

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 971 654**

51 Int. Cl.:

C22C 38/00	(2006.01) C23C 2/02	(2006.01)
C22C 38/06	(2006.01) C23C 2/06	(2006.01)
C21D 6/00	(2006.01) C23C 2/40	(2006.01)
C21D 8/02	(2006.01)	
C22C 38/24	(2006.01)	
C22C 38/26	(2006.01)	
C22C 38/28	(2006.01)	
C22C 38/34	(2006.01)	
C22C 38/38	(2006.01)	
B32B 15/01	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.11.2018 PCT/IB2018/058669**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **27.06.2019 WO19123043**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.11.2018 E 18799871 (1)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.12.2023 EP 3728679**

54 Título: **Chapa de acero laminada en frío y tratada térmicamente y un procedimiento de fabricación de la misma**

30 Prioridad:
19.12.2017 WO PCT/IB2017/058125

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
06.06.2024

73 Titular/es:
**ARCELORMITTAL (100.0%)
24-26 Boulevard d'Avranches
1160 Luxembourg, LU**

72 Inventor/es:
PIPARD JEAN MARC

74 Agente/Representante:
PONTI & PARTNERS, S.L.P.

ES 2 971 654 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

Chapa de acero laminada en frío y tratada térmicamente y un procedimiento de fabricación de la misma

5 **[0001]** La presente invención se refiere a una chapa de acero laminada en frío y tratada térmicamente adecuada para su uso como una chapa de acero para automóviles.

[0002] Se requieren que piezas automotrices satisfagan dos necesidades inconsistentes, a saber, facilidad de conformación y resistencia, pero un tercer requisito de mejora en el consumo de combustible en los últimos años
10 también se otorga a los automóviles en vista de las preocupaciones medioambientales globales. Por lo tanto, ahora las piezas automotrices deben estar hechas de un material que tenga una alta conformabilidad con el fin de que se ajusten a los criterios de facilidad de ajuste en el ensamblaje complejo de automóviles y al mismo tiempo tienen que mejorar su resistencia en cuanto a la capacidad de absorción de energía de choque y a la durabilidad del vehículo mientras se reduce el peso del vehículo para mejorar la eficiencia en términos de consumo de combustible.

15 **[0003]** Por lo tanto, se han realizado esfuerzos intensos de investigación y desarrollo para reducir la cantidad de material utilizado en los automóviles al aumentar la resistencia del material. Por el contrario, un aumento en la resistencia de las chapas de acero disminuye la conformabilidad y, por lo tanto, se requiere el desarrollo de materiales que tengan tanto una alta resistencia como una alta conformabilidad.

20 **[0004]** Las investigaciones y desarrollos anteriores en el campo de las chapas de acero de alta resistencia y alta conformabilidad han dado como resultado varios procedimientos de producción de chapas de acero de alta resistencia y alta conformabilidad, algunos de los cuales se enumeran en esta solicitud para una apreciación concluyente de la presente invención:

25 El documento US 9 074 272 describe aceros que tienen la composición química: 0,1-0,28 % de C, 1,0-2,0 % de Si, 1,0-3,0 % de Mn y el resto que consiste en hierro y en las inevitables impurezas. La microestructura incluye austenita residual entre 5 y 20 %, ferrita bainítica de 40 a 65 %, ferrita poligonal de 30 a 50 % y menos de 5 % de martensita. El documento US 9 074 272 se refiere a una chapa de acero laminada en frío con un excelente alargamiento, pero la
30 invención descrita en el mismo no logra la resistencia de 900 MPa, que es un requisito para reducir el peso y mantener la robustez de la compleja pieza automotriz.

[0005] El documento US2015/0152533 describe un procedimiento para producir una chapa de acero de alta resistencia que contiene C: 0,12-0,18 %, Si: 0,05-0,2 %, Mn: 1,9-2,2 %, Al: 0,2-0,5 %, Cr: 0,05-0,2 %, Nb: 0,01-0,06 %, P: ≤0,02 %, S: ≤0,003 %, N: ≤0,008 %, Mo: ≤0,1 %, B: ≤0,0007 %, Ti: ≤0,01 %, Ni: ≤0,1 %, Cu: ≤0,1 % y, como el
35 resto, hierro e impurezas inevitables. La chapa de acero producida por el procedimiento descrito en la solicitud de patente US2015/0152533 debe tener una microestructura que consista en un 50-90 % en volumen de ferrita, incluida la ferrita bainítica, un 5-40 % en volumen de martensita, hasta un 15 % en volumen de austenita residual y hasta un 10 % en volumen de otros constituyentes estructurales. Aunque el documento US2015/0152533 contiene una cantidad
40 sustancial de martensita (es decir, hasta un 40 %) aún no logra el nivel de resistencia a la tracción de 900 MPa.

[0006] El documento US2014/170439 proporciona una chapa de acero laminada en frío. La chapa de acero tiene una resistencia superior a 1000 MPa, un alargamiento uniforme superior al 12 % y una capacidad de flexión en V superior a 90°. La composición de la chapa de acero incluye, expresado en porcentaje en peso, 0,15 %≤C≤0,25 %, 1,8 %≤Mn≤3,0 %, 1,2 %≤S≤2 %, 0 %≤Al≤0,10 %, 0 %≤Cr≤0,50 %, 0 %≤Cu≤1 %, 0 %≤Ni≤1 %, 0 %≤S≤0,005 %, 0 %≤P≤0,020 %, Nb≤0,015 %, Ti≤0,020 %, V≤0,015 %, Co≤1 %, N≤0,008 %, B≤0,001 % por lo que Mn+Ni+Cu≤3 %. El resto de la composición consiste en hierro e impurezas inevitables resultantes del procesamiento. La microestructura incluye, en porcentaje de área, del 5 al 20 % de ferrita poligonal, del 10 al 15 % de austenita residual, del 5 al 15 % de martensita y un resto de bainita. La bainita tiene la forma de listones e incluye carburos entre
45 los listones. Un número N de carburos entre listones mayor que 0,1 micrómetros por unidad de área de superficie es menor o igual que 50.000/mm². También se proporcionan un procedimiento de fabricación y un vehículo de motor. No obstante, el documento US2014/170439 no menciona la fosfatibilidad del acero.

[0007] La técnica anterior conocida relacionada con la fabricación de chapas de acero de alta resistencia y alta conformabilidad se ve afectada por una u otra carencia: por consiguiente, existe la necesidad de una chapa de acero laminada en frío que tenga una resistencia superior a 1000 MPa y un procedimiento de fabricación de la misma.
55

[0008] El propósito de la presente invención es resolver estos problemas poniendo a disposición chapas de acero laminadas en frío que tienen simultáneamente:

60 - una resistencia final a la tracción superior o igual a 1000 MPa y preferentemente superior a 1180 MPa o incluso superior a 1220 MPa,
- una buena fosfatibilidad con al menos el 96 % de la superficie

65 **[0009]** En una realización preferida, la chapa de acero según la invención puede tener un valor de límite elástico

superior o por encima de 700 MPa.

