

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 387 040**

51 Int. Cl.:
C21D 8/02 (2006.01)
C21D 9/46 (2006.01)
C22C 38/02 (2006.01)
C22C 38/04 (2006.01)
C22C 38/28 (2006.01)
C22C 38/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07114398 .6**
96 Fecha de presentación: **15.08.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **2028282**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **25.02.2009**

54 Título: **Acero de doble fase, producto plano de un acero de doble fase de este tipo y procedimiento para la fabricación de un producto plano**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
12.09.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
12.09.2012

73 Titular/es:
**THYSSENKRUPP STEEL EUROPE AG
KAISER-WILHELM-STRASSE 100
47166 DUISBURG, DE**

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

74 Agente/Representante:
Carpintero López, Mario

ES 2 387 040 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 de este tipo 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 al menos 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 aquel producto plano.

En el término genérico "producto plano" están normalmente incluidas aquí 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 1 431 107 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 e impurezas inevitables (en % en peso) 0,08 - 0,25 % de C, 0,001 - 1,5 % de Si, 0,01 - 2,0 % de Mn, 0,001 - 0,06 % de P, hasta el 0,05 % de S, 0,001 - 0,007 % de N y 0,008 - 0,2 % de Al. Al mismo tiempo presentará un valor de r medio de al menos 1,2, un valor de r en la dirección de laminado de al menos 1,3, un valor de r en una dirección de 45° con respecto a la dirección de laminado de al menos 0,9 y un valor de r perpendicular a la dirección de laminado de al menos 1,2. En el acero conocido, al silicio se le atribuye un efecto de aumento de la resistencia, habiéndose elegido el límite superior del 1,5 % en peso en cuanto a una buena capacidad de recubrimiento del acero. Igualmente se pone de relieve la influencia positiva del Mn sobre la resistencia. A este respecto, el límite superior del contenido de Mn del 1,5 % se ha fijado en cuanto a la reducción de los valores de r que acompaña a la superación de este límite, habiéndose considerado ventajoso para la optimización de los valores de r de la chapa de acero conocida contenidos de Mn en el intervalo del 0,04 - 0,8 % en peso, especialmente del 0,04 - 0,12 % en peso.

20 Para aumentar adicionalmente su resistencia, el acero conocido también puede presentar opcionalmente, además de otros elementos de aleación opcionalmente añadidos, contenidos de B del 0,0001 - 0,01 % en peso de B, de Ti, Nb y/o V en una cantidad total del 0,001 - 0,2 % en peso, así como de Sn, Cr, Cu, Ni, Co, W y/o Mo en una cantidad total del 0,001 - 2,5 % en peso. A este respecto, por motivos de costes, el contenido total de estos elementos se limita al límite superior respectivamente especificado.

30 Si los aceros descritos en el documento EP 1 431 407 A1 poseen resistencias de más de 850 MPa, naturalmente ya no presentan estructura de doble fase, sino que su estructura está constituida o solo por martensita o solo por ferrita o bainita. En el documento EP 1 431 407 A1 tampoco se encuentra ningún ejemplo mediante el cual, por ejemplo, los efectos del Cr, Mo, Ti o B pudieran reproducirse con al mismo tiempo bajas cantidades de Si o mayores contenidos de Mn. Más bien, los ejemplos especificados en el documento EP 1 431 407 A1 demuestran que según este estado de la técnica la resistencia se ha ajustado esencialmente por una adaptación adecuada de los contenidos de Mn y Si a la aleación de acero respectiva.

40 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/mm² con al mismo tiempo buena capacidad de deformación, sin que para esto sean necesarios contenidos especialmente altos de determinados elementos de aleación.

55 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 nitrógeno alternativo, preferiblemente Al y de manera complementaria Ti al material de acero. La acción de la adición de titanio y aluminio consiste en que se unen al nitrógeno contenido en el 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 se encuentra respectivamente por debajo de 900 MPa.

