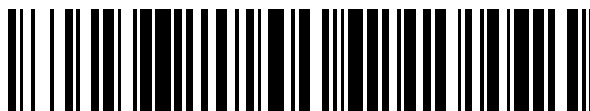


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 685 593**

51 Int. Cl.:

C22C 38/38 (2006.01)

C21D 8/02 (2006.01)

C21D 1/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.05.2013 PCT/CN2013/076184**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.07.2014 WO14114041**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.05.2013 E 13872680 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.08.2018 EP 2949774**

54 Título: **Acero en flejes de fase doble laminado en frío de 780 MPa y método para fabricar el mismo**

30 Prioridad:

22.01.2013 CN 201310021998

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

10.10.2018

73 Titular/es:

**BAOSHAN IRON & STEEL CO., LTD. (100.0%)
No.885, Fujin Road, Baoshan District
Shanghai 201900, CN**

72 Inventor/es:

**ZHU, XIAODONG;
LI, XUFEI y
DU, PEIFANG**

74 Agente/Representante:

MILTENYI , Peter

ES 2 685 593 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 en flejes de fase doble laminado en frío de 780 MPa y método para fabricar el mismo

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a un acero de fase doble y a un método para fabricar el mismo, particularmente a un acero de fase doble a base de hierro y a un método para fabricar el mismo.

Antecedentes de la técnica

Debido a los requisitos referentes a la reducción de peso y la seguridad, se necesita una cantidad creciente de chapa de acero con menor grosor y resistencia superior en el mercado de la industria automovilística. El acero en flejes de fase doble que tiene una resistencia a la tracción de 780 MPa tiene unas buenas perspectivas de aplicación porque representa buenas propiedades de resistencia y maleabilidad. Se espera que el acero en flejes de fase doble de 780 MPa sea un sustituto para el acero de fase doble laminado en frío de 590 MPa en el mercado futuro y se convierta en el acero de fase doble más ampliamente usado. El acero de fase doble se prepara mediante refuerzo por medio de transformación de fases. Con el fin de garantizar una determinada capacidad de endurecimiento, tiene que añadirse una cantidad de carbono y elementos de aleación en el acero para garantizar que la austenita superenfriada se convierta en martensita durante el enfriamiento del acero de fase doble. Sin embargo, un alto contenido de carbono y elementos de aleación son desfavorables para la soldabilidad de la chapa de acero. Además, los elementos de aleación tienden a segregarse en el transcurso de la colada, dando como resultado una estructura en bandas en el acero en flejes laminado en frío. En consecuencia, el acero de fase doble laminado en frío se diferencia significativamente en diferentes direcciones, conduciendo a una serie de problemas en uso práctico.

El equivalente de carbono del acero depende principalmente del contenido de carbono, el contenido de elementos de aleación y el contenido de elementos de impurezas en el acero. El equivalente de carbono puede caracterizarse usando una variedad de fórmulas, y se representa habitualmente por el valor de Pcm para acero para automóviles: $P_{cm} = C + Si/30 + Mn/20 + 2P + 4S$. Generalmente, el valor de Pcm puede usarse para caracterizar la tendencia a la fragilidad de la chapa de acero tras la soldadura y el enfriamiento. Cuando Pcm es mayor de 0,24, el punto de soldadura tiende a agrietarse en la superficie de contacto. Es seguro cuando Pcm es menor de 0,24.

El acero es un material de naturaleza anisotrópica. Puesto que se usa un procedimiento continuo para la producción de acero en flejes, existe una distribución de orientación en la estructura de acero en grado variable. En otras palabras, se presenta una distribución similar a bandas alargadas a lo largo de la dirección de laminación. Debido al alto contenido de elementos de aleación en acero de alta resistencia, se produce fácilmente segregación de la composición. Además, es difícil eliminar la segregación de elementos de aleación de sustitución. La estructura del acero se deforma y se alarga durante el laminado en caliente y laminado en frío, y finalmente forma una estructura en bandas. Generalmente, la estructura en bandas contiene un alto contenido de elementos de aleación y carbono, de manera que se forma martensita dura y frágil que tiene una distribución similar a bandas en el acero de fase doble tras el temple, que se considera perjudicial para las propiedades del acero. Por tanto, el alivio de la estructura en bandas para obtener una estructura distribuida homogéneamente es la clave para conseguir buenas propiedades para acero en flejes de fase doble de alta resistencia.

