



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 367 713**

51 Int. Cl.:
C22C 38/02 (2006.01)
C21D 8/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07114399 .4**
96 Fecha de presentación : **15.08.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **2031081**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **04.03.2009**

54 Título: **Acero de fase dual, producto plano de un acero de fase dual tal y procedimiento para la fabricación de un producto plano.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
07.11.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
07.11.2011

73 Titular/es: **ThyssenKrupp Steel Europe AG.**
Kaiser-Wilhelm-Strasse 100
47166 Duisburg, DE

72 Inventor/es: **Bocharova, Ekaterina;**
Hammer, Brigitte;
Heller, Thomas;
Mattissen, Dorothea;
Stich, Günter y
Strauss, Silke

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 367 713 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

Acero de doble fase, producto plano de un acero de doble fase tal y procedimiento para la fabricación de un producto plano

- 5 La invención se refiere a un acero de doble fase cuya estructura está constituida esencialmente por martensita y ferrita o bainita, pudiendo estar presentes proporciones de austenita residual y presentando el acero de doble fase una resistencia a la tracción de más de 950 MPa. La invención se refiere igualmente a un producto plano fabricado a partir de un acero de doble fase tal, así como a un procedimiento para la fabricación de un producto plano. A este respecto, en el término genérico "producto plano" están normalmente incluidas bandas y chapas de acero del tipo según la invención.
- 10 Precisamente en el sector de la construcción de carrocerías para vehículos existe el requisito de aceros que, por una parte, posean una alta resistencia con bajo peso; sin embargo, por otra parte, también una buena deformabilidad. Se conoce un gran número de experimentos para generar aceros que reúnan en sí mismos estas propiedades en sí contradictorias.
- 15 Así, por ejemplo, por el documento EP 1 637 618 A1 se conoce un acero que no sólo será muy embutible a profundidad, sino que también poseerá altas resistencias a la tracción, un producto plano fabricado a partir del mismo y un procedimiento para su fabricación. El acero conocido contiene, además de hierro y las impurezas inevitables (en % en peso), 0,05 - 0,3% de C, hasta el 1,5% de Si, 0,01 - 3,0% de Mn, hasta el 0,02% de P, 0,02% de S, hasta el 0,01% de N y 0,01 - 3,0% de Al. El acero conocido presentará un contenido de austenita residual de como máximo el 7% y en una distribución determinada en detalle en este documento presentará precipitaciones de Mg con un diámetro de partícula de 0,01 - 5,0 μm . El acero compuesto y proporcionado de este tipo será especialmente muy deformable y mostrará una baja tendencia a la fracturación. Por tanto, en este estado de la técnica tiene una importancia decisiva la presencia de Mg en la aleación que, según las explicaciones contenidas en el documento EP 1 637 618 A1, previene esencialmente la tendencia a la fracturación ("fractura retardada" de "Delayed fracture") que se produce en otros aceros conocidos de composición comparable.
- 20
- 25 Opcionalmente, el acero conocido por el documento EP 1 637 618 A1 también puede contener para el aumento adicional de su resistencia, además de otros elementos de aleación opcionalmente añadidos, contenidos de Cr y Mo de respectivamente 0,005 - 5% en peso, así como 0,0051 - 2% en peso de Cu, reduciendo los contenidos de Cu adicionalmente el riesgo de fracturación.
- 30 Por el documento EP 1 200 635 A1 se conoce otra posibilidad de generación de productos planos constituidos por aceros de doble fase de mayor resistencia que, incluso después de la ejecución de un proceso de recocido con inclusión de un tratamiento de envejecimiento, todavía poseen buenas propiedades mecánico-tecnológicas. En el caso del procedimiento conocido por este documento se genera una banda o chapa de acero que presenta una estructura principalmente ferrítica-martensítica en la que la proporción de martensita asciende a entre el 4 y el 20%, conteniendo la banda o chapa de acero, además de Fe e impurezas relacionadas con la fusión (en % en peso), 0,05 - 0,2% de C, hasta el 1,0% de Si, hasta el 2,0% de Mn, hasta el 0,1% de P, hasta el 0,015% de S, 0,02 - 0,4% de Al, hasta el 0,005% de N, 0,25 - 1,0% de Cr, 0,002 - 0,01% de B. A este respecto, la proporción de martensita del acero en cuestión asciende preferiblemente a aproximadamente el 5% al 20% de la estructura principalmente martensítica-ferrítica. Un producto plano generado de tal modo presenta resistencias de al menos 500 N/mm^2 con al mismo tiempo buena capacidad de deformación, sin que para esto sean necesarios contenidos especialmente altos de determinados elementos de aleación.
- 35
- 40 Para aumentar la resistencia, en el acero descrito en el documento EP 1 200 635 A1 se recurre al efecto del elemento boro que influye sobre la transformación. Su acción de aumento de la resistencia se garantiza en el acero conocido añadiendo al menos un formador de nitruro alternativo, preferiblemente Al y complementariamente Ti al material de acero. La acción de la adición de titanio y aluminio consiste en que se unen al nitrógeno contenido en el
- 45 acero de manera que el boro está a disposición para la formación de carburos que aumentan la dureza. Respaldado por el contenido de Cr necesariamente presente, de esta manera se alcanza un nivel de resistencia mayor que en aceros comparables. Sin embargo, el máximo de la resistencia de los aceros especificados a modo de ejemplo en el documento EP 1 200 635 A1 se encuentra respectivamente por debajo de 900 MPa.
- 50 El documento JP-A- 2000282 175 da a conocer un acero cuya estructura está constituida por 60-90% en volumen de bainitas y el resto ferrita, martensita y austenita residual para la construcción de carrocerías.
- En vista del estado de la técnica anteriormente descrito, el objetivo de la invención se basó en desarrollar un acero y un producto plano fabricado a partir del mismo que presentara una resistencia de al menos 950 MPa y una buena deformabilidad. Además, el acero poseerá una calidad superficial que con la aplicación de un sencillo procedimiento de fabricación permitirá deformar un producto plano generado a partir de este acero en estado sin recubrir o

provisto de un revestimiento protector de la corrosión dando una pieza moldeada compleja como una parte de una carrocería para automóviles. Además, también se especificará un procedimiento que permita de manera sencilla fabricar productos planos proporcionados del modo anteriormente mencionado.