Finalmente, por el documento EP 1 559 797 A1 se conoce un acero de doble fase de mayor resistencia con una estructura que presenta más del 60 % de ferrita y 5 - 30 % de martensita que contiene, además de hierro y las impurezas inevitables (en % en peso) 0,05 - 0,15 % de C, hasta el 0,5 % de Si, 1 - 2 % de Mn, 0,01 - 0,1 % de Al, hasta el 0,009 % de P, hasta el 0,01 % de S y hasta el 0,005 % de N. Para elevar más su resistencia, a este acero conocido puede añadirse 0,01 - 0,3 % de Mo, 0,001 - 0,05 % de Nb, 0,001 - 0,1 % de Ti, 0,0003 - 0,002 % de B y 0,05 - 0,49 % de Cr. El acero conocido aleado y obtenido de esta forma alcanza resistencias a la tracción de hasta 700 MPa con una buena deformabilidad y calidad superficial. A este respecto, el objetivo del desarrollo descrito en el documento EP 1 559 797 A1 era una mejora de las propiedades mecánicas de un acero tal evitando una adición a la aleación de mayores cantidades de elementos de aleación como Si, P y Al críticos en lo referente a la calidad superficial, soldabilidad y deformabilidad.

Además del estado de la técnica previamente explicado, por el documento EP 1 808 505 A1 se conoce un acero con (en % en peso) 0,03 - 0,25 de C, 0,4 - 2,0 de Si, 0,8 - 3,1 de Mn, 0,005 - 2 de Cr, 0,002 - 1 de Ti, 0,0002 - 0,1 de B, 0,005 - 1 de Mo, $\leq 2,0$ de Al, $\leq 0,02$ de P, $\leq 0,02$ de S, $\leq 0,01$ de N, el resto hierro e impurezas inevitables cuya estructura contendrá, además de bainita, 10 - 60 % de martensita, 1 - 10 % de austenita residual, así como 10 - 80 % de ferrita. En esta aleación puede preverse Cr para aumentar la resistencia, encontrándose los contenidos de Cr según los ejemplos de realización del documento EP 1 808 505 A1 respectivamente claramente por debajo del 0,05 % en peso. A esta aleación conocida se le añadirá Al, por una parte, para la desoxidación, pero por otra parte también para mejorar la tenacidad. Los ejemplos de realización especificados en el documento EP 1 808 505 A1 muestran que se ha retomado esta posibilidad de aumentar la tenacidad mediante la adición de altos contenidos de Al.

Igualmente, por el documento EP 1 319 726 A1 se conoce un concepto de aleación que se basa en la idea de añadir a un acero una cantidad de elementos de microaleación que sea suficiente para, por una parte, unir el nitrógeno presente en el acero y, por otra parte, formar precipitaciones que aumentan la resistencia. Esta aleación de acero conocida que regularmente alcanza resistencias a la tracción de más de 600 MPa contiene para este fin (en % en peso) 0,05 - 0,5 % de C, 0,05 - 1,5 % de Si, 1 - 2,5 % de Mn, $\leq 0,75$ % de Cr, titanio con la condición $0,01 \% \leq (Ti-2,4N) \leq 0,2$ % y/o Nb con la condición $0,01 \% \leq (Nb-6,5N) \leq 0,2$ %, 0,01 - 1,5 % de Al, $\leq 0,1$ % de P, $\leq 0,01$ % de S, $\leq 0,01$ % de N, el resto hierro e impurezas inevitables.

Del documento EP 1 548 142 A1 se deduce además un procedimiento de aleación general dentro del cual se encontrarán composiciones de acero caracterizadas más detalladamente por diversas condiciones que deben ser cumplidas por los contenidos de sus elementos de aleación. El procedimiento de aleación general en cuestión contendrá, además de hierro e impurezas inevitables (en % en peso) 0,1 - 1 % de C, 0,05 - 2 % de Si, 1 - 5 % de Mn, 0,1 - 1 % de Cr, 0,005 - 0,1 % de Ti, 0,0003 - 0,01 % de B, 0,1 - 1 % de Mo, ≤ 1 % de Al, 0,005 - 0,01 % de P y hasta el 0,01 % de N. Los valores de resistencia de estos aceros de ejemplo generados a partir de esta aleación se dispersan por un amplio intervalo.