[0010] Preferentemente, tal acero también puede tener una buena idoneidad para la conformación, en particular, para el laminado y una buena soldabilidad y buena capacidad de revestimiento.

5

[0011] Otro objeto de la presente invención es también poner a disposición un procedimiento para la fabricación de estas chapas que sea compatible con las aplicaciones industriales convencionales a la vez que robusto con respecto a los cambios de los parámetros de fabricación.

10 **[0012]** La chapa de acero laminada en frío y tratada térmicamente de la presente invención puede revestirse opcionalmente con zinc o aleaciones de zinc, o con aluminio o aleaciones de aluminio para mejorar su resistencia a la corrosión.

15 La Figura 1 no es según la presente invención. La Figura 1 es una micrografía que ilustra las grietas formadas debido a óxidos internos en la superficie de la chapa de acero laminada en frío y una capa de óxidos internos formada a partir de la misma. Para mostrar las grietas, una de las grietas se marca como 10. La chapa de acero laminada en frío pertenece a la calidad de acero 7 de la tabla 1.

20 La Figura 2 es una micrografía que ilustra la superficie de la chapa de acero laminada en frío según la presente invención. La chapa de acero laminada en frío está libre de capa de óxidos internos. La chapa de acero laminada en frío pertenece a la calidad de acero 2 de la tabla 1.

25 La Figura 3 no es según la invención. La Figura 3 es una micrografía que ilustra las grietas formadas debido a los óxidos internos en la superficie de la chapa de acero laminada en frío y tratada térmicamente y una capa de óxidos internos formada a partir de la misma. Para mostrar las grietas, una de las grietas se marca como 20. La chapa de acero laminada en frío pertenece a la calidad de acero 7 de la tabla 1.

30 La Figura 4 es una micrografía que ilustra la superficie de la chapa de acero laminada en frío y tratada térmicamente según la presente invención. La chapa de acero laminada en frío tiene una capa de óxidos internos de menos de 3 micrómetros. La chapa de acero laminada en frío pertenece a la calidad de acero 2 de la tabla 1.

35 La Figura 5 es una micrografía que demuestra la fosfatación en una chapa de acero laminada en frío y tratada térmicamente no según la invención. La Figura 5 muestra la porosidad en la cobertura. Una de las marcas de porosidad se resalta como 30. La Figura 5 pertenece a la calidad de acero 7 de la tabla 1

La Figura 6 es una micrografía que demuestra la fosfatación en una chapa de acero laminada en frío y tratada térmicamente según la invención. La chapa de acero demostrada pertenece a la calidad de acero 2 de la tabla 1 con una cobertura de fosfatación del 100 %.

40 **[0013]** Otras características y ventajas de la invención se harán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de la invención.

[0014] El carbono está presente en el acero entre 0,18 % y 0,24 %. El carbono es un elemento necesario para aumentar la resistencia de una chapa de acero mediante la producción de una fase de transformación a baja temperatura tal como la martensita. Además, el carbono también desempeña un papel fundamental en la estabilización de la austenita. Un contenido inferior al 0,18 % no permitiría estabilizar la austenita, lo que permite reducir la resistencia y la ductilidad. Por otro lado, con un contenido de carbono superior al 0,24 %, una zona de soldadura y una zona afectada por el calor se endurecen de manera significativa y, por lo tanto, las propiedades mecánicas de la zona de soldadura se ven afectadas.

50

[0015] El contenido de manganeso del acero de la presente invención está entre 1,5 % y 2,5 %. El manganeso es un elemento que aporta resistencia y estabiliza la austenita para obtener austenita residual. Se ha comprobado que una cantidad de al menos el 1,5 % en peso de manganeso proporciona la resistencia y templabilidad de la chapa de acero, además de estabilizar la austenita. Por tanto, resulta preferente un mayor porcentaje de manganeso, tal como del 1,9 al 2,2 %. No obstante, cuando el manganeso es superior al 2,5 %, esto produce efectos adversos, como la ralentización de la transformación de austenita en bainita durante el mantenimiento isotérmico para la transformación de bainita, lo que conlleva a una reducción de la ductilidad. Por otra parte, un contenido de manganeso por encima del 2,5 % también reduciría la soldabilidad del presente acero.

60 **[0016]** El contenido de silicio del acero de la presente invención está entre 1,2 % y 2 %. El silicio como constituyente retarda la precipitación de carbono de la austenita. Por lo tanto, debido a la presencia de 1,2 % de silicio, la austenita rica en carbono se estabiliza a temperatura ambiente. Sin embargo, la adición de más del 2 % de silicio no mejora el efecto mencionado y produce problemas tales como la fragilización por laminación en caliente. Por lo tanto, la concentración se controla dentro de un límite superior de 2 %.

65

[0017] El contenido de aluminio del acero de la presente invención está entre 0,01 % y 0,06%. Dentro de dicho intervalo, el aluminio une el nitrógeno en el acero para formar nitruro de aluminio para reducir el tamaño de los granos. No obstante, siempre que el contenido de aluminio supere el 0,06 % en la presente invención, aumentará el punto Ac3, reduciendo así la productividad.

5

[0018] El contenido de cromo del acero de la presente invención está entre 0,2 % y 0,5 %. El cromo es un elemento esencial que proporciona resistencia y endurecimiento al acero, pero cuando se usa por encima del 0,5 %, perjudica el acabado superficial del acero.

10 **[0019]** El contenido de fósforo del acero de la presente invención está limitado al 0,02 %. El fósforo es un elemento que se endurece en una solución sólida y también interfiere con la formación de carburos. Por lo tanto, una pequeña cantidad de fósforo, de al menos 0,002 % puede resultar ventajosa, pero el fósforo también tiene sus efectos adversos, como una reducción de la soldabilidad por puntos y la ductilidad en caliente, particularmente debido a su tendencia a la segregación en los límites de grano o cosegregación con manganeso. Por estas razones, su contenido
15 está preferentemente limitado a un máximo del 0,015 %.

[0020] El azufre no es un elemento esencial, pero puede estar contenido como una impureza en el acero. El contenido de azufre es preferentemente lo más bajo posible, pero es del 0,03 % o menos y preferentemente como máximo del 0,003 %, desde el punto de vista del coste de fabricación. Además, si hay más azufre presente en el acero,
20 se combina para formar sulfuros, especialmente con Mn y Ti, y reduce su impacto beneficioso en la presente invención.