5 Con respecto al material, este objetivo según la invención se ha alcanzado mediante el acero de doble fase especificado en la reivindicación 1. Configuraciones ventajosas de este acero se mencionan en las reivindicaciones que se refieren a la reivindicación 1.

Un producto plano que alcanza el objetivo previamente mencionado se caracteriza correspondientemente a la reivindicación 21 según la invención porque está constituido por un acero compuesto y proporcionado según la invención.

10 Con respecto al procedimiento de fabricación, el objetivo anteriormente mencionado se alcanza finalmente según la invención mediante los modos de fabricación especificados en las reivindicaciones 27 y 28, refiriéndose el procedimiento especificado en la reivindicación 27 a la fabricación según la invención de una banda en caliente y el modo de proceder especificado en la reivindicación 28 a la fabricación según la invención de una banda en frío. En las reivindicaciones que hacen referencia a las reivindicaciones 27 y 28 están contenidas variantes respectivamente
15 ventajosas de los procedimientos según la invención. Adicionalmente, a continuación se explican configuraciones especialmente ventajosas para la aplicación práctica de los procedimientos según la invención y de sus variantes especificadas en las reivindicaciones.

20 Un acero según la invención destaca por altas resistencias de al menos 950, especialmente 980 MPa, no alcanzando regularmente resistencias de 1000 MPa y más. Al mismo tiempo, el acero según la invención posee un límite elástico de al menos 580 MPa, especialmente de al menos 600 MPa, y presenta un alargamiento A_{80} de al menos el 10%.

Debido a la combinación de alta resistencia y buena deformabilidad, el acero según la invención es especialmente adecuado para la fabricación de piezas complejamente moldeadas, altamente cargadas en la utilización práctica, como se necesitan, por ejemplo, en el sector de la construcción de carrocerías para automóviles.

25 La ventajosa combinación de propiedades de un acero según la invención se consigue, entre otras cosas, poseyendo, a pesar de sus altas resistencias, una estructura de doble fase. Así, la aleación de un acero según la invención está compuesta de forma que posea una proporción de martensita de al menos el 20% a como máximo el 70%. Al mismo tiempo pueden ser ventajosas proporciones de austenita residual de hasta el 8%, prefiriéndose generalmente proporciones de austenita residual inferiores de como máximo el 7% o inferiores. El resto de la
30 estructura de un acero de doble fase según la invención está constituido respectivamente por ferrita y/o bainita (ferrita bainítica + carburos).

35 Las altas resistencias, buenas propiedades de alargamiento y calidades superficiales optimizadas se han conseguido mediante el ajuste de la estructura de doble fase según la invención. Esto ha sido posible por una estrecha selección de contenidos individuales de los elementos de aleación que están presentes en un acero según la invención, además de hierro e impurezas inevitables.

40 Por tanto, la invención prevé un contenido de C del 0,050 - 0,105% en peso. A este respecto, los contenidos de C previstos según la invención se han elegido en cuanto a una soldabilidad lo más buena posible del acero. La acción ventajosa del carbono en un acero según la invención puede servir de forma especialmente segura cuando el contenido de C de un acero según la invención ascienda al 0,060 - 0,090% en peso, especialmente al 0,070 - 0,080% en peso.

45 El Si sirve en un acero según la invención para aumentar la resistencia mediante endurecimiento de la ferrita o bainita. Para poder aprovechar este efecto se prevé un contenido mínimo de Si del 0,10% en peso, produciéndose entonces la acción del Si de forma especialmente segura cuando el contenido de Si de un acero según la invención asciende a al menos el 0,2% en peso, especialmente a al menos 0,25% en peso. El riesgo de la oxidación del límite del grano también se minimiza manteniendo este límite superior. Considerando que un producto plano generado a partir de un acero según la invención poseerá una calidad superficial óptima para el posterior procesamiento y recubrimientos dado el caso aplicados, el límite superior del contenido de Si se ha fijado al mismo tiempo al 0,6% en peso. A este respecto, una influencia desfavorable del Si sobre las propiedades del acero según la invención puede evitarse aún con mayor seguridad limitando el contenido de Si del acero según la invención al 0,4% en peso,
50 especialmente al 0,35% en peso.

El contenido de Mn de un acero según la invención se encuentra en el intervalo del 2,10 - 2,80% en peso para aprovechar, por una parte, la acción de aumento de la resistencia y, por otra parte, la influencia positiva del Mn sobre la formación de martensita. En el caso de la fabricación según la invención de la banda en frío, el Mn

repercute además positivamente en cuanto a la reducción de la velocidad de enfriamiento crítica después del recocido, ya que impide la formación de perlita. A este respecto, los efectos positivos de la presencia del Mn en un acero según la invención pueden aprovecharse de forma especialmente segura cuando el contenido de Mn ascienda a al menos el 2,20% en peso, especialmente a al menos el 2,45% en peso. Las influencias negativas del Mn sobre un acero según la invención como, por ejemplo, una reducción del alargamiento, empeoramiento de la aptitud para ser soldado o peor aptitud para la galvanización en caliente pueden excluirse con elevada seguridad limitando el contenido de Mn al 2,70% en peso, especialmente al 2,60% en peso.

