(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 723 700**

(51) Int. Cl.:

C22C 38/04	(2006.01)	***C22C 38/42***	(2006.01)
C22C 38/02	(2006.01)	***C22C 38/44***	(2006.01)
C22C 38/06	(2006.01)	***C22C 38/46***	(2006.01)
C22C 38/12	(2006.01)	***C22C 38/48***	(2006.01)
C22C 38/18	(2006.01)	***C22C 38/50***	(2006.01)
C22C 38/08	(2006.01)	***C22C 38/58***	(2006.01)
C22C 38/16	(2006.01)	***C21D 1/84***	(2006.01)
C22C 38/14	(2006.01)	***C21D 6/02***	(2006.01)
C21D 8/02	(2006.01)		
C21D 6/00	(2006.01)		

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.10.2016** **PCT/CN2016/102490**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **02.11.2017** **WO17185677**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.10.2016** **E 16900185 (6)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.02.2019** **EP 3309276**

(54) Título: **Placa de acero ultra-espesa de sensibilidad débil a la fusiración y baja relación de límite de elasticidad a la tracción y su método de fabricación**

(30) Prioridad:

28.04.2016 CN 201610272418

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
30.08.2019

(73) Titular/es:

JIANGYIN XINGCHENG SPECIAL STEEL WORKS CO., LTD (100.0%)
Liao Shuquan, 297 East Binjiang Road, Jiangyin, Jiangsu
Jiangyin, Jiangsu 214429, CN

(72) Inventor/es:

SUN, XIANJIN;
GAO, ZHUZHONG;
HU, JIANGUO;
LI, JINGTAO;
MIAO, PIFENG;
WU, XIAOLIN;
SHI, AILAI;
ZHAO, FU;
XU, FENG y
FANG, SHOUYU

(74) Agente/Representante:

IZQUIERDO BLANCO, María Alicia

ES 2 723 700 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

Placa de acero ultra-espesa de sensibilidad débil a la fusiración y baja relación de límite de elasticidad a la tracción y su método de fabricación

Campo técnico

[0001] La invención se refiere al campo técnico de acero, y más particularmente a una placa de acero ultra-pesada con baja sensibilidad al agrietamiento y baja relación de límite de elasticidad a resistencia a la tracción (la relación de límite de elasticidad a resistencia a la tracción se denomina como "relación de rendimiento" de aquí en adelante, YL(YR)), que está adaptada para ser aplicada en ambientes de baja temperatura a -60°C, y uno de sus métodos de fabricación.

Antecedentes de la técnica

[0002] Con continuos avances de la tecnología industrial y la economía, acero estructural de alta resistencia se aplica cada vez más en la construcción naval, equipos marinos, estructuras de construcción, transporte ferroviario, la construcción de puentes, grandes estructuras de acero y otros campos. La mejora de la resistencia puede reducir en gran medida la aplicación total de cantidades de acero, que pueden hacer que el equipo de construcción en general sea liviano y al mismo tiempo reducir el costo de los recursos. Sin embargo, a medida que mejora la resistencia del acero, también ofrece algunos rendimientos negativos en comparación con el acero estructural de baja aleación común. En donde, el aumento de la relación de rendimiento, la disminución de la propiedad de soldadura y la disminución de la tenacidad a baja temperatura restringen seriamente la promoción y el desarrollo de acero de alta resistencia. La baja relación de rendimiento, la alta tenacidad a baja temperatura y la buena soldabilidad se han convertido en importantes esfuerzos de desarrollo del acero estructural de alto rendimiento de tercera generación. Actualmente, no hay un informe nacional sobre la placa de acero de 40-70 mm de espesor, alta resistencia y alta tenacidad en el diseño de bajo contenido de carbono con baja sensibilidad al agrietamiento y baja relación de rendimiento que se puede aplicar a -60°C.

[0003] La publicación de patente Nº CN102433507A describe una placa de acero de alta resistencia fácil de soldar con baja relación de rendimiento, y su proceso de fabricación, que utiliza diseño de componentes microaleados Nb y Cr de bajo carbono, con un límite elástico de 460-560MPa, una resistencia a la tracción de 700-790MPa y una relación de rendimiento inferior a 0,7. Sin embargo, este producto de patente tiene un diseño de componentes totalmente diferente al de la invención, y al mismo tiempo, solo se puede aplicar en la condición de -20°C, no está satisfecho con la aplicación en la condición de -60°C. Acerca del medidor de espesor, solo se puede alcanzar hasta 30 mm y no puede garantizar el rendimiento para una placa de acero más gruesa.

