

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 578 352**

51 Int. Cl.:

C22C 38/00 (2006.01)

C21D 9/46 (2006.01)

C22C 38/06 (2006.01)

C22C 38/58 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.01.2011 E 11734811 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.05.2016 EP 2530177**

54 Título: **Placa de acero para forjado en frío y proceso para producir la misma**

30 Prioridad:

25.01.2010 JP 2010013447

25.01.2010 JP 2010013446

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

26.07.2016

73 Titular/es:

NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION (100.0%)

6-1, Marunouchi 2-chome Chiyoda-ku Tokyo 100-8071, JP

72 Inventor/es:

**ABE MASAYUKI;
TAKEDA KENGO;
YAMAMOTO SHUJI;
TSUKANO YASUSHI y
YAMAGUCHI SHINICHI**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 578 352 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 para forjado en frío y proceso para producir la misma

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a una placa de acero para forjado en frío que es un material apropiado para producir piezas tal como motores y transmisiones de automóviles, a través del forjado en frío (forjado de palca en prensa) y un procedimiento para producir las mismas. En detalle, la presente invención se refiere a una placa de
10 acero para el forjado en frío que incluye una placa de acero laminada en caliente que tiene una pequeña anisotropía en aptitud para el moldeo, una placa de acero para el forjado en frío que además incluye una película tratada en la superficie que tiene excelente lubricidad suficiente para resistir el forjado en frío, y un procedimiento para producir el mismo.

La presente solicitud reivindica la prioridad de la Solicitud de Patente Japonesa No. 2010-013446 presentada el 25 de enero, 2010 y Solicitud de Patente Japonesa No. 2010-013447 presentada el 25 de enero de 2010, los contenidos de las cuales se incorporan aquí como referencia.

Técnica anterior

15 Como un proceso de trabajo en el que los materiales metálicos, tales como materiales de acero y hierro y aceros inoxidables se deforman plásticamente, sobre todo, existe el forjado en caliente en el que se moldea un material de acero mientras se calienta y el forjado en frío en el que un material de acero se moldea usando un molde a temperatura ambiente.

20 En los últimos años, se han realizados esfuerzos para disminuir el peso de las carrocerías de automóviles con el fin de reducir la cantidad de emisiones de CO₂ de los automóviles desde el punto de vista de de protección del medio ambiente mundial, y se procedió al uso de una placa de acero de alta resistencia que tiene una resistencia de 440 MPa o más. Además, en las empresas automotrices y fabricantes de piezas, las piezas que se produjeron de forma convencional a través del forjado en caliente se producen a través del forjado en prensa en frío con el fin de simplificar las etapas de producción. La simplificación de los pasos ahorra energía y reduce los costos en el proceso
25 de producción; y de este modo, la eficiencia del proceso se mejora. En particular, desde el punto de vista de la mejora de la eficiencia del proceso de producción, un procedimiento de producción en el que un material de placa se somete a forjado en prensa en frío sin llevar a cabo el forjado en caliente, es decir, el forjado de placa en prensa se aplica a un proceso para producir piezas que convencionalmente se formaron sometiendo un material tal como una barra de acero y similares a trabajo de corte y forjado en caliente con el fin de asegurar la exactitud de la pieza.

30 Sin embargo, en el caso en que una placa de material de 440 MPa o de clase mayor se somete a forjado en prensa en frío de la placa, un problema en que se producen grietas de material es causado sobre todo en comparación con el forjado en caliente. Además, se observa la capacidad de conformado irregular debido a anisotropía inducida por el laminado en la superficie de la placa. La capacidad de conformación irregular no se produce fácilmente en un material axialmente simétrico, tal como una barra de acero. Hay una gran cantidad de problemas que deben ser
35 resueltos, tales como la aparición de grietas en una determinada dirección y desniveles en forma después del trabajo. Por el momento, es necesario cambiar un diseño a una forma en la que no se produzca agrietamiento, y también es necesario llevar a cabo una etapa en la que las porciones desiguales producidas después del arrastre, denominadas partes de oreja, se cortan. Por lo del tanto, existe una demanda de un material que tiene mejor aptitud para el moldeo y características uniformes.

40 Como se describe más arriba, en el proceso de producción de piezas, es necesario mejorar la aptitud para el moldeo que se requiere para un material con el fin de simplificar en gran medida las etapas del proceso en comparación con la técnica relacionada. En particular, con el fin de cambiar el material de una barra de acero a una placa de acero, ha habido una demanda de una mejora de anisotropía entre una dirección de laminado y una dirección perpendicular a la misma.

45 En particular, a diferencia presionar una placa de acero que tiene un espesor de aproximadamente 1 mm en la técnica relacionada, el forjado en frío de placa en la prensa se realiza sobre una placa de acero laminada en caliente que tiene un espesor de aproximadamente 2 mm a 25 mm como material para piezas tales como motores, transmisiones, y similares, y la placa de acero laminada en caliente es más gruesa que una placa de acero utilizada para las piezas de carrocería en la técnica relacionada. Por lo tanto, la capacidad de deformación última que se
50 requiere durante el trabajo es una característica importante.

Como una placa de acero de alta resistencia laminada en caliente que es excelente en capacidad de deformación última y capacidad de fijación de forma, se propone una placa de acero laminada en caliente que se obtiene mediante el control de la textura y anisotropía en ductilidad (por ejemplo, remitirse al Documento patente 1). Sin embargo, el Documento Patente 1 no divulga específicamente el forjado en frío de placa en la prensa.

55 Además, el forjado en frío alcanza una extremadamente alta productividad y precisión de dimensiones. Además, un

producto trabajado, hecho a través de forjado en frío tiene ventajas tales como la mejora de las propiedades de abrasión, una mayor fuerza debido al endurecimiento de trabajo en frío, y similares. Sin embargo, en el forjado en frío, se presiona un material metálico mientras que el material metálico se pone en contacto con un molde o similar en una alta presión superficial. Como resultado, la temperatura en la porción de contacto entre el material metálico y el molde se convierte en una temperatura relativamente alta (aproximadamente 300 °C o mayor) debido a la fricción entre el material metálico y el molde durante el prensado. Por lo tanto, en el caso en que lubricidad entre el material metálico y el molde no es suficiente, tal como el caso en el que un material metálico que no está tratado en la superficie o similares se somete a forjado en frío, existen casos en los que se produce agarrotamiento o excoiación entre el material metálico (materiales) y el molde. El agarrotamiento o excoiación provoca la rotura local o abrasión abrupta del molde; y de este modo, no sólo existen casos en los que la vida útil del molde se acorta en gran medida, sino también existen casos en los que el trabajo se hace imposible.

Para prevenir el agarrotamiento o excoiación, en general, un material metálico que debe ser sometido a forjado en frío se somete a un tratamiento de superficie para la aplicación de lubricidad a una superficie del material metálico (en lo sucesivo designado a menudo como "tratamiento de lubricación"). Como el tratamiento de lubricación, un tratamiento de fosfato (tratamiento de bonderización) ha sido conocido en la técnica relacionada en el que una película de fosfato compuesta por un compuesto de fosfato (fosfato de cinc, fosfato de manganeso, fosfato de calcio, fosfato de hierro, o similar) se forma sobre una superficie de un material metálico.

El desempeño del tratamiento de fosfato para prevenir agarrotamiento y excoiación es relativamente fuerte. Sin embargo, como se describe más arriba, debido a las recientes medidas ambientales, el forjado en frío se lleva a cabo con mayor frecuencia que los trabajos que implican gran deformación de la forma, tal como el forjado en caliente acompañado de gran consumo de energía y trabajo de corte que provoca una gran cantidad de pérdida de material, y hay una demanda de trabajo plástico más estricto en el forjado en frío. Desde el punto de vista descrito anteriormente, una película de material compuesto ha sido ampliamente utilizada que además incluye una capa compuesta de un jabón metálico (por ejemplo, estearato de sodio o similar) laminado sobre la película de fosfato. La película de material compuesto tiene un excelente desempeño para prevenir agarrotamiento y excoiación aún en condiciones estrictas de abrasión debido a la presión con una alta presión superficial durante el forjado en frío.

De acuerdo al tratamiento de lubricación para formar la película de material compuesto, el jabón metálico reacciona con la película de fosfato; y de este modo, se exhibe lubricidad favorable. Sin embargo, el tratamiento de lubricación requiere una gran cantidad de etapas de tratamiento engorrosas tales como una etapa de limpieza, una etapa de reacción en la que el jabón metálico y la película de fosfato se hacen reaccionar entre sí, y similares. En la etapa de reacción, también es necesario controlar un fluido de tratamiento, una temperatura durante la reacción, y similares. Además, ya que el tratamiento de lubricación es un tratamiento por lotes, hay un problema en que la productividad se degrada. Además, el tratamiento de lubricación para formar la película de material compuesto tiene problemas tales como un tratamiento de un residuo líquido generado durante el tratamiento o similares, y el tratamiento de lubricación no se prefiere desde el punto de vista de la protección del medio ambiente.

Por lo tanto, en los últimos años, se han propuesto una variedad de procesos de tratamiento de lubricación para sustituir el tratamiento de lubricación para formar la película de material compuesto.

Por ejemplo, el Documento patente 2 propone una composición de lubricante o similar e la que un polímero soluble en agua o una emulsión de la misma a base de agua se incluye como material base, y además se incluyen un lubricante sólido y un agente para formar una película de recubrimiento por conversión química. Sin embargo, con respecto a la composición de lubricante o similar del Documento patente 2, no pueden obtenerse la lubricidad y desempeño para prevenir agarrotamiento y excoiación que son comparables a aquellos de la película compuesta descrita anteriormente.

Además, por ejemplo, el Documento patente 3 propone un lubricante a base de agua para el trabajo plástico en frío de metal. El lubricante a base de agua está compuesto por (A) una sal inorgánica soluble en agua, (B) un lubricante sólido, (C) al menos un componente de aceite seleccionado de un aceite mineral, una grasa animal o vegetal, y un aceite sintético, (D) un tensioactivo, y (E) agua, y el lubricante sólido y el componente de aceite se dispersan en forma uniforme y se emulsionan respectivamente. Sin embargo, debido a que el componente de aceite se emulsiona, el lubricante obtenido por la técnica descrita anteriormente es inestable para el uso industrial, y la lubricidad favorable no se exhibe en forma estable.

En oposición a los asuntos descritos anteriormente, por ejemplo, el Documento patente 4 propone un material metálico para el trabajo plástico que incluye una película de lubricante de dos capas de tipo concentración-gradiente compuesta por una capa base y una capa de lubricante. El Documento patente 4 describe que una película que tiene lubricidad favorable puede generarse a través de un tratamiento simple.

Sin embargo, en la técnica del Documento patente 4, la adhesión entre la película y un metal que es un material base es insuficiente; y de este modo, la película fácilmente se separa del metal de durante el trabajo, en particular durante trabajo fuerte. Debido a que un molde y el metal entran en contacto entre sí en las porciones donde la película se separa, existe el problema de que fácilmente se produce agarrotamiento en las porciones de separación.

Documento de la técnica anterior**Documento patente**

Documento patente 1: Solicitud de patente japonesa no examinada, Primera publicación No. 2005-15854

Documento patente 2: Solicitud de patente japonesa no examinada, Primera publicación No. S52-20967

5 Documento patente 3: Solicitud de patente japonesa no examinada, Primera publicación No. H10-8085

Documento patente 4: Solicitud de patente japonesa no examinada, Primera publicación No. 2002-264252

Divulgación de la invención**Problemas que deben ser resueltos por la invención**

10 La presente invención se ha realizado en consideración de las circunstancias descritas anteriormente, y la presente invención tiene por objeto proporcionar una placa de acero para el forjado en frío y un procedimiento para producir la misma. La placa de acero para el forjado en frío puede mejorar la aptitud para el moldeo en un proceso en el que las piezas para motores y transmisiones se producen a través del forjado en frío, el así denominado forjado de placa en la prensa, y las piezas para motores y transmisiones se fabricaron en forma convencional a través del forjado en caliente y similares.

Medios para resolver los problemas

15 Los presentes inventores llevaron a cabo estudios exhaustivos con el fin de resolver los problemas descritos anteriormente. Como resultado, los inventores encontraron que la reducción de anisotropía en la aptitud para el moldeo no puede realizarse simplemente cambiando las condiciones de laminado, y es importante controlar sistemáticamente las estructuras y optimizar los componentes y estructuras pertinentes a través de una etapa de laminado en caliente. Específicamente, se definen una cantidad de óxidos, un contenido de S, y un contenido de A1 durante la fundición, se optimizan las condiciones de laminado en caliente a bobinado. De este modo, se controla la estructura. Como resultado, se reveló que el control de la estructura descrito anteriormente puede solucionar los problemas descritos anteriormente y mejorar en forma estable la anisotropía en aptitud para el moldeo. Particularmente, en el caso en que la capacidad de deformación plástica se degrada debido a que las porciones en las que las inclusiones no metálicas y carburos que son denominados bandas de perlitas están presentes en un estado denso en un área central de un espesor de placa, las anisotropías en aptitud para el moldeo en una dirección de laminado y en una dirección perpendicular a la misma aumentan. El hecho de que las bandas de perlitas toman una forma que se extiende a lo largo en la dirección de laminado debido a al laminado facilita la anisotropía en capacidad de deformación plástica. Se descubrió que un incremento en la anisotropía en aptitud para el moldeo puede suprimirse definiendo una relación entre un porcentaje de área y componentes de las bandas de perlitas. Además, también se descubrió que una tasa de alargamiento de las bandas de perlitas en la dirección de laminado y una fracción de las bandas de perlitas puede controlarse mediante el control de las condiciones de laminado del laminado en caliente, condiciones de enfriamiento, y condiciones de bobinado en serie.

20 Además, también se llevaron a cabo profundos estudios en relación con una película tratada en la superficie. Como resultado, se descubrió que puede aplicarse excelente lubricidad a una placa de acero, proporcionando una película tratada en la superficie tipo concentración-gradiente y el control de los espesores de las respectivas capas constituyentes. La película tratada en la superficie tipo concentración-gradiente i es proporcionada mediante un proceso de tratamiento simple que no causa un problema relacionado con el tratamiento de líquidos residuales. La película tratada en la superficie tipo concentración-gradiente está compuesta por tres capas de una capa de adhesión para asegurar la adhesión a la placa de acero que sirve como un material base, una capa base para retener un lubricante, y una capa de lubricante para mejorar la lubricidad.

25 Una placa de acero para el forjado en frío de acuerdo a un aspecto de la invención incluye una placa de acero laminada en caliente, en la que la placa de acero laminada en caliente incluye: en términos de porcentaje en masa, C: 0,13% a 0,20%; Si: 0,01 % a 0,8%; Mn: 0,1% a 2,5%; P: 0,003% a 0,030%; S: 0,0001% a 0,008%; Al: 0,01 % a 0,07%; N: 0,0001% a 0,02%; y O: 0,0001% a 0,0030%, con un resto que es Fe e impurezas inevitables, y un valor A representado por la siguiente fórmula (1) está en un intervalo de 0,0080 o menos. Un espesor de la placa de acero laminada en caliente está en un intervalo de 2 mm a 25 mm, y un porcentaje de área de bandas de perlitas que tienen longitudes de 1 mm o más está en un intervalo de no más que un valor K representado por la siguiente fórmula (2) en una región de 4/10t a 6/10t cuando un espesor de placa está indicado por t en una sección transversal de un espesor de placa que es paralelo a una dirección de laminado de la placa de acero laminada en caliente.

$$\text{Valor A} = \text{O}\% + \text{S}\% + 0,033\text{A1}\% \quad (1)$$

$$\text{Valor K} = 25,5 \times \text{C}\% + 4,5 \times \text{Mn}\% - 6 \quad (2)$$

En la placa de acero para el forjado en frío de acuerdo al aspecto de la invención, la placa de acero laminada en

caliente además puede incluir, en términos de porcentaje en masa, uno o más seleccionado de un grupo que consiste en: Nb: 0,001% a 0,1%; Ti: 0,001% a 0,05%; V: 0,001% a 0,05%; Ta: 0,01% a 0,5%; y W: 0,01% a 0,5%.

5 La placa de acero laminada en caliente además puede incluir, en términos de porcentaje en masa, Cr: 0,01% a 2,0%, y el porcentaje de área de las bandas de perlitas que tienen longitudes de 1 mm o más puede estar en un intervalo de no más que un valor K' representado por la siguiente fórmula (3).

$$\text{Valor } K' = 15 \times C\% + 4,5 \times Mn\% + 3,2 \times Cr\% - 3,3 \dots (3)$$

La placa de acero laminada en caliente además puede incluir, en términos de porcentaje en masa, uno o más seleccionado de un grupo que consiste en: Ni: 0,01 % a 1,0%; Cu: 0,01% a 1,0%; Mo: 0,005% a 0,5%; y B: 0,0005% a 0,01%.

10 La placa de acero laminada en caliente además puede incluir, en términos de porcentaje en masa, uno o más seleccionado de un grupo que consiste en: Mg: 0,0005% a 0,003%; Ca: 0,0005% a 0,003%; Y: 0,001% a 0,03%; Zr: 0,001% a 0,03%; La: 0,001% a 0,03%; y Ce: 0,001% a 0,03%.