El Cr también actúa aumentando la resistencia en un acero de doble fase según la invención en contenidos del 0,2 - 0,8% en peso. Con respecto a la velocidad de enfriamiento crítica después del recocido de una banda en frío fabricada a partir del acero según la invención, la acción del Cr es comparable a la acción del Mn. Los efectos ventajosos del Cr se producen especialmente cuando el contenido de Cr asciende a al menos el 0,3% en peso, especialmente a al menos 0,55% en peso. Sin embargo, el contenido de Cr de un acero según la invención se limita al mismo tiempo al 0,8% en peso para reducir el riesgo de aparición de oxidación del límite del grano y evitar una influencia negativa sobre la ductilidad del acero según la invención. Esto se garantiza especialmente cuando el límite superior del contenido de cromo de un acero según la invención se fija a como máximo el 0,7% en peso, especialmente al 0,65% en peso.

La presencia de titanio en contenidos de al menos el 0,02% en peso también contribuye al aumento de la resistencia de un acero según la invención formándose finas precipitaciones de TiC o Ti(C,N) y contribuyendo al afino de grano. Otra acción positiva del Ti consiste en la unión del nitrógeno eventualmente presente, de manera que se previene la formación de nitruros de boro en el acero según la invención. Éstos tendrían una fuerte influencia negativa sobre las propiedades de alargamiento y asociado a ellas sobre la maleabilidad de un producto plano según la invención. Por tanto, debido a la presencia de Ti, en el caso de una adición de boro para aumentar la resistencia también se garantiza que el boro pueda desarrollar completamente su acción. Para este fin puede ser favorable que el Ti se añada en una cantidad que ascienda a más de 5,1 veces el contenido de N respectivo (es decir, contenido de Ti > 1,5 (3,4 x contenido de N)). No obstante, contenidos de Ti demasiado altos conducen a temperaturas de recristalización desfavorablemente altas, lo que repercute negativamente especialmente cuando a partir del acero según la invención se generan productos planos laminados en frío que finalmente se recuecen. Por tanto, el límite superior del contenido de Ti se ha limitado al 0,10% en peso. La influencia positiva del de Ti sobre las propiedades de un acero según la invención puede aprovecharse de forma especialmente segura cuando su contenido de Ti ascienda al 0,060 - 0,090% en peso, especialmente al 0,070 - 0,085% en peso.

Mediante los contenidos de B de hasta el 0,002% en peso opcionalmente previstos según la invención también se eleva la resistencia del acero según la invención y, al igual que mediante la adición respectiva de Mn, Cr y Mo, la velocidad de enfriamiento crítica se reduce después del recocido en el caso de la fabricación de la banda en frío a partir de acero según la invención. Por este motivo, según una configuración especialmente preferida de la invención, el contenido de B asciende a al menos el 0,0005% en peso. Sin embargo, contenidos de B demasiado altos pueden reducir al mismo tiempo la deformabilidad del acero según la invención e influir negativamente en la característica de la estructura de doble fase deseada según la invención. Las acciones optimizadas del boro pueden aprovecharse en un acero según la invención limitando el contenido de B al 0,0007 - 0,0016% en peso, especialmente al 0,0008 - 0,0013% en peso.

Al igual que el boro o el Cr en los intervalos de contenidos previamente mencionados, los contenidos de molibdeno de al menos el 0,05% en peso opcionalmente presentes según la invención también contribuyen a elevar la resistencia de un acero según la invención. A este respecto, la presencia de Mo según muestra la experiencia no repercute negativamente en la capacidad de recubrimiento del producto plano con un recubrimiento metálico y su ductilidad. Ensayos prácticos han mostrado que las influencias positivas del Mo hasta contenidos del 0,25% en peso, especialmente del 0,22% en peso, también pueden aprovecharse de forma especialmente efectiva teniendo en cuenta los costes. Así, contenidos de Mo de al menos el 0,05% en peso ya repercuten positivamente en las propiedades de un acero según la invención. En presencia de cantidades suficientes de otros elementos de aumento de la resistencia, la acción deseada del molibdeno en un acero según la invención se produce especialmente cuando su contenido de Mo ascienda al 0,065 - 0,18% en peso, especialmente al 0,08 - 0,13% en peso. Sin embargo, para asegurar la resistencia requerida del acero según la invención, especialmente cuando en el acero según la invención estén presentes contenidos de Cr de menos del 0,3% en peso, es ventajoso añadir 0,05 - 0,22% en peso de Mo.

El aluminio se utiliza en la fusión de un acero según la invención para la desoxidación y para la unión de nitrógeno dado el caso contenido en el acero. Para este fin, al acero según la invención puede añadirse dado el caso Al en contenidos de menos de < 0,1% en peso, produciéndose la acción deseada del Al con especial seguridad cuando sus contenidos se encuentren en el intervalo del 0,01 - 0,06% en peso, especialmente del 0,020 - 0,050% en peso.

El acero según la invención puede presentar cobre en contenidos de hasta el 0,20% en peso para un aumento adicional de su resistencia. A este respecto, un contenido de cobre repercute de forma especialmente favorablemente cuando se encuentra en el intervalo del 0,08 - 0,12% en peso.

5 Igualmente, al acero según la invención puede añadirse hasta el 0,1% en peso de níquel para mejorar adicionalmente la templeabilidad y correspondientemente la resistencia de un acero según la invención.