Finalmente, por el documento EP 0 966 547 B1 todavía se conoce un acero polifásico calmado con Al que contendrá (en % en peso) 0,10 - 0,20 % de C, 0,30 - 0,60 % de Si, 1,50 - 2,00 % de Mn, 0,30 - 0,80 % de Cr, $\leq 0,2$ % de Ti, $\leq 0,40$ % de Mo, $\leq 0,08$ % de P, $\leq 0,8$ % de Nb, Zr $\leq 0,2$, el resto hierro e impurezas inevitables, y presentará resistencias a la tracción de al menos 900 MPa. Esta aleación se basa en la idea de formar microestructuras muy finas en el acero que están constituidas por fases blandas y duras unas al lado de las otras, combinado con una distribución de precipitaciones muy finas. A este respecto, la acción del Cr consiste en que este elemento promueve la formación de bainita. Al mismo tiempo se recomiendan altos contenidos de Ti para generar un número máximo de precipitaciones de Ti muy finas.

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 de forma fidedigna 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 obtenidos del modo anteriormente mencionado.

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 19 según la invención porque está constituido por un acero compuesto y obtenido según la invención.

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 25 y 26, refiriéndose el

- procedimiento especificado en la reivindicación 25 a la fabricación según la invención de una banda en caliente y el modo de proceder especificado en la reivindicación 26 a la fabricación según la invención de una banda en frío. En las reivindicaciones que hacen referencia a las reivindicaciones 25 y 26 están contenidas variantes respectivamente 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.
- Un acero según la invención destaca por altas resistencias de al menos 950 MPa, especialmente más de 980 MPa, alcanzándose también regularmente resistencias de 1000 MPa y más. Al mismo tiempo posee un límite de estiraje por tracción 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 el uso práctico, como se necesitan, por ejemplo, en el sector de la construcción de carrocerías para automóviles.
- Gracias a su estructura de doble fase, el acero según la invención posee una alta resistencia con al mismo tiempo buen alargamiento. Así, la *aleación* de un acero según la invención está compuesta de forma que posea una proporción de martensita de al menos el 20 %, preferiblemente de más del 30 %, a como máximo el 70 %. Al mismo tiempo pueden ser ventajosas proporciones de austenita residual de hasta el 8 %, prefiriéndose generalmente menores proporciones de austenita residual de como máximo el 7 % o inferiores. El resto de la estructura de un acero de doble fase según la invención está constituida respectivamente por ferrita y/o bainita (ferrita bainítica + carburos).
- Las altas resistencias y buenas propiedades de alargamiento 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 de los elementos de aleación individuales que están presentes en un acero según la invención, además de hierro e impurezas inevitables.
- Así, la invención prevé un contenido de C del 0,10 - 0,20 % en peso. A este respecto, el contenido mínimo de carbono del 0,10 % en peso se ha elegido para conseguir la formación de la estructura martensítica con suficiente dureza y para ajustar la combinación de propiedades deseada del acero según la invención. Sin embargo, a contenidos de más del 0,20 % en peso, el carbono dificulta la formación de la proporción de estructura ferrítica / bainítica deseada. Contenidos de C mayores también repercuten negativamente en la idoneidad de la soldadura, lo que es de especial importancia para la aplicación del material según la invención, por ejemplo, en el sector de la construcción de automóviles. 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 0,12 - 0,18 % en peso, especialmente al 0,15 - 0,16 % en peso.
- 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. 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. El riesgo de la oxidación del límite del grano también se minimiza manteniendo este límite superior. 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, especialmente al 0,35 % en peso.
- En contenido de Mn de un acero según la invención se encuentra en el intervalo del 1,5 - 2,50 % en peso, especialmente del 1,5 - 2,35 % en peso, para aprovechar el efecto de aumento de la resistencia de este elemento. Así, mediante la presencia de Mn se apoya la formación de martensita. A este respecto, los contenidos de Mn previstos según la invención impiden la formación de perlita en el enfriamiento después del recocido, especialmente en el caso de que una banda en frío se fabrique a partir del acero según la invención y esta banda en frío se recueza a continuación. Estos efectos positivos de la presencia de Mn en un acero según la invención pueden entonces aprovecharse especialmente cuando el contenido de Mn ascienda a al menos el 1,7 % en peso, especialmente a al menos el 1,80 % en peso. Sin embargo, para evitar una influencia negativa del Mn sobre la deformabilidad, idoneidad de la soldadura y capacidad de recubrimiento, el límite superior para los contenidos de Mn se fija al 2,5 % en peso en el acero según la invención. Las influencias posiblemente negativas del Mn sobre un acero según la invención pueden excluirse con elevada seguridad limitando el contenido de Mn al 2,20 % en peso, especialmente al 2,00 % en peso.
- El Cr también tiene un efecto de aumento de la resistencia en un acero de doble fase en contenidos del 0,2 - 0,8 % en peso. Esta acción aparece especialmente cuando el contenido de Cr según la invención asciende a al menos el 0,3 % en peso, especialmente a al menos el 0,5 % en peso. Sin embargo, al mismo tiempo, el contenido de Cr de un