15 La placa de acero para el forjado en frío además puede incluir una película tratada en la superficie provista en una o ambas de las superficies principales de la placa de acero laminada en caliente, y la película tratada en la superficie puede incluir un componente procedente de una unión de silanol representada por Si-O-X (X representa un metal que es un componente de la placa de acero laminada en caliente), una resina de temperatura elevada, una sal de ácido inorgánico, y un lubricante. La película tratada en la superficie puede tener un gradiente de concentración de cada componente en una dirección de espesor de película de manera que tenga una estructura de tres capas tipo de concentración-gradiente que pueda ser identificada como tres capas de una capa de adhesión, una capa base, y
20 una capa de lubricante situadas en serie desde un lado de una interfaz entre la película tratada en la superficie y la placa de acero laminada en caliente. La capa de adhesión puede ser una capa que incluye una mayor cantidad del componente procedente de la unión de silanol entre las tres capas, y un espesor de la capa de adhesión puede estar en un intervalo de 0,1 nm a 100 nm. La capa base puede ser una capa que incluye mayores cantidades de la resina de temperatura elevada y la sal de ácido inorgánico entre las tres capas, la cantidad de la sal de ácido inorgánico en
25 la capa base puede estar en un intervalo de 1 parte en masa a 100 partes en masa con respecto a 100 partes en masa de la resina de temperatura elevada, y un espesor de la capa base puede estar en un intervalo de 0,1 μm a 15 μm. La capa de lubricante puede ser una capa que incluye una mayor cantidad del lubricante entre las tres capas, y un espesor de la capa de lubricante puede estar en un intervalo de 0,1 μm a 10 μm. Una relación del espesor de la capa de lubricante y el espesor de la capa base puede estar en un intervalo de 0,2 a 10.

30 La sal de ácido inorgánico puede ser al menos un compuesto seleccionado de un grupo que consiste en fosfato, borato, silicato, molibdato, y tungstato.

La resina de temperatura elevada puede ser una resina de poliimida.

El lubricante puede ser al menos un compuesto seleccionado de un grupo que consiste en politetrafluoroetileno, disulfuro de molibdeno, disulfuro de tungsteno, óxido de zinc, y grafito.

35 Un procedimiento para producir una placa de acero para el forjado en frío de acuerdo a un aspecto de la invención incluye: calentar una a una temperatura de 1150°C a 1300°C; someter la plancha calentada a laminado áspero a una temperatura de 1020°C o mayor para fabricar una barra áspera; someter la barra áspera a laminado de acabado en una condición en la que una temperatura de acabado está en un intervalo de Ae₃ o mayor para fabricar un material laminado; después del laminado de acabado, someter el material laminado a enfriamiento por aire durante 1
40 segundo a 10 segundos; después del enfriamiento por aire, enfriar el material laminado a una tasa de enfriamiento de 10°C/s a 70°C/s hasta una temperatura de bobinado; y bobinar el material laminado enfriado a la temperatura de bobinado de 400°C a 580°C para fabricar una placa de acero laminada en caliente. La plancha incluye: en términos de porcentaje en masa, C: 0,13% a 0,20%; Si: 0,01% a 0,8%; Mn: 0,1 % a 2,5%; P: 0,003% a 0,030%; S: 0,0001% a 0,006%, Al: 0,01% a 0,07%, N: 0,0001% a 0,02%, y O: 0,0001% a 0,0030% con un resto que es Fe e impurezas inevitables, y un valor A representado por la siguiente fórmula (1) está en un intervalo de 0,0080 o menos. El
45 laminado áspero incluye un primer laminado y un segundo laminado que se lleva a cabo 30 segundos o más después de la finalización del primer laminado. El primer laminado se lleva a cabo en condiciones en las que una temperatura está en un intervalo de 1020°C o mayor y una suma de las tasas de reducción del laminado está en un intervalo de 50% o más, y el segundo laminado se lleva a cabo en condiciones en las que una temperatura está en
50 un intervalo de 1020°C o mayor y una suma de las tasas de reducción del laminado está en un intervalo de 15% a 30%.

$$\text{Valor } A = O\% + S\% + 0,033A1\% \dots (1)$$

55 El procedimiento para producir una placa de acero para el forjado en frío de acuerdo al aspecto de la invención además puede incluir: recubrir un fluido de tratamiento superficial a base de agua incluyendo un agente de acoplamiento a silano soluble en agua, una sal de ácido inorgánico soluble en agua, una resina de temperatura elevada soluble en agua, y un lubricante en una o ambas de las superficies principales de la placa de acero laminada en caliente para formar una película recubierta; y secar la película recubierta para formar una película

tratada en la superficie en una o ambas de las superficies principales de la placa de acero laminada en caliente.

Mientras tanto, Ae_3 se refiere a un valor computado a partir de la siguiente fórmula.

$$Ae_3 (\text{°C}) = 910 - 372 \times C\% + 29,8 \times Si\% - 30,7 \times Mn\% + 776,7 \times P\% - 13,7 \times Cr\% - 78,2 Ni\%$$

Efectos de la invención

5 De acuerdo al aspecto de la invención, es posible proporcionar una placa de acero para el forjado en frío que tenga una alta resistencia clase 440 MPa a clase 780 MPa y se utilice como un material para piezas de automotores. Además, la placa de acero para el forjado en frío tiene un espesor relativamente grueso de 2 mm o más, y anisotropías reducidas en aptitud para el moldeo en una dirección de laminado y en una dirección perpendicular a la misma. En detalle, es posible proporcionar una placa de acero (placa de acero laminada en caliente) para el forjado
10 en frío que tiene pequeña anisotropía en aptitud para el moldeo de manera que la anisotropía en capacidad de deformación última (relación de deformación última) durante el trabajo de forjado de prensa en frío está en un intervalo de 0,9 o más; y de este modo, agrietamiento puede evitarse durante el trabajo de forjado de prensa.

Además, en el caso en que además se incluye la película tratada en la superficie tipo concentración-gradiente descrita anteriormente que está compuesta por las tres capas de una capa de adhesión, la capa base, y la capa de
15 lubricante, es posible proporcionar una placa de acero para el forjado en frío que pueda producirse mediante una etapa de tratamiento simple y es preferible aún desde el punto de vista de protección ambiental global. Además, la placa de acero para el forjado en frío tiene excelente lubricidad y excelente desempeño para prevenir el agarrotamiento y excoiación. Por lo tanto, de acuerdo a la placa de acero para el forjado en frío de acuerdo al aspecto de la invención, la aptitud para el moldeo puede mejorarse en la formación en frío, el así llamado forjado de
20 placa en la prensa. De este modo, las piezas de motores o transmisiones que se produjeron por forjado en caliente y similares en la técnica relacionada pueden producirse por forjado de placa en la prensa. Por lo tanto, la placa de acero para el forjado en frío de acuerdo al aspecto de la invención es eficaz para la simplificación de etapas tales como las etapas de producción de piezas de automóviles, y similares y reducir los costos de las etapas; y de este modo, la placa de acero para el forjado en frío de acuerdo al aspecto de la invención contribuye al ahorro de
25 energía.

Breve descripción de los dibujos

La FIG. 1 es una vista que muestra una relación entre valores A y anisotropías (ϕ_c/ϕ_L) en capacidad de deformación última con respecto a placas de acero laminadas en caliente que contienen 0,15% de C - 0,2% de Si - 0,3% de Mn - 0,5% de Cr - 0,002% de B como componentes básicos.

30 La FIG. 2 es una vista que muestra una relación entre valores A y anisotropías (ϕ_c/ϕ_L) en capacidad de deformación última con respecto a placas de acero laminadas en caliente que contienen 0,14% de C - 0,25% de Si - 1,45% de Mn como componentes básicos.

La FIG. 3 es una vista que muestra una relación entre porcentajes de área (%) de bandas de perlitas en una porción central de un espesor de placa y anisotropías (ϕ_c/ϕ_L) en capacidad de deformación última con respecto a placas de
35 acero laminadas en caliente que tienen los componentes químicos de 0,19% de C - 0,15% de Si - 0,66% de Mn - 0,65% de Cr - 0,015% de P - 0,0017% de S - 0,024% de Al - 0,0018% de O - 0,0016% de B.

La FIG. 4 es una vista que muestra una relación entre porcentajes de área (%) de bandas de perlitas en una porción central de un espesor de placa y anisotropías (ϕ_c/ϕ_L) en capacidad de deformación última con respecto a placas de
40 acero laminadas en caliente que tienen los componentes químicos de 0,15% de C - 0,2% de Si - 1,51% de Mn - 0,02% de P - 0,0015% de S - 0,032% de Al - 0,0021 %O.

La FIG. 5A es una micrografía (en una ampliación de 50 veces) de una placa de acero laminada en caliente del Ejemplo 1.

La FIG. 5B es una micrografía de la placa de acero laminada en caliente del Ejemplo 1, y es una fotografía de una región de línea de puntos en la FIG. 5A en una ampliación de 100 veces.

45 La FIG. 5C es una micrografía de la placa de acero laminada en caliente del Ejemplo 1, y es una fotografía de una región de línea de puntos en la FIG. 5B en una ampliación de 200 veces.

La FIG. 6 es una vista explicativa que muestra esquemáticamente una configuración de una placa de acero para el forjado en frío de acuerdo a una segunda realización.

La FIG. 7A es una vista explicativa para explicar un procedimiento de prueba de picos.

50 La FIG. 7B es una vista que muestra formas de un muestra de prueba antes y después del trabajo por el procedimiento de prueba de picos.

La FIG. 8 es una vista que muestra una relación entre las relaciones de (un porcentaje de área de bandas de

perlitas) / (valor K o valor K') y anisotropías (ϕ_c/ϕ_L) en capacidad de deformación última.

Mejor modo para llevar a cabo la invención

5 En lo sucesivo, las realizaciones preferibles de la invención se describirán en detalle con referencia a los dibujos adjuntos. Mientras tanto, en la presente descripción y los dibujos, a los componentes (constituyentes) que sustancialmente tienen la misma función se les proporcionará el mismo signo de referencia para que no se realice descripción duplicada

(Primera realización)

[Placa de acero para el forjado en frío de acuerdo a la primera realización]

10 La placa de acero para el forjado en frío de acuerdo a la primera realización está compuesta por una placa de acero laminada en caliente. La placa de acero laminada en caliente tiene pequeña anisotropía en aptitud para el moldeo y es excelente en aptitud para el moldeo. La placa de acero laminada en caliente se describirá a continuación.

En primer lugar, 50 kg de lingotes de acero que tienen los siguientes componentes químicos se fundieron al vacío en un laboratorio a fin de investigar las influencias de los componentes de la placa de acero laminada en caliente en las características.

15 (i) Un lingote de acero que contiene 0,15% de C - 0,2% de Si - 0,3% de Mn - 0,5% de Cr - 0,002% de B como componentes básicos y que tiene una variedad de contenidos de S, O, y Al.

(ii) Un lingote de acero que contiene 0,14% de C - 0,25% de Si - 1,45% de Mn como componentes básicos y que tiene una variedad de contenidos de S, O, y Al.

20 Los respectivos lingotes de acero se calentaron hasta 1200°C, y posteriormente, los lingotes de acero se sometieron a laminado en caliente en condiciones en las que se redujo un espesor de 100 mm a 10 mm. Después de que el laminado en caliente se finalizó a 900°C, los lingotes de acero se sometieron a enfriamiento con aire durante 3 segundos. A continuación, los lingotes de acero se enfriaron hasta 500°C a una tasa de enfriamiento de 30°C/s. Después de eso, los lingotes de acero se retuvieron en un horno a 500°C durante 1 hora, y después los lingotes de acero se enfriaron en el horno para simular una etapa de bobinado real.

25 Una muestra de prueba de tensión de una barra redonda que tiene un diámetro de 8 mm se tomó a lo largo de una dirección de laminado de cada una de las placas de acero laminadas en caliente obtenidas. En forma similar, una muestra de prueba de tensión de una barra redonda que tiene un diámetro de 8 mm se tomó a lo largo de una dirección perpendicular con respecto a la dirección de laminado. Las pruebas de tensión (pruebas de tensión) se llevaron a cabo usando las muestras de prueba. Las capacidades de deformación últimas se midieron a partir de las 30 tasas de contracción en sección transversal de las muestras de pruebas después de las pruebas. La capacidad de deformación última en la dirección de laminado se indicó con ϕ_L , la capacidad de deformación última en la dirección perpendicular con respecto a la dirección de laminado se indicó con ϕ_c , y se investigó una relación entre las relaciones (ϕ_c/ϕ_L) y los componentes. Aquí, la capacidad de deformación última se calcula a partir de la siguiente fórmula. Además, un valor de la relación (ϕ_c/ϕ_L) que se aproxima a 1 significa pequeña anisotropía en aptitud para 35 el moldeo.

Capacidad de deformación última $\phi = \ln (S_0/S)$

((En este documento, S_0 se refiere a un área en sección transversal de la muestra de prueba antes de la prueba de tensión, y S se refiere a un área en sección transversal de una parte rota después de la prueba de tensión)

40 La FIG. 1 es una vista que muestra una relación entre valores A y anisotropías (ϕ_c/ϕ_L) en capacidad de deformación última con respecto a las placas de acero laminadas en caliente que tienen los componentes químicos del punto (i) que se describe más arriba. Además, la FIG. 2 es una vista que muestra una relación entre valores A y anisotropías (ϕ_c/ϕ_L) en capacidad de deformación última con respecto a la placa de acero laminada en caliente que tiene los componentes químicos del punto (ii) que se describe más arriba.

45 Como resultado de los análisis de regresión con respecto a una relación entre las capacidades de deformación última en la dirección de laminado y uno cualquiera de los contenidos de O (O%), contenidos de S (S%), y contenidos de Al (Al%), se determinó el valor A representado por la siguiente fórmula (1).

$$\text{Valor A} = \text{O\%} + \text{S\%} + 0,033\text{Al\%} \dots (1)$$

(Aquí, O%, S%, y Al% representan los contenidos (% en masa) de O, S, y Al incluidos en la placa de acero laminada en caliente, respectivamente.)

50 En la fórmula relacional que representa el valor A, los coeficientes (1) del contenido de S y el contenido de O son grandes en comparación con el coeficiente (0,033) del contenido de Al; y por lo tanto, se encuentra que las influencias del contenido de S y el contenido de O en la capacidad de deformación última en la dirección de

laminado son grandes. En general, se considera que la distribución desigual de inclusiones en las interfaces y similares influencia la capacidad de deformación última. En la fórmula relacional que representa el valor A, se considera lo siguiente. El hecho de que los coeficientes del contenido de Al, el contenido de S, y el contenido de O son diferentes muestra que las influencias en la distribución desigual de las inclusiones varía según los componentes.

Como se muestra en la FIG. 1, se encuentra que, como el valor A calculado a partir del contenido de O (O%), el contenido de S (S%), y el contenido de Al (Al%) aumenta, la relación relativa (ϕ_c/ϕ_L) de la capacidad de deformación última ϕ_c en la dirección perpendicular con respecto a la dirección de laminado respecto de la capacidad de deformación última ϕ_L en la dirección de laminado disminuye; y por lo tanto, la anisotropía en aptitud para el moldeo aumenta. Como se muestra en la FIG. 1, se determinó que, en el caso en que el valor A está en un intervalo de 0,008 o menos, la tasa de contracción en sección transversal en la dirección perpendicular a la dirección de laminado se vuelve un valor cercano a la tasa de contracción en sección transversal en la dirección de laminado, la relación de (ϕ_c/ϕ_L) se vuelve en un intervalo de 0,9 o más; y por lo tanto, se puede producir una placa de acero que tiene pequeña anisotropía en aptitud para el moldeo.

En forma similar, aún en la FIG. 2, se obtuvo una correlación entre las anisotropías (ϕ_c/ϕ_L) en capacidad de deformación última y el valores A. Se confirmó que, en el caso en que en el caso en que el valor A está en un intervalo de 0,007 o menos, la tasa de contracción en sección transversal en la dirección perpendicular a la dirección de laminado se vuelve un valor cercano a la tasa de contracción en sección transversal en la dirección de laminado, la relación de (ϕ_c/ϕ_L) se vuelve en un intervalo de 0,9 o más; y por lo tanto, se puede producir una placa de acero que tiene pequeña anisotropía en aptitud para el moldeo.

Se considera que la cantidad total de inclusiones no metálicas se reduce al disminuir el contenido de oxígeno (O%); y de este modo, la anisotropía es disminuida. Además, se considera que en el caso en que un contenido excesivo de Al no es añadido, una cantidad de inclusión no metálica a base de alúmina gruesa; y de este modo, la anisotropía es disminuida. Además, se confirmó que las influencias de S en MnS y similares pueden controlarse en conjunción con O y Al disminuyendo el contenido de S (S%).

Además, se investigó una relación entre las condiciones de producción y anisotropías (ϕ_c/ϕ_L) en capacidad de deformación última utilizando planchas (lingotes) que tienen los siguientes componentes químicos.

(iii) Una plancha que tiene los componentes de 0,19% de C - 0,15% de Si - 0,66% de Mn - 0,65% de Cr - 0,015% de P - 0,0017% de S - 0,024% de Al - 0,0018%O - 0,0016%B.