[0021] El niobio es un elemento opcional que se puede añadir al acero entre 0 % y 0,06 %, preferentemente entre 0,0010 y 0,06 %. Es adecuado para formar carbonitruros para conferir resistencia al acero según la invención mediante endurecimiento por precipitación. Debido a que el niobio retrasa la recrystalización durante el calentamiento,
25 la microestructura formada al final de la temperatura de mantenimiento y, como consecuencia del recocido completo es más fina, esto conduce al endurecimiento del producto. No obstante, cuando el contenido de niobio está por encima del 0,06 %, la cantidad de carbonitruros no es favorable para la presente invención, ya que una gran cantidad de carbonitruros tiende a reducir la ductilidad del acero.

30 **[0022]** El titanio es un elemento opcional que se puede añadir al acero de la presente invención entre 0 % y 0,08 %, preferentemente entre 0,001 % y 0,08%. Al igual que el niobio, interviene en la formación de carbonitruros, por lo que desempeña un papel en el endurecimiento. No obstante también interviene en la formación de TiN que aparece durante la solidificación del producto colado. La cantidad de Ti se limita a 0,08 % para evitar que el TiN grueso sea perjudicial para la expansión del orificio. En el caso de que el contenido de titanio esté por debajo de 0,001 %, no
35 tiene ningún efecto sobre el acero de la presente invención.

[0023] El vanadio es un elemento opcional que se puede añadir al acero de la presente invención entre 0 % y 0,1 %, preferentemente entre 0,001 % y 0,01 %. Al igual que el niobio, interviene en la formación de carbonitruros, por lo que desempeña un papel en el endurecimiento. No obstante también interviene en la formación de VN que aparece
40 durante la solidificación del producto colado. La cantidad de V se limita a 0,1 % para evitar que el VN grueso sea perjudicial para la expansión del orificio. En el caso de que el contenido de vanadio esté por debajo de 0,001 %, no tiene ningún efecto sobre el acero de la presente invención.

[0024] El calcio es un elemento opcional que se puede añadir al acero de la presente invención entre 0 % y
45 0,005 %, preferentemente entre 0,001 % y 0,005%. El calcio se añade al acero de la presente invención como un elemento opcional, especialmente durante el tratamiento de inclusión. El calcio contribuye a la refinación del acero al detener el contenido perjudicial de azufre al globularizarlo.

[0025] Otros elementos tales como cerio, boro, magnesio o circonio se pueden añadir individualmente o en
50 combinación en las siguientes proporciones: $Ce \leq 0,1 \%$, $B \leq 0,01 \%$, $Mg \leq 0,05 \%$ y $Zr \leq 0,05 \%$. Hasta los niveles máximos de contenido indicados, estos elementos permiten refinar el grano durante la solidificación.

[0026] Entre los elementos de aleación presentes en el acero de la presente invención, el silicio, el manganeso, el aluminio y el cromo son más oxidables que el hierro y es bien sabido que los elementos mencionados experimentan
55 oxidación selectiva además del hierro durante el bobinado, el recocido de banda caliente, el recocido y también durante otros procedimientos de tratamiento térmico similares, formando así óxidos internos.

[0027] La Figura 1 es una micrografía que demuestra la chapa de acero laminada en frío que no está de acuerdo con la presente invención, teniendo la chapa de acero laminada en frío una capa de óxidos internos, donde
60 estos óxidos selectivos se forman durante el bobinado en la chapa de acero laminada en caliente debido a la presión parcial reducida de oxígeno, estos óxidos selectivos también causan la generación de grietas en los límites de grano durante el laminado en frío en la chapa de acero laminada en frío. En la Figura 1 también se muestra una grieta (10) en la superficie de la chapa de acero laminada en frío. La Figura 1 también muestra los óxidos internos en una superficie de chapa de acero laminada en frío que tiene un espesor de más de 1 micrómetro. De manera similar, la
65 oxidación selectiva también tiene lugar durante el recocido.

[0028] La Figura 2 es una micrografía que demuestra la chapa de acero laminada en frío de acuerdo con la presente invención, donde la chapa de acero laminada en frío está libre de los óxidos internos.

5 **[0029]** La Figura 3 es una micrografía que demuestra la chapa de acero laminada en frío tratada térmicamente que no está de acuerdo con la presente invención, teniendo la chapa de acero laminada en frío y tratada térmicamente una capa de óxidos internos, donde estos óxidos selectivos se forman durante el bobinado de la chapa de acero laminada en caliente o durante el recocido de banda caliente en la chapa de acero laminada en caliente o el recocido en la chapa de acero laminada en frío debido a la presión parcial reducida de oxígeno, estos óxidos selectivos también
10 provocan la generación de grietas en los límites de grano durante el laminado en frío en la chapa de acero laminada en frío que se agravan durante el recocido. En la Figura 3 también se muestra una grieta (20) en la superficie de la lámina de acero laminada en frío y tratada térmicamente. La Figura 3 también muestra los óxidos internos en una superficie de lámina de acero laminada en frío de espesor superior a 3 micrómetros.

15 **[0030]** La Figura 4 es una micrografía que demuestra que la chapa de acero laminada en frío y tratada térmicamente de acuerdo con la presente invención, donde la chapa de acero laminada en frío y tratada térmicamente tiene una capa de los óxidos internos y de acuerdo con la presente invención un espesor de hasta 3 micrómetros de capa de óxido es aceptable en la chapa laminada en frío y tratada térmicamente. Por lo tanto, la presente invención contempla la implementación de parámetros de procedimiento específicos, tales como mantener la temperatura de
20 bobinado por debajo de 500 °C y realizar al menos un decapado obligatorio antes del laminado en frío para controlar la formación de óxidos internos. La presente invención mantiene la capa de óxidos internos hasta 3 micrómetros en la chapa de acero laminada en frío y tratada térmicamente final. En una realización preferida, dicha capa está hecha de hierro, silicio, manganeso y cromo. En otra realización, resulta preferida la presencia de una capa de óxidos internos de un espesor de 1 micrómetro o menos en la chapa laminada en frío después de la laminación en frío.

25 **[0031]** El resto de la composición del acero consiste en hierro e impurezas inevitables resultantes del procesamiento.

[0032] La microestructura de la chapa de acero según la invención comprende del 0 % al 15 % de martensita revenida, del 10 % al 15 % de austenita residual y opcionalmente hasta el 30 % de ferrita en fracciones de área, siendo el resto de bainita, siendo el contenido de bainita de al menos el 55 %.