[0004] La publicación de patente Nº CN103114186A da a conocer una solución técnica de método de enfriamiento controlado de placa de acero de alto rendimiento fácil de soldar, que utiliza diseño de elemento microaleado de bajo carbono, Nb, V, Cr, B, Ti y similares, y utiliza proceso controlado de laminación y enfriamiento, obteniendo una placa de acero de baja relación de rendimiento con un espesor de 12 mm a 60 mm con Pcm≤0,21, que se puede aplicar en la condición de -40°C, y con una resistencia de elasticidad de más de 530MPa, una resistencia a la tracción de más de 700MPa, una relación de rendimiento inferior a 0,8 y una energía de impacto a -40°C de más de 120J.

[0005] El documento JP 2006-322019A describe un acero en forma de H de tipo TMCP (proceso de control termo-mecánico) y clase de 590 MPa, donde el acero tiene un diseño de bajo contenido de carbono y exhibe una baja sensibilidad al agrietamiento y una baja relación de rendimiento.

[0006] El documento JP H11-335735A fabrica un acero de forma extra gruesa de clase de 50 kg en un diseño con bajo contenido de carbono que es excelente en soldabilidad y resistencia.

[0007] El documento JP 2011-017061A proporciona una placa de acero de alta resistencia a la tracción que tiene una alta resistencia y una resistencia a la tracción TS de 760 MPa o más.

Sumario de la invención

[0008] Dirigido a la técnica anterior, el problema técnico resuelto por la invención es proporcionar placas de acero de alta resistencia, que se pueden aplicar a -60°C y tienen un grosor de 40-70 mm, equivalente de carbono de ≤ 0,43, coeficiente de sensibilidad al agrietamiento en frío (Pcm) de ≤ 0,20, una relación de rendimiento de ≤ 0,80 y un método de fabricación del mismo.

[0009] Nuestra invención proporciona una placa de acero como se describe en la reivindicación 1, así como un método para la fabricación de la placa de acero como se describe en la reivindicación 2.

[0010] El proceso de fundición de la placa de acero es: KR pretratamiento de hierro fundido - fundición de convertidor BOF - refinación LF - RH de desgasificación al vacío - losa de colada continua - proceso de

deshidrogenación de losa de enfriamiento lento - laminado controlado por recalentamiento de losa - enfriamiento controlado - Test - envasado y almacenamiento.

[0011] Los efectos de todos los componentes incluidos en la invención y las razones de la selección de sus contenidos se describen en detalles como sigue:

C: un elemento importante que afecta la resistencia, la tenacidad a bajas temperaturas y la soldabilidad; mejora de la resistencia del acero mediante el fortalecimiento de soluciones sólidas cuando el contenido de carbono es demasiado bajo (inferior al 0,03%), la resistencia no puede garantizarse, mientras que si el contenido de carbono es demasiado alto (superior al 0,10%), causará impactos negativos en la tenacidad y la soldabilidad del acero. El contenido de C de la invención se selecciona del rango de 0,05-0,09%, lo que puede garantizar una buena tenacidad y soldabilidad a baja temperatura de la placa de acero sobre la base de asegurar la resistencia de la placa de acero.

Si: un elemento desoxidante que tiene un efecto fortalecedor de la solución sólida; un contenido demasiado alto de Si causará impactos negativos en la calidad de la superficie, la tenacidad y las propiedades de soldadura; el contenido de Si de la invención se selecciona del rango de 0,2 a 0,4%.

Mn: un elemento importante que afecta la resistencia, la tenacidad a bajas temperaturas y la soldabilidad; un elemento estabilizador de austenita típico que tiene un efecto fortalecedor de la solución sólida; el efecto de fortalecimiento de la solución sólida será ineficaz cuando el contenido de Mn sea inferior al 0,8%, mientras que el contenido de Mn demasiado alto aumentará el equivalente de carbono del acero y el coeficiente de sensibilidad al agrietamiento del acero, que puede causar impactos negativos en la soldabilidad del acero. Mientras tanto, Mn puede generar susceptiblemente una segregación en el centro de la placa de acero que puede causar impactos negativos en la resistencia a los impactos a baja temperatura del centro de la placa de acero. El contenido de Mn de la invención se selecciona del intervalo de 1,3-1,6%.

Al: un elemento desoxidante que tiene efectos de desoxigenación y fijación de nitrógeno para formar AlN que funciona como granos refinados. El contenido de Al de la invención se selecciona del rango de 0,02-0,04%.