(iv) Una plancha que tiene los componentes de 0,15% de C - 0,2% de Si - 1,51 % de Mn - 0,02% de P - 0,0015% de S - 0,032% de Al - 0,0021%O.

Como resultado, se descubrió que, aparte de los componentes químicos, existe una relación entre un estado de presencia de bandas de perlitas y anisotropía en capacidad de deformación última. Particularmente, en una placa de acero laminada en caliente producida a partir de una plancha utilizando una máquina real, una fracción de presencia (porcentaje de área) de bandas de perlitas que se extienden en una dirección de laminado es alta en una porción central de un espesor de placa. En el área central en una región de 4/10t a 6/10t en la que el espesor de placa está indicado por t, cuanto mayor es la fracción de presencia de bandas de perlas que tienen una longitud de 1 mm o más, más disminuye la capacidad de deformación última (ϕ_c) en la dirección perpendicular a la dirección de laminado. Como resultado, la anisotropía en capacidad de deformación última se vuelve menos que 0,9; y por lo tanto, anisotropía en aptitud para el moldeo se vuelve grande.

Aquí, banda perlita se refiere a un agregado con forma de banda que tiene una longitud de 1 mm o más largo en la que perlitas que tienen espesores de 5 μm o más en un espesor de placa están dispuestas en una dirección de laminado en intervalos de 20 μm o menos. La fracción de presencia (porcentaje de área) (%) de las bandas de perlitas se midió mediante el siguiente procedimiento. Se tomó una porción en sección transversal del espesor de placa que está paralela a la dirección de laminado. La porción en sección transversal se sometió a un tratamiento de pulido, y después, la porción en sección transversal se sumergió en una solución de Nital (una solución que incluía aproximadamente 5% de ácido nítrico siendo el resto alcohol); y de este modo, emergieron las perlitas. A continuación, con respecto a la porción central del espesor de placa en una región de 4/10t a 6/10t con respecto al espesor de placa t, la estructura se fue fotografió usando un microscopio óptico (con un aumento de 100 veces), y se conectaron las imágenes obtenidas. Las imágenes conectadas se sometieron a análisis de imágenes usando un software de análisis de imágenes (WinROOF Ver 5,5,0 fabricado por Mitani Corporation.); y de este modo, se obtuvo el porcentaje de área de las bandas de perlitas. Los resultados obtenidos se muestran en las FIGS. 3 y 4. En los sistemas de componentes químicos de los puntos (iii) y (iv) descritos anteriormente, se determinó que, en el caso en que el porcentaje de área de las bandas de perlitas que tenía tamaños de 1 mm o más estaba en un intervalo de 4,6% o menos en la porción central del espesor de placa, la anisotropía en capacidad de deformación última se vuelve 0,9 o más; y por lo tanto, la anisotropía en aptitud para el moldeo se vuelve pequeña.

Los inventores además investigaron una relación entre el porcentaje de área de las bandas de perlitas descrito anteriormente y la capacidad de deformación última. Como resultado, se descubrió que el porcentaje de área de las bandas de perlitas para mantener la anisotropía en capacidad de deformación última en un intervalo de 0,9 o más se

relaciona en gran medida con los componentes químicos. Las relaciones entre el porcentaje de área de las bandas de perlitas y los contenidos de una variedad de componentes se sometieron a análisis de regresión. Como resultado, se descubrió que, con respecto al sistema de componentes de la presente realización, en el caso en que el porcentaje de área de las bandas de perlitas está en un intervalo de no más que el valor K indicado por la siguiente fórmula (2), la anisotropía en capacidad de deformación última se vuelve 0,9 o más. Además, se descubrió que, en el caso en que Cr está incluido, y el porcentaje de área de las bandas de perlitas está en un intervalo de no más que el valor K' indicado por la siguiente fórmula (3), la anisotropía en capacidad de deformación última se vuelve 0,9 o más.

$$\text{Valor K} = 25,5 \times \text{C}\% + 4,5 \times \text{Mn}\% - 6 \quad (2)$$

$$\text{Valor K}' = 15 \times \text{C}\% + 4,5 \times \text{Mn}\% + 3,2 \times \text{Cr}\% - 3,3 \quad (3)$$

(En la presente memoria, C%, Mn%, y Cr% se refieren a los contenidos (% en masa) de C, Mn, y Cr incluidos en la placa de acero laminada en caliente, respectivamente.)

Se encuentra a partir de la fórmula relacional que representa el valor K y el valor K' que la formación de las bandas de perlitas es fuertemente afectada por los contenidos de C, Mn, y Cr que son componentes básicos. En el sistema de componentes de la presente realización, es importante fijar los componentes químicos y las condiciones de producción de manera que el porcentaje de área de las bandas de perlitas se vuelva el valor K o menos y el valor K' o menos.

Los componentes químicos de la placa de acero laminada en caliente en la presente realización se fijan en base a los hallazgos descritos anteriormente. Los motivos por los que los componentes y composición de la placa de acero laminada en caliente en la presente realización son limitados se describirán a continuación. Mientras tanto, "%" se refiere a "% en masa."

(Componentes químicos)

C: 0,13% a 0,20%

C es un componente importante para asegurar una resistencia de la placa de acero laminada en caliente. Sin embargo, se requiere mecanizado para trabajar (formar) los miembros para los automóviles que son objetivos de la presente realización. En el caso en que el contenido de C es menor que 0,13%, la cantidad de carburos disminuye; y de este modo, el mecanizado se deteriora. Por lo tanto, 0,13% o más de C se requiere a fin de asegurar la maquinabilidad. Por otro lado, en el caso en que el contenido de C excede el 0,20%, aptitud para el moldeo se degrada en la placa de acero laminada en caliente en un estado en el que nada se lleva a cabo al respecto después de la producción. Por lo tanto, el contenido de C se fija para que esté en un intervalo de 0,13% a 0,20%. El contenido de C preferentemente está en un intervalo de 0,13% a 0,18%, y más preferentemente en un intervalo de 0,14% a 0,17%.

Si: 0,01 % a 0,8%

Si es un elemento de refuerzo de solución sólida; y por lo tanto, Si puede mejorar la resistencia de la placa de acero a un costo relativamente bajo. Además, es necesario añadir un pequeño contenido de Si en consideración de una relación entre C y fallas a escala. Por lo tanto, el contenido de Si se fija en 0,01 % o más; sin embargo, en el caso en que el contenido de Si excede el 0,8%, el efecto se satura. Por lo tanto, el contenido de Si se fija para que esté en un intervalo de 0,01% a 0,8%. El contenido de Si preferentemente está en un intervalo de 0,03% a 0,5%, y más preferentemente en un intervalo de 0,1% a 0,3%.

Mn: 0,1% a 2,5%

Mn es un elemento de refuerzo de solución sólida; y por lo tanto, Mn es un componente importante para asegurar una alta resistencia a la tracción deseada. En el caso en que el contenido de Mn es menor que 1,0%, es necesario contener otros elementos de refuerzo para asegurar una resistencia necesaria; y de este modo, los costos aumentan, lo que no es preferible. Por otro lado, a medida que el contenido de Mn aumenta, las bandas de perlitas se vuelven susceptibles de ser generadas debido a la segregación de Mn. En el caso en que el contenido de Mn excede el 2,5%, la segregación a una porción central se hace significativa en una plancha (lingote); y como resultado, la aptitud para el moldeo de la placa de acero laminada en caliente en una dirección perpendicular a una dirección de laminado se degrada aún cuando se produce la placa de acero mediante el procedimiento de producción de la presente realización. Por lo tanto, el contenido de Mn se fija para que esté en un intervalo de 0,1% a 2,5%. El contenido de Mn preferentemente está en un intervalo de más de 0,3% a 2,0% o menos, más preferentemente en un intervalo de 0,4% a 1,7%, y mucho más preferentemente en un intervalo de 0,6% a 1,5%.

P: 0,003% a 0,030%

P es un elemento de refuerzo de solución sólida; y por lo tanto, P es un elemento que puede mejorar la resistencia de la placa de acero a un costo relativamente bajo. Sin embargo, no es preferible incluir un contenido excesivo de P

desde el punto de vista de la fortaleza. Por lo tanto, el contenido de P se fija para que esté en un intervalo de 0,03% o menos. Además, desde el punto de vista de la refinación, la fijación del contenido de P para que esté en un intervalo de menos que 0,003% lleva a un incremento en costos. Por lo tanto, el contenido de P se fija para que esté en un intervalo de 0,003% a 0,030%. El contenido de P preferentemente está en un intervalo de 0,003% a 0,020%, y más preferentemente en un intervalo de 0,005% a 0,015%.

S: 0,0001% a 0,008%

S está incluido en un acero como una impureza, y S forma MnS. MnS provoca la degradación de durabilidad y tenacidad de la placa de acero que determina la aptitud para el moldeo de trabajo en frío. Particularmente, debido a que MnS aumenta la anisotropía en aptitud para el moldeo, es necesario reducir el contenido de S desde el punto de vista de reducir la cantidad de MnS. Por lo tanto, el contenido de S se fija para que esté en un intervalo de 0,008% o menos. Además, la fijación del contenido de S para que esté en un intervalo de menos que 0,0001% lleva a un gran incremento en los costos de refinación. Por lo tanto, el contenido de S se fija para que esté en un intervalo de 0,0001% a 0,008%. El contenido de S preferentemente está en un intervalo de 0,0001% a 0,005%, y más preferentemente en un intervalo de 0,0001% a 0,004%.

Al: 0,01% a 0,07%

Al es un elemento que se añade para la desoxidación de un acero; sin embargo, en el caso en que el contenido de Al es menor que 0,01 %, el efecto de desoxidación no es suficiente. Por otro lado, en el caso en que el contenido de Al excede el 0,07%, se satura el efecto de desoxidación. Además, en un proceso en que se produce una plancha curvado a través de colada continua, cuando la plancha obtenida se somete a corrección de flexión, Al facilita la formación de grietas debido a la precipitación de AlN, y esto resulta en una desventaja económica. Por lo tanto, el contenido de Al se fija para que esté en un intervalo de 0,01 % a 0,07%. El contenido de Al preferentemente está en un intervalo de 0,01% a 0,04%.

N: 0,0001% a 0,02%

Cuando la corrección de unión de la plancha se lleva a cabo utilizando una instalación de colada continua curvada, la precipitación de N como nitruro provoca agrietamiento en la plancha. Por lo tanto, el contenido de N se fija para que esté en un intervalo de 0,02% o menos. Además, la reducción del contenido de N a menos que 0,0001% lleva a un incremento en los costos de refinación. Por lo tanto, el contenido de N se fija para que esté en un intervalo de 0,0001 % a 0,02%. El contenido de N preferentemente está en un intervalo de 0,0001% a 0,01%, y más preferentemente en un intervalo de 0,0001% a 0,005%.

O: 0,0001% a 0,0030%

Debido a que algunos átomos de O existen como óxidos, O tiene una influencia sobre la aptitud para el moldeo del trabajo en frío, y O provoca la degradación de la durabilidad y tenacidad. En el caso en que el contenido de O aumenta, las inclusiones se vuelven grandes. Además, en el caso en que las inclusiones se acumulan, la ductilidad disminuye en gran medida. Por lo tanto, el contenido de O se fija para que esté en un intervalo de 0,0001% a 0,0030%. Es deseable que el contenido de O se reduzca tanto como sea posible, y el contenido de O preferentemente está en un intervalo de 0,0001 % a 0,0025%, y más preferentemente en un intervalo de 0,0001 % a 0,0020%.

En la presente realización, como resultado de considerar ambos de los componentes químicos y las condiciones de producción, se confirmó que la degradación de la aptitud para el moldeo se puede suprimir mediante el cumplimiento de la siguiente fórmula. Por lo tanto, el contenido de oxígeno (O%) se ajusta de acuerdo a el contenido de S (S%) y el contenido de Al (Al%) a fin de cumplir con la siguiente fórmula. El valor A en la siguiente fórmula preferentemente está en un intervalo de 0,0070 o menos. El límite inferior del valor A es preferentemente 0,0010. La fijación del valor A para que esté en un intervalo de menos que 0,0010 lleva a un gran incremento en los costos de refinación, lo que no es preferible.

$$\text{Valor A} = \text{O\%} + \text{S\%} + 0,033\text{A1\%} \leq 0,0080$$

A continuación, se describirán los componentes que la placa de acero laminada en caliente de la realización puede contener selectivamente de acuerdo a la necesidad.

Nb: 0,001% a 0,1%

Nb tiene efectos para mejorar la resistencia de la placa de acero y mejorar la tenacidad de la placa de acero a través de una acción de refinación de grano. En la presente realización, Nb puede estar incluido como elemento selectivo. Sin embargo, en el caso en que el contenido de Nb es menor que 0,003%, los efectos descritos anteriormente no pueden obtenerse en forma suficiente. Por otro lado, en el caso en que el contenido de Nb excede el 0,1%, los efectos se saturan, y esto lleva a una desventaja económica. Además, en el caso en que un contenido excesivo de Nb está incluido, se demoran los comportamientos de recristalización durante el laminado en caliente. Por lo tanto, el contenido de Nb se fija para que esté en un intervalo de 0,001% a 0,1%. El contenido de Nb preferentemente está

en un intervalo de 0,003% a 0,1%.

Ti: 0,001% a 0,05%

5 Ti puede añadirse desde el punto de vista de la fijación de N, y Ti contribuye a la fragilización de la plancha y estabilización de un material. Sin embargo, en el caso en que el contenido de Ti excede el 0,05%, los efectos se saturan. Además, en el caso en que el contenido de Ti es 10 ppm o menos, no pueden obtenerse los efectos. Por lo tanto, el contenido de Ti se fija para que esté en un intervalo de 0,001 % a 0,05%.

V: 0,001% a 0,05%

10 V refuerza la placa de acero laminada en caliente a través de la precipitación de carbonitruros. Por lo tanto, V puede añadirse de acuerdo a la necesidad. En el caso en que el contenido de V es menor que 0,001 %, el efecto es pequeño. Además, en el caso en que el contenido de V excede el 0,05%, el efecto se satura. Por lo tanto, el contenido de V se fija para que esté en un intervalo de 0,001% a 0,05%.

Ta: 0,01% a 0,5%

15 En forma similar a Nb y V, Ta es un elemento que forma carbonitruros, y Ta es efectivo para la prevención de engrosamiento de los granos de cristal, mejora de tenacidad, y similares; y por lo tanto, Ta puede añadirse de acuerdo a la necesidad. En el caso en que el contenido de Ta es menor que 0,01%, el efecto de la adición es pequeño; y por lo tanto, el límite inferior del contenido de Ta se fija en 0,01%. En el caso en que el contenido de Ta excede el 0,5%, el efecto de la adición se satura, y los costos aumentan. Además, se forma una cantidad excesiva de carburos; y de este modo, se demoran la recristalización y similares. Como resultado, anisotropía en aptitud para el moldeo es incrementada. Por lo tanto, el límite superior del contenido de Ta se fija en 0,5%.

20 **W: 0,01% a 0,5%**

25 En forma similar a Nb, V, y Ta, W es un elemento que forma carbonitruros, y W es efectivo para la prevención de engrosamiento de los granos de cristal, mejora de tenacidad, y similar, y W puede añadirse de acuerdo a la necesidad. En el caso en que el contenido de W es menor que 0,01 %, el efecto del W añadido es pequeño; y por lo tanto, el límite inferior del contenido de W se fija en 0,01 %. En el caso en que el contenido de W excede el 0,5%, el efecto del W añadido se satura, y los costos aumentan. Además, se forma una cantidad excesiva de carburos; y de este modo, la recristalización y similares se demoran. Como resultado, la anisotropía en aptitud para el moldeo se incrementa. Por lo tanto, el límite superior del contenido de W se fija en 0,5%.

Cr: 0,01% a 2,0%

30 Cr es eficaz para reforzar la placa de acero, particularmente, Cr puede utilizarse como elemento alternativo que es una alternativa a Mn, y Cr puede añadirse como elemento selectivo. Sin embargo, en el caso en que el contenido de Cr es menor que 0,01 %, el efecto no se exhibe. En el caso en que el contenido de Cr excede el 2,0%, el efecto se satura en la presente realización. Por lo tanto, el contenido de Cr se fija para que esté en un intervalo de 0,01 % a 2,0%. El contenido de Cr preferentemente está en un intervalo de más que 0,1% a 1,5%, y más preferentemente en un intervalo de más que 0,3% a 1,1%.

35 **Ni: 0,01% a 1,0%**

Ni es eficaz para la fortaleza y refuerzo de la placa de acero, y Ni puede añadirse como elemento selectivo. Sin embargo, en el caso en que el contenido de Ni es menor que 0,01 %, el efecto no se exhibe. En el caso en que el contenido de Ni excede el 1,0%, el efecto se satura en la presente realización. Por lo tanto, el contenido de Ni se fija para que esté en un intervalo de 0,01 % a 1,0%.

40 **Cu: 0,01% a 1,0%**

En forma similar a Cr y Ni, Cu es eficaz para asegurar la resistencia de la placa de acero, y Cu puede añadirse como elemento selectivo. Sin embargo, en el caso en que el contenido de Cu es menor que 0,01%, el efecto no se exhibe. En el caso en que el contenido de Cu excede el 1,0%, el efecto se satura en la presente realización. Por lo tanto, el contenido de Cu se fija para que esté en un intervalo de 0,01 % a 1,0%.