Un documento de patente china que tiene el número de publicación de CN102212745A y se publicó el 12 de octubre de 2011 y titulado "High-plasticity 780 MPa Cold-rolled Dual-phase and Manufacturing Method Thereof" da a conocer un método para fabricar acero de fase doble laminado en frío de 780 MPa de alta plasticidad que tiene la siguiente composición química: el 0,06-0,08% de C, el 1,0-1,3% de Si, el 2,1-2,3% de Mn, el 0,02-0,07% de Al, $S \leq 0,01\%$, $N \leq 0,005\%$, $P \leq 0,01\%$ y el resto cantidades de Fe y otras impurezas inevitables. La temperatura de laminación final para la laminación en caliente es de 890°C, la temperatura de enrollamiento es de 670°C, la cantidad de reducción de laminación en frío es del 50-70% y se usa un recocido continuo con enfriamiento por chorro de gas convencional.

Un documento de patente americana que tiene el número de publicación de US20040238082A1 y se publicó el 2 de diciembre de 2004 y titulado "High-strength Cold-rolled Steel Plate and Method for Production Thereof" da a conocer un método para fabricar acero de alta resistencia que tiene una buena propiedad de expansión de orificios, en el que el acero tiene la siguiente composición química: el 0,04-0,1% de C, el 0,5-1,5% de Si, el 1,8-3% de Mn, $P \leq 0,020\%$, $S \leq 0,01\%$, el 0,01 ~ 0,1% de Al, $N \leq 0,005\%$ y el resto cantidades de Fe y otras impurezas inevitables. La chapa de acero se lamina en caliente entre Ar3-870°C, se enrolla a una temperatura por debajo de 620°C y se recuece a 750-870°C. El enfriamiento rápido comienza a 550-750°C a una velocidad de enfriamiento rápida $\geq 100^\circ\text{C/s}$, y termina a una temperatura por debajo de 300°C. Finalmente, se obtiene acero de alta resistencia laminado en frío que tiene una resistencia a la tracción de más de 780 MPa y una razón de expansión de orificios de al menos el 60%. Se emplea un contenido relativamente alto de Mn y Si en el diseño de la composición de esta chapa de acero.

Un documento de patente japonesa que tiene el número de publicación de publicación japonesa 2007-138262 y se publicó el 7 de junio de 2007 y titulado "High-strength Cold-rolled Steel Plate With Small Variation Of Mechanical Properties And Manufacturing Method Thereof" se refiere a una chapa de acero laminada en frío de alta resistencia

que tiene la siguiente composición química: el 0,06-0,15% de C, el 0,5-1,5% de Si, el 1,5-3,0% de Mn, el 0,5-1,5% de Al, $S \leq 0,01\%$, $P \leq 0,05\%$ y el resto cantidades de Fe y otras impurezas inevitables. El procedimiento de fabricación comprende las siguientes etapas: mantener a Ac1~Ac3 durante 10 s, enfriar hasta 500-750°C a una velocidad de enfriamiento de 20°C/s y enfriar hasta una temperatura por debajo de 100°C a una velocidad de enfriamiento de más de 100°C/s. Puede obtenerse chapa de acero de alta resistencia de 780 MPa que tiene una razón de expansión de orificios ≥ 60 .

Ninguno de los documentos anteriores describe el control sobre la estructura en bandas en el acero, ni proponen soluciones relevantes para la mejora de la anisotropía. Por tanto, las patentes anteriores no se refieren a la mejora de las propiedades mecánicas anisotrópicas de acero de fase doble.

10 Sumario

El objeto de la invención es proporcionar un acero en flejes de fase doble laminado en frío de 780 MPa y un método para fabricar el mismo, en el que se espera que se obtenga un acero en flejes de fase doble que tiene una microestructura homogénea, buena propiedad de fosfatación y poca anisotropía de las propiedades mecánicas mediante un diseño que se caracteriza por un bajo equivalente de carbono, de modo que el acero en flejes de fase doble laminado en frío puede cumplir las demandas bidireccionales de la industria automovilística de menor grosor y resistencia superior del acero.