El Ca puede usarse al igual que el Al en la generación de acero para la desoxidación. Además, la presencia de Ca en contenidos de hasta el 0,005% en peso, especialmente del 0,002 - 0,004% en peso, también puede favorecer la aparición de una estructura de grano fino.

10 El nitrógeno está autorizado en el acero según la invención sólo en contenidos de hasta el 0,012% en peso para evitar especialmente la formación de nitruros de boro con presencia simultánea de B. Para prevenir de forma segura que el titanio respectivamente presente se una completamente al N y ya no pueda ser activo como elemento de microaleación, el contenido de N se limita preferiblemente al 0,007% en peso.

15 Contenido de P bajos que se encuentran por debajo del límite superior previsto según la invención contribuyen a la buena soldabilidad del acero según la invención. Por tanto, el contenido de P según la invención se limita preferiblemente a < 0,1, especialmente a < 0,02% en peso, consiguiéndose resultados especialmente buenos con contenidos de menos del 0,010% en peso.

20 La formación de MnS o (Mn,Fe)S se suprime a contenidos de azufre que se encuentran por debajo del límite superior prefijado según la invención, de manera que se garantiza una buena ductilidad del acero según la invención o de los productos planos fabricados a partir del mismo. Esto es especialmente el caso en el que el contenido de S se encuentre por debajo del 0,003% en peso.

25 Para la fabricación según la invención de una banda en caliente con una resistencia a la tracción de al menos 950 MPa y una estructura de doble fase que está constituida por 20 - 70% de martensita, hasta el 8% por austenita residual y el resto por ferrita y/o bainita, un acero de doble fase compuesto según la invención se funde inicialmente, luego se cuele la masa fundida dando un producto semielaborado como desbastes planos o desbastes planos delgados, a continuación se vuelve a calentar o se mantiene el producto semielaborado a una temperatura inicial de laminado en caliente de 1100 - 1300°C, a continuación se lamina en caliente el producto semielaborado a una temperatura final de laminado en caliente de 800 - 950°C dando una banda en caliente y finalmente se bobina la banda en caliente a una temperatura de bobinado de hasta 650°C, especialmente 500 - 650°C.

30 Los productos planos constituidos en el modo según la invención por un acero de doble fase según la invención pueden introducirse inmediatamente al posterior procesamiento como banda en caliente obtenida después del laminado en caliente, es decir, sin realizarse a continuación el proceso de laminado en frío. A este respecto pudo comprobarse que la banda en caliente compuesta según la invención reaccionaba insensiblemente al cambio de la temperatura de bobinado y siempre pudieron alcanzarse resistencias que se encontraban en el intervalo de 1000 MPa, y resistencias al estiramiento de 750 a 890 MPa.

35 También se consiguen propiedades similares en bandas en caliente que se generan a partir de aceros de fase compleja. No obstante, éstos exigen un ajuste especialmente exacto de la temperatura de bobinado. Así, en la práctica, para bandas en caliente generadas a partir de acero de fase compleja es válida una desviación permitida máxima de la temperatura de bobinado de solo 30°C.

40 En bandas en caliente generadas según la invención no existen altos requisitos a la precisión del control del proceso. En lugar de esto, la temperatura de bobinado en la generación según la invención de la banda en caliente puede variarse a lo largo de un gran intervalo para influir específicamente en las propiedades y características estructurales respectivamente deseadas. Temperaturas de bobinado especialmente adecuadas para este fin se encuentran en el intervalo de 500 - 650°C, habiendo demostrado ser especialmente favorables temperaturas de bobinado de 530 - 580°C, ya que a temperaturas de más de 580°C aumenta el riesgo de oxidación del límite del grano con temperatura de bobinado creciente y a temperaturas de bobinado que se encuentran por debajo de 500°C la resistencia de la banda en caliente aumenta tan fuertemente que puede dificultarse una posterior deformación.

A partir de la banda en caliente proporcionada según la invención pueden moldearse piezas altamente cargables complejamente configuradas tanto en estado sin recubrir como también en estado recubierto.

50 Si la banda en caliente obtenida en el modo según la invención debe permanecer sin recubrir o recubrirse electrolíticamente con un revestimiento metálico como banda en caliente, entonces no se necesita ningún recocido del producto plano. Si, por el contrario, la banda en caliente debe recubrirse mediante galvanización en caliente con un revestimiento metálico, entonces se recuece inicialmente a una temperatura de recocido máxima de 600°C y

luego se enfría a la temperatura del baño de recubrimiento en cuyo caso puede tratarse, por ejemplo, de un baño de cinc. Después del recorrido del baño de cinc, la banda en caliente recubierta puede enfriarse de un modo convencional a temperatura ambiente.

5 Si se requieren productos planos con menor espesor, entonces a partir del acero compuesto también pueden generarse bandas en frío. En un procedimiento según la invención previsto para este fin para la fabricación de una banda en frío con una resistencia a la tracción de al menos 950 MPa y una estructura de doble fase que está
10 constituida por 20 - 70% de martensita, hasta el 8% por austenita residual y el resto por ferrita y/o bainita, un acero de doble fase compuesto según la invención se funde inicialmente, luego se cuela la masa fundida dando un producto semielaborado como desbastes planos o desbastes planos delgados, a continuación se vuelve a calentar o se mantiene el producto semielaborado a una temperatura inicial de laminado en caliente de 1100 - 1300°C, a continuación se lamina en caliente el producto semielaborado a una temperatura final de laminado en caliente de 800 - 950°C dando una banda en caliente, la banda en caliente obtenida se bobina a una temperatura de bobinado de hasta 650°C, especialmente 500 - 650°C, a continuación la banda en caliente se lamina en frío dando una banda en frío, a continuación la banda en frío se recuece a una temperatura de recocido que asciende a 700 - 900°C y finalmente la banda en frío se enfría de forma controlada.