[0033] La bainita es la matriz del acero y está contenida en un mínimo de 55 %, preferentemente de 60 %. En el marco de la presente invención, la bainita consiste en bainita en listones y bainita granular. La bainita granular es
35 una bainita que tiene una densidad muy baja de carburos, lo que significa que el acero incluye menos de 100 carburos por unidad de área de 100 μm^2 . La bainita en listones tiene la forma de listones de ferrita delgados con carburo formado entre los listones. El tamaño de los carburos presentes entre los listones es tal que el número de carburos superiores a 0,1 micrómetros está por debajo de 50.000/mm². La bainita en listones proporciona al acero una expansión adecuada de orificios, mientras que la bainita granular proporciona un alargamiento mejorado.

40 **[0034]** La martensita revenida está contenida en una cantidad de 0 a 15 %. Resulta preferente que el contenido de martensita revenida alcance el nivel de resistencia de 1000 MPa o más y si la cantidad de martensita llega a más del 15 %, tendría un impacto perjudicial en la ductilidad.

45 **[0035]** La austenita residual está contenida en una cantidad del 10 al 15 %. Se sabe que la austenita residual tiene una mayor solubilidad de carbono que la bainita y, por ello, actúa como una trampa de carbono efectiva, retardando, por lo tanto, la formación de carburos en la bainita. La austenita retenida de la presente invención contiene preferentemente carbono entre 0,9 y 1,15 %, con un contenido promedio de carbono en la austenita de 1,00 %. La austenita también imparte ductilidad al presente acero.

50 **[0036]** La martensita y la austenita pueden estar presentes en el acero según la invención, como fases aisladas o bajo la forma de islas martensita-austenita, que es la preferida.

La ferrita puede estar presente entre 0 % y 30 % en el acero. Dicha ferrita puede comprender ferrita poligonal, ferrita en listones, ferrita acicular, ferrita en placas o ferrita epitaxial. La presencia de ferrita en la presente invención puede
55 impartir al acero conformabilidad y alargamiento. La presencia de ferrita tiene repercusiones negativas debido al hecho de que la ferrita aumenta la diferencia de dureza con fases duras como la martensita y la bainita y reduce la ductilidad local. Si la presencia de ferrita está por encima del 30 %, no se logra la resistencia a la tracción diana.

Una chapa de acero según la invención se produce según el procedimiento como se define en las reivindicaciones adjuntas.

60 **[0037]** El procedimiento consiste en proporcionar una colada de acero semiacabada con una composición química según la invención. La colada se puede realizar en lingotes o continuamente en forma de planchones delgados o tiras delgadas, es decir, con un espesor que varía de aproximadamente 220 mm para planchones hasta varias decenas de milímetros para la tira delgada.

65 Por ejemplo, un planchón se considerará como un producto semiacabado. Un planchón que tiene la composición

química descrita anteriormente se fabrica mediante colada continua donde el planchón se sometió preferentemente a una reducción suave directa durante la colada para asegurar la eliminación de la segregación central y la reducción de la porosidad. El planchón proporcionado por el procedimiento de colada continua se puede usar directamente a alta temperatura después de la colada continua o se puede enfriar primero a temperatura ambiente y a continuación 5 recalentarse para laminación en caliente.

[0038] La temperatura del planchón que se somete a laminación en caliente es de al menos 1000 °C, preferentemente superior a 1200 °C y debe estar por debajo de 1280 °C. En caso de que la temperatura del planchón sea inferior a 1000°C, se impone una carga excesiva en un tren de laminación y, además, la temperatura del acero 10 puede disminuir a una temperatura de transformación de ferrita durante la laminación de acabado, por lo que el acero se laminará en un estado en el que la ferrita transformada está contenida en la estructura. Además, la temperatura no debe estar por encima de 1280 °C, ya que habría un riesgo de formación de granos de ferrita áspera que daría como resultado un grano de ferrita gruesa que disminuye la capacidad de estos granos para recrystalizar durante la laminación en caliente. Cuanto mayor es el tamaño de grano de ferrita inicial, menos fácilmente se recrystaliza, lo que 15 significa que se deben evitar las temperaturas de recalentamiento superiores a 1280 °C porque son industrialmente caras y desfavorables en términos de recrystalización de la ferrita.

[0039] La temperatura del planchón es preferentemente lo suficientemente alta como para que la laminación en caliente pueda completarse totalmente en el intervalo austenítico, permaneciendo la temperatura de laminación en 20 caliente de acabado por encima de 850 °C y preferentemente por encima de 900 °C. Es necesario que la laminación final se realice por encima de 850 °C, porque por debajo de esta temperatura, la chapa de acero presenta una caída significativa en la capacidad de laminación. Se prefiere que una temperatura de laminación final entre 900 y 950 °C tenga una estructura que sea favorable para la recrystalización y la laminación.

[0040] La chapa obtenida de esta manera se enfría a continuación a una velocidad de enfriamiento por encima de 30 °C/s hasta una temperatura que está por debajo de 500 °C. La temperatura de enfriamiento se mantiene por debajo de 500 °C para evitar la oxidación selectiva de elementos de aleación como manganeso, silicio y cromo. Preferentemente, la velocidad de enfriamiento será inferior o igual a 65 °C/s y superior a 35 °C/s. A continuación, la 25 chapa de acero laminada en caliente se bobina y durante el tiempo en que la chapa laminada en caliente permanece bobinada, tiene lugar la transformación de austenita en bainita y la temperatura de la chapa laminada en caliente bobinada aumenta debido a la recalcancia. La temperatura de la chapa de acero laminada en caliente debe mantenerse por debajo de 570 °C para evitar la oxidación interna selectiva de silicio, manganeso, aluminio y cromo en la superficie de la bobina laminada en caliente, ya que estos óxidos forman grietas en la superficie de la chapa de 30 acero laminada en caliente. Posteriormente, la chapa de acero laminada en caliente bobinada se deja enfriar hasta alcanzar una temperatura ambiente. A continuación, la chapa laminada en caliente se somete a un procedimiento de eliminación de cascarillas, como el decapado, para eliminar las cascarillas formadas durante el laminado en caliente y asegurarse de que no haya cascarillas en la superficie de la chapa de acero laminada en caliente antes de someterla a un recocido en banda caliente.

[0041] A continuación, la chapa laminada en caliente se somete a un recocido en banda caliente a una temperatura entre 350 °C y 750 °C durante 1 a 96 horas. La temperatura y el tiempo de dicho recocido de banda en caliente se seleccionan para garantizar el ablandamiento de la chapa laminada en caliente para facilitar el laminado en frío de la chapa de acero laminada en caliente. Además, la atmósfera del recocido de banda caliente se controla para evitar la oxidación durante el recocido de banda caliente. El procedimiento de eliminación de cascarillas antes 40 del recocido de banda caliente no es obligatorio, si el recocido de banda caliente se realiza entre el intervalo de temperaturas de 350 °C y 500 °C durante 1 a 96 horas, ya que en este intervalo de temperaturas hay muy pocas posibilidades de aumentar el espesor de la capa de óxido. Sin embargo, si el recocido de banda caliente se realiza entre 500 y 750 °C, el procedimiento de eliminación de cascarillas que se debe realizar antes de dicho recocido es obligatorio.