Con el fin de lograr el objeto anterior de la invención, la invención proporciona un acero en flejes de fase doble laminado en frío de 780 MPa, en el que el acero en flejes tiene una microestructura de matriz de ferrita equiaxial fina e islas de martensita distribuidas homogéneamente en la matriz de ferrita, y comprende los siguientes elementos químicos en porcentajes en masa:

C 0,06-0,1%;

Si $\leq 0,28\%$;

Mn 1,8-2,3%;

Cr 0,1-0,4%;

25 Mo no añadido cuando $Cr \geq 0,3\%$; $Mo = 0,3\% - Cr$ cuando $Cr < 0,3\%$;

Al 0,015-0,05%;

al menos uno de los elementos Nb y Ti, en el que Nb+Ti está en el intervalo del 0,02-0,05%;

el resto cantidades de Fe y otras impurezas inevitables.

El principio para diseñar los diversos elementos químicos en el acero en flejes de fase doble laminado en frío de 780 MPa de la invención es tal como sigue:

C: El C puede aumentar la resistencia de la martensita e influir en el contenido de martensita. Tiene mucha influencia sobre la resistencia, pero un contenido en carbono aumentado no es bueno para la soldabilidad de acero en flejes. La resistencia será insuficiente si el contenido en carbono es menor del 0,06%, mientras que la soldabilidad disminuirá si el contenido en carbono es superior al 0,1%. Por tanto, se selecciona un contenido en carbono del 0,06-0,1% en peso en la solución técnica de la invención.

Si: El Si actúa reforzando la disolución sólida en acero de fase doble. El Si puede potenciar la actividad del elemento carbono, facilitar la segregación de C en la zona rica en Mn y aumentar el contenido en carbono en la zona similar a una banda. Sin embargo, el Si es indeseable para la propiedad de fosfatación de acero en flejes. Por tanto, tiene que fijarse un límite superior para el contenido en Si. La solución técnica de la invención requiere $Si \leq 0,28\%$ en peso.

Mn: El Mn puede aumentar la endurecibilidad del acero y potenciar la resistencia del acero eficazmente. Pero el Mn deteriorará la soldabilidad del acero en flejes. El Mn se segrega en el acero, y tiende a laminarse en una zona rica en Mn que tiene una distribución similar a bandas en el transcurso del laminado en caliente, de modo que se forma una estructura en bandas que es indeseable para la homogeneidad de la estructura de acero de fase doble. Cuando el Mn es menos del 1,8%, la endurecibilidad y resistencia del acero en flejes será insuficiente. Cuando el Mn es más del 2,3%, la estructura en bandas en acero en flejes será demasiada y el equivalente de carbono aumentará. Por tanto, el contenido de Mn se fija para que sea del 1,8-2,3% en peso.

Cr: El Cr puede aumentar la endurecibilidad del acero en flejes. Mientras tanto, la adición de Cr puede compensar la función del Mn. Cuando el Cr es menos del 0,1%, el efecto no es obvio. Pero cuando el Cr es más del 0,4%, resultarán una resistencia excesivamente alta y una plasticidad disminuida. Por tanto, el contenido del Cr en la solución técnica de la invención se controla para que sea del 0,1-0,4% en peso.

Mo: El Mo puede aumentar la endurecibilidad del acero y potenciar la resistencia del acero en flejes eficazmente.

Además, el Mo puede mejorar la distribución de carburos. Tanto el Mo como el Cr pueden ayudar en la endurecibilidad del acero en flejes. Por tanto, en la presente solución técnica, la adición de Mo está relacionada con Cr. Cuando el contenido en Cr es menor del 0,3% en peso, la cantidad de adición será de (0,3-Cr). Cuando el contenido en Cr es mayor del 0,3% en peso, no es necesaria la adición de Mo.

5 Al: El Al tiene la función de desoxigenación y afino del grano en acero. La solución técnica de la invención requiere Al en el intervalo del 0,015-0,05% en peso.

Nb, Ti: El Nb y Ti son elementos de refuerzo para la precipitación, y tienen la función de afino del grano. Pueden añadirse por separado o en combinación, pero la cantidad total que va a añadirse debe controlarse para que sea del 0,02-0,05% en peso.

10 Además, se definen los siguientes elementos químicos para el acero en flejes de fase doble laminado en frío de 780 MPa de la invención: C es del 0,07-0,09% en peso; Mn es del 1,9-2,2% en peso; Al es del 0,02-0,04% en peso.