45 **Mo: 0,005% a 0,5%**

Mo es un elemento eficaz para el refuerzo de la estructura y mejora en la fortaleza, y Mo puede añadirse como elemento selectivo. En el caso en que el contenido de Mo es menor que 0,001%, el efecto es pequeño. Además, en el caso en que el contenido de Mo excede el 0,5%, el efecto se satura en la presente realización. Por lo tanto, el contenido de Mo se fija para que esté en un intervalo de 0,005% a 0,5%.

50 **B: 0,0001% a 0,01%**

B mejorar la capacidad de endurecimiento cuando B se añade en un pequeño contenido. Además, B es un elemento

eficaz para suprimir la transformación de perlitas de manera de reducir la cantidad de bandas de perlitas, y B puede añadirse de acuerdo a la necesidad. En el caso en que el contenido de B es menor que 0,0001%, el efecto del B añadido no se exhibe; y por lo tanto, el límite inferior del contenido de B se fija en 0,0005%. Además, en el caso en que el contenido de B excede el 0,01%, capacidad de forjado se deteriora; y de este modo, el agrietamiento es provocado en la plancha. Por lo tanto, el límite superior del contenido de B se fija en 0,01%. El contenido de B preferentemente está en un intervalo de 0,0005% a 0,005%.

Mg: 0,0005% a 0,003%

Mg es un elemento eficaz para controlar las configuraciones de óxidos y sulfuros cuando Mg se añade en un pequeño contenido, y Mg puede añadirse de acuerdo a la necesidad. En el caso en que el contenido de Mg es menor que 0,0005%, no puede obtenerse el efecto. Además, en el caso en que el contenido de Mg excede el 0,003%, el efecto se satura. Por lo tanto, el contenido de Mg se fija para que esté en un intervalo de 0,0005% a 0,003%.

Ca: 0,0005% a 0,003%

En forma similar a Mg, Ca es un elemento eficaz para controlar las configuraciones de óxidos y sulfuros cuando Ca se añade en un pequeño contenido, y Ca puede añadirse de acuerdo a la necesidad. En el caso en que el contenido de Ca es menor que 0,0005%, no puede obtenerse el efecto. Además, en el caso en que el contenido de Ca excede el 0,003%, el efecto se satura. Por lo tanto, el contenido de Ca se fija para que esté en un intervalo de 0,0005% a 0,003%.

Y: 0,001% a 0,03%

En forma similar a Ca y Mg, Y es un elemento eficaz para controlar las configuraciones de óxidos y sulfuros, e Y puede añadirse de acuerdo a la necesidad. En el caso en que el contenido de Y es menor que 0,001 %, no puede obtenerse el efecto. Además, en el caso en que el contenido de Y excede el 0,03%, el efecto se satura, y la capacidad de forjado se deteriora. Por lo tanto, el contenido de Y se fija para que esté en un intervalo de 0,001 % a 0,03%.

Zr: 0,001% a 0,03%

En forma similar a Y, Ca, y Mg, Zr es un elemento eficaz para controlar las configuraciones de óxidos y sulfuros, y Zr puede añadirse de acuerdo a la necesidad. En el caso en que el contenido de Zr es menor que 0,001%, no puede obtenerse el efecto. Además, en el caso en que el contenido de Zr excede el 0,03%, el efecto se satura, y la capacidad de forjado se deteriora. Por lo tanto, el contenido de Zr se fija para que esté en un intervalo de 0,001 % a 0,03%.

La: 0,001% a 0,03%

En forma similar a Zr, Y, Ca, y Mg, La es un elemento eficaz para controlar las configuraciones de óxidos y sulfuros, y La puede añadirse de acuerdo a la necesidad. En el caso en que el contenido de La es menor que 0,001%, no puede obtenerse el efecto. Además, en el caso en que el contenido de La excede el 0,03%, el efecto se satura, y la capacidad de forjado se deteriora. Por lo tanto, el contenido de La se fija para que esté en un intervalo de 0,001% a 0,03%.

Ce: 0,001% a 0,03%

En forma similar a La, Zr, Y, Ca, y Mg, Ce es un elemento eficaz para controlar las configuraciones de óxidos y sulfuros, y Ce puede añadirse de acuerdo a la necesidad. En el caso en que el contenido de Ce es menor que 0,001%, no puede obtenerse el efecto. Además, en el caso en que el contenido de Ce excede el 0,03%, el efecto se satura, y la capacidad de forjado se deteriora. Por lo tanto, el contenido de Ce se fija para que esté en un intervalo de 0,001% a 0,03%.

Otros componentes no se definen específicamente; sin embargo, hay casos en los que los elementos de Sn, Sb, Zn, Zr, As, y similares se incorporan de un trozo de materia prima como impurezas inevitables. Sin embargo, las características de la placa de acero laminada en caliente no están afectadas en gran medida en la presente realización a nivel del contenido en el que los elementos antes descritos se incorporan como impurezas.

(Espesor de placa)

El espesor de placa de la placa de acero laminada en caliente de la presente realización se fija para que esté en un intervalo de 2 mm a 25 mm en consideración de la configuración aplicada a al forjado de placa en la prensa. En el caso en que el espesor de placa es menor que 2 mm, se hace difícil trabajar (procesar) la placa de acero en una etapa de espesado o similares en el forjado de placa; y por lo tanto, la placa de acero se vuelve inferior en las propiedades de forjado de placa en la prensa. En el caso en que el espesor de placa excede los 25 mm, una carga de presión aumenta. Además, la misma se vuelve susceptible de imponer limitaciones a una instalación que se utiliza para el control de enfriamiento, bobinado, y similares, en el procedimiento de producción de la presente

realización. Por lo del tanto, el límite superior del espesor de placa se fija en 25 mm.

(Microestructura)

5 Un porcentaje de área de las bandas de perlitas está en un intervalo de no más que el valor K representado por la siguiente fórmula en una región de 4/10t a 6/10t cuando un espesor de placa está indicado por t en una sección transversal de un espesor de placa que es paralelo a una dirección de laminado.

$$\text{Valor K} = 25,5 \times \text{C\%} + 4,5 \times \text{Mn\%} - 6$$

En el caso en que la placa de acero laminada en caliente contiene Cr, el porcentaje de área de las bandas de perlitas no es más que el valor K' representado por la siguiente fórmula en lugar de "no más que el valor K".

$$\text{Valor K}' = 15 \times \text{C\%} + 4,5 \times \text{Mn\%} + 3,2 \times \text{Cr\%} - 3,3$$

10 La banda de perlitas se refiere a un agregado de fases de perlita que tiene espesores de 5 µm o más en la dirección de espesor de placa, y el agregado es un agregado en forma de banda en la que las fases de perlita se disponen en la dirección de laminado en intervalos de 20 µm o menos y una longitud del agregado con forma de banda en la dirección de laminado está en un intervalo de 1 mm o más

15 La FIG 8 es una vista que muestra una relación entre las relaciones de (el porcentaje de área de las bandas de perlitas) / (el valor K o el valor K') y anisotropías (ϕ_c/ϕ_L) en capacidad de deformación última. Como se muestra en la FIG 8, se encuentra que, en el caso en que la relación de (el porcentaje de área de las bandas de perlitas) / (el valor K o el valor K') es 1 o menos, es decir, en el caso en que el porcentaje de área de las bandas de perlitas no es más que el valor K o no más que el valor K', la anisotropía en capacidad de deformación última se vuelve 0,9 o más; y por lo tanto, las anisotropías en aptitud para el moldeo en la dirección de laminado y en la dirección perpendicular al mismo puede reducirse.

20 El porcentaje de área de las bandas de perlitas preferentemente está en un intervalo de 4,6% o menos. En este caso, la anisotropía en capacidad de deformación última se vuelve 0,9 o más como se muestra en las FIGS. 3 y 4; y por lo tanto, la anisotropía en aptitud para el moldeo se puede disminuir de forma fiable.

[Procedimiento para producir la placa de acero para el forjado en frío de acuerdo a la primera realización]

25 Como se describe más arriba, la placa de acero para el forjado en frío de acuerdo a la primera realización está compuesta por la placa de acero laminada en caliente. El procedimiento para producir la placa de acero laminada en caliente se describirá a continuación.

30 El procedimiento para producir la placa de acero laminada en caliente incluye: calentar una; someter la plancha calentada a laminado áspero para fabricar una barra áspera, someter la barra áspera a laminado de acabado para fabricar un material laminado; después del laminado de acabado, someter el material laminado a enfriamiento por aire; enfriar el material laminado hasta una temperatura de bobinado; y bobinar el material laminado enfriado para fabricar una placa de acero laminada en caliente.

(Etapas de calentar una plancha)

35 Una plancha (plancha de colada continua o lingote de acero) que tiene los componentes químicos de la presente realización descritos anteriormente se inserta directamente a un horno de calentamiento, o la planchase enfría una vez, y después la planchase inserta en el horno de calentamiento. Después de eso, la plancha se calienta a una temperatura de 1150°C a 1300°C.

40 En el caso en que la temperatura de calentamiento es menor que 1150°C, una temperatura de laminado durante el laminado en caliente en la etapa posterior disminuye. De este modo, los comportamientos de recristalización durante el laminado áspero y los comportamientos de recristalización durante el enfriamiento por aire después del laminado en caliente continuo no avanzan; y como resultado, permanecen granos largos, o la anisotropía en aptitud para el moldeo aumenta. Por lo tanto, el límite inferior de la temperatura de calentamiento se fija en 1150°C o mayor. En el caso en que la temperatura de calentamiento excede el 1300°C, los granos de cristal se endurecen durante el calentamiento; y de este modo, la anisotropía en aptitud para el moldeo aumenta. Por lo tanto, la temperatura de

45 calentamiento está en un intervalo de 1150°C a 1300°C, y preferiblemente en un intervalo de 1150°C a 1250°C.

Mientras tanto, la plancha calentada (plancha de colada continua o lingote de acero) se somete al laminado en caliente en la etapa posterior, y hay poca diferencia en las características de la placa de acero entre el caso en el que la plancha se inserta directamente al horno de calentamiento y el caso en el que la plancha se enfría una vez y luego se inserta en el horno de calentamiento. Además, el laminado en caliente en la etapa posterior puede ser un

50 laminado en caliente ordinario o laminado en caliente continuo en el que se une una barra en bruto en el laminado de acabado, y hay poca diferencia en las características de la placa de acero.

(Etapas de laminado áspero)

El laminado áspero incluye un primer laminado y un segundo laminado que se lleva a cabo 30 segundos o más después de la finalización del primer laminado. El primer laminado se lleva a cabo en condiciones en las que una temperatura está en un intervalo de 1020°C o mayor y una suma de las tasas de reducción del laminado está en un intervalo de 50% o más. El segundo laminado se lleva a cabo en condiciones en las que una temperatura está en un intervalo de 1020°C o mayor y una suma de las tasas de reducción del laminado está en un intervalo de 15% a 30%.

Las bandas de perlitas se generan debido a la segregación de elementos de aleación tales como Mn, P, y similares. Por lo tanto, es eficaz suprimir la distribución desigual de los elementos de aleación (para reducir una proporción de la distribución desigual de los elementos de aleación) con el fin de reducir una fracción de área (porcentaje de área) de las bandas de perlitas. En la técnica relacionada, como un procedimiento para suprimir la distribución desigual de los elementos de aleación, se llevó a cabo un proceso en el que la plancha (lingote) se calentó a una temperatura elevada durante un largo tiempo antes del laminado en caliente. En este proceso de la técnica relacionada, la productividad se degrada, y los costos aumentan. Además, la cantidad de consumo de energía llega a ser significativa, y se provoca un aumento en una cantidad de CO₂ generado.

Los inventores prestaron atención al hecho de que la propagación de los elementos de aleación se promueve a través cepas de trabajo o migración del límite de grano. Como resultado, los inventores encontraron que los elementos de aleación se propagan mediante el control de las condiciones del laminado áspero de la siguiente manera; y de este modo, se puede suprimir la distribución desigual de los elementos de aleación.

En primer lugar, el primer laminado se lleva a cabo en condiciones en las que una temperatura está en un intervalo de 1020°C o mayor y una suma de las tasas de reducción del laminado (relación de reducción de laminado total) está en un intervalo de 50% o más. De este modo, la densidad de dislocaciones se incrementa, y además, la propagación de los elementos de aleación se promueve debido a la migración del límite de grano que es causada por la recristalización de la austenita. El límite superior de la temperatura del primer laminado es preferentemente 1200°C. En el caso en que la temperatura excede el 1200°C, la plancha se vuelve susceptible de ser descarburizada, lo que no es preferible. La suma de las relaciones de reducción de laminado (relación de reducción de laminado total) del primer laminado preferentemente está en un intervalo de 60% o más, y más preferentemente en un intervalo de 70% o más. El límite superior de la suma de las relaciones de reducción de laminado (relación de reducción de laminado total) es preferentemente 90%. En el caso en que la suma de las relaciones de reducción de laminado (relación de reducción de laminado total) excede el 90%, se hace difícil terminar el laminado a una temperatura de 1020 °C o mayor, lo que no es preferible.

A continuación, el segundo laminado se lleva a cabo en el momento en que pasaron 30 segundos o más después de la finalización del primer laminado. El segundo laminado se lleva a cabo en condiciones en las que una temperatura está en un intervalo de 1020°C o mayor y una suma de las relaciones de reducción de laminado (relación de reducción de laminado total) está en un intervalo de 15% a 30%. De este modo, los granos de austenita recristalizadas crecen, y los elementos de aleación son atraídos por la migración de los límites de grano de manera que los elementos de aleación se propagan. El tiempo transcurrido desde el final del primer laminado hasta el comienzo del segundo laminado preferentemente está en un intervalo de 45 segundos o más, y más preferentemente en un intervalo de 60 segundos o más. El límite superior de la temperatura del segundo laminado es preferentemente 1200°C. En el caso en que la temperatura excede el 1200°C, la plancha se vuelve susceptible de ser descarburizada, lo que no es preferible.

Mientras tanto, el número de veces que cada uno del primer laminado y el segundo laminado que se llevan a cabo no es particularmente limitado. El primer laminado y el segundo laminado pueden llevarse a cabo una vez respectivamente, o pueden llevarse a cabo dos o más veces respectivamente, siempre que las temperaturas de laminado, las sumas de las relaciones de reducción de laminado (relaciones de reducción de laminado totales), y el tiempo transcurrido desde el final del primer laminado hasta el inicio del segundo laminado estén dentro de los intervalos descritos anteriormente. En cualquiera de estos casos, pueden obtenerse los mismos efectos.

(Etapas de laminado de acabado)

La barra en bruto que se obtiene a través del laminado áspero se somete un laminado de acabado en unas condiciones en las que una temperatura de acabado está en un intervalo de Ae₃ o mayor.

El Ae₃ es un valor calculado a partir de la siguiente fórmula.

$$Ae_3 (°C) = 910 - 372 \times C\% + 29,8 \times Si\% - 30,7 \times Mn\% + 776,7 \times P\% - 13,7 \times Cr\% - 78,2 Ni\%$$

(Aquí, C%, Si%, Mn%, P%, Cr%, y Ni% representan los contenidos (% en masa) de C, Si, Mn, P, Cr, y Ni incluidos en la placa de acero laminada en caliente, respectivamente.)

En el caso en que la temperatura del laminado de acabado (temperatura de acabado, la temperatura final del laminado de acabado) se fija para que esté en un intervalo de Ae₃ o mayor, se promueve la recristalización. En

5 general, el Ae₃ se utiliza as un estándar aproximado de la temperatura final del laminado de acabado. En el caso en que la temperatura final del laminado de acabado sea Ae₃, el laminado de acabado se termina en un estado de estructura de austenita. Sin embargo, la estructura de austenita está en un estado de sobreenfriamiento, y la recristalización no se produce suficientemente; y como resultado, se promueve un aumento de la anisotropía en aptitud para el moldeo. Por lo tanto, en la presente realización, la temperatura de acabado (la temperatura final del laminado de acabado) se fija para que esté en un intervalo de Ae₃ o mayor.

(Etapa de enfriamiento por aire)

10 Después del laminado de acabado, el material laminado se somete a enfriamiento por aire durante 1 segundo a 10 segundos. En el caso en que el tiempo de enfriamiento por aire exceda los 10 segundos, la temperatura disminuye en gran parte; y de este modo, los comportamientos de recristalización avanzan a una tasa lenta. Por lo tanto, el efecto de mejorar la anisotropía en aptitud para el moldeo se satura.