[0042] A continuación, la chapa de acero laminada en caliente se enfría a temperatura ambiente para obtener la chapa laminada en caliente recocida. Seguidamente, la chapa laminada en caliente recocida puede someterse a un procedimiento opcional de eliminación de cascarillas. Según la presente invención, se debe realizar al menos un 50 procedimiento de eliminación de cascarillas antes del laminado en frío.

[0043] La chapa laminada en caliente recocida a continuación se lamina en frío con una reducción de espesor entre el 35 y el 70 % para obtener una chapa de acero laminada en frío. La chapa de acero laminada en frío obtenida está sustancialmente libre de óxidos internos.

[0044] La Figura 2 es una micrografía que demuestra la chapa de acero laminada en frío según la presente invención, donde la chapa de acero laminada en frío está libre de los óxidos internos, pero según la presente invención es aceptable una capa de óxidos de hasta un espesor de 1 micrómetro sobre la chapa laminada en frío después del decapado y el HBA.

[0045] A continuación, la chapa de acero laminada en frío se somete a recocido para impartir al acero de la

presente invención la microestructura y las propiedades mecánicas específicas.

[0046] Para recocer continuamente la chapa de acero laminada en frío, primero se calienta a una velocidad de calentamiento entre 1 y 20 °C/s, preferentemente superior a 3 °C/s, a una temperatura de homogeneización entre Ac1 y Ac3+ 50°C durante al menos 100 s y preferentemente no más de 1000 s para garantizar una recristalización y transformación adecuadas para obtener un mínimo de 70 % de microestructura de austenita. Ac1 para el acero según la invención suele estar entre 680 y 750 °C. Ac3 para el acero según la invención suele estar entre 820 y 900 °C.

[0047] La chapa se enfría a continuación a una velocidad de enfriamiento de más de 10 °C/s entre un intervalo de temperaturas de enfriamiento entre Ms-20 °C y Ms + 40 °C, donde Ms se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$Ms=565-(31*[Mn]+13*[Si]+10*[Cr]+18*[Ni]+12*[Mo])-600*(1-EXP(-0,96*[C]))$$

En una realización preferida, la velocidad de enfriamiento es superior a 30°C/s.

[0048] A continuación, la temperatura de la chapa de acero laminada en frío se lleva a un intervalo de temperaturas entre Ms + 10 y Ms + 100 °C que generalmente está entre 350 °C y 450 °C y se mantiene allí durante un tiempo de al menos 200 s pero no más de 1000 s. Este sobreenviejamiento isotérmico estabiliza la austenita rica en carbono y contribuye a la formación y estabilización de la bainita de carburo de baja densidad, confiriendo al acero de la presente invención propiedades mecánicas específicas.

[0049] A continuación, la chapa de acero laminada en frío se enfría a temperatura ambiente a una velocidad de enfriamiento no superior a 200 °C/s. Durante este enfriamiento, la austenita residual inestable puede transformarse en martensita fresca en forma de islas de MA.

[0050] En esa etapa se puede realizar una operación opcional de pasada de endurecimiento superficial o de nivelación con una tasa de reducción inferior al 0,8 %.

[0051] La Figura 4 es una micrografía que muestra la chapa de acero laminada en frío y tratada térmicamente según la presente invención, la chapa pertenece a la Muestra de Acero 2, donde la chapa de acero laminada en frío y tratada térmicamente tiene una capa de los óxidos internos de menos de 3 micrómetros que es según la presente invención.

[0052] La chapa laminada en frío y tratada térmicamente se puede revestir opcionalmente mediante electrodeposición o revestimiento al vacío o mediante cualquier otro procedimiento adecuado.

[0053] Un recocido posterior al lote, preferentemente realizado de 170 a 210 ° C durante 12 h a 30 h se puede realizar opcionalmente después del recocido sobre el producto no revestido o después del revestimiento sobre el producto revestido con el fin de reducir el gradiente de dureza entre las fases y garantizar la desgasificación de los productos revestidos.

EJEMPLOS

[0054] Las siguientes pruebas y ejemplos presentados en esta solicitud no tienen carácter restrictivo y deben considerarse únicamente con fines ilustrativos, y mostrarán las características ventajosas de la presente invención y expondrán la importancia de los parámetros elegidos por los inventores después de extensos experimentos, además de establecer las propiedades que puede lograr el acero de acuerdo con la invención.

[0055] Se prepararon muestras de las chapas de acero según la invención y para algunos grados comparativos con las composiciones recogidas en la tabla 1 y los parámetros de procesamiento recogidos en la tabla 2. Las microestructuras correspondientes de esas chapas de acero se recogieron en la tabla 3 y las propiedades en la tabla 4.

[0056] La Tabla 1 representa los aceros con las composiciones expresadas en porcentajes en peso.

Tabla 1: composición de los ensayos

Calidad de acero	C	Mn	Si	Al	Cr	P	S	N	Nb	Ti	V	Ca
1	0,212	2,09	1,512	0,042	0,352	0,011	0,002	0,007	0,001	0,005	-	-
2	0,213	2,08	1,490	0,034	0,357	0,01	0,001	0,004	0,002	0,005	0,002	0,001
3	0,211	2,11	1,473	0,042	0,368	0,012	0,003	0,004	0,001	0,004	0,002	-

(continuación)

Calidad de acero	C	Mn	Si	Al	Cr	P	S	N	Nb	Ti	V	Ca
4	0,197	2,215	1,472	0,043	0,200	0,0126	0,0004	0,005	0,002	0,01	0,004	-
5	0,212	2,09	1,514	0,042	0,352	0,011	0,002	0,007	0,001	0,005	0,002	-
6	0,212	2,09	1,492	0,042	0,355	0,011	0,002	0,007	0,001	0,004	0,002	-
7	0,211	2,08	1,480	0,041	0,351	0,011	0,002	0,007	0,001	0,004	0,002	-
8	0,212	2,094	1,490	0,042	0,354	0,01	0,002	0,007	0,001	0,004	0,002	-
9	0,202	2,211	1,503	0,056	0,198	0,013	0,0022	0,0038	0,0007	0,006	0,0007	-
10	0,212	2,092	1,535	0,042	0,352	0,011	0,002	0,007	0,008	0,004	0,002	-

[0057] La Tabla 2 recoge los parámetros del procedimiento de recocido implementados en los aceros de la Tabla 1.