15 En el aspecto de diseño de la composición, se emplean un contenido en carbono relativamente bajo, una cantidad de adición total relativamente baja de elementos de aleación y una manera de adición de una multiplicidad de elementos de aleación en combinación para el acero en flejes de fase doble laminado en frío de 780 MPa de la invención. Para la presente solución técnica, la selección de un contenido en carbono relativamente bajo puede disminuir el grado de enriquecimiento de C en el acero y dificultar la tendencia a formar una estructura en bandas. La selección de un contenido disminuido del elemento de aleación principal, Mn, en acero de fase doble puede reducir eficazmente la probabilidad de la aparición de una estructura en bandas en acero en flejes y suprimir el impacto indeseable sobre la propiedad de fosfatación. Una restricción estricta sobre la adición de Si puede reducir la segregación de átomos de C que resulta del cambio de actividad de átomos de C provocada por Si. La adición de una determinada cantidad de Cr, Mo y otros elementos de aleación puede compensar la endurecibilidad disminuida que resulta de un contenido relativamente bajo de Mn. Un diseño de composición de este tipo puede controlar eficazmente el Pcm de equivalente de carbono en acero para que sea menor de 0,24. Como tal, no sólo puede obtenerse una grieta de tipo sujeción de tracción cruciforme de soldadura, sino que también puede garantizarse no menos de 780 MPa de resistencia del acero. Puesto que la microestructura del acero en flejes comprende matriz de ferrita equiaxial fina e islas de martensita distribuidas homogéneamente en la matriz de ferrita, la estructura en bandas presentada en la misma es mínima. Por tanto, el acero en flejes muestra poca anisotropía en sus propiedades mecánicas y tiene una buena propiedad de doblado en frío y propiedad de expansión de orificios.

20 De manera correspondiente, la invención también proporciona un método para fabricar el acero en flejes de fase doble laminado en frío de 780 MPa, que comprende las siguientes etapas:

1) fundir;

2) colar: se usa un procedimiento de enfriamiento con agua secundario el que la capacidad de chorro de agua no es menor de 0,7 l de agua/kg de pieza troquelada de acero;

35 3) laminar en caliente: la temperatura de laminación final se controla para que sea de 820-900°C, seguido por enfriamiento rápido tras la laminación;

4) enrollar: La temperatura de enrollamiento se controla para que sea de 450-650°C;

5) laminar en frío;

40 6) recocer de manera continua: mantener a 800-860°C, enfriar hasta 640-700°C a una velocidad de enfriamiento de no menos de 5°C/s, enfriar adicionalmente hasta 220-280°C a una velocidad de enfriamiento de 40-100°C/s y revenir a 220-280°C durante 100-300 s.

Además, el método anterior para fabricar el acero en flejes de fase doble laminado en frío de 780 MPa también comprende la etapa 7): laminar por revenido.

Además, la tasa de reducción por laminación en frío es del 40-60% en la etapa anterior 5).

Todavía adicionalmente, el alargamiento por laminación por revenido es del 0,1-0,4% en la etapa anterior 7).

45 En el aspecto del procedimiento de fabricación, el uso de un procedimiento de enfriamiento con agua secundario en la etapa de colada continua para enfriar la pieza troquelada de acero rápida y uniformemente con una gran capacidad de chorro de agua de enfriamiento a una velocidad de enfriamiento rápida puede refinar la estructura de la pieza troquelada colada de manera continua. Como tales, se distribuyen de manera dispersiva carburos finos en la matriz de ferrita en forma de partículas. Se usa una temperatura de laminación final relativamente baja en la etapa de laminación en caliente, y se usa una temperatura de enrollamiento relativamente baja en la etapa de enrollamiento de manera similar. Esto puede refinar los granos, y disminuir la continuidad de la distribución de la estructura en bandas. Se usan temperaturas de mantenimiento y recocido relativamente altas en la etapa de recocido continuo, lo que puede restringir la formación de la estructura en bandas en el acero. Un enfriamiento rápido tras el calentamiento homogéneo también es favorable para disminuir la segregación de carbono e inhibir la

formación de la estructura en bandas. Tras las etapas de procedimiento anteriores, la microestructura del acero en flejes de fase doble laminado en frío de 780 MPa descrito en el presente documento presenta una matriz de ferrita equiaxial fina e islas de martensita distribuidas homogéneamente en la matriz de ferrita. Las propiedades mecánicas de la misma muestran poca anisotropía, y la estructura es homogénea.