Nb: un importante elemento de refinamiento de grano, que puede refinar en gran medida los granos de austenita por el efecto de fijación y el efecto de reforzamiento de la precipitación durante el proceso de laminación para mejorar la temperatura de recristalización de la austenita, que favorece la mejora de la resistencia y la resistencia. El contenido de Nb de la invención se selecciona del intervalo de 0,03-0,08%.

V: un elemento formador de carbonitruro, que puede refinar el tamaño del grano de ferrita, en forma de fortalecimiento de la dispersión, formando V(C, N) para mejorar la resistencia y tenacidad del acero; un contenido demasiado alto causará impactos negativos en la soldabilidad. El contenido de V de la invención se selecciona del rango de 0,03-0,08%.

Cr: un elemento formador de carburo de resistencia media, que puede mejorar considerablemente la capacidad de endurecimiento y la resistencia del acero. Cuando se agrega en exceso, causará impactos negativos en la resistencia al impacto a baja temperatura y la soldabilidad del acero. El contenido de Cr de la invención se selecciona del intervalo de 0,1-0,5%.

Ni: puede aumentar la resistencia del acero y mejorar la resistencia al impacto a baja temperatura simultáneamente. Cuando el contenido de Ni es demasiado alto, puede producir incrustaciones de óxido de hierro de alta viscosidad que pueden afectar la calidad de la superficie de la placa de acero. Mientras tanto, un contenido demasiado alto de Ni aumentará el equivalente de carbono y el coeficiente de sensibilidad al agrietamiento de la placa de acero, lo que puede causar impactos negativos en la soldabilidad de la placa de acero. El contenido de Ni de la invención se selecciona del intervalo de 0,1-0,5%.

Mo: puede posponer significativamente la transformación de perlita y garantizar la obtención de la estructura de bainita a una velocidad de enfriamiento más baja; y para el acero ultra pesado con baja relación de rendimiento, puede garantizar la obtención de la estructura de doble fase de ferrita/bainita en todo el espesor de la sección. El contenido de Mo de la invención se selecciona del intervalo de 0,1-0,3%.

Cu: proporciona principalmente los efectos del fortalecimiento de la solución sólida y el reforzamiento de la precipitación, mientras que mejora el rendimiento anti-intemperante del acero y reduce la sensibilidad al agrietamiento inducido por hidrógeno de la placa de acero; demasiado alto puede causar impactos negativos en la soldabilidad de la placa de acero. El contenido de Cu de la invención se selecciona del rango de 0,2-0,5%.

Ti: un fuerte elemento formador de nitruro, que proporciona el efecto del fortalecimiento de la precipitación formando TiN, y puede refinar efectivamente los granos, mejora la tenacidad a baja temperatura, mejora aún más la temperatura de recristalización de la austenita agregando Nb y Ti combinados; un contenido demasiado alto puede causar impactos negativos en la tenacidad de la placa de acero. El contenido de Ti de la invención se

selecciona del rango de 0,01-0,02%.

P, S: un elemento de impureza importante del acero, que puede causar impactos negativos en la tenacidad al impacto a baja temperatura de la placa de acero, en particular el centro de la placa de acero, por lo que es mejor un contenido más bajo. De acuerdo con las condiciones reales de fabricación, los contenidos de P y S de la invención se seleccionan por separado del rango de P ≤ 0,015%, S ≤ 0,003%.

N: el nitrógeno se selecciona del rango de N ≤ 0,007%.

[0012] El método de fabricación de la chapa de acero anteriormente con baja sensibilidad al agrietamiento y baja relación de rendimiento comprende las etapas siguientes:

(1) en el proceso de fabricación de acero, produciendo acero fundido con alta pureza mediante el tratamiento previo con hierro fundido KR, BOF, refino LF, tratamiento de desgasificación al vacío RH, luego produciendo una losa de colada continua con un espesor de 150-450 mm por el proceso de colada continua de losa ultra-pesada, que posteriormente procesa las losas de colada continua con el tratamiento del apilamiento que cubre la tapa, enfriamiento lento y difusión de hidrógeno (deshidrogenación), en donde el tiempo de deshidrogenación es ≥ 120 horas;

(2) calentar las losas de colada continua a 1130-1250°C, incubar durante 150-180 min para provocar la disolución total de los elementos de aleación en el acero para garantizar la uniformidad de rendimiento, y descalcificar las losas de colada continua con agua a alta presión después de salir del horno;