La banda en frío así generada también puede proveerse de un revestimiento protector de la corrosión.

15 Temperaturas de bobinado en el intervalo de hasta 580°C han demostrado ser especialmente ventajosas en relación con la generación de la banda en frío ya que al superarse la temperatura de bobinado de 580°C aumenta el riesgo de oxidación del límite del grano. La resistencia y el límite elástico de la banda en caliente aumentan con
20 temperaturas de bobinado bajas, de manera que cada vez es más difícil poder laminar en frío la banda en caliente. Correspondientemente, la banda en caliente que va a laminarse en frío dando la banda en frío se bobina preferiblemente a al menos 500°C, especialmente a al menos 530°C o a al menos 550°C.

25 Si la banda en caliente se lamina en frío dando la banda en frío, entonces ha demostrado ser favorable que a este respecto se ajusten grados de laminado en frío que ascienden al 40 - 70%, especialmente al 50 - 60%. Grados de deformación demasiado bajos son desfavorables en cuanto al riesgo de formación de grano grueso en el posterior recocido. La banda en frío según la invención laminada en frío de esta forma presenta normalmente espesores de 0,8 - 2,5 mm.

30 Siempre y cuando el producto plano según la invención se provea de un revestimiento protector metálico, esto puede realizarse, por ejemplo, por galvanización en caliente, un tratamiento de galvanizado y recocido ("Galvannealing") o recubrimiento electrolítico. A este respecto, antes del recubrimiento puede realizarse en caso necesario una oxidación previa para garantizar una unión más segura del recubrimiento metálico al sustrato que respectivamente va a recubrirse.

35 Si la banda en frío generada según la invención debe permanecer sin recubrir o recubrirse electrolíticamente, entonces se realiza un tratamiento de recocido en un Conti-Glühe como etapa de trabajo separada. Las máximas temperaturas de recocido alcanzadas a este respecto se encuentran en el intervalo de 700 - 900°C a tasas de calentamiento de 1 - 50 K/s. A continuación, la banda en frío recocida se enfría para el ajuste específico de la combinación de propiedades deseadas según la invención preferiblemente de forma que en el intervalo de temperatura de 550 - 650°C se alcancen velocidades de enfriamiento de al menos 10 K/s para suprimir la formación de perlita. Después de alcanzarse la temperatura que se encuentra en este intervalo de temperatura crítico, la
40 banda puede mantenerse durante una duración de 10 - 100 s o enfriarse directamente con una tasa de enfriamiento de 0,5 - 30 K/s a temperatura ambiente.

45 Sin embargo, si la banda en frío debe recubrirse mediante galvanización en caliente, entonces pueden juntarse las etapas de trabajo del recocido y del recubrimiento. En este caso, la banda en frío recorre en sucesión continua distintas secciones del horno de una unidad de recubrimiento por galvanización en caliente, prevaleciendo en las secciones del horno individuales diferentes temperaturas que se encuentran como máximo en el intervalo de 700 - 900°C, eligiéndose tasas de calentamiento en el intervalo de 2 - 100 K/s. Después de alcanzarse la temperatura de recocido respectiva, la banda se mantiene luego durante 10 - 200 s a esta temperatura. A continuación, la banda se enfría a la temperatura del baño de recubrimiento respectivo que generalmente se encuentra por debajo de 500°C, en cuyo caso se trata normalmente de un baño de cinc, ascendiendo también en este caso la velocidad de enfriamiento a más de 10 K/s en el intervalo de temperatura de 550 - 650°C. Opcionalmente, la banda en frío puede mantenerse durante 10 - 100 s a la temperatura respectiva después de alcanzarse este nivel de temperatura. La banda en frío recocida pasa luego por el baño de recubrimiento respectivo en cuyo caso se trata preferiblemente de un baño de cinc. A continuación se realiza o bien un enfriamiento a temperatura ambiente para obtener una banda en frío convencionalmente galvanizada en caliente o bien un calentamiento rápido con posterior enfriamiento a
50 temperatura ambiente para fabricar una banda en frío galvanizada y recocida.
55

En caso necesario, la banda en frío en estado recubierto o sin recubrir puede someterse después del tratamiento de recocido a un laminado de acabado en el que se ajustan grados de acabado que se encuentran en el intervalo de hasta el 2%.

A continuación se explica más detalladamente la invención mediante ejemplos de realización.

5 Dieciséis masas fundidas de acero 1 – 16 cuyas composiciones se especifican en la Tabla 1 se fundieron del modo convencional y se colaron dando desbastes planos. Los desbastes planos se volvieron a calentar a continuación en un horno a 1200°C y a partir de esta temperatura se laminaron en caliente de forma convencional. A este respecto, la temperatura final de laminado ascendió a 900°C.

10 Para una primera serie de ensayos, las bandas en caliente así obtenidas se bobinaron a una temperatura de bobinado de 550°C ajustada con una precisión de +/- 30°C antes de laminarse en frío con un grado de laminado en frío del 50%, 65% o 70% dando la banda en frío con un espesor de 0,8 mm a 2 mm.

En la Tabla 2 se especifican el estado de la estructura, las propiedades mecánicas, así como los grados de laminado en frío y los espesores de banda respectivamente ajustados para las bandas en frío generadas en la primera serie de ensayos a partir de las masas fundidas 1 a 16.