5 En comparación con la técnica anterior, el acero en flejes de fase doble laminado en frío de 780 MPa descrito en el presente documento muestra una distribución homogénea de martensita, una estructura en bandas minúscula mínima, una película de fosfatación fina y densa sobre la superficie, buena soldabilidad, homogeneidad superior de las propiedades mecánicas, excelente propiedad de fosfatación y pequeñas diferencias entre las propiedades longitudinales y laterales. Es deseable para la estampación de acero de fase doble, puede satisfacer los requisitos de acero de fase doble de alta resistencia en cuanto a resistencia y maleabilidad, y puede usarse ampliamente en la fabricación de automóviles y otros campos.

10 Según el método para fabricar el acero en flejes de fase doble laminado en frío de 780 MPa descrito en el presente documento, se obtiene acero en flejes de fase doble laminado en frío de alta resistencia que tiene una microestructura homogénea, buenas propiedades de doblado en frío y expansión de orificios, y poca anisotropía en las propiedades mecánicas mediante un diseño de composición adecuado y etapas de fabricación modificadas sin añadir ninguna dificultad a los procedimientos.

Descripción de los dibujos

La figura 1 muestra la microestructura tal como se cuele del acero en flejes de fase doble laminado en frío de 780 MPa según el ejemplo 3.

20 La figura 2 muestra la microestructura del acero en flejes de fase doble laminado en frío de 780 MPa según el ejemplo 3.

Descripción detallada

La solución técnica de la invención se demostrará adicionalmente con referencia a los siguientes ejemplos específicos y dibujos adjuntos.

25 El acero en flejes de fase doble laminado en frío de 780 MPa descrito en el presente documento se produjo según las siguientes etapas:

1) fundir: se controlaron las proporciones de los elementos químicos tal como se muestra en la tabla 1;

2) colar: se usó un procedimiento de enfriamiento con agua secundario en el que la capacidad de chorro de agua no era menor de 0,7 l de agua/kg de pieza troquelada de acero;

30 3) laminar en caliente: se controló la temperatura de laminación final para que fuese de 820-900°C, seguido por enfriamiento rápido tras laminar;

4) enrollar: se controló la temperatura de enrollamiento para que fuese de 450-650°C;

5) laminar en frío: la tasa de reducción por laminación en frío era del 40-60%;

35 6) recocer de manera continua: mantener a 800-860°C, enfriar hasta 640-700°C a una velocidad de enfriamiento de no menos de 5°C/s, enfriar adicionalmente hasta 220-280°C a una velocidad de enfriamiento de 40-100°C/s y revenir a 220-280°C durante 100-300 s;

7) laminar por revenido: el alargamiento por laminación por revenido era del 0,1-0,4% (esta etapa no se realizó en el ejemplo 1).

Tabla 1

N.º	Elementos químicos (% en peso)							
	C	Si	Mn	Cr	Mo	Al	Nb	Ti
Ej. 1	0,06	0,2	2,3	0,4	0	0,015	0,02	0,03
Ej. 2	0,07	0,28	1,8	0,3	0	0,05	0,03	0,01
Ej. 3	0,08	0,25	1,9	0,25	0,05	0,02	0,025	0,025
Ej. 4	0,09	0,1	2,1	0,2	0,1	0,03	0,02	0,02
Ej. 5	0,1	0,03	2,0	0,1	0,2	0,04	0,015	0,015
Ej. 6	0,085	0,15	2,2	0,22	0,08	0,035	0,01	0,01

40 La tabla 2 muestra los parámetros de procedimiento específicos de los ejemplos. Los ejemplos 2-1 y 2-2 indican que usan ambos las proporciones de componentes del ejemplo 2 mostradas en la tabla 1, y los ejemplos 5-1 y 5-2 indican que usan ambos las proporciones de componentes del ejemplo 5 mostradas en la tabla 1.