acero según la invención está limitado al 0,8 % en peso para reducir el riesgo de formación de oxidación del límite del grano y para garantizar buenas propiedades de alargamiento del acero según la invención. Manteniendo este límite superior también se consigue una superficie que puede proveerse bien de un recubrimiento metálico. Las influencias negativas de los contenidos de Cr se evitan especialmente cuando el límite superior del contenido de cromo de un acero según la invención se fija como máximo al 0,7 % en peso, especialmente al 0,6 % 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 0,08 % en peso, especialmente al 0,06 % 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 0,03 - 0,055 % en peso, especialmente al 0,040 - 0,050 % 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 conforme a la práctica 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. Por tanto, los efectos optimizados del boro resultan en un acero según la invención con contenidos del 0,0007 - 0,0016 % en peso, especialmente del 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 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 del 0,05 % en peso de Mo ya repercuten positivamente en las propiedades del 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 cuando en el acero según la invención estén presentes contenidos de Mo de menos del 1,7 % en peso y/o contenidos de Cr de menos del 0,4 % en peso, es ventajoso añadir 0,05 - 0,22 % en peso de Mo.

El aluminio se usa 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 del 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 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.

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 % en peso, especialmente a < 0,02 % en peso, consiguiéndose resultados especialmente buenos con contenidos de P de < 0,010 % en peso.

La formación de MnS o (Mn,Fe)S se suprime para 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 cuando el contenido de S se encuentre por debajo del 0,003 % en peso.

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. Así, a partir de la banda en caliente obtenida según la invención pueden formarse piezas altamente cargables en estado sin recubrir. Si estas piezas van a protegerse especialmente contra la corrosión, entonces las bandas en caliente pueden proveerse de un revestimiento protector metálico antes o después de su deformación en la pieza respectiva.

Si, por el contrario, se requieren productos planos con menor espesor, entonces las bandas en caliente generadas a partir del acero según la invención pueden someterse inicialmente a un laminado en frío y un recocido posterior para luego procesarse posteriormente como banda en frío, dado el caso después de la aplicación de un revestimiento metálico protector de la corrosión.

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.