15 En cuatro otras series de ensayos, las bandas en caliente generadas a partir de las masas fundidas 1 a 16 en el modo previamente descrito se bobinaron a una temperatura de bobinado que ascendía a menos de 100°C, a 500°C, a 600°C y a 650°C. Las propiedades determinadas para estas bandas en caliente están registradas en las Tablas 3 (temperatura de bobinado 20°C), 4 (temperatura de bobinado = 500°C), 5 (temperatura de bobinado = 580°C) y 6 (temperatura de bobinado = 650°C). Las bandas en caliente así obtenidas no se determinaron para el laminado en frío, sino que se introdujeron como bandas en caliente al posterior procesamiento dando piezas – dado el caso después de la aplicación de un recubrimiento protector metálico.

Tabla 1

Masa fundida	C	Si	Mn	Al	Mo	Ti	Cr	B	P	S	N
1	0,087	0,18	2,22	0,007	0,100	0,050	0,60	0,001	0,007	0,004	0,0045
2	0,069	0,28	2,62	0,04	0,092	0,080	0,58	0,0015	0,008	0,0015	0,0031
3	0,095	0,23	2,27	0,031	0,10	0,075	0,62	0,0012	0,013	0,002	0,0051
4	0,089	0,22	2,31	0,034	0,050	0,081	0,64	0,0017	0,012	0,0021	0,0036
5	0,091	0,31	2,52	0,034	0,150	0,052	0,42	0,0011	0,009	0,003	0,0046
6	0,060	0,26	2,15	0,041	0,250	0,051	0,25	0,001	0,012	0,0019	0,0052
7	0,102	0,15	2,26	0,038	0,050	0,090	0,80	0,0018	0,009	0,0021	0,0049
8	0,065	0,60	2,64	0,032	0,095	0,025	0,45	0,0012	0,014	0,0017	0,0039
9	0,063	0,16	2,10	0,035	0,240	0,063	0,71	0,0011	0,008	0,0021	0,0046
10	0,092	0,35	2,12	0,032	0,098	0,077	0,46	0,0017	0,013	0,003	0,0033
11	0,100	0,21	2,34	0,042	0,130	0,065	0,47	0,0018	0,014	0,0017	0,0032
12	0,072	0,50	2,65	0,031	0,160	0,089	0,32	0,0014	0,009	0,0021	0,005
13	0,076	0,34	2,39	0,037	0,200	0,057	0,54	0,0015	0,012	0,0015	0,0047
14	0,084	0,23	2,52	0,037	0,060	0,031	0,63	0,001	0,008	0,0033	0,0032
15	0,092	0,15	2,27	0,033	0,210	0,035	0,75	0,0013	0,014	0,0018	0,0041
16 *	0,083	0,05	2,20	0,032	0,170	0,070	0,80	0,0016	0,013	0,0018	0,0032

Datos en % en peso, el resto hierro e impurezas inevitables

* Fuera del objeto reivindicado

Tabla 2

Masa fundida	R _{p0,2}	R _m	A ₈₀	Estructura			Grado de laminado en frío	Espesor
	[MPa]		[%]	Matriz	Martensita	Austenita residual		
1	601	980	14,8	Ferrita/bainita	35 - 40	3	50	2
2	659	1038	15,9	Bainita/ferrita	40 - 50	2	50	2
3	621	1012	14,6	Bainita/ferrita	35 - 45	1	65	1,2
4	596	996	15,1	Ferrita/bainita	30 - 40	7	50	2
5	612	1021	13,8	Ferrita/bainita	45 - 55	2	70	0,8
6	635	1036	16,8	Bainita/ferrita	55 - 65	1,5	70	0,8
7	675	1079	13,7	Bainita	60 - 70	1	50	2
8	580	964	15,2	Ferrita/bainita	20 - 30	2	65	1,2
9	613	1030	15,6	Bainita/ferrita	45 - 55	3	70	0,8
10	665	1042	14,5	Bainita/ferrita	60 - 70	1	70	0,8
11	597	977	16,7	Ferrita/bainita	25 - 35	3	50	2
12	645	1063	14,7	Bainita	55 - 65	1	50	2
13	624	1003	16,3	Ferrita/bainita	30 - 40	5	65	1,2
14	627	998	14,2	Ferrita/bainita	30 - 40	2	65	1,2
15	589	985	15	Ferrita/bainita	30 - 40	3	50	2
16 *	616	1026	14,5	Bainita/ferrita	45 - 55	1	70	0,8

* Fuera del objeto reivindicado

Tabla 3

Masa fundida	A _{p0,2}	R _m	A ₈₀	Estructura	
	[MPa]	[MPa]	[%]	Matriz	Martensita
1	936	1013	9,3	Bainita	30 - 35
2	810	1011	10,1	Bainita	30
3	860	995	11,2	Bainita	25 - 30

ES 2 367 713 T3

Masa fundida	A _{p0,2} [MPa]	R _m [MPa]	A ₈₀ [%]	Estructura	
				Matriz	Martensita [%]
4	796	1037	10,9	Bainita	45
5	818	999	9,8	Bainita	30
6	838	996	10,2	Bainita	30
7	803	992	9,8	Bainita	25 - 30
8	846	1013	10,9	Bainita	30 - 40
9	923	1050	10,3	Bainita	35 - 40
10	890	1034	10,1	Bainita	35 - 40
11	820	1011	10,4	Bainita / ferrita bainítica	30
12	910	1025	9,8	Bainita / ferrita bainítica	30 - 35
13	879	1015	11,1	Bainita / ferrita bainítica	25 - 30
14	865	1026	9,7	Bainita	35
15	804	997	10,8	Bainita	20
16 *	906	1042	10,1	Bainita	40 - 45