Tabla 2

N.º	Colada	Laminación en caliente		Recocido continuo							
		Capacidad de agua de enfriamiento secundario (l/kg)	Temperatura de laminación final (°C)	Temperatura de enrollamiento (°C)	Temperatura de mantenimiento (°C)	Velocidad de enfriamiento lento (°C/s)	Temperatura de entrada para enfriamiento rápido (°C)	Temperatura de salida para enfriamiento rápido (°C)	Velocidad de enfriamiento rápido (°C/s)	Temperatura de revenido (°C)	Tiempo de revenido (s)
Ej. 1	0,8	830	450	805	11	690	250	100	250	250	/
Ej. 2-1	0,85	850	500	800	10	700	280	80	270	150	0,2
Ej. 2-2	0,9	860	550	820	9	670	260	60	260	200	0,3
Ej. 3	0,95	890	600	840	6	680	240	50	240	100	0,4
Ej. 4	1	840	650	860	7	660	230	40	230	300	0,3
Ej. 5-1	0,82	880	610	850	5	640	220	45	220	250	0,2
Ej. 5-2	0,87	870	520	800	10	645	280	50	280	180	0,3
Ej. 6	0,93	900	570	835	8	650	270	70	240	120	0,1

La tabla 3 muestra las propiedades del acero de fase doble laminado en frío de los ejemplos según la presente solución técnica.

Tabla 3

N.º	Propiedades de tracción por muestreo lateral			Propiedades de tracción por muestreo longitudinal			Doblado lateral (doblado en frío a 180°)	Doblado longitudinal (doblado en frío a 180°)	Razón de expansión de orificios (%)
	σ_s (Mpa)	σ_b (Mpa)	δ (%)	σ_s (Mpa)	σ_b (Mpa)	δ (%)			
Ej. 1	415	790	22	420	785	23	1a	2a	35
Ej. 2-1	420	810	22	415	815	22	1a	2a	34
Ej. 2-2	435	820	20	430	810	20	1a	2a	40
Ej. 3	450	840	19	430	845	20	1a	2a	50
Ej. 4	460	840	19	450	830	19	1a	2a	45
Ej. 5-1	470	860	18	450	855	19	1a	2a	55
Ej. 5-2	455	830	21	440	810	20	1a	2a	36
Ej. 6	485	855	19	470	845	19	1a	2a	51

5 Tal como se muestra en la tabla 3, el acero en flejes de fase doble laminado en frío de 780 MPa descrito en el presente documento tiene alta resistencia, buena elongación, poca anisotropía en las propiedades mecánicas y puede reemplazar al acero de fase doble laminado en frío de 590 MPa para su uso en el campo de la fabricación de automóviles.

10 La figura 1 muestra la microestructura tal como se cuele del ejemplo 3, y la figura 2 muestra la microestructura de este ejemplo. Tal como se muestra en la figura 1, la estructura tal como se cuele del acero de fase doble laminado en frío comprende cementita distribuida de manera dispersiva en los granos de ferrita. Tal como se muestra en la figura 2, la microestructura del acero de fase doble laminado en frío comprende matriz de ferrita equiaxial fina e islas de martensita distribuidas homogéneamente en la matriz de ferrita, y la estructura en bandas es mínima.

REIVINDICACIONES

1. Acero en flejes de fase doble laminado en frío de 780 MPa, en el que el acero en flejes tiene una microestructura de matriz de ferrita equiaxial fina e islas de martensita distribuidas homogéneamente en la matriz de ferrita, y comprende los siguientes elementos químicos en porcentaje en masa:
 - 5 C 0,06~0,1%;
 - Si $\leq 0,28\%$;
 - Mn 1,8~2,3%;
 - Cr 0,1~0,4%;
 - Mo no añadido cuando $Cr \geq 0,3\%$; y $Mo = 0,3\% - Cr$ cuando $Cr < 0,3\%$;
 - 10 Al 0,015~0,05%;

al menos uno de Nb y Ti, en el que Nb+Ti está en el intervalo del 0,02~0,05%;

el resto cantidades de Fe y otras impurezas inevitables.
2. Acero en flejes de fase doble laminado en frío de 780 MPa según la reivindicación 1, en el que C es del 0,07~0,09%; Mn es del 1,9~2,2%; Al es del 0,02~0,04%.
- 15 3. Método para fabricar el acero en flejes de fase doble laminado en frío de 780 MPa según la reivindicación 1 ó 2, que comprende las siguientes etapas:
 - 1) fundir;
 - 2) colar: se usa un procedimiento de enfriamiento con agua secundario en el que la capacidad de chorro de agua no es menor de 0,7 l de agua/kg de pieza troquelada de acero;
 - 20 3) laminar en caliente: la temperatura de laminación final se controla para que sea de 820~900°C, seguido por enfriamiento rápido tras la laminación;
 - 4) enrollar: la temperatura de enrollamiento se controla para que sea de 450~650°C;
 - 5) laminar en frío;
 - 25 6) recocer de manera continua: mantener a 800~860°C, enfriar hasta 640~700°C a una velocidad de enfriamiento de no menos de 5°C/s, enfriar adicionalmente hasta 220~280°C a una velocidad de enfriamiento de 40~100°C/s y revenir a 220~280°C durante 100~300 s.
4. Método según la reivindicación 3 para fabricar el acero en flejes de fase doble laminado en frío de 780 MPa, que comprende además la etapa 7): laminar por revenido.
5. Método según la reivindicación 4 para fabricar el acero en flejes de fase doble laminado en frío de 780 MPa, en el que la tasa de reducción por laminación en frío es del 40~60% en la etapa 5).
- 30 6. Método según la reivindicación 4 ó 5 para fabricar el acero en flejes de fase doble laminado en frío de 780 MPa, en el que el alargamiento por laminación por revenido es del 0,1~0,4% en la etapa 7).