Para la fabricación según la invención de un producto plano presente como banda en caliente con una resistencia a la tracción de al menos 950 MPa, así como un alargamiento A_{80} de al menos el 10 % 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, la masa fundida se cuela dando un producto semielaborado como desbastes planos o desbastes planos delgados, el producto semielaborado se vuelve a calentar o se mantiene a una temperatura inicial de laminado en caliente de 1100 - 1300 °C, el producto semielaborado se lamina en caliente a una temperatura final de laminado en caliente de 800 - 950 °C dando la banda en caliente y la banda en caliente obtenida se bobina a una temperatura de bobinado de hasta 570 °C

Mediante un ajuste adecuado de la temperatura de bobinado en el intervalo de temperatura ambiente hasta 570 °C, la estructura de doble fase de la banda en caliente que a continuación no se lamina más como tal puede ajustarse para obtener la combinación de propiedades respectivamente deseada.

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.

Si un producto plano según la invención se facilita en forma de una banda en frío, entonces para este fin un acero de doble fase compuesto según la invención se funde, la masa fundida correspondiente se cuela dando un producto semielaborado como desbastes planos o desbastes planos delgados, el producto semielaborado se vuelve a calentar o se mantiene a una temperatura inicial de laminado en caliente de 1100 - 1300 °C, el producto semielaborado se lamina en caliente a una temperatura final de laminado en caliente de 800 - 950 °C, la banda en caliente se bobina a una temperatura de bobinado de 500 - 650 °C, la banda en caliente se lamina en frío después del bobinado, la banda en frío obtenida se recuece a una temperatura de recocido que asciende a 700 - 900 °C y la banda en frío se enfría controladamente después del recocido.

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 de estiraje por tracción de la banda en caliente aumentan con 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 530 °C, especialmente a al menos 550 °C.

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 banda puede mantenerse durante una duración de 10 - 300 s o enfriarse directamente con una tasa de enfriamiento de 0,5 - 30 K/s a temperatura ambiente.

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 - 300 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 temperatura ambiente para fabricar una banda en frío galvanizada y recocida.

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 %, para alcanzar solidificaciones suficientemente altas de la banda laminada con aprovechamiento óptimo de la ingeniería de plantas industriales respectivamente puesta a disposición. La banda en frío según la invención laminada en frío de esta forma presenta normalmente espesores de 0,8 - 2,5 mm.

En caso necesario, la banda en frío en estado recubierto o sin recubrir puede someterse 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.

Dieciséis masas fundidas de acero 1 - 16 cuyas composiciones se especifican en la Tabla 1, y de las que los aceros 1-6, 10, 11, 13 y 16 no son según la invención, 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.

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.

A continuación, las bandas en frío obtenidas se sometieron a un recocido y enfriamiento controlado en el modo ya descrito anteriormente en una forma general para una banda en frío que va a abastecerse sin recubrir.

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.

En tres 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 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) y 5 (temperatura de bobinado = 570 °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*	0,149	0,30	1,97	0,007	-	-	0,45	0,0004	0,003	0,004	0,0013
2*	0,150	0,30	1,97	<0,005	-	0,023	0,45	0,0021	0,005	0,004	0,015
3*	0,152	0,30	1,99	0,005	-	-	0,46	0,0004	0,004	0,004	0,0014
4*	0,157	0,30	1,97	0,005	-	-	0,81	0,0005	0,004	0,004	0,0017
5*	0,153	0,30	1,50	0,005	-	-	0,81	0,0004	0,004	0,004	0,0015
6*	0,150	0,02	1,98	<0,005	-	0,023	0,80	0,0022	0,004	0,005	0,0015
7	0,152	0,60	1,97	<0,005	-	0,021	0,45	0,0022	0,004	0,004	0,0024