5

[0058] La Tabla 1 también muestra las temperaturas de transformación de bainita Bs y de transformación de martensita Ms del acero de la invención y del acero de referencia. El cálculo de Bs y Ms se realiza utilizando la fórmula de Van Bohemen publicada en Materials Science and Technology (2012) vol. 28, n.º 4, págs. 487-495, que es la siguiente:

10

$$Bs = 839 - (86 * [Mn] + 23 * [Si] + 67 * [Cr] + 33 * [Ni] + 75 * [Mo]) - 270 * (1 - \exp(-1,33 * [C]))$$

$$Ms = 565 - (31 * [Mn] + 13 * [Si] + 10 * [Cr] + 18 * [Ni] + 12 * [Mo]) - 600 * (1 - \exp(-0,96 * [C]))$$

[0059] Además, antes de realizar el tratamiento de recocido en los aceros de la invención, así como de referencia, las muestras se calentaron a una temperatura entre 1000 °C y 1280 °C y luego se sometieron a laminación en caliente con una temperatura de acabado superior a 850 °C.

15

Tabla 2: parámetros de procedimiento de los ensayos

HBA				Recocido				Ciclo de mantenimiento								
Ensayos	Calidad de acero	Enfriamiento T (°C)	Decapado	T (°C)	t(h)	Decapado	CR	Tasa de calentamiento (°C/s)	Homogeneización T (°C)	Homogeneización t (s)	T detención (°C)	Tasa de enfriamiento (°C/s)	T (°C)	t (s)	BS (°C)	Ms (°C)
11	1	450	Sí	620	12 h	Sí	0,52	2,5	868	155	358	39	411	366	535	367
12	2	450	Sí	650	12 h	Sí	0,50	2,6	851	155	360	39	405	366	535	367
13	3	450	Sí	680	12 h	No	0,46	2,3	866	155	351	31	406	366	533	367
14	4	450	Sí	620	14 h	Sí	0,57	19	825	222	405	15	405	470	539	372
15	5	450	No	450	24 h	Sí	0,64	2,5	871	155	362	39	416	366	535	367
R1	6	550	Sí	680	12 h	Sí	0,56	2,6	867	155	363	39	409	366	535	367
R2	7	551	No	680	12 h	Sí	0,56	2,6	867	155	362	39	409	366	536	368
R3	8	450	No	600	12 h	Sí	0,55	2,5	866	155	357	34	404	366	535	367
R4	9	550	No	550	12 h	Sí	0,56	19	830	222	405	15	405	470	537	369
R5	10	450	No	560	12 h	Sí	0,56	2,5	872	155	361	39	402	366	534	366

l = según la invención; R = referencia; valores subrayados: no según la invención.

valores subrayados: no según la invención.

HBA: recocido de banda caliente de chapa de acero

[0060] La Tabla 3 recopila los resultados de las pruebas realizadas de acuerdo con las normas en diferentes microscopios tales como microscopio electrónico de barrido para determinar la composición microestructural tanto del acero de la invención como de los ensayos de referencia.

5

Tabla 3: microestructuras de los ensayos

Ensayos	Bainita	Martensita revenida	austenita residual	% de C en austenita	Ferrita
11	75	12	13	1,10	0
12	77	11	12	1,12	0
13	76	12	12	1,12	0
14	64	3	11	1,10	22
15	74	15	11	1,11	0
R1	77	12	11	1,11	0
R2	76	12	12	1,12	0
R3	74	14	12	1,1	0
R4	61	5	12	1,11	22
R5	74	15	11	1,10	0

[0061] La Tabla 4 recopila las propiedades mecánicas y superficiales tanto del acero de la invención como del acero de referencia. La resistencia a la tracción y el límite elástico se llevan a cabo de acuerdo con las normas JIS Z2241.

10

Tabla 4: propiedades mecánicas y superficiales de los ensayos

Ensayos	Resistencia a la tracción (MPa)	Límite elástico (MPa)	Cobertura de fosfatación (%)	Oxidación interna en la chapa de acero laminada en frío (μm)	Oxidación interna en la chapa de acero laminada en frío y tratada térmicamente (μm)
I1	1242	959	100	0	1,9
12	1227	976	100	0	1,9
13	1183	857	100	0	1,8
14	1094	726	100	0	2,6
15	1275	980	100	0	2,2
R1	1212	858	<u>95</u>	<u>14</u>	<u>4,5</u>
R2	1216	896	<u>90</u>	<u>21,2</u>	<u>8,5</u>
R3	1241	924	<u>94</u>	<u>15,1</u>	<u>6,8</u>
R4	1121	748	<u>93</u>	<u>13</u>	<u>6,5</u>
R5	1269	1002	<u>94</u>	<u>12</u>	<u>7,1</u>

I = según la invención; R = referencia; valores subrayados: no según la invención

[0062] Los ejemplos muestran que las chapas de acero según la invención, son las únicas que muestran todas las propiedades deseadas gracias a su composición y microestructuras específicas.

15

REIVINDICACIONES

1. Una chapa de acero laminada en frío y tratada térmicamente, comprendiendo el acero, en porcentaje en peso,

$0,18 \% \leq \text{carbono} \leq 0,24 \%$,

$1,5 \% \leq \text{manganeso} \leq 2,5 \%$,

$1,2 \% \leq \text{silicio} \leq 2 \%$,

$0,01 \% \leq \text{aluminio} \leq 0,06 \%$,

$0,2 \% \leq \text{cromo} \leq 0,5 \%$,

$\text{fósforo} \leq 0,02 \%$,

$\text{azufre} \leq 0,03 \%$,

5

y opcionalmente uno o más de los siguientes elementos

$0 \leq \text{niobio} \leq 0,06 \%$,

$0 \leq \text{titanio} \leq 0,08 \%$,

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

$0 \leq \text{calcio} \leq 0,005 \%$

$0 \leq \text{cerio} \leq 0,01\%$,

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

$0 \leq \text{boro} \leq 0,01 \%$

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

10 y el resto consistiendo en hierro e impurezas inevitables, teniendo la chapa de acero una microestructura que comprende de 0 % a 15 % de martensita revenida, de 10 % a 15 % de austenita residual y opcionalmente hasta 30 % de ferrita en fracciones de área, estando el resto hecho de bainita, siendo el contenido de bainita de al menos 55 % y teniendo una capa de óxidos internos de 3 micrómetros o menos en ambas superficies de dicha chapa de acero.