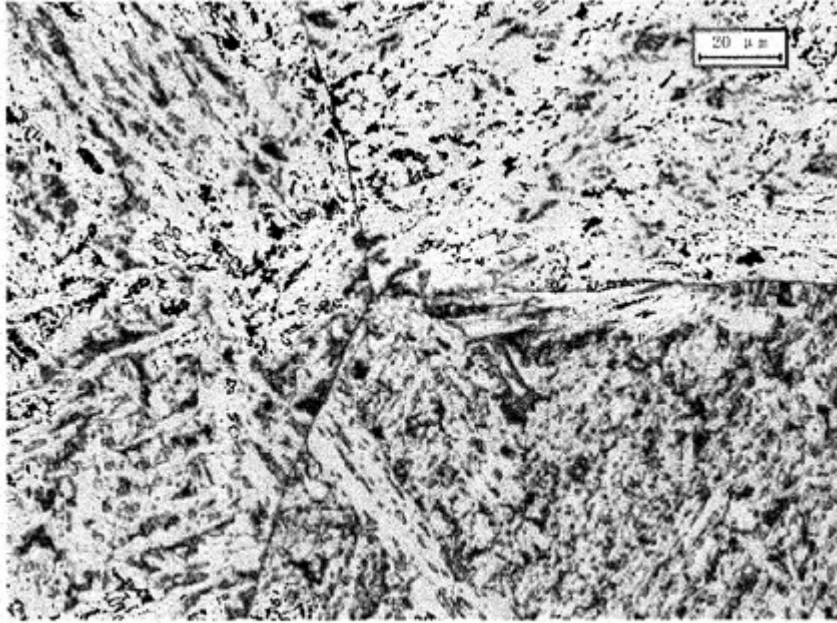


Figura 1

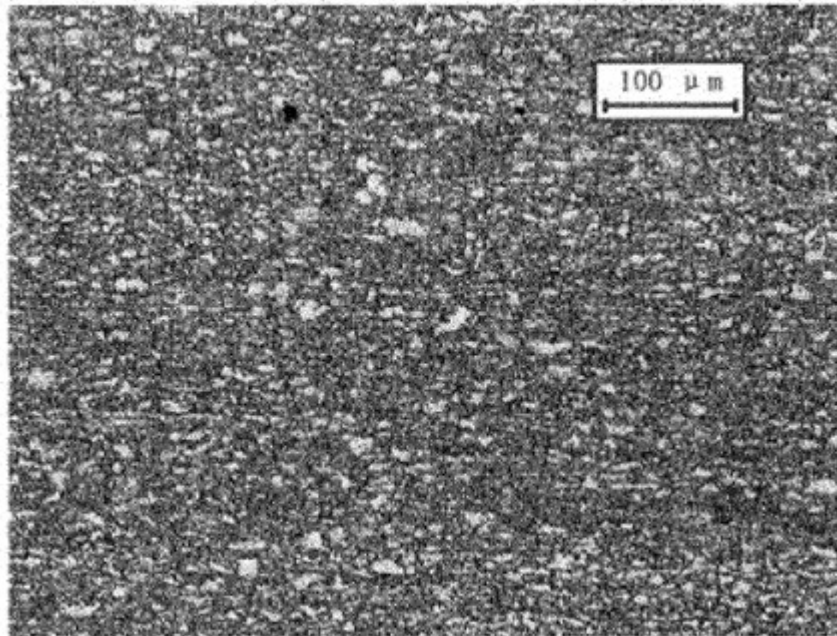


Figura 2