ES 2 387 040 T3

Masa fundida	C	Si	Mn	Al	Mo	Ti	Cr	B	P	S	N
8	0,154	0,19	2,07	0,004	-	0,022	0,60	0,0011	0,004	0,007	0,0052
9	0,16	0,29	1,8	0,032	0,08	0,046	0,52	0,0009	0,013	0,001	0,004
10*	0,152	0,28	1,7	0,028	0,15	0,051	0,3	0,0012	0,008	0,001	0,0045
11*	0,145	0,21	1,7	0,036	0,19	0,035	0,45	0,0010	0,011	0,0015	0,0042
12	0,148	0,24	1,83	0,031	0,22	0,035	0,65	0,0012	0,010	0,0015	0,0042
13*	0,153	0,29	2,2	0,029	0,08	0,090	0,59	0,0018	0,012	0,0013	0,0051
14	0,19	0,22	1,75	0,033	0,18	0,052	0,51	0,0009	0,007	0,0020	0,0031
15	0,12	0,27	2,35	0,027	-	0,051	0,5	0,0012	0,014	0,0012	0,0029
16*	0,1	0,31	2,31	0,031	0,22	0,086	0,66	0,0016	0,013	0,0016	0,0047

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

* no según la invención

Tabla 2

Masa fundida	R _{p0,2}	R _m	A ₈₀	Proporciones de estructura					Grado de laminado en frío	Espesor de chapa
				Matriz	Martensita [%]	Bainita [%]	Austenita residual [%]	Carburos		
	[MPa]		[%]						[%]	[mm]
1*	580	955	15,2	Ferrita	20	Algo de bainita	-	-	50	2,0
2*	598	1057	8,3	Ferrita	50	Algo de bainita	-	-	65	1,2
3*	581	970	14,9	Ferrita	30 - 40	Bainita	-	Carburos	50	2,0
4*	590	1023	12,5	Ferrita	20 - 0	10		Carburos	70	0,8
5*	585	960	17,1	Ferrita	20	-	-	Carburos	50	2,0
6*	601	997	8,6	Bainita	50	-	-	Carburos	50	2,0
7	607	1038	10,8	Bainita + 10 % de ferrita	50	-	-	Carburos	70	0,8
8	602	992	14	Bainita	40 - 45	-	6,5	-	50	2,0
9	645	1071	14,8	Ferrita	50 - 60	-	2,5	-	50	2,0
10*	635	1054	15,1	Ferrita	45	-	2,0	-	70	0,8
11*	618	1035	15,3	Ferrita	30 - 40	-	1	-	65	1,2
12	626	1047	14,2	Ferrita / bainita	40 - 50	-	-	-	70	0,8
13*	675	1102	10,5	Bainita / ferrita	60 - 70	-	-	-	50	2,0

ES 2 387 040 T3

Masa fundida	R _{p0,2}	R _m	A ₈₀	Proporciones de estructura					Grado de laminado en frío	Espesor de chapa
				Matriz	Martensita [%]	Bainita [%]	Austenita residual [%]	Carburos		
	[MPa]	[MPa]	[%]							
14	609	1031	15,4	Ferrita	35 - 45	-	3	-	50	2,0
15	612	1010	11,3	Ferrita	40	-	1,5	-	65	1,2
16*	603	1016	13,6	Ferrita	55 - 65	-	3	-	65	1,2

* no según la invención

Tabla 3

Masa fundida	R _{p0,2}	R _m	A ₈₀	Proporciones de estructura	
				Matriz	Martensita [%]
1*	580	950	12,3	Bainita / ferrita	20
2*	621	1023	11,5	Bainita	20 - 30
3*	614	985	13,4	Bainita / ferrita	25 - 30
4*	639	1012	12,9	Bainita	25
5*	580	950	14,5	Bainita	20
6*	725	996	13,7	Bainita	25
7	594	998	13,5	Bainita	20 - 30
8	731	1005	13,9	Bainita	25 - 35
9	1070	1129	12,1	Bainita	45 - 55
10*	642	1014	13,4	Bainita	30 - 35
11*	626	1007	14,8	Bainita	25 - 35
12	640	1017	15,7	Bainita	20 - 30
13*	854	1121	10,7	Bainita	60 - 70
14	674	1014	12,8	Bainita	25 - 35
15	685	1027	12,7	Bainita	35 - 45
16*	691	1031	13,8	Bainita	30 - 40