* Fuera del objeto reivindicado

Tabla 4

Masa fundida	R _{p0,2} [MPa]	R _m [MPa]	A ₈₀ [%]	Estructura	
				Matriz	Martensita [%]
1	802	984	9,5	Bainita, proporciones de ferrita globular	20
2	810	1011	10,1	Bainita/ferrita bainítica, proporciones de ferrita globular	25-30
3	752	988	11,2	Bainita/ferrita bainítica, proporciones de ferrita globular	20-25
4	838	978	11,3	Bainita, proporciones de ferrita globular	2,0
5	810	1009	11,2	Bainita, proporciones de ferrita globular	20-25
6	760	967	11,6	Bainita, proporciones de ferrita globular	20
7	807	1007	10,1	Bainita/ferrita bainítica, proporciones de ferrita globular	20
8	814	983	9,1	Bainita, proporciones de ferrita globular	20-25
9	876	1037	11	Bainita, proporciones de ferrita globular	30
10	864	1023	9,8	Bainita/ferrita bainítica, proporciones de ferrita globular	30-35
11	789	998	10,6	Bainita/ferrita bainítica, proporciones de ferrita globular	20
12	832	1003	10,5	Bainita/ferrita bainítica, proporciones de ferrita globular	20-25

Masa fundida	R _{p0,2}	R _m	A ₈₀	Estructura	
	[MPa]	[MPa]	[%]	Matriz	Martensita
					[%]
13	851	1006	11,9	Bainita, proporciones de ferrita globular	20-25
14	824	997	9,8	Bainita/ferrita bainítica, proporciones de ferrita globular	20
15	798	986	11	Bainita/ferrita bainítica, proporciones de ferrita globular	20-25
16 *	854	1011	10,2	Bainita/ferrita bainítica, proporciones de ferrita globular	25-30
* Fuera del objeto reivindicado					

Tabla 5

Masa fundida	R _{p0,2}	R _m	A ₈₀	Estructura	
	[MPa]	[MPa]	[%]	Matriz	Martensita
					[%]
1	787	1000	11,1	Bainita/ferrita bainítica, proporciones de ferrita globular	25
2	821	1012	12,2	Bainita, proporciones de ferrita globular	30
3	795	998	9,3	Bainita/ferrita bainítica, proporciones de ferrita globular	20-25
4	787	1001	10,7	Bainita, proporciones de ferrita globular	25
5	822	1013	11,2	Bainita/ferrita bainítica, proporciones de ferrita globular	30
6	792	998	9,6	Bainita, proporciones de ferrita globular	20-25
7	862	1003	10,9	Bainita, proporciones de ferrita globular	20-25
8	826	991	10,2	Bainita, proporciones de ferrita globular	20-25
9	812	1003	12,4	Bainita/ferrita bainítica, proporciones de ferrita globular	30
10	898	1065	11	Bainita/ferrita bainítica, proporciones de ferrita globular	30-35
11	780	994	10,6	Bainita, proporciones de ferrita globular	20-25
12	866	987	10,4	Bainita, proporciones de ferrita globular	20-25
13	784	998	11,1	Bainita/ferrita bainítica, proporciones de ferrita globular	20
14	802	1002	11	Bainita/ferrita bainítica, proporciones de ferrita globular	20-25
15	826	991	10,2	Bainita, proporciones de ferrita globular	20-25
16 *	833	1008	11,4	Bainita, proporciones de ferrita globular	20-25
* Fuera del objeto reivindicado					

Tabla 6

Masa fundida	Rp _{0,2}	R _m	A ₈₀	Estructura	
	[MPa]	[MPa]	[%]	Matriz	Martensita
					[%]
1	833	1034	14,6	Bainita (ferrita bainítica, 4% de austenita residual, precipitaciones de carburo), proporciones de ferrita globular	25
2	760	1004	17,3	Bainita (ferrita bainítica, 4% de austenita residual, precipitaciones de carburo)	20
3	821	1014	10,7	Bainita (ferrita bainítica, 2% de austenita residual, precipitaciones de carburo), proporciones de ferrita globular	25
4	862	1016	10,4	Bainita (ferrita bainítica, < 1% de austenita residual, precipitaciones de carburo), proporciones de ferrita globular	20 - 25
5	829	996	16,7	Bainita (ferrita bainítica, 3% de austenita residual, precipitaciones de carburo), proporciones de ferrita globular	20
6	807	1014	15,9	Bainita (ferrita bainítica, 4,5% de austenita residual, precipitaciones de carburo), proporciones de ferrita globular	20
7	742	990	18,2	Bainita (ferrita bainítica, 2% de austenita residual, precipitaciones de carburo), proporciones de ferrita globular	20
8	867	1046	10,8	Bainita (ferrita bainítica, 1% de austenita residual, precipitaciones de carburo)	20 - 25
9	780	1003	16,3	Bainita (ferrita bainítica, 3,5% de austenita residual, precipitaciones de carburo)	20
10	887	1007	9,5	Bainita (ferrita bainítica < 1% de austenita residual, precipitaciones de carburo)	20
11	787	1024	15,8	Bainita (ferrita bainítica, 4% de austenita residual, precipitaciones de carburo)	20
12	822	985	16,3	Bainita (ferrita bainítica, 2% de austenita residual, precipitaciones de carburo), proporciones de ferrita globular	20
13	782	1001	10	Bainita (ferrita bainítica < 1% de austenita residual, precipitaciones de carburo), proporciones de ferrita globular	25
14	824	1029	13,9	Bainita (ferrita bainítica, 3,5% de austenita residual, precipitaciones de carburo)	20
15	848	1027	11,7	Bainita (ferrita bainítica, 2% de austenita residual, precipitaciones de carburo), proporciones de ferrita globular	20
16 *	779	1004	15,3	Bainita (ferrita bainítica, 4% de austenita residual, precipitaciones de carburo), proporciones de ferrita globular	20
* Fuera del objeto reivindicado					