(3) ejercer dos etapas de laminación sobre las losas de colada continua, la primera etapa es de laminación bruta con una temperatura de inicio de laminación de 1050-1150°C y una reducción de cada pasada de laminación ≥ 15%; la segunda etapa se termina de rodar con la temperatura inicial de laminación de 840-900°C y la reducción total de la laminación terminada ≥ 60%;

(4) un enfriamiento controlado aplicado después de la laminación tiene dos etapas, la primera etapa es una etapa de enfriamiento por aire con una temperatura de inicio de enfriamiento de 800-860°C y una temperatura de enfriamiento final de 600-750°C; la segunda etapa es una etapa de enfriamiento acelerado con una velocidad de enfriamiento de 13-17°C/s y una temperatura de enfriamiento final de 300-450°C.

(5) después de la etapa de enfriamiento controlado, aplicando un tratamiento de enderezamiento en caliente y, finalmente, enfriando para obtener los productos terminados de la placa de acero.

[0013] La invención se dirige a una placa de acero ultra-pesada de alta resistencia con baja sensibilidad al agrietamiento y la relación de bajo rendimiento, que está adaptado para ser aplicado en la condición de -60°C. Para los componentes, utiliza un diseño de componentes de bajo coeficiente de carbono, equivalente en carbono bajo y bajo coeficiente de sensibilidad al craqueo; para el proceso, utiliza la fundición de acero de alta pureza y losas continuas con un espesor de 150-450 mm como materia prima, y aplica el proceso controlado de laminación y enfriamiento controlado para fabricar la placa de acero ultra-pesada y de alta resistencia, que tiene un grosor de 40-70 mm, una baja sensibilidad al agrietamiento y una baja relación de rendimiento, y está adaptado para ser aplicado en la condición de -60°C.

[0014] En comparación con la técnica anterior, las ventajas de la invención incluyen:

(1) La invención aplica el diseño de componentes de baja emisión de carbono, baja emisión de carbono y baja sensibilidad de agrietamiento, en donde el contenido de C es de 0,05-0,09%, la equivalencia de carbono es ≤ 0,43 y la sensibilidad al agrietamiento Pcm es ≤ 0,20, para garantizar la soldabilidad de la placa de acero.

(2) Para la placa de acero ultra-pesada con un espesor de 40-70 mm de acuerdo con la invención, en base a tener una buena soldabilidad, también tiene excelentes rendimientos de baja relación de rendimiento y alta resistencia a baja temperatura, y tiene una fuerza de rendimiento de ≥ 460MPa, una resistencia a la tracción de 570-760MPa, una relación de rendimiento de ≤ 0,80, una tasa de alargamiento de ≥ 17%, energía de impacto Charpy de ≥ 150J cuando se mide a 1/4 de espesor y 1/2 de espesor de las placas de acero a una temperatura de -60°C, una reducción del área en la dirección Z de ≥ 35%, que se satisface al aplicarse en condiciones de baja temperatura de -60°C.

Breve descripción de los dibujos

[0015]

La Fig. 1 es un diagrama de microestructura posicionado a 1/4 de espesor de la placa de acero de 70 mm de espesor según una realización de la invención;

La Fig. 2 es un diagrama de microestructura posicionado a 1/2 de espesor de la placa de acero de 70 mm de espesor según una realización de la invención.

Descripción detallada de la invención

[0016] La invención se describe ahora en más detalle con referencia a realizaciones mostradas en los dibujos.

Ejemplos 1-2:

[0017] El método de fabricación de chapa de acero en relación con las dos realizaciones: KR pretratamiento de hierro fundido - convertidor de fundición - refinación LF - RH de desgasificación al vacío - colada continua - tapa que cubre el enfriamiento lento para las losas de colada continua - detección y limpieza de losas de fundición continua - calentamiento de las losas de fundición - descalcificación por agua a alta presión - laminado controlado - enfriamiento controlado - enderezado en caliente - enfriamiento por aire, para fabricar dos conjuntos de baja sensibilidad de agrietamiento, baja relación de rendimiento y placas de acero de alta resistencia con un espesor de 70 mm y se pueden usar a baja temperatura. También es completamente adecuado para la fabricación de placas de acero con un espesor inferior a 70 mm.