* no según la invención

Tabla 4

Masa fundida	R _{p0,2}	R _m	A ₈₀	Proporciones de estructura		
				Matriz	Martensita [%]	Austenita residual [%]
1*	580	950	14	Bainita / ferrita	20	-

ES 2 387 040 T3

Masa fundida	R _{p0,2}	R _m	A ₈₀	Proporciones de estructura		
	[MPa]	[MPa]	[%]	Matriz	Martensita [%]	Austenita residual [%]
2*	600	985	12	Bainita	25	3
3*	630	970	14	Bainita / ferrita	20	1
4*	580	950	15	Bainita / ferrita	25	5,5
5*	600	1005	15,2	Bainita	25	< 1
6*	642	1012	12,1	Bainita	20	1
7	585	970	13,8	Bainita	20 - 25	5,5
8	855	1002	13	Bainita	20	3
9	801	1079	10,6	Bainita	20 - 25	2,5
10*	634	970	13	Bainita / ferrita	20	3,5
11*	671	954	14,2	Bainita	20	3
12	678	1021	10,6	Bainita	30	1
13*	716	1069	11,8	Bainita	25 - 30	6
14	681	1012	13,2	Bainita / ferrita	35	3
15	706	1010	13,1	Bainita	30	1
16*	724	986	15,6	Bainita	30	5
* no según la invención						

Tabla 5

Masa fundida	R _{p0,2}	R _m	A ₈₀	Proporciones de estructura		
	[MPa]	[MPa]	[%]	Matriz	Martensita [%]	Austenita residual [%]
1*	580	950	13	Ferrita	20	-
2*	590	980	13,6	Ferrita / bainita	20	6
3*	610	965	15,8	Ferrita	20	-
4*	580	950	17,2	Ferrita / bainita	25	3
5*	585	995	18,4	Ferrita	20	-
6*	580	1003	16,4	Ferrita / bainita	20	4
7	590	960	15,9	Ferrita / bainita	35	3
8	654	1003	15	Ferrita / bainita	30	3
9	618	1006	15,4	Ferrita / bainita	30	8
10*	580	940	17,1	Ferrita / bainita	25	6
11*	595	911	18,4	Ferrita / bainita	25	6
12	641	1011	13,7	Bainita / ferrita	30	2

ES 2 387 040 T3

Masa fundida	R _{p0,2}	R _m	A ₈₀	Proporciones de estructura		
	[MPa]	[MPa]	[%]	Matriz	Martensita [%]	Austenita residual [%]
13*	698	1021	13,4	Bainita	35	6
14	585	921	16,7	Ferrita / bainita	25	5
15	712	1001	15,4	Bainita / ferrita	30	7
16*	722	1015	16,3	Bainita / ferrita	35	2
* no según la invención						

REIVINDICACIONES

1.- Acero de doble fase cuya estructura está constituida por el 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, así como un alargamiento A₈₀ de al menos el 10 %, con la siguiente composición (en % en peso):

C:	0,10	-	0,20 %,
Si:	0,10	-	0,60 %,
Mn:	1,50	-	2,50 %,
Cr:	0,30	-	0,70 %,
Ti:	0,02	-	0,08 %,
B:		<	0,0020 %,
Mo:		<	0,25 %,
Al:		<	0,10 %,
P:		≤	0,2 %,
S:		≤	0,01 %,
N:		≤	0,012 %