(Etapa de enfriamiento y bobinado después del enfriamiento por aire)

15 Después del enfriamiento por aire, el material laminado es enfriado hasta una temperatura de bobinado de 400°C a 580°C a una tasa de enfriamiento de 10°C/s a 70°C/s. En el caso en que la tasa de enfriamiento es menor que 10°C/s, se forman ferrita gruesa y una estructura de perlitas gruesas. Por lo tanto, la capacidad de deformación se degrada debido a la estructura de perlitas gruesas aún cuando se lleva a cabo el laminado en caliente (el laminado grueso y el laminado de acabado) descrito anteriormente. Por lo tanto, el límite inferior de la tasa de enfriamiento se fija en 10°C/s o más. Además, en el caso en que la tasa de enfriamiento exceda los 70°C/s, la placa de acero se enfría de forma desigual en la dirección de la anchura. En particular, las porciones en o en las proximidades de los bordes se enfrían en exceso; y de este modo, las porciones se endurecen. Como resultado, se provoca la variación en la calidad del material. Por lo del tanto, se hace necesario añadir una etapa adicional, tal como el recorte de los bordes; y de este modo, el rendimiento se reduce. Por lo tanto, el límite superior de la tasa de enfriamiento se fija en 70 ° C o menos.

25 A continuación, el material laminado enfriado es bobinado a una temperatura de bobinado de 400°C a 580°C. En el caso en que la temperatura de bobinado es menor que 400°C, se produce la transformación martensítica en algunas partes de la placa de acero, o la resistencia de la placa de acero aumenta. Como resultado, la aptitud para el moldeo se degrada. Además, se hace difícil de manejar la placa de acero durante el desbobinado. Por otro lado, En el caso en que la temperatura de bobinado excede los 580 °C, el C (carbono) descargado durante la transformación de ferrita se concentra en austenita; y de este modo, se genera una estructura de perlita gruesa. Dado que la estructura de perlita gruesa promueve la generación de bandas de perlitas, el porcentaje de área de las bandas de perlitas aumenta. Como resultado, la capacidad de deformación se degrada, y la anisotropía en aptitud para el moldeo aumenta.

35 En el caso en que la temperatura de bobinado se fija para que esté en un intervalo de 580°C o menor, la estructura es miniaturizada, y la generación de la estructura de perlita gruesa es suprimida. Como resultado, la degradación de la capacidad de deformación y un aumento de la anisotropía en aptitud para el moldeo se puede suprimir.

(Segunda realización)

[Placa de acero para el forjado en frío de acuerdo a la segunda realización]

40 En primer lugar, la configuración de la placa de acero para el forjado en frío de acuerdo a la segunda realización se describirá con referencia a la FIG. 6. La FIG 6 es una vista explicativa que muestra esquemáticamente la placa de acero para el forjado en frío de acuerdo a la segunda realización.

Como se muestra en la FIG 6, la placa de acero para el forjado en frío 1 de acuerdo a la segunda realización incluye: una placa de acero laminada en caliente 10 que es un material base; y una película tratada en la superficie 100 formada en una o ambas de las superficies principales de la placa de acero laminada en caliente 10.

45 **(Placa de acero laminada en caliente (una porción del cuerpo principal de la placa de acero, a material base) 10)**

La placa de acero laminada en caliente 10 que sirve como material base de la placa de acero para el forjado en frío 1 es la placa de acero laminada en caliente como se describe en la primera realización. Por lo tanto, no se realizará la descripción detallada de la placa de acero laminada en caliente 10.

(Película tratada en la superficie 100)

50 La película tratada en la superficie 100 tiene un gradiente de concentración de cada componente de la película en una dirección de espesor de película; y de este modo, la película tiene una estructura de tres capas tipo concentración-gradiente en la que las tres capas de una capa de adhesión 110, una capa base 120, y una capa de lubricante 130 están situadas en serie en forma identificable desde un lado de una interfaz entre la película tratada en la superficie 100 y la placa de acero laminada en caliente 10 hacia un lado de la superficie de la película tratada

en la superficie 100.

Aquí, el "tipo concentración-gradiente" en la presente realización no se refiere a un hecho de que las respectivas capas de la capa de adhesión 100, la capa base 120, y la capa de lubricante 130 que están incluidas en la película tratada en la superficie 100 están completamente separadas y divididas en tres capas (los componentes de una capa no están presentes en otras capas), pero significa que, como se describe más arriba, los componentes incluidos en la película tratada en la superficie 100 tienen gradientes de concentración en la dirección de espesor de la película. Es decir, los componentes principales en la película tratada en la superficie 100 incluyen un componente procedente de una unión de silanol (los detalles se describirán a continuación) formada entre un metal en la superficie de la placa de acero laminada en caliente 10 que es el material base y la película tratada en la superficie, una resina de temperatura elevada (resina resistente al calor), una sal de ácido inorgánico, y un lubricante. Cada uno de los componentes tiene un gradiente de concentración en la dirección de espesor de la película de la película tratada en la superficie 100. En más detalle, una concentración del lubricante 131 aumenta, y, a la inversa, las concentraciones de la resina de temperatura elevada y la sal de ácido inorgánico disminuyen, del lado de la interfaz entre la película tratada en la superficie 100 y la placa de acero laminada en caliente 10 hacia el lado de la superficie de la película tratada en la superficie 100. Además, una concentración del componente procedente de la unión de silanol aumenta hacia la proximidad de la interfaz entre la película tratada en la superficie 100 y la placa de acero laminada en caliente 10.

En lo sucesivo, se describirán en detalle las configuraciones de las respectivas capas que constituyen la película tratada en la superficie 100.

20 <Capa de adhesión 110>

La capa de adhesión 110 asegura las propiedades de adherencia entre la película tratada en la superficie 100 y la placa de acero laminada en caliente 10 que es el material base con respecto al trabajo durante el forjado en frío; y de este modo, la capa de adhesión 110 tiene la función de prevenir el agarrotamiento entre la placa de acero para el forjado en frío 1 y un molde. Específicamente, la capa de adhesión 110 está situada en un lado de una interfaz entre la película tratada en la superficie 100 y la placa de acero laminada en caliente 10, y la capa de adhesión 110 es una capa que incluye una mayor cantidad del componente procedente de la unión de silanol entre las tres capas que componen la película tratada en la superficie 100.

Aquí, la unión de silanol en la presente realización está representada por Si-O-X (X representa a metal que es un componente de la placa de acero laminada en caliente), y la unión de silanol se forma en o en la proximidad de la interfaz entre la película tratada en la superficie 100 y la placa de acero laminada en caliente 10. Se supone que la unión de silanol es enlace covalente entre un agente de acoplamiento a silano incluido en un fluido de tratamiento superficial para formar la película tratada en la superficie 100 y un óxido del metal en la superficie de la placa de acero laminada en caliente 10 (el metal es por ejemplo, una clase de metal (Zn, Al, o similar) utilizado en la electrodeposición en el caso en que la placa de acero laminada en caliente 10 se somete a electrodeposición, o Fe en el caso en que la placa de acero laminada en caliente 10 es una placa de acero no recubierta). Además, la presencia de la unión de silanol puede confirmarse mediante un procedimiento que es capaz de conducir el análisis elemental en una dirección de profundidad de una muestra de prueba. Por ejemplo, las intensidades de espectro de los elementos componentes (Si, O, y X) procedentes de la unión de silanol en una dirección de espesor de película de la película tratada en la superficie 100 se miden mediante un aparato espectroscópico de emisión óptica de descarga luminosa de alta frecuencia (GDS de alta frecuencia), y luego los contenidos de los respectivos elementos se determinan a partir de las intensidades del espectro. De este modo, la presencia de la unión de silanol puede ser confirmada. Además, la presencia de la unión de silanol también puede confirmarse mediante la observación directa de una sección transversal de una muestra de prueba usando un microscopio electrónico de transmisión de emisión de campo (FE-TEM) o similares, o la presencia de la unión de silanol puede confirmarse a través de un microanálisis de elementos (por ejemplo, un método de análisis mediante el uso de un espectrómetro de rayos X de energía dispersiva (EDS)), o similar.

Además, un espesor de la capa de adhesión 110 necesita estar en un intervalo de 0,1 nm a 100 nm. En el caso en que el espesor de la capa de adhesión 110 es menor que 0,1 nm, la formación de la unión de silanol no es suficiente; y de este modo, no puede obtenerse una fuerza de adherencia suficiente entre la película tratada en la superficie 100 y la placa de acero laminada en caliente 10. Por otro lado, en el caso en que el espesor de la capa de adhesión 110 excede el 100 nm, un número de las uniones del silanol son excesivamente grandes; y de este modo, la tensión interna en la capa de adhesión 110 aumenta durante el trabajo de la placa de acero para el forjado en frío 1, y la película se vuelve quebradiza. Por lo tanto, la fuerza de adherencia entre la película tratada en la superficie 100 y la placa de acero laminada en caliente 10 se deteriora. El espesor de la capa de adhesión 110 preferentemente está en un intervalo de 0,5 nm a 50 nm desde el punto de vista de asegurar la fuerza de adherencia entre la película tratada en la superficie 100 y la placa de acero laminada en caliente 10 en forma más fiable.

55 <Capa base 120>

La capa base 120 tiene una función de mejorar el seguimiento de la placa de acero (capacidad de seguimiento) durante el forjado en frío. Además, la capa base 120 retiene el lubricante 131; y de este modo, la capa base 120

tiene una función de suministrar la placa de acero para el forjado en frío 1 con dureza y resistencia con respecto al agarrotamiento entre la placa de acero y el molde. Específicamente, la capa base 120 está situada como una capa intermedia entre la capa de adhesión 110 y la capa de lubricante 130, y la capa base 120 incluye mayores cantidades de la resina de temperatura elevada y la sal de ácido inorgánico como componentes principales entre las tres capas que componen la película tratada en la superficie 100. En detalle, la capa base 120 tiene los mayores contenidos de la resina de temperatura elevada y la sal de ácido inorgánico incluida en la capa completa entre las tres capas.

Un motivo por el que la sal de ácido inorgánico se selecciona como componente principalmente incluido en la capa base 120 es el siguiente. La sal de ácido inorgánico puede formar una película de una estructura de tres capas tipo concentración-gradiente en la presente realización, y la sal de ácido inorgánico es apropiada para desempeñar el papel antes descrito de la capa base 120. Mientras tanto, en la presente realización, la película tratada en la superficie 100 se forma utilizando un fluido de tratamiento superficial a base de agua. Por lo tanto, la sal de ácido inorgánico en la presente realización es preferentemente soluble en agua en consideración de la estabilidad del fluido de tratamiento superficial.- Sin embargo, aún cuando una sal es insoluble o poco soluble en agua, la sal puede utilizarse si es soluble en un ácido. Por ejemplo, puede formarse una película que incluye fosfato de zinc utilizando una combinación de una sal de ácido inorgánico soluble en agua (por ejemplo, nitrato de zinc), y un ácido (por ejemplo, fosfato).

En cuanto a las funciones descritas anteriormente, los ejemplos de la sal de ácido inorgánico que puede utilizarse en la presente realización incluyen fosfato, borato, silicato, molibdato, tungstato, o combinaciones de una pluralidad de las sales descritas anteriormente. Específicamente, los ejemplos de la sal de ácido inorgánico que puede utilizarse incluyen fosfato de zinc, fosfato de calcio, borato de sodio, borato de potasio, borato de amonio, silicato de potasio, molibdato de potasio, molibdato de sodio, tungstato de potasio, tungstato de sodio, y similares. Sin embargo, entre las sales descritas anteriormente, la sal de ácido inorgánico es particularmente preferente al menos un tipo de compuesto seleccionado de un grupo que consiste en fosfato, borato, y silicato por razones de conveniencia (conveniencia) cuando se miden los espesores de las capas respectivas de la capa de adhesión 100, la capa base 120, y la capa de lubricante 130.

Además, la capa base 120 incluye la resina de temperatura elevada como componente principal. Como se describe más arriba, durante el forjado en frío, la temperatura se vuelve relativamente alta debido a la fuerza de fricción entre la placa de acero para el forjado en frío 1 que es un material base y el molde. Por lo tanto, un motivo por el que la resina de temperatura elevada se selecciona es que la película tratada en la superficie 100 necesita mantener una forma de película incluso en condiciones de trabajo de dicha temperatura alta. Desde el punto de vista descrito anteriormente, la resistencia al calor de la resina de temperatura elevada en la presente realización es preferentemente favorable suficiente para retener una forma de película a una temperatura de más alta que la temperatura lograda (aproximadamente -200°C) durante el forjado en frío. Mientras tanto, en la presente realización, se forma la película tratada en la superficie 100 utilizando un fluido de tratamiento superficial a base de agua. Por lo tanto, la resina de temperatura elevada en la presente realización es preferentemente soluble en agua en consideración de la estabilidad del fluido de tratamiento superficial.

En cuanto a las funciones descritas anteriormente, los ejemplos de la resina de temperatura elevada que pueden utilizarse en la presente realización incluyen una resina de poliimida, una resina de poliéster, una resina epoxi, una fluororesina, y similares. En particular, con el fin de asegurar suficiente resistencia al calor y solubilidad en agua, una resina de poliimida es preferentemente utilizada como resina de temperatura elevada.

Además, la composición de la capa base 120 también tiene una influencia en la composición completa de la placa de acero para el forjado en frío 1. Por lo tanto, en la presente realización, se utiliza la resina de temperatura elevada como componente principal de la capa base 120 para conferir seguimiento de trabajo y resistencia al calor de la película tratada en la superficie 100, y por ejemplo, como el Documento patente 4, se utiliza un componente inorgánico tal como fosfato, borato, silicato, molibdato, tungstato, o similar como componente principal. Específicamente, una cantidad de la sal de ácido inorgánico en la capa base 120 está en un intervalo de 1 parte en masa a 100 partes en masa con respecto a 100 partes en masa de la resina de temperatura elevada. En el caso en que la cantidad de la sal de ácido inorgánico es menor que 1 parte en masa, un coeficiente de fricción de la película tratada en la superficie 100 aumenta; y de este modo, no puede obtenerse suficiente lubricidad. Por otro lado, en el caso en que la cantidad de la sal de ácido inorgánico excede las 100 partes en masa, el desempeño para retener el lubricante 131 no se exhibe en forma suficiente.

Además, un espesor de la capa base 120 necesita estar en un intervalo de 0,1 μm a 15 μm . En el caso en que el espesor de la capa base 120 es menor que 0,1 μm el desempeño para retener el lubricante 131 no se exhibe en forma suficiente. Por otro lado, en el caso en que el espesor de la capa base 120 excede el 15 μm , el espesor de película de la capa base 120 es excesivamente grueso; y de este modo, el rayado por presión o similar se vuelve susceptible a producirse durante el trabajo (forjado en frío). El espesor de la capa base 120 preferentemente está en un intervalo de 0,5 μm o más desde el punto de vista de mejorar el desempeño para retener el lubricante 131, y el espesor de la capa base 120 preferentemente está en un intervalo de 3 μm o menos desde el punto de vista de prevenir en forma más fiable el rayado por presión durante el trabajo.

<Capa de lubricante 130>

La capa de lubricante 130 tiene una función de mejorar la lubricidad de la película tratada en la superficie 100 para reducir un coeficiente de fricción. Específicamente, la capa de lubricante 130 está situada en un lado de superficie más externo de la película tratada en la superficie 100, y la capa de lubricante 130 es una capa que incluye una mayor cantidad del lubricante 131 entre las tres capas que componen la película tratada en la superficie 100.

En la presente realización, el lubricante 131 no es particularmente limitado siempre que el lubricante pueda formar la película tratada en la superficie 100 que tiene una estructura de tres capas tipo concentración-gradiente y el lubricante mejore suficientemente la lubricidad de la película tratada en la superficie 100. Por ejemplo, es posible utilizar al menos una clase seleccionada de un grupo que consiste en politetrafluoroetileno, disulfuro de molibdeno, disulfuro de tungsteno, óxido de zinc, y grafito.

Además, un espesor de la capa de lubricante 130 necesita estar en un intervalo de 0,1 μm a 10 μm . En el caso en que el espesor de la capa de lubricante 130 es menor que 0,1 μm no puede obtenerse suficiente lubricidad. Por otro lado, en el caso en que el espesor de la capa de lubricante 130 excede los 10 μm , se genera material innecesario no deseado durante el trabajo, y se produce una desventaja en la que el material innecesario no deseado se une al molde o similar. El espesor de la capa de lubricante 130 preferentemente está en un intervalo de 1 μm o más desde el punto de vista de mejorar además la lubricidad. Además, el espesor de la capa de lubricante 130 preferentemente está en un intervalo de 6 μm o menos desde el punto de vista de prevenir en forma más fiable la generación de material innecesario no deseado durante el trabajo.

Además, a fin de desempeñar las funciones de la capa base 120 y la capa de lubricante 130, también es importante una relación de espesor entre la capa de lubricante 130 y la capa base 120. Específicamente, una relación del espesor de la capa de lubricante 130 y el espesor de la capa base 120, es decir, (el espesor de la capa de lubricante) / (el espesor de la capa base) necesita estar en un intervalo de 0,2 a 10. En el caso en que (el espesor de la capa de lubricante) / (el espesor de la capa base) es menor que 0,2, la película tratada en la superficie 100 se endurece excesivamente en toda la película; y de este modo, no se puede obtener suficiente lubricidad. Por otro lado, en el caso en que (el espesor de la capa de lubricante) / (el espesor de la capa base) excede el 10, las propiedades de retención del lubricante 131 se deterioran, y falta seguimiento de trabajo en toda la película.