[0018] Procesos específicos del calentamiento por encima del enfriamiento a la rodadura y lenta incluyen el calentamiento de las losas de colada continua con un espesor de 370 mm a 1180°C y una incubación de 180 min (Ejemplo 1), o calentamiento a 1220°C y una incubación de 150 min (Ejemplo 2), descalcificación de las losas de colada continua por agua a alta presión después de salir del horno; luego, aplicando dos etapas de laminación, la primera etapa es de laminación brusca, la temperatura inicial de laminación es de 1060°C (Ejemplo 1) o de 1100°C (Ejemplo 2), el grosor de la losa inmediata es de 240 mm y la reducción de cada pase de laminación es ≥ 16%; la segunda etapa tiene una temperatura de inicio de laminación de 860°C con una reducción de los pases de rodadura acumulados del 65% (Ejemplo 1), o la segunda etapa tiene una temperatura de inicio de laminación de 840°C con una reducción de los pases de laminación acumulados del 65% (Ejemplo 2), las placas de acero acabadas tienen un espesor de 70 mm (Ejemplo 1) y 70 mm (Ejemplo 2); después del laminado, las placas de acero se enfrían con aire a 680°C (Ejemplo 1) y 650°C (Ejemplo 2); luego, se aplica un enfriamiento acelerado, con una velocidad de enfriamiento de 13-17°C/s y una temperatura de enfriamiento final de 400°C (Ejemplo 1) y 430°C (Ejemplo 2), y finalmente se enfría por aire a temperatura ambiente.

[0019] Los componentes químicos de las placas de acero producidas por el ejemplo 1 y 2 se enumeran en la Tabla 1, las propiedades mecánicas de las placas de acero se enumeran en la Tabla 2, y las microestructuras posicionadas en 1/4 y 1/2 de espesor de las placas de acero se muestran en la Fig. 1 y la Fig. 2.

Tabla 1 Los componentes químicos (% en peso) de las placas de acero ultrapesadas con baja sensibilidad al agrietamiento y baja relación de rendimiento de los ejemplos 1 y 2

Ejemplo	C	Si	Mn	P	S	Al	Nb	V	Ti	Cr	Ni	Mo	Cu	N	Ceq	Pcm
1	0.06	0.28	1.55	0.012	0.002	0.026	0.036	0.041	0.014	0.16	0.27	0.12	0.23	0.0028	0.42	0.19
2	0.07	0.23	1.54	0.011	0.002	0.030	0.034	0.036	0.015	0.16	0.27	0.11	0.23	0.0027	0.42	0.19

Ceq=C+Mn/6+(Cr+Mo+V)/5+(Ni+Cu)/15
Pcm=C+Si/30+(Mn+Ci+Cr)/20+Ni/60+Mo/15+V/10+5B

Tabla 2 Las propiedades mecánicas de las placas de acero ultra -pesadas con baja sensibilidad de agrietamiento y baja relación de rendimiento de los ejemplos 1 y 2

	Espesor/mm	Posición	Fuerza de rendimiento /MPa	Resistencia a la tracción /MPa	Tasa del alargamiento de ruptura /%	Relación de rendimiento	Energía de impacto a -60°C/J	Reducción de área en Zdirección /%
Ejemplo 1	70 mm	1/4	504	676	26.2	0.75	252,236,247	75,70,72
		1/2	483	669	27.5	0.72	205,196,216	
Ejemplo2	70 mm	1/4	498	668	25.9	0.75	228,232,248	73,75,70
		1/2	479	657	28.0	0.73	198,185	

[0020] La invención ha llenado el espacio en blanco doméstico por el diseño de componentes de ultra-bajo en carbono, equivalente bajo en carbono y de baja sensibilidad de agrietamiento y por la sensibilidad al agrietamiento bajo, placas de acero de baja relación de rendimiento con un espesor de 40-70 mm, que es con éxito fabricado por el proceso controlado de laminación y enfriamiento y se puede utilizar en condiciones de -60°C.

REIVINDICACIONES

1. Una placa de acero ultra-pesada con baja sensibilidad al agrietamiento y baja relación de rendimiento es la relación entre el límite elástico y la resistencia a la tracción, en donde los porcentajes de masa de los componentes químicos de la placa de acero son C 0,05-0,09; Si 0,2-0,4; Mn 1,3-1,6; Al 0,02-0,04; Nb 0,03-0,08; V 0,03-0,08; Cr 0,1-0,5; Ni 0,1-0,5; Mo 0,1-0,3; C_u 0,2-0,5; Ti 0,01-0,02; P ≤ 0,015; S ≤ 0,003; N ≤ 0,007, el balance es Fe e impurezas inevitables, el equivalente de carbono es ≤ 0,43, el coeficiente de sensibilidad al agrietamiento en frío Pcm es ≤ 0,20,
en donde el equivalente de carbono Ceq y el coeficiente de sensibilidad al agrietamiento en frío Pcm se calculan respectivamente a partir de las siguientes ecuaciones:

