entre 450 y 500°C.

5 11. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 hasta 10, en el que dicho tratamiento de aleado se realiza calentando dicha chapa de acero revestida con un revestimiento a base de zinc a una temperatura T4 situada entre 460 y 510°C durante un período de tiempo de mantenimiento t4 situado entre 10 y 30 s.



Figura 1

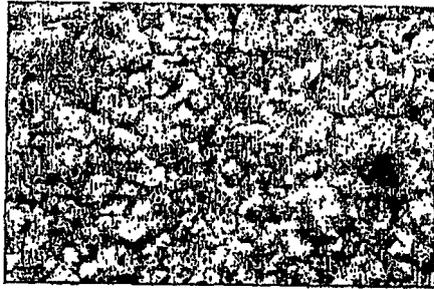


Figura 2