- 5 el resto hierro e impurezas inevitables.
- 2.- Acero de doble fase según la reivindicación 1, caracterizado porque su límite de estiraje por tracción asciende a al menos 580 MPa.
- 3.- Acero de doble fase según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque su contenido de P es < 0,1 % en peso, especialmente < 0,02 % en peso.
- 10 4.- Acero de doble fase según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque su contenido de C asciende al 0,12 - 0,18 % en peso.
- 5.- Acero de doble fase según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque su contenido de Si asciende al 0,20 - 0,40 % en peso.
- 15 6.- Acero de doble fase según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque su contenido de Mn asciende al 1,50 - 2,35 % en peso.
- 7.- Acero de doble fase según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque su contenido de Ti asciende al 0,030 - 0,055 % en peso.
- 8.- Acero de doble fase según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque en presencia de N su contenido de Ti es más de 5,1 veces mayor que el contenido de N respectivo.
- 20 9.- Acero de doble fase según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque su contenido de B asciende al 0,0005 - 0,0020 % en peso.
- 10.- Acero de doble fase según la reivindicación 9, caracterizado porque su contenido de B asciende al 0,0007 - 0,0016 % en peso.
- 25 11.- Acero de doble fase según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque su contenido de Mo asciende al 0,05 - 0,22 % en peso.
- 12.- Acero de doble fase según la reivindicación 11, caracterizado porque su contenido de Mn es < 1,7 % en peso.
- 13.- Acero de doble fase según una de las reivindicaciones 11 ó 12, caracterizado porque su contenido de Cr es < 0,4 % en peso.
- 30 14.- Acero de doble fase según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque su contenido de Mo asciende al 0,065 - 0,150 % en peso.
- 15.- Acero de doble fase según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque su contenido de Al asciende al 0,01 - 0,06 % en peso.

- 16.- Acero de doble fase según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque su contenido de S es < 0,003 % en peso.
- 17.- Acero de doble fase según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque su contenido de N es < 0,007 % en peso.
- 5 18.- Acero de doble fase según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque su contenido de austenita residual asciende a menos del 7 %.
- 19.- Producto plano constituido por un acero de doble fase obtenido según una de las reivindicaciones 1 a 18.
- 20.- Producto plano según la reivindicación 19, caracterizado porque es una banda en caliente sólo laminada en caliente.
- 10 21.- Producto plano según la reivindicación 19, caracterizado porque es una banda en frío obtenida mediante laminado en frío.
- 22.- Producto plano según una de las reivindicaciones 19 a 21, caracterizado porque está provisto de un revestimiento protector metálico.
- 15 23.- Producto plano según la reivindicación 22, caracterizado porque el revestimiento protector metálico se ha generado mediante galvanización en caliente.
- 24.- Producto plano según la reivindicación 22, caracterizado porque el revestimiento protector metálico se ha generado mediante galvanizado y recocido ("Galvannealing").
- 20 25.- Procedimiento para fabricar una banda en caliente con una resistencia a la tracción de al menos 950 MPa, así como un alargamiento A_{80} de al menos el 10 %, y una estructura de doble fase que está constituida por el 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 obtenido según una de las reivindicaciones 1 a 18,
 - colada de la masa fundida dando un producto semielaborado como desbastes planos o desbastes planos delgados,
 - 25 - 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 y
 - bobinado de la banda en caliente a una temperatura de bobinado de hasta 570 °C.
- 30 26.- Procedimiento para fabricar una banda en frío con una resistencia a la tracción de al menos 950 MPa, así como un alargamiento A_{80} de al menos el 10 %, y una estructura de doble fase que está constituida por el 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 - 18,
 - 35 - colada de la masa fundida dando un producto semielaborado como desbastes planos o desbastes planos delgados,
 - recalentamiento o mantenimiento del producto semielaborado a una temperatura inicial de laminado en caliente de 1100 - 1300 °C,
 - 40 - 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 500 - 650 °C,
 - laminado en frío de la banda en caliente realizado después del bobinado,
 - recocido de la banda en frío a una temperatura de recocido que asciende a 700 - 900 °C y
 - enfriamiento controlado de la banda en frío recocida.
- 45 27.- Procedimiento según la reivindicación 26, 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.

28.- Procedimiento según la reivindicación 26 ó 27, 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.