$$Ceq=C+Mn/6+(Cr+Mo+V)/5+(Ni+Cu)/15$$

$$Pcm=C+Si/30+(Mn+Cu+Cr)/20+Ni/60+Mo/15+V/10+5B;$$

en donde la placa de acero tiene un espesor de 40-70 mm, un límite elástico de ≥ 460MPa, un límite de tracción de 570-760MPa, una relación de rendimiento de ≤ 0,80, una tasa de alargamiento de ≥ 17%, energía de impacto Charpy de ≥ 150J cuando se mide a 1/4 de espesor y 1/2 de espesor de las placas de acero a una temperatura de -60°C, una reducción del área en la dirección Z es ≥ 35%, que está adaptada para ser aplicada en ambientes de baja temperatura en -60°C.

2. Un método para fabricar la placa de acero ultra-pesada con baja sensibilidad de agrietamiento y baja relación de rendimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada porque** comprende los siguientes pasos del proceso:

(1) producir acero fundido de alta pureza mediante el tratamiento previo de hierro fundido KR, la fundición del convertidor, el refinado LF, el tratamiento de desgasificación al vacío RH y la producción de una losa de colada continua con un espesor de 150-450 mm mediante un proceso de colada continua de la chapa ultra pesada. Después, tratar las losas de colada continua con cubierta por una tapa, apilar para enfriamiento lento y difusión de hidrógeno, en donde el tiempo de apilado para enfriamiento lento es ≥ 120 horas;
(2) calentar las losas de colada continua a 1130-1250°C, incubando durante 150-180 min y descalcificando las losas de colada continua con agua a alta presión después de salir del horno;
(3) ejercer dos etapas de laminación sobre las losas de colada continua, la primera etapa es de laminación bruta con una temperatura de inicio de laminación de 1050-1150°C y la relación de reducción de cada pasada de laminación es ≥ 15%; la segunda etapa es el acabado del laminado con una temperatura de inicio de laminación de 840-900°C y la relación de reducción de los pases acumulados de laminación es ≥ 60%;
(4) aplicar un enfriamiento controlado después del laminado, el enfriamiento controlado que comprende dos etapas, la primera etapa es una etapa de enfriamiento por aire con una temperatura de inicio de enfriamiento de 800-860°C y una temperatura de enfriamiento final de 600-750°C; la segunda etapa es una etapa de enfriamiento acelerado con una velocidad de enfriamiento de 13-17°C/s y una temperatura de enfriamiento final de 300-450°C;
(5) después de la etapa de enfriamiento controlado, aplicar un tratamiento de enderezamiento en caliente y, finalmente, enfriar por aire para obtener los productos terminados de la placa de acero.

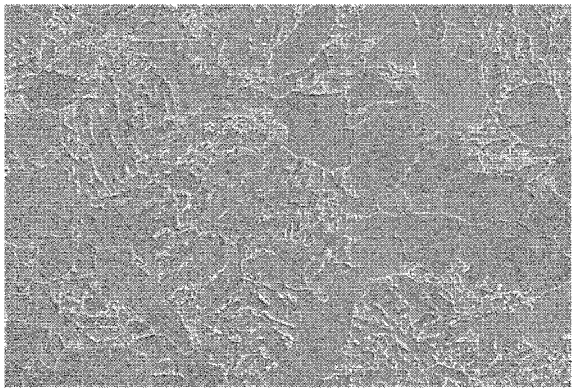

Fig.1

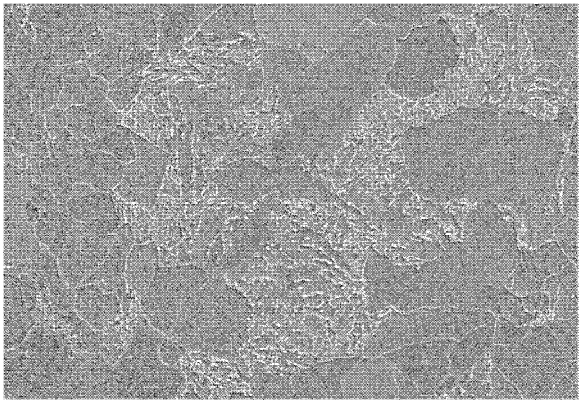

Fig.2