2. La chapa de acero laminada en frío y tratada térmicamente según la reivindicación 1, donde la composición incluye del 2,0 % al 2,3 % de manganeso.
3. La chapa de acero laminada en frío y tratada térmicamente según la reivindicación 1 o 2, donde la composición incluye un máximo de 0,013 % de fósforo.
4. La chapa de acero laminada en frío y tratada térmicamente según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, donde la microestructura contiene más de un 60 % de bainita.
- 10 5. La chapa de acero laminada en frío y tratada térmicamente según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, donde la austenita residual tiene una concentración de carbono de entre el 0,9 y el 1,15 %.
6. La chapa de acero laminada en frío y tratada térmicamente según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que presenta una resistencia a la tracción superior o igual a 1000 MPa, donde la resistencia a la tracción se mide según la norma JIS Z 2241, y una cobertura de fosfatación del 96 % o más.
- 15 7. La chapa de acero laminada en frío y tratada térmicamente según la reivindicación 1 a 6, que presenta una resistencia a la tracción superior o igual a 1050 MPa, donde la resistencia a la tracción se mide según la norma JIS Z 2241, y una cobertura de fosfatación del 98 % o más.
- 20 8. La chapa de acero laminada en frío y tratada térmicamente según la reivindicación 1 a 7, que tiene un espesor de capa de óxidos internos de hasta 2 micrómetros o menos en ambas superficies.
9. La chapa de acero laminada en frío y tratada térmicamente según la reivindicación 8, que tiene un espesor de capa de óxidos internos de hasta 1 micrómetro o menos en ambas superficies
- 25 10. Un procedimiento de fabricación de una chapa de acero laminada en frío y tratada térmicamente que comprende las siguientes etapas sucesivas:
 - 30 proporcionar una composición de acero según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 para obtener un producto semiacabado,
 - recalentar dicho producto semiacabado a una temperatura entre 1000 °C y 1280 °C;
 - laminar el dicho producto semiacabado por completo en el intervalo austenítico donde la temperatura de acabado de laminación en caliente es superior o igual a 850 °C para obtener una chapa de acero laminada en caliente;
 - 35 - enfriar la chapa a una velocidad de enfriamiento por encima de 30 °C/s hasta una temperatura por debajo o igual a 500 °C; y bobinar la dicha chapa laminada en caliente y mantener la temperatura de la chapa bobinada por debajo de 570 °C;
 - enfriar la dicha chapa laminada en caliente;
 - 40 - realizar un procedimiento de eliminación de cascarillas en dicha chapa de acero laminada en caliente;
 - someter la chapa de acero laminada en caliente a un recocido a una temperatura entre 500 y 750 °C durante 1 h a 96 h;
 - realizar un procedimiento opcional de eliminación de cascarillas en dicha chapa de acero laminada en caliente;
 - laminar en frío la dicha chapa de acero laminada en caliente con una velocidad de reducción entre 35 y 90 % para obtener una chapa de acero laminada en frío;
 - 45 - a continuación, recocer continuamente la dicha lámina de acero laminada en frío a una velocidad entre 1 y 20 °C/s a una temperatura de homogeneización entre Ac1 y Ac3+ 50°C durante al menos 100 s, siendo la temperatura y el tiempo seleccionados para obtener un porcentaje mínimo de 70 % de austenita;
 - a continuación enfriar la chapa a una velocidad superior a 10 °C/s hasta una temperatura entre Ms-20 °C y Ms+40 °C, donde Ms es la temperatura Ms de la austenita inicial antes del enfriamiento y a continuación
 - 50 - mantener la chapa de acero laminada en frío entre 350 °C y 450 °C durante un tiempo de 200 a 1000 s; a continuación
 - enfriar la chapa hasta la temperatura ambiente a una velocidad de enfriamiento no superior a 200°C/s.
- 55 11. Un procedimiento de fabricación de una chapa de acero laminada en frío y tratada térmicamente que comprende las siguientes etapas sucesivas:
 - proporcionar una composición de acero según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 para obtener un producto semiacabado,
 - 60 - recalentar dicho producto semiacabado a una temperatura entre 1000 °C y 1280 °C;
 - laminar el dicho producto semiacabado por completo en el intervalo austenítico donde la temperatura de acabado de laminación en caliente es superior o igual a 850°C para obtener una chapa de acero laminada en caliente;
 - enfriar la chapa a una velocidad de enfriamiento por encima de 30 °C/s hasta una temperatura de enfriamiento por debajo o igual a 500 °C; y bobinar la dicha chapa laminada en caliente y mantener la temperatura de la chapa bobinada por debajo de 570 °C;
 - 65

- enfriar la dicha chapa laminada en caliente;
 - someter la chapa de acero laminada en caliente a un recocido a una temperatura entre 350 °C y 500 °C durante 1 h a 96 h;
 - realizar al menos un procedimiento de eliminación de cascarillas en la chapa de acero laminada en caliente antes o después de su recocido;
 - laminar en frío la dicha chapa de acero laminada en caliente con una velocidad de reducción entre 35 y 90 % para obtener una chapa de acero laminada en frío;
 - a continuación, recocer continuamente la dicha lámina de acero laminada en frío a una velocidad entre 1 y 20 °C/s a una temperatura de homogeneización entre Ac1 y Ac3+ 50°C durante al menos 100 s, siendo la temperatura y el tiempo seleccionados para obtener un porcentaje mínimo de 70 % de austenita;
 - a continuación enfriar la chapa a una velocidad superior a 10 °C/s hasta una temperatura entre Ms-20 °C y Ms+40 °C, donde Ms es la temperatura Ms de la austenita inicial antes del enfriamiento y a continuación
 - mantener la chapa de acero laminada en frío entre 350 y 450 °C durante un tiempo de 200 a 1000 s; a continuación
 - enfriar la chapa hasta la temperatura ambiente a una velocidad de enfriamiento no superior a 200°C/s.
12. Un procedimiento según la reivindicación 10 u 11, donde la temperatura de enfriamiento de la chapa de acero laminada en caliente está establecida entre 150 °C y 500 °C.
13. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, donde la chapa de acero laminada en frío se recuece continuamente entre 800 °C y 900 °C entre 100 s y 1000 s.
14. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, donde la chapa de acero laminada en frío está recubierta además con zinc o una aleación a base de zinc.
15. Uso de una chapa de acero según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9 para piezas estructurales o de seguridad de un vehículo.
16. Vehículo que comprende una pieza obtenida según la reivindicación 15.