<Un procedimiento para confirmar si las capas se forman o no, un procedimiento para medir y definir espesores de las respectivas capas, y un procedimiento para medir las cantidades de la resina de temperatura elevada y la sal de ácido inorgánico en la capa base>

Como se describe más arriba, en la placa de acero para el forjado en frío 1 de acuerdo a la presente realización, es importante que la capa de adhesión 110 esté presente en el lado de la placa de acero laminada en caliente 10, la capa de lubricante 130 esté presente en el lado de la superficie de la película, y la capa base 120 esté presente entre las mismas. La lubricidad que puede tolerar el forjado en frío, que está previsto en la presente realización, no puede ser exhibido si cualquiera de las capas no está presente. Además, even en el caso en que los espesores de las respectivas capas de la capa de adhesión 110, la capa base 120, y la capa de lubricante 130 no están dentro de los intervalos descritos anteriormente, la lubricidad que puede tolerar el forjado en frío, que está previsto en la presente realización, no puede exhibirse. Por lo tanto, en la presente realización, un procedimiento para confirmar si las respectivas capas de la capa de adhesión 110, la capa base 120, y la capa de lubricante 130 se forman o no, y un procedimiento para medir los espesores de película se vuelven importantes.

En primer lugar, los ejemplos del procedimiento para confirmar si las respectivas capas de la capa de adhesión 110, la capa base 120, y la capa de lubricante 130 se forman o no incluyen un procedimiento en el que se llevan a cabo los análisis cuantitativos de los elementos en la dirección de espesor de la película (dirección de profundidad) de la película tratada en la superficie 100 utilizando un GDS de lata frecuencia. Es decir, en primer lugar, se establecen los elementos representativos (elementos característicos en los componentes) de los componentes principales (el componente procedente de la unión de silanol, la sal de ácido inorgánico, la resina de temperatura elevada, y el lubricante) incluidos en la película tratada en la superficie 100. Por ejemplo, con respecto al componente procedente de la unión de silanol, Si se establece como el elemento representativo. Con respecto al lubricante, en forma apropiada, F se establece como el elemento representativo en el caso en que el lubricante es politetrafluoroetileno, y Mo se establece como el elemento representativo en el caso en que el lubricante es disulfuro de molibdeno. A continuación, las intensidades de los picos que corresponden a estos elementos representativos se obtienen en un gráfico de medición de GDS de alta frecuencia. Las concentraciones de los respectivos componentes en cada ubicación en la dirección de espesor de la película pueden ser calculadas a partir de las intensidades de los picos obtenidos.

El procedimiento para medir los espesores de las respectivas capas en la presente realización se define como más abajo. En primer lugar, una profundidad (una ubicación en la dirección de espesor de la película) de una porción que tiene una intensidad pico de la mitad del valor máximo de la intensidad pico del elemento representativo (por ejemplo, F, Mo, W, Zn, y C) del lubricante, que se establece en la forma anteriormente descrita, desde la superficie más externa de la película tratada en la superficie 100 en la tabla de mediciones de GDS de alta frecuencia se considera como el espesor de la capa de lubricante 130. Es decir, la ubicación en la dirección de espesor de la

película de la porción que tiene una intensidad pico de la mitad del valor máximo de la intensidad pico del elemento representativo del lubricante sirve como una interfaz entre la capa de base de lubricante 130 y la capa 120.

5 Además, una profundidad (una ubicación en la dirección de espesor de la película) de una porción que tiene una intensidad pico de la mitad del valor máximo de la intensidad pico del elemento representativo (Si) del componente procedente de la unión de silanol, desde la interfaz entre la película tratada en la superficie 100 y la placa de acero laminada en caliente 10 en el diagrama de medición de GDS de lata frecuencia se considera como el espesor de la capa de adhesión 110. Es decir, la ubicación en la dirección de espesor de la película de la porción que tiene una intensidad pico de la mitad del valor máximo de la intensidad pico del elemento representativo (Si) del componente procedente de la unión de silanol sirve como una interfaz entre la capa de adhesión 110 y la capa base 120.

10 Además, el espesor de la capa base 120 se define como una profundidad desde la porción que tiene una intensidad pico de la mitad del valor máximo de la intensidad pico del elemento representativo del lubricante hasta la porción que tiene una intensidad pico de la mitad del valor máximo de la intensidad pico del elemento representativo (Si) del componente procedente de la unión de silanol. Mientras tanto, por ejemplo, el espesor de la capa base 120 puede obtenerse de la siguiente manera. El espesor de la película tratada en la superficie 100 completa se mide a partir de una sección transversal de la película tratada en la superficie 100 observada utilizando un microscopio, y después
15 una suma del espesor de la capa de adhesión 110 y el espesor de la capa de lubricante 130 que se obtienen en la manera descrita anteriormente se resta del espesor de la película tratada en la superficie 100 completa.

20 Sin embargo, en el caso en que grafito se utiliza como el lubricante 131, cuando el carbono (C) se establece como el elemento representativo, es difícil diferenciar el carbono del elemento C obtenido de la resina de temperatura elevada y similares. Por lo tanto, el espesor de la capa de lubricante 130 se mide utilizando el elemento representativo (por ejemplo, P, B, o Si) del componente de sal de ácido inorgánico. Aún en este caso, la ubicación en la dirección de espesor de la película de una porción que tiene una intensidad pico de la mitad del valor máximo de la intensidad pico del elemento representativo de la sal de ácido inorgánico componente sirve como la interfaz entre la capa de lubricante 130 y la capa base 120.

25 Además, en el caso en que silicato se utiliza as la sal de ácido inorgánico de la capa base 120, cuando el silicio (Si) se establece como el elemento representativo, es difícil diferenciar el Si obtenido de silicato as la sal de ácido inorgánico del Si obtenido del componente procedente de la unión de silanol en la capa de adhesión 110. Por lo tanto, los espesores de la capa de adhesión 110 y la capa base 120 se miden utilizando el carbono (C) obtenido de la resina de temperatura elevada componente en la capa base 120 como el elemento representativo.

30 Además, en el caso en que se utiliza molibdato o tungstato como la sal de ácido inorgánico de la capa base 120, cuando el molibdeno (Mo) o tungsteno (W) se establece como el elemento representativo, existen casos en los que es difícil diferenciar Mo o W obtenido de la sal de ácido inorgánico del Mo o W obtenido del lubricante 131. En este caso, los espesores de la capa base 120 y la capa de lubricante 130 se miden utilizando un elemento que la sal de ácido inorgánico y el lubricante 131 no tienen en común, por ejemplo, azufre (S) obtenido del lubricante 131 como el
35 elemento representativo.

Mientras tanto, en el procedimiento para calcular los espesores de las respectivas capas, las ubicaciones de las respectivas capas en la dirección de espesor de la película de la película tratada en la superficie 100 pueden obtenerse de las ubicaciones de las porciones que tienen las intensidades pico de la mitad de los valores máximos de las intensidades pico del elemento representativos de los respectivos componentes, es decir, tiempos de pulverización catódica (en el caso de la presente realización, los tiempos convertidos en la velocidad de pulverización catódica de SiO₂) por GDS de alta frecuencia en la forma anteriormente descrita.
40

Las cantidades de la resina de temperatura elevada y la sal de ácido inorgánico en la capa base se miden mediante el siguiente procedimiento. La película tratada en la superficie se corta en la dirección del espesor utilizando un microtomo o similar, y la capa base se corta, se toma de la base de capa una muestra de prueba que tiene una
45 cantidad necesaria para el análisis, y la muestra de prueba se tritura utilizando un mortero de ágata. Se mide un peso inicial de la muestra de prueba para el análisis, y a continuación, se añade una solución que disuelve la sal de ácido inorgánico, tal como el agua; y de este modo, se disuelve la sal de ácido inorgánico. Se disuelve la sal de ácido inorgánico, y luego la muestra de prueba para el análisis está suficientemente seca. Se utiliza un peso de la muestra de prueba seca para el análisis como una masa (partes en masa) de la resina de temperatura elevada, y una diferencia en el peso entre el peso inicial y el peso después del secado se utiliza como una masa (partes en masa) de la sal de ácido inorgánico. Después de eso, la cantidad (partes en masa) de la sal de ácido inorgánico con respecto a las 100 partes en masa de la resina de temperatura elevada 100 se calcula a partir de las cantidades calculadas de la resina de temperatura elevada y la sal de ácido inorgánico en la capa base.
50

[Un procedimiento para producir la placa de acero para el forjado en frío de acuerdo a la segunda realización]
55

Hasta ahora, la configuración de la placa de acero para el forjado en frío de acuerdo a la segunda realización se ha descrito en detalle, y posteriormente, se describirá un procedimiento para producir la placa de acero para el forjado en frío de acuerdo a la segunda realización que tiene la configuración descrita anteriormente.

El procedimiento para producir la placa de acero para el forjado en frío de acuerdo a la segunda realización incluye: obtener una placa de acero laminada en caliente 10 mediante el procedimiento para producir la placa de acero laminada en caliente de la primera realización; y formar una película tratada en la superficie 100 en una o ambas de las superficies principales (una superficie frontal y una superficie posterior) de la placa de acero laminada en caliente 10.

Debido a que la etapa para obtener la placa de acero laminada en caliente es la misma que aquella en la primera realización, no se realizará a explicación de la misma.

La etapa de formar la película tratada en las superficies 100 incluye: recubrir un fluido de tratamiento superficial a base de agua incluyendo un agente de acoplamiento a silano soluble en agua, una sal de ácido inorgánico soluble en agua, una resina de temperatura elevada soluble en agua, y a lubricante en una o ambas de las superficies principales de la placa de acero laminada en caliente 10 para formar una película recubierta; y secar la película recubierta para formar la película tratada en la superficie 100 en una o ambas de las superficies principales de la placa de acero laminada en caliente 10.

(Con respecto al fluido de tratamiento superficial)

El fluido de tratamiento superficial que se utiliza en el procedimiento para producir la placa de acero para el forjado en frío de acuerdo a la presente realización incluye un agente de acoplamiento a silano soluble en agua, una sal de ácido inorgánico soluble en agua, una resina de temperatura elevada soluble en agua, y un lubricante. Se han descrito los detalles de la sal de ácido inorgánico, la resina de temperatura elevada, y el lubricante, y de ese modo no se realizará la explicación de los mismos.

El agente de acoplamiento a silano soluble en agua no es particularmente limitado, y puede utilizarse un agente de acoplamiento a silano bien conocido. Los ejemplos de los mismos que pueden utilizarse incluyen 3-aminopropiltrimetoxi silano, N-2-(aminometil)-3-aminopropilmetildimetoxi silano, 3-glicidoxipropiltrimetoxisilano, 3-glicidoxipropiltriethoxisilano, y similares.

Además, puede añadirse una variedad de aditivos al fluido de tratamiento superficial.

El fluido de tratamiento superficial que se utilizan el procedimiento para producir la placa de acero para el forjado en frío de acuerdo a la presente realización puede contener un agente de nivelación para mejorar las propiedades de revestimiento, una disolvente soluble en agua, un estabilizador de metal, un supresor de grabado, un ajustador de pH, y similares en cantidades dentro de los intervalos en los que no se vean deteriorados los efectos de la presente realización. Los ejemplos del agente de nivelación incluyen tensioactivos no iónicos y tensioactivos catiónicos, y específicamente, los ejemplos de los mismos que pueden utilizarse incluyen productos de adición de óxidos de polietileno u óxidos de polipropileno, compuestos de acetilenglicol, y similares. Los ejemplos de disolvente soluble en agua incluyen: alcoholes tales como etanol, alcohol isopropílico, alcohol t-butílico, y propilenglicol; celosolves tales como el éter monobutílico de etilenglicol, y éter monoetilico de etilenglicol; ésteres tales como acetato de etilo, y acetato de butilo; cetonas tales como acetona, metil etil cetona, metil isobutil cetona, y similares. Los ejemplos del estabilizador de metal incluyen compuestos quelatos tales como EDTA, DTPA, y similares. Los ejemplos del supresor de grabado incluyen compuestos de amina tales como etileno diamina, trietileno pentamina, guanidina, piridina, y similares. En particular, los compuestos que tienen dos o más grupos amino en una sola molécula también tienen los efectos del estabilizador de metal; y por lo del tanto, estos compuestos son más preferibles. Los ejemplos del ajustador de pH incluyen: ácidos orgánicos tales como ácido acético, ácido láctico y; ácidos inorgánicos tales como ácido fluorhídrico; sales de amonio; aminas, y similares.

El fluido de tratamiento superficial que se utiliza in el procedimiento para producir la placa de acero para el forjado en frío de acuerdo a la presente realización se puede preparar por disolución de manera uniforme o dispersión de los componentes respectivos en agua.

(Recubrimiento y secado del fluido de tratamiento superficial)

Los ejemplos del procedimiento para recubrir el fluido de tratamiento superficial sobre la placa de acero laminada en caliente 10 incluyen un procedimiento en el que la placa de acero laminada en caliente 10 se sumerge en el fluido de tratamiento superficial. En este caso, es necesario calentar la placa de acero laminada en caliente 10 hasta una temperatura mayor que una temperatura del fluido de tratamiento superficial de antemano, en como alternativa, es necesario secar la placa de acero laminada en caliente utilizando aire caliente durante el secado. Específicamente, la placa de acero laminada en caliente 10 se sumerge en agua caliente a aproximadamente 80°C durante aproximadamente un minuto, y después, la placa de acero laminada en caliente 10 se sumerge en el fluido de tratamiento superficial a una temperatura de aproximadamente 40°C a 60°C durante aproximadamente un segundo. Después de eso, la placa de acero laminada en caliente se seca a temperatura ambiente durante aproximadamente 2 minutos. De este modo, puede formarse la película tratada en la superficie tipo concentración-gradiente 100 que tiene una estructura de tres capas compuesta por la capa de adhesión 110, la capa base 120, y la capa de lubricante 130.

(Procedimiento para controlar los espesores de película de las respectivas capas)

La cantidad recubierta del fluido de tratamiento superficial, las concentraciones de los respectivos componentes en el fluido de tratamiento superficial, y reactividades y capacidades hidrófilas / hidrofobicidad del fluido de tratamiento superficial y la placa de acero laminada en caliente 10, que es el material base son controlados adecuadamente. De este modo, los espesores de película de las respectivas capas que componen la película tratada en la superficie 100 pueden ser regulados para estar dentro de los intervalos de espesores de película descritos anteriormente.

(Motivos por los que se forma la película tipo concentración-gradiente)

Como se describe más arriba, el fluido de tratamiento superficial en el que el agente de acoplamiento a silano soluble en agua, la sal de ácido inorgánico soluble en agua, la resina de temperatura elevada soluble en agua, y el lubricante se disuelven o dispersan en agua es recubierto sobre la placa de acero laminada en caliente 10, y después se seca. De este modo, se forma la película tratada en la superficie tipo concentración-gradiente 100. Los inventores supusieron que los motivos por los que se forma la película tratada en la superficie tipo concentración-gradiente 100 son los siguientes.

En primer lugar, en el caso en que la placa de acero laminada en caliente 10 es calentada hasta una temperatura mayor que la temperatura del fluido de tratamiento superficial de antemano como se describe más arriba, la temperatura de la placa de acero laminada en caliente 10 es mayor que la temperatura del fluido de tratamiento superficial. Por lo tanto, en la película recubierta (película delgada) formada por recubrimiento del fluido de tratamiento superficial sobre la placa de acero laminada en caliente 10, la temperatura de una interfaz sólido-líquido es alta; sin embargo, la temperatura de una interfaz gas-líquido se hace baja. Como resultado, se produce una diferencia en la temperatura en la película recubierta (película delgada); y de este modo, el agua que sirve como disolvente se volatiliza de manera tal que se produce la convección fina en la película recubierta (película delgada).

Además, en el caso en que el fluido de tratamiento superficial a temperatura ambiente se recubre sobre la placa de acero laminada en caliente 10 a temperatura ambiente para formar la película recubierta (película delgada), y después la placa de acero laminada en caliente se seca utilizando aire caliente, la temperatura de una interfaz de gas-líquido se hace alta, y una tensión superficial en la interfase gas-líquido es baja. Se produce la convección fina en la película recubierta (película delgada) con el fin de aliviar el fenómeno descrito anteriormente.

En cualquiera de estos procedimientos de recubrimiento y secado, se produce la convección, y un componente que tiene una alta afinidad con el aire (por ejemplo, el lubricante) y componentes que tienen altas afinidades con el metal y el agua (por ejemplo, la sal de ácido inorgánico y la resina de temperatura elevada) se separan. Entonces, cuando el agua se volatiliza gradualmente para formar una forma de película, se forma una película de tipo concentración-gradiente que tiene gradientes de concentración de los respectivos componentes.

Además, en la presente realización, debido a que el agente de acoplamiento a silano tiene una alta afinidad con el metal en la superficie de la placa de acero laminada en caliente 10, el agente de acoplamiento a silano se propaga a la proximidad de la placa de acero laminada en caliente 10 en la película recubierta (película delgada). Entonces, se considera que el agente de acoplamiento a silano que alcanza la proximidad de la placa de acero laminada en caliente 10 forma una unión covalente con un óxido de metal presente en la superficie de la placa de acero laminada en caliente 10 (por ejemplo, óxido de zinc en el caso en que la placa de acero laminada en caliente 10 se somete a recubrimiento con zinc); y de este modo, se forma una unión de silanol representada por Si-O-M. Como tal, la unión de silanol se forma en o en la proximidad de la placa de acero laminada en caliente 10; y de este modo, la adhesión entre la película tratada en la superficie 100 y la placa de acero laminada en caliente 10 es extremadamente mejorada. Por lo tanto, se evita que se produzca agarrotamiento y excoiación.