REIVINDICACIONES

1.- Acero de doble fase cuya estructura está constituida por 20 - 70% de martensita, hasta el 8% por austenita residual y el resto por ferrita y/o bainita y que posee una resistencia a la tracción de al menos 950 MPa con la siguiente composición (en % en peso):

C:	0,050 - 0,105%,
Si:	0,10 - 0,60%,
Mn:	2,10 - 2,80%,
Cr:	0,20 - 0,80%,
Ti:	0,02 - 0,10%,
B:	< 0,0020%,
Mo:	< 0,25%,
Al:	< 0,10%,
Cu:	hasta el 0,20%,
Ni:	hasta el 0,10%,
Ca:	hasta el 0,005%,
P:	hasta el 0,2%,
S:	hasta el 0,01%,
N:	hasta el 0,012%

- 5 el resto hierro e impurezas inevitables.
- 2.- Acero de doble fase según la reivindicación 1, caracterizado porque su límite elástico asciende a al menos 580 MPa.
- 3.- Acero de doble fase según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque su alargamiento A_{80} asciende a al menos el 10%.
- 10 4.- Acero de doble fase según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque su contenido de P es < 0,1% en peso, especialmente < 0,020% en peso.
- 5.- Acero de doble fase según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque su contenido de C asciende al 0,06 - 0,09% en peso.
- 15 6.- Acero de doble fase según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque su contenido de Si asciende al 0,20 - 0,40% en peso.
- 7.- Acero de doble fase según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque su contenido de Mn asciende al 2,20 - 2,70% en peso.
- 8.- Acero de doble fase según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque su contenido de Cr asciende al 0,40 - 0,70% en peso.
- 20 9.- Acero de doble fase según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque su contenido de Ti asciende al 0,060 - 0,090% en peso.
- 10.- Acero de doble fase según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque en presencia de N el contenido de Ti asciende a más de 5,1 veces el contenido de N respectivo.
- 25 11.- Acero de doble fase según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque su contenido de B asciende al 0,0005 - 0,002% en peso.
- 12.- Acero de doble fase según la reivindicación 11, caracterizado porque su contenido de B asciende al 0,0007 -

0,0015% en peso.

13.- Acero de doble fase según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque su contenido de Mo asciende al 0,05 - 0,20% en peso.

14.- Acero de doble fase según la reivindicación 13, caracterizado porque su contenido de Cr es < 0,3% en peso.

5 15.- Acero de doble fase según la reivindicación 13 ó 14, caracterizado porque su contenido de Mo asciende al 0,065 - 0,150% en peso.

16.- Acero de doble fase según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque su contenido de Al asciende al 0,01 - 0,06% en peso.

10 17.- Acero de doble fase según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque su contenido de Cu asciende al 0,07 - 0,13% en peso.

18.- Acero de doble fase según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque su contenido de S es < 0,003% en peso.

19.- Acero de doble fase según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque su contenido de N es < 0,007% en peso.

15 20.- Acero de doble fase según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque su contenido de austenita residual asciende a menos del 7%.

21.- Producto plano constituido por un acero de doble fase proporcionado según una de las reivindicaciones 1 a 20.

22.- Producto plano según la reivindicación 21, caracterizado porque es una banda en caliente sólo laminada en caliente.

20 23.- Producto plano según la reivindicación 21, caracterizado porque es una banda en frío obtenida mediante laminado en frío.

24.- Producto plano según una de las reivindicaciones 21 a 23, caracterizado porque está provisto de un revestimiento protector metálico.

25 25.- Producto plano según la reivindicación 24, caracterizado porque el revestimiento protector metálico se ha generado mediante galvanización en caliente.

26.- Producto plano según la reivindicación 24, caracterizado porque el revestimiento protector metálico se ha generado mediante galvanizado y recocido ("Galvannealing").

30 27.- Procedimiento para fabricar una banda en caliente con una resistencia a la tracción de al menos 950 MPa y una estructura de doble fase que está constituida por 20 - 70% de martensita, hasta el 8% por austenita residual y el resto por ferrita y/o bainita, que comprende las siguientes etapas de trabajo:

- Fusión de un acero de doble fase compuesto según una de las reivindicaciones 1 a 20,

- Colada de la masa fundida dando un producto semielaborado como desbastes planos o desbastes planos delgados,

35 - Recalentamiento o mantenimiento del producto semielaborado a una temperatura inicial de laminado en caliente de 1100 - 1300°C,

- Laminado en caliente del producto semielaborado a una temperatura final de laminado en caliente de 800 - 950°C dando una banda en caliente,

- Bobinado de la banda en caliente a una temperatura de bobinado de hasta 650°C, especialmente 500 - 650°C.

40 28.- Procedimiento según la reivindicación 27, caracterizado porque a partir de la banda en caliente obtenida después del bobinado se genera una banda en frío recorriendo las siguientes etapas de trabajo adicionales:

- Laminado en frío de la banda en caliente dando una banda en frío,

- Recocido de la banda en frío a una temperatura de recocido que asciende a 700 - 900°C,

- Enfriamiento controlado de la banda en frío recocida.

29.- Procedimiento según la reivindicación 27 ó 28, caracterizado porque la temperatura de bobinado asciende a más de 500°C a 580°C.

5 30.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 27 - 29, caracterizado porque la banda en caliente se lamina en frío con un grado de laminado en frío del 40 - 70% dando la banda en frío.

31.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 27 - 30, caracterizado porque el enfriamiento controlado se realiza en el intervalo de temperatura de 550 - 650°C con una velocidad de enfriamiento que asciende a al menos 10 K/s.