Figura 1

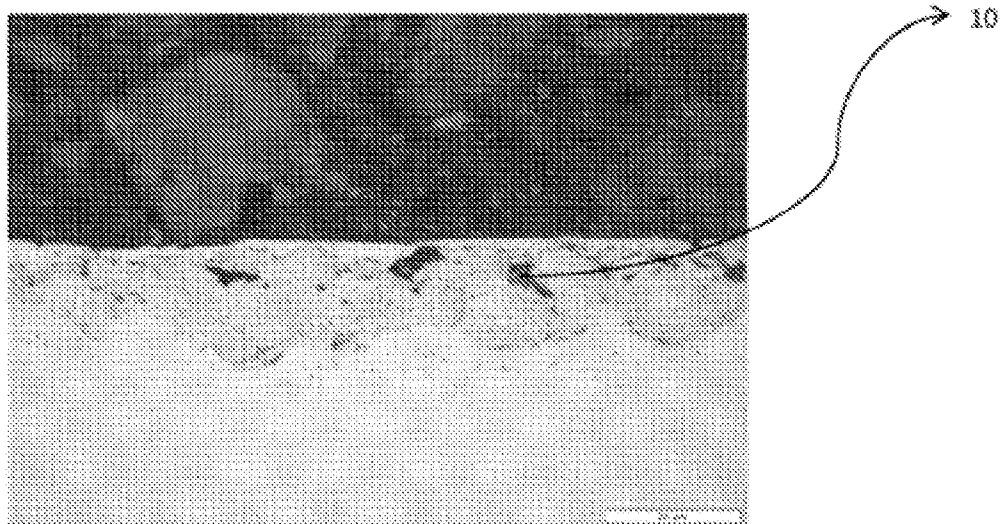


Figura 2

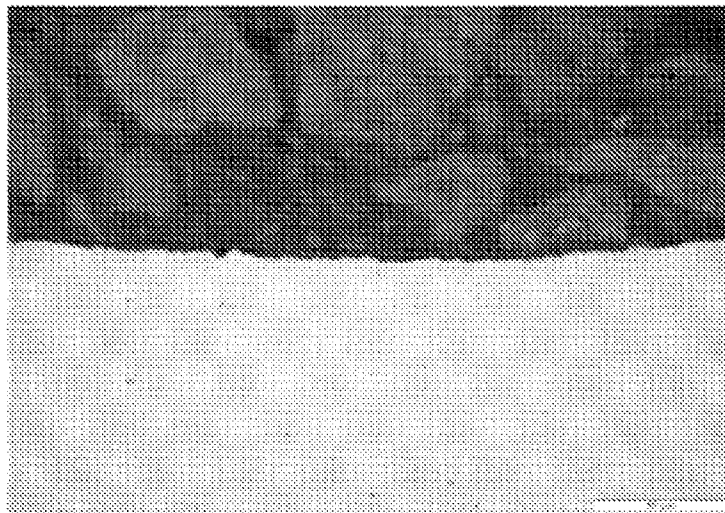


Figura 3

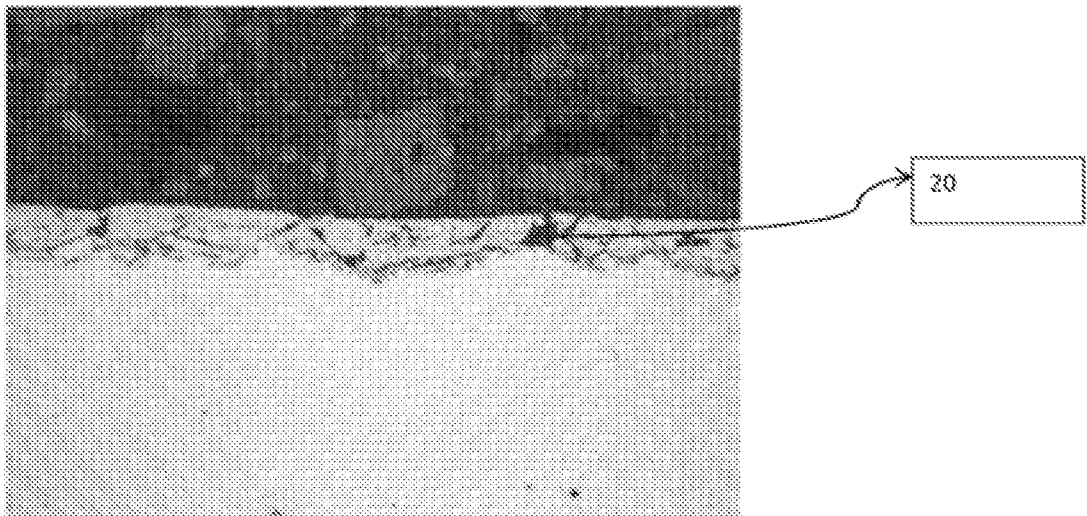


Figura 4



Figura 5

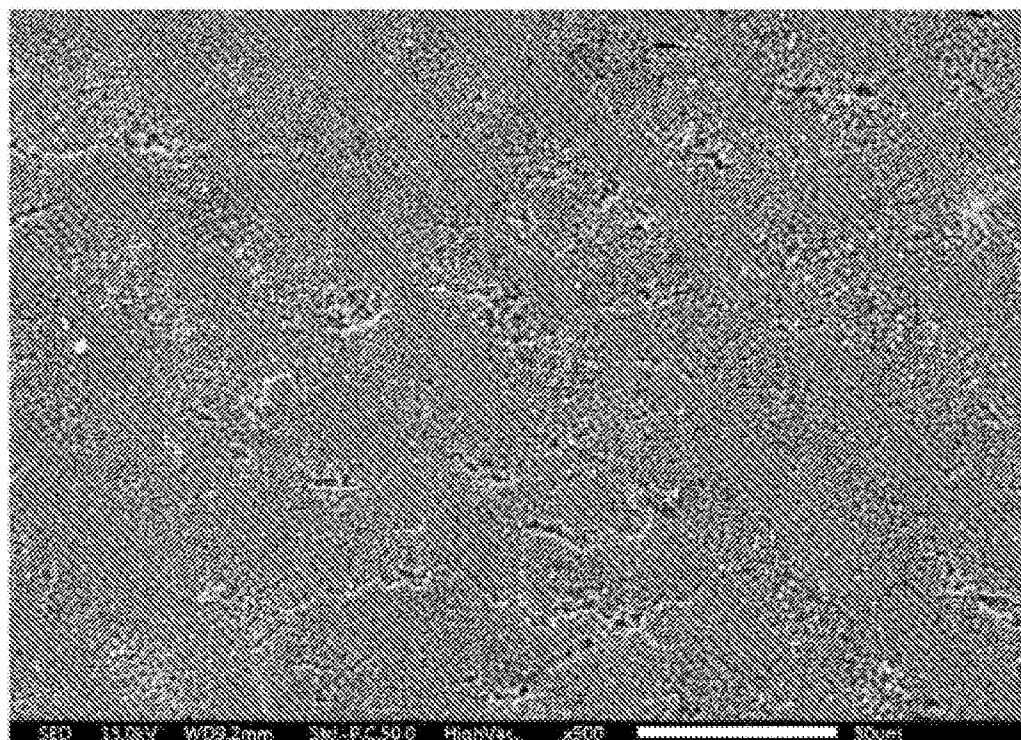


Figura 6