La placa de acero para el forjado en frío de acuerdo a la segunda realización como se describe más arriba puede producirse mediante un procedimiento que está compuesto por etapas de tratamiento simples y es preferible desde el punto de vista de la protección ambiental global, y la placa de acero para el forjado en frío tiene excelente lubricidad. Por lo tanto, debido a las recientes medidas ambientales, el forjado en frío se lleva a cabo con mayor frecuencia en lugar de trabajos que implican gran deformación de la forma, tal como forjado en caliente acompañado de gran consumo de energía y trabajo de corte que provoca una gran cantidad de pérdida de material. Aún en el caso en que se exija trabajo plástico más estricto o trabajo complicado, la placa de acero para el forjado en frío puede ser trabajada sin aparición de agarrotamiento y excoiación entre la placa de acero y un molde u otros problemas.

Hasta el momento, las realizaciones preferibles de la presente invención se han descrito en detalle con referencia a los dibujos adjuntos; sin embargo, la presente invención no se limita a tales ejemplos. Es evidente que una persona con conocimiento ordinario en el campo técnico al que pertenece la invención puede imaginar una variedad de ejemplos modificados y ejemplos corregidos dentro del alcance de los requisitos técnicos como se indica en las reivindicaciones, y es innecesario decir que se considera que tales ejemplos están en el alcance técnico de la presente invención.

EJEMPLOS

A continuación, se describirán ejemplos de las realizaciones; sin embargo, las condiciones en los ejemplos son un ejemplo de las condiciones que se emplean para confirmar la viabilidad y efectos de las realizaciones, y las realizaciones no se limitan al ejemplo de las condiciones. Las realizaciones pueden emplear una variedad de condiciones dentro de las características de las realizaciones siempre que se logren los objetos de las realizaciones

(Ejemplo 1)

50 kg de un lingote de acero que tienen la composición de componente como se muestra en la Tabla 1 se fundió en un laboratorio a través de fusión al vacío, y una placa de acero laminada en caliente que tenía un espesor de 10 mm se produjo en las condiciones que cumplían con los requerimientos como se describe en la primera realización. Una porción en sección transversal de un espesor de placa en paralelo con una dirección de laminado se tomó de la placa de acero laminada en caliente. La porción en sección transversal se sometió a un tratamiento de pulido, y después la porción en sección transversal se sumergió en una solución de Nital (una solución que incluye aproximadamente 5% de ácido nítrico siendo el resto alcohol) ; y de este modo, emergieron las perlitas. A continuación, con respecto a una porción central del espesor de placa en una región de 4/10t a 6/10t con respecto al espesor de placa t, la estructura se fotografió utilizando un microscopio óptico (con un aumento de 50 veces, con un aumento de 100 veces, y con un aumento de 200 veces). Las fotos de la estructura observada se muestran en las FIGS. 5A a 5C.

Tabla 1

C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Nb	Ti	N	Temperatura de bobinado (°C)
0,16	0,18	1,42	0,014	0,003	0,0032	0,03	0,04	0,001	0,0038	575

De las FIGS. 5A a 5C, pudieron confirmarse bandas de perlitas que tienen longitudes de 1 mm o más. En la foto de estructura en un aumento de 100 veces de la FIG 5B, las bandas de perlitas parecían estar conectadas entre sí sin espacios intermedios (intervalos). Por el contrario, en la foto de estructura en una ampliación de 200 veces de la FIG 5C, se puede confirmar espacios intermedios (intervalos) en la bandas de perlitas, y algunas de las bandas de perlitas parecen estar separadas. En general, existen fases de perlita en los límites de grano de las fases de ferrita. En los ejemplo, la banda de perlita se definió como un agregado de las fases de perlita disperso en los límites de grano de las fases de ferrita. En detalle, los espesores de las fases de perlita respectivas que configuraban el agregado en una dirección de espesor de placa estaban en un intervalo de 5 µm o más. La banda perlita era un agregado en forma de banda en la que las fases de perlita se dispusieron en una dirección de laminado a intervalos de 20 µm o menos, y una longitud del agregado con forma de banda en la dirección de laminado era un intervalo de 1 mm o más.

Un porcentaje de área de las bandas de perlitas se midió mediante el siguiente procedimiento. Las fotos de estructura fotografiadas en un aumento de 100 veces se conectaron entre sí para fabricar una pieza de una imagen de estructura. A continuación, la imagen se sometió a análisis de imágenes usando un software de análisis de imágenes (WinROOF Ver 5,5,0 fabricado por Mitani Corporation.); y de este modo, se midió el porcentaje de área de las bandas de perlitas reconocidas.

(Ejemplo 2)

50 kg de un lingote de acero que tiene cada uno de las composiciones de componentes como se muestra en las Tablas 2 a 5 se fundió en un laboratorio a través de fusión al vacío, y se produjo una placa de acero que tenía un espesor de 10 mm en cada una de las condiciones como se muestra en las Tablas 6 a 8. Mientras tanto, las composiciones químicas de las muestras de prueba en las Tablas 6 a 8 son las mismas que las composiciones químicas de los lingotes de acero que tienen los mismos números de acero que los números de la muestra de prueba.

Se tomaron muestras para la observación de la estructura y muestras de pruebas de tensión de barra redonda para la medición de la capacidad de deformación última de las placas de acero obtenidas.

Una fracción de área de bandas de perlitas que tienen longitudes de 1 mm o más que estaban presentes en una región de 4/10t a 6/10t se midió por el procedimiento según lo determinado en el Ejemplo 1.

Una muestra de prueba de tensión de barra redonda que tiene un diámetro de 8 mm se tomó a lo largo de una dirección de laminado desde una porción central de la placa de acero laminada en caliente. En forma similar, una muestra de prueba de tensión de barra redonda que tiene un diámetro de 8 mm se tomó a lo largo de una dirección perpendicular a la dirección de laminado. Las pruebas de tensión se llevaron a cabo sobre las muestras de prueba. Se midieron las áreas de porciones rotas después de la rotura, y las capacidades de deformación finales se calcularon a partir de las tasas de contracción en sección transversal de las muestras de prueba después de las pruebas de acuerdo a la fórmula de la capacidad de deformación última. Cuando la capacidad de deformación última

ES 2 578 352 T3

en la dirección de laminado estaba representada por ϕL , y la deformación última en la dirección perpendicular a la dirección de laminado estaba representada por ϕc , se calculó una relación (ϕt) c / ϕL). Las fracciones de área de las bandas de perlitas y las relaciones de capacidad de deformación última que fueron obtenidas se muestran en las Tablas 9 y 10.

- 5 Mientras Tanto, los valores numéricos subrayados en las tablas indican que éstos no cumplen con los requisitos según lo definido en las realizaciones.

Tabla 2

Acero No.	Componentes (% en masa)											Ae3 (°C)	Valor A	Valor K'	Nota
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	O	Cr	B	Otros				
1-1	0,13	0,14	0,53	0,01	0,0009	0,024	0,0033	0,0022	0,35	0,0012		850	0,0039	2,16	Acero de la invención
1-2	0,16	0,08	0,65	0,01	0,0006	0,026	0,0027	0,0026	0,35	0,0016		839	0,0041	3,15	Acero de la invención
1-3	0,18	0,19	0,35	0,02	0,0015	0,031	0,0022	0,0028	0,68	0,0022	Nb:0,028	846	0,0053	3,15	Acero de la invención
1-4	0,17	0,2	0,45	0,01	0,0008	0,029	0,0045	0,0017	0,45	0,0031	Ti:0,037	841	0,0035	2,72	Acero de la invención
1-5	0,13	0,22	0,65	0,01	0,0013	0,043	0,0032	0,0023	0,39	0,0026	V:0,018	853	0,0050	2,82	Acero de la invención
1-6	0,18	0,18	0,15	0,01	0,0025	0,021	0,0027	0,0021	0,82	0,0018	Nb:0,014, Ta:0,032	843	0,0053	2,70	Acero de la invención
1-7	0,15	0,15	0,18	0,03	0,0011	0,026	0,0046	0,0014	1,27	0,0028	Nb:0,032			3,82	Acero
1-8	0,14	0,55	0,48	0,01	0,0025	0,018	0,0034	0,0018	0,46	0,0022	Nb:0,042, Ti:0,013, W:0,052	863	0,0049	2,43	Acero de la invención
1-9	0,15	0,07	0,65	0,01	0,0032	0,036	0,0025	0,0021	0,43	0,0014	Ni:0,028	835	0,0065	3,25	Acero de la invención
1-10	0,14	0,16	0,21	0,01	0,0006	0,038	0,0028	0,0028	0,77	0,0009	Cu:0,04, Mo:0,011	856	0,0047	2,21	Acero de la invención
1-11	0,17	0,25	0,48	0,02	0,0022	0,045	0,0031	0,0016	0,33	0,0015	Nb:0,023, Cu:0,025	848	0,0053	2,47	Acero de la invención
1-12	0,2	0,18	0,65	0,02	0,0029	0,023	0,0036	0,0025	0,38	0,0013	Nb:0,051, Ti:0,007, Ni:0,015, Mo:0,035	832	0,0062	3,84	Acero de la invención
1-13	0,14	0,14	0,22	0,01	0,0022	0,029	0,0033	0,0024	0,45	0,0025	Mg:0,0015	856	0,0056	1,23	Acero de la invención

ES 2 578 352 T3

Tabla 3

Acer o No.	Componentes (% en masa)											Ae 3 (°C)	Valor A	Valo r K'	Nota
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	O	Cr	B	Otros				
1-14	0,15	0,35	0,86	0,03	0,0018	0,031	0,0041	0,0025	0,25	0,0029	Ca:0,0023	857	0,0053	3,62	Acero de la invención
1-15	0,17	0,22	0,48	0,01	0,0007	0,022	0,0028	0,0019	0,66	0,0044	Ni:0,031, Ca:0,0028, La:0,005	840	0,0033	3,52	Acero de la invención
1-16	0,18	0,19	0,25	0,02	0,0043	0,035	0,0031	0,0014	0,55	0,0021	Nb:0,018, Ti:0,021, Y:0,0088	851	0,0069	2,29	Acero de la invención
1-17	0,16	0,2	0,29	0,02	0,0025	0,026	0,0026	0,0027	0,83	0,0017	Ni:0,089, Zr:0,0092	842	0,0061	3,06	Acero de la invención
1-18	0,13	0,17	0,65	0,01	0,0018	0,017	0,0045	0,0022	0,38	0,0028	Cu:0,034, Mo:0,021, Ce:0,008	849	0,0046	2,79	Acero de la invención
1-19	0,15	0,05	0,56	0,02	0,0027	0,053	0,0036	0,0018	0,45	0,0014	Nb:0,031, Ti:0,009, Ni:0,015, Ca:0,0027, La:0,003, Ce:0,0062	847	0,0062	2,91	Acero de la invención

Tabla 4

Acer o No.	Componentes (% en masa)											Ae 3 (°C)	Valor A	Valo r K'	Nota
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	O	Cr	B	Otros				
1-20	0,2	0,23	0,68	0,01	0,0019	0,017	0,0031	0,0025	0,31	0,0013	Ni:0,045, Mo:0,022, Ca:0,0021, La:0,004, Ce:0,0085	820	0,0050	3,75	Acero de la invención
1-21	0,18	0,14	0,75	0,02	0,0022	0,063	0,0029	0,0023	0,23	0,0029	Nb:0,038, Ti:0,017, V:0,011, Mg:0,0028, Y:0,018, Zr:0,004, La:0,0035, Ce:0,0073	840	0,0066	3,51	Acero de la invención

ES 2 578 352 T3

Acer o No.	Componentes (% en masa)											Ae 3 (°C)	Valor A	Valo r K'	Nota
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	O	Cr	B	Otros				
1-22	0,1 6	0,0 6	0,8 8	0,0 2	<u>0,008</u> 7	0,02 5	0,002 3	0,002 3	0,4 5	0,001 4	Y:0,02, Ce:0,012	837	<u>0,011</u> 8	4,50	Acero comparativ o
1-23	0,1 9	0,1 9	0,8 5	0,0 3	<u>0,009</u> 2	0,03 1	0,004 4	<u>0,004</u> 6	0,3 8	0,001 8	Ni:0,022	831	<u>0,014</u> 8	4,59	Acero comparativ o
1-24	0,1 7	0,2 5	0,0 2	0,0 2	0,002 3	<u>0,12</u>	0,003 8	<u>0,003</u> 8	0,4 9	0,002 2	Nb:0,028	836	<u>0,010</u> 1	4,73	Acero comparativ o

Tabla 5

Acer o No.	Componentes (% en masa)											Ae 3 (°C)	Valor A	Valor K'	Nota
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	O	Cr	B	Otros				
1-25	0,1 4	0,2 2	0,7 9	0,0 2	0,004 1	0,03 9	0,005 8	0,002 8	0,3 8	0,002 7	Mo:0,035 , Ca:0,001 8 , Y:0,026	848	<u>0,008</u> 2	3,57	Acero comparativ o
1-26	0,1 6	0,0 4	0,8 4	0,0 2	0,002 5	0,02 9	0,002 9	<u>0,004</u> 8	0,4 5	0,001 1	Ni:0,016, Ti:0,031, La:0,002 8, Ce:0,009 1	834	<u>0,008</u> 3	4,32	Acero comparativ o
1-27	0,1 7	0,1 8	<u>2,5</u> 1	0,0 2	0,003 3	0,03 4	0,003 1	0,001 9	0,1 5	0,000 6	Cu:0,026, Mo:0,139	785	0,006 3	11,0 3	Acero comparativ o
1-28	<u>0,2</u> 5	0,1 5	0,6 5	0,0 3	0,002 9	0,03 8	0,004 2	0,002 2	0,5 4	0,001 2	Nb:0,029, Ni:0,017, Cu:0,022	815	0,006 4	5,10	Acero comparativ o

Tabla 6

Muestra de prueba No.	Ae ₃	Condiciones de laminado en caliente							Tiempo de bobinado por aire después del laminado de acabado (segundos)	Tasa de bobinado hasta enfriamiento (°C/seg.)	Temperatura de bobinado (°C)	Nota
		Temperatura de calentamiento (°C)	Temperatura final del primer laminado áspero (°C)	Tasa de reducción de laminado del primer laminado áspero (%)	Tiempo desde el primer laminado hasta el segundo laminado (segundos)	Temperatura final del segundo laminado áspero (°C)	Tasa de reducción de laminado del segundo laminado áspero (%)	Temperatura de laminado de acabado (°C)				
1-1A	850	1220	1135	74	50,4	1027	27	855	1,5	18	530	Ejemplo de invención
1-1B	850	1200	1156	55	38,2	1116	25	870	1	18	510	Ejemplo de invención
1-2A	839	1200	1136	69	60,4	1030	25	865	2	25	480	Ejemplo de invención
1-2B	839	<u>1120</u>	1085	62	40	1051	21	850	2	38	550	Ejemplo comparativo
1-3A	846	1180	1076	63	35,6	1031	22	875	5	38	580	Ejemplo de invención
1-3B	846	1160	1050	58	38,7	<u>1002</u>	22	880	5	45	500	Ejemplo comparativo
1-4A	841	1160	1097	61	41,9	1036	23	876	0	45	450	Ejemplo de invención
1-4B	841	1160	<u>1010</u>	57	32,9	<u>982</u>	23	846	6	30	460	Ejemplo comparativo
1-5A	853	1220	1130	55	36,4	1080	26	910	9	45	475	Ejemplo de invención
1-5B	853	1150	1055	62	38,1	1038	18	880	8	30	550	Ejemplo de invención
1-6A	843	1200	1098	58	35,4	1043	19	875	2	25	430	Ejemplo de invención
1-6B	843	1200	1131	55	63,6	1039	<u>8</u>	891	5	30	480	Ejemplo de invención
1-7A	857	1180	1122	60	57,7	1040	26	875	3	30	450	Ejemplo de invención
1-7B	857	1180	1148	66	<u>23,7</u>	1117	22	962	5	30	480	Ejemplo de invención
1-8A	863	1230	1118	58	38,1	1090	22	878	5	20	500	Ejemplo de invención
1-8B	863	1150	1096	63	34,9	1047	28	<u>798</u>	8	35	500	Ejemplo de invención
1-9A	835	1180	1109	56	40,4	1061	27	873	2	15	550	Ejemplo de invención
1-9B	835	1150	1051	66	41,6	1034	18	865	<u>0,5</u>	10	500	Ejemplo de invención

Tabla 7

Muestra de prueba No.	Ae ₃	Condiciones de laminado en caliente							Tiempo de bobinado por aire después del laminado de acabado (segundos)	Tasa de bobinado hasta enfriamiento (°C/seg.)	Temperatura de bobinado (°C)	Nota
		Temperatura de calentamiento (°C)	Temperatura final del primer laminado áspero (°C)	Tasa de reducción de laminado del primer laminado áspero (%)	Tiempo desde el primer laminado hasta el segundo laminado (segundos)	Temperatura final del segundo laminado áspero (°C)	Tasa de reducción de laminado del segundo laminado áspero (%)	Temperatura de laminado de acabado (°C)				
1-10A	856	1150	1093	60	37,5	1061	26	870	5	25	480	Ejemplo de invención
1-10B	856	1150	<u>1002</u>	59	48,2	<u>978</u>	27	868	6	15	470	Ejemplo comparativo
1-11A	848	1180	1066	59	37,4	1030	21	880	5	40	450	Ejemplo de invención
1-11B	848	1220	1137	63	41	1089	20	865	4	<u>5</u>	520	Ejemplo comparativo
1-11C	848	1220	1092	68	39,6	1026	16	876	5	40	<u>630</u>	Ejemplo comparativo
1-12A	832	1230	1193	64	57,5	1114	18	915	8	55	550	Ejemplo de invención
1-12B	832	1200	1079	67	34,1	1053	16	875	5	40	530	Ejemplo de invención
1-12C	832	1180	1135	57	58,4	1064	20	855	2,5	15	650	Ejemplo comparativo
1-13A	856	1220	1144	55	46,3	1070	21	890	3,5	30	450	Ejemplo de invención
1-13B	856	1180	1139	57	62,4	1066	26	875	6	15	480	Ejemplo de invención
1-13C	857	1180	1064	58	37,6	1033	24	873	6	20	550	Ejemplo de invención

1-14B	857	1180	1149	<u>39</u>	44,3	1040	22	891	6	30	520	Ejemplo comparativo
1-15	840	1220	1165	61	66,9	1074	19	905	9	55	530	Ejemplo de invención
1-16	851	1200	1107	57	47,3	1039	18	875	2	15	530	Ejemplo de invención
1-17A	842	1200	1147	59	50,6	1074	25	870	3,5	30	520	Ejemplo de invención
1-17B	842	1150	1049	60	41,4	1022	26	855	4	25	500	Ejemplo de invención
1-17C	842	1200	1125	64	51,9	1042	18	<u>805</u>	6	10	<u>610</u>	Ejemplo comparativo
1-18A	849	1180	1060	64	37,3	1031	23	870	7	35	480	Ejemplo de invención
1-18B	849	1150	1073	58	37,5	1038	19	865	6	45	480	Ejemplo de invención

Tabla 8

Muestra de prueba No.	Ae ₃	Condiciones de laminado en caliente							Tiempo de bobinado por aire después del laminado de acabado (segundos)	Tasa de bobinado hasta enfriamiento (°C/seg.)	Temperatura de bobinado (°C)	Nota
		de Temperatura calentamiento (°C)	de Temperatura final del primer laminado áspero (°C)	Tasa de reducción de laminado del primer laminado áspero (%)	Tiempo desde el primer laminado hasta el segundo laminado (segundos)	de Temperatura final del segundo laminado áspero (°C)	Tasa de reducción de laminado del segundo laminado áspero (%)	de Temperatura de laminado de acabado (°C)				
1-19A	847	1220	1162	62	43,8	1119	27	870	8	40	550	Ejemplo de invención
1-19B	847	1200	1127	66	63,5	1037	27	880	9	55	580	Ejemplo de invención
1-20	820	1180	1075	64	35,9	1054	23	900	2	10	520	Ejemplo de invención
1-21A	840	1230	1149	59	41,5	1124	25	915	7	30	500	Ejemplo de invención
1-21B	840	1180	1131	61	35,3	1082	24	868	5	15	530	Ejemplo de invención
1-21C	840	1170	1091	60	45,4	1026	19	870	<u>0,5</u>	15	550	Ejemplo comparativo
1-22A	837	1180	1137	62	37,5	1096	24	877	2	15	530	Ejemplo comparativo
1-22B	837	1180	1097	57	39,7	1046	28	855	1	15	550	Ejemplo comparativo
1-23	831	1180	1131	60	36,2	1077	18	860	2	20	550	Ejemplo comparativo
1-24	836	1180	1078	58	37,2	1048	18	880	4	25	530	Ejemplo comparativo
1-25	848	1160	1108	58	57,4	1037	24	875	2	25	550	Ejemplo comparativo
1-26	834	1160	1078	66	41,2	1036	18	860	2	25	530	Ejemplo comparativo
1-27	785	1150	1084	61	37,4	1049	29	840	2	10	550	Ejemplo comparativo
1-28	815	1150	1071	58	35,8	1044	25	865	2,5	20	580	Ejemplo comparativo

Tabla 9

Muestra de prueba No.	valor A	valor K'	Características de la placa de acero laminada en caliente		de Note
			Fracción de para de las bandas de perlitas que tienen longitudes de 1 mm o más (%)	Relación de capacidad de deformación última (ϕ_c/ϕ_L)	
1-1A	0,0039	2,16	2	0,91	Ejemplo de invención
1-1B	0,0039	2,16	1,9	0,93	Ejemplo de invención
1-2A	0,0041	3,15	1,4	0,96	Ejemplo de invención
1-2B	0,0041	3,15	<u>5,2</u>	<u>0,75</u>	Ejemplo comparativo
1-3A	0,0053	3,15	3	0,91	Ejemplo de invención
1-3B	0,0053	3,15	<u>5,9</u>	<u>0,74</u>	Ejemplo comparativo

ES 2 578 352 T3

Muestra de prueba No.	valor A	valor K'	Características de la placa de acero laminada en caliente		Note
			Fracción de pareo de las bandas de perlitas que tienen longitudes de 1 mm o más (%)	Relación de capacidad de deformación última (ϕ_c/ϕ_L)	
1-4A	0,0035	2,72	2	0,92	Ejemplo de invención
1-4B	0,0035	2,72	<u>3,2</u>	<u>0,75</u>	Ejemplo comparativo
1-5A	0,005	2,82	1,55	0,94	Ejemplo de invención
1-5B	0,005	2,82	1,2	0,96	Ejemplo de invención
1-6A	0,0053	2,70	2,6	0,93	Ejemplo de invención
1-6B	0,0053	2,70	<u>2,9</u>	<u>0,78</u>	Ejemplo comparativo
1-7A	0,0034	3,82	1,9	0,98	Ejemplo de invención
1-7B	0,0034	3,82	<u>4,1</u>	<u>0,77</u>	Ejemplo comparativo
1-8A	0,0049	2,43	1,3	0,93	Ejemplo de invención
1-8B	0,0049	2,43	<u>3,8</u>	<u>0,77</u>	Ejemplo comparativo
1-9A	0,0065	3,25	1,2	0,96	Ejemplo de invención
1-9B	0,0065	3,25	<u>4,3</u>	<u>0,77</u>	Ejemplo comparativo
1-10A	0,0047	2,21	1,4	0,96	Ejemplo de invención
1-10B	0,0047	2,21	<u>2,8</u>	<u>0,72</u>	Ejemplo comparativo
1-11A	0,0053	2,47	1,8	0,94	Ejemplo de invención
1-11B	0,0053	2,47	<u>3,8</u>	<u>0,76</u>	Ejemplo comparativo
1-11C	0,0053	2,47	<u>4,8</u>	<u>0,73</u>	Ejemplo comparativo
1-12A	0,0062	3,84	2,3	0,94	Ejemplo de invención
1-12B	0,0062	3,84	2,5	0,92	Ejemplo de invención
1-12C	0,0062	3,84	<u>4,5</u>	<u>0,72</u>	Ejemplo comparativo

Tabla 10

Muestra de prueba No.	valor A	valor K'	Características de placa de acero laminada en caliente		Nota
			Fracción de área de bandas de perlitas que tienen longitudes de 1 mm o más (%)	Relación de capacidad de deformación última (φ_c/φ_L)	
1-13A	0,0056	1,23	0,8	0,93	Ejemplo de invención
1-13B	0,0056	1,23	0,9	0,94	Ejemplo de invención
1-14A	0,0053	3,62	2,4	0,92	Ejemplo de invención
1-14B	0,0053	3,62	<u>4,3</u>	<u>0,71</u>	Ejemplo comparativo
1-15	0,0033	3,52	2,1	0,93	Ejemplo de invención
1-16	0,0069	2,29	1,5	0,91	Ejemplo de invención
1-17A	0,0061	3,06	2,1	0,93	Ejemplo de invención
1-17B	0,0061	3,06	2,1	0,94	Ejemplo de invención
1-17C	0,0061	3,06	<u>3,9</u>	<u>0,8</u>	Ejemplo comparativo
1-18A	0,0046	2,79	1,1	0,96	Ejemplo de invención
1-18B	0,0046	2,79	1,2	0,94	Ejemplo de invención
1-19A	0,0062	2,91	1,5	0,91	Ejemplo de invención
1-19B	0,0062	2,91	1,4	0,93	Ejemplo de invención
1-20	0,005	3,75	2,4	0,92	Ejemplo de invención
1-21A	0,0066	3,51	2,7	0,94	Ejemplo de invención
1-21B	0,0066	3,51	2,9	0,91	Ejemplo de invención
1-21C	0,0066	3,51	<u>4,8</u>	<u>0,76</u>	Ejemplo comparativo
1-22A	0,0118	4,50	3,3	<u>0,7</u>	Ejemplo comparativo
1-22B	0,0118	4,50	3,8	<u>0,65</u>	Ejemplo comparativo
1-23	0,0148	4,59	3,8	<u>0,67</u>	Ejemplo comparativo
1-24	<u>0,0101</u>	4,73	3,5	<u>0,73</u>	Ejemplo comparativo
1-25	0,0082	3,57	2,2	<u>0,75</u>	Ejemplo comparativo
1-26	0,0083	4,32	3,1	<u>0,72</u>	Ejemplo comparativo
1-27	0,0063	11,03	<u>12,1</u>	<u>0,68</u>	Ejemplo comparativo
1-28	0,0064	5,10	<u>6,3</u>	<u>0,8</u>	Ejemplo comparativo

(Ejemplo 3)

5 50 kg de un lingote de acero que tiene cada uno de las composiciones componentes como se muestra en las Tablas 11 y 12 se fundió en el laboratorio a través de fusión al vacío, y se produjo una placa de acero que tenía un espesor de 10 mm en cada una de las condiciones como se muestra en las Tablas 13 a 15. Mientras tanto, las composiciones químicas de las muestras de prueba en las tablas 13 a 15 son las mismas que las composiciones químicas de los lingotes de acero que tienen los mismos números de acero que los números de muestra de prueba.

Las fracciones de área de las bandas de perlitas y las relaciones de capacidad de deformación última se midieron mediante los mismos procedimientos que en el Ejemplo 2. Los resultados obtenidos se muestran en las Tablas 16 y 17.

10 Tabla 11

Acero No.	Componentes (% en masa)									Ae3 (°C)	valor A	valor K	Nota
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	O	Otros				
2-1	0,14	0,02	1,25	0,005	0,0014	0,033	0,0024	0,0027		824	0,0052	3,20	Acero de la invención
2-2	0,15	0,13	1,34	0,009	0,0008	0,023	0,0025	0,0029		824	0,0045	3,86	Acero de la invención
2-3	0,16	0,15	1,28	0,02	0,0015	0,042	0,0031	0,0026	Nb:0,015	831	0,0055	3,84	Acero de la invención
2-4	0,13	0,04	1,85	0,018	0,0008	0,026	0,0029	0,0027	Ti:0,037	820	0,0044	5,64	Acero de la invención
2-5	0,17	0,35	1,28	0,024	0,0023	0,031	0,0024	0,0024	V:0,006	837	0,0057	4,10	Acero de la invención
2-6	0,19	0,23	1,36	0,015	0,0016	0,028	0,0022	0,0019	Nb:0,028, Ta:0,02	816	0,0044	4,97	Acero de la invención
2-7	0,15	0,21	1,45	0,017	0,0009	0,019	0,0034	0,0028	Nb:0,038	829	0,0043	4,35	Acero de la invención
2-8	0,15	0,15	1,35	0,018	0,0020	0,037	0,0024	0,0028	Nb:0,056, Ti:0,013, W:0,035	831	0,0060	3,90	Acero de la invención
2-9	0,16	0,02	1,12	0,016	0,0021	0,032	0,0022	0,0029	Mo:0,033	829	0,0061	3,12	Acero de la invención
2-10	0,16	0,06	1,68	0,015	0,0006	0,023	0,0026	0,0025		812	0,0039	5,64	Acero de la invención
2-11	0,14	0,22	1,48	0,016	0,0023	0,034	0,0028	0,0021	B:0,002, Nb:0,028, Cu:0,025	831	0,0055	4,23	Acero de la invención
2-12	0,13	0,14	1,89	0,025	0,0026	0,055	0,0033	0,0022	Nb:0,025, Ti:0,007, Ni:0,017	826	0,0066	5,82	Acero de la invención
2-13	0,16	0,04	2,25	0,022	0,0022	0,043	0,0026	0,0026	Cu:0,035, Mg:0,0015	800	0,0062	8,21	Acero de la invención

ES 2 578 352 T3

Acero No.	Componentes (% en masa)									Ae3 (°C)	valor A	valor K	Nota
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	O	Otros				
2-14	0,14	0,63	1,44	0,017	0,0018	0,027	0,0021	0,0018	Ca:0,0021	846	0,0045	4,05	Acero de la invención
2-15	0,16	0,21	1,51	0,022	0,0007	0,027	0,0023	0,0015	Nb:0,036, W:0,013, Y:0,007	827	0,0031	4,88	Acero de la invención
2-16	0,19	0,15	2,42	0,024	0,0022	0,031	0,0021	0,0019	Nb:0,028, Ti:0,013, Zr:0,008	788	0,0051	9,74	Acero de la invención
2-17	0,18	0,18	1,07	0,028	0,0045	0,012	0,0019	0,0016	La:0,006	837	0,0065		Acero de la invención

Tabla 12

Acero No.	Componentes (% en masa)									Ae3 (°C)	valor A	valor K	Note
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	O	Otros				
2-18	0,15	0,05	1,87	0,022	0,0038	0,027	0,0023	0,0021	Ni:0,05, Mo:0,021, Ce:0,008	811	0,0068	6,24	Acero de la invención
2-19	0,14	0,08	1,15	0,021	0,0033	0,018	0,0038	0,0022	Nb:0,033, Ti:0,018, Ca:0,0024, La:0,0028, Ce:0,0063	841	0,0061	2,75	Acero de la invención
2-20	0,19	0,05	1,56	0,022	0,0045	0,023	0,0032	0,0015	B:0,002, Ni:0,02, Mo:0,022, Ca:0,0022, La:0,0051, Ce:0,012	808	0,0068	5,87	Acero de la invención
2-21	0,2	0,11	1,46	0,024	0,0026	0,038	0,0026	0,0015	Nb:0,031, Ti:0,008, Mg:0,0022, Y:0,015, Zr:0,003, La:0,0035, Ce:0,0082	813	0,0054	5,67	Acero de la invención
2-22	0,15	0,18	1,29	0,028	<u>0,0084</u>	0,012	0,0047	0,0029	Y:0,02, Ce:0,012	842	<u>0,0117</u>	3,63	Ejemplo comparativo
2-23	0,18	0,21	1,64	0,022	<u>0,0090</u>	0,037	0,0023	<u>0,0044</u>	Ni:0,015	815	<u>0,0146</u>	5,97	Ejemplo comparativo
2-24	0,15	0,08	1,39	0,021	0,0033	<u>0,125</u>	0,0045	<u>0,0042</u>	Nb:0,033	830	0,0116	4,08	Ejemplo comparativo

ES 2 578 352 T3

Acer o No.	Componentes (% en masa)									Ae 3 (°C)	valor A	valor K	Note
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	O	Otros				
2-25	0,1 6	0,0 5	1,6 4	0,02 2	0,003 4	0,04 3	0,003 2	0,002 9	B:0,002, Mo:0,035, Ca:0,0027,Y:0,01 3	819	0,007 7	5,46	Acero de la invención
2-26	0,1 5	0,1 1	1,3 8	0,02 4	0,003 6	0,01 5	0,002 5	<u>0,004</u> 5	Nb:0,031, Ti:0,008, Ni:0,02, Ce:0,015	832	0,008 6	4,04	Ejemplo comparativ o
2-27	0,1 8	0,2 4	<u>2,8</u> 7	0,02 6	0,003 9	0,04 7	0,002 4	0,002 4	Cu:0,024, Mo:0,125	782	0,007 9	11,5 1	Ejemplo comparativ o
2-28	<u>0,2</u> 4	0,1 0	1,8 9	0,02 5	0,004 5	0,03 3	0,002 9	0,002 5	Nb:0,038, Ni:0,014, Cu:0,02	784	<u>0,008</u> 1	8,63	Ejemplo comparativ o

Tabla 13

Muestra de prueba No.	Ae ₃	Condiciones de laminado en caliente									Nota	
		Temperatura de calentamiento (°C)	Temperatura final del primer laminado áspero (°C)	Tasa de reducción de laminado del primer laminado áspero (%)	Tiempo desde el primer laminado hasta el segundo laminado (segundos)	Temperatura final del segundo laminado áspero (°C)	Tasa de reducción de laminado del segundo laminado áspero (%)	Temperatura de laminado de acabado (°C)	Tiempo de bobinado por aire después del laminado de acabado (segundos)	Tasa de bobinado hasta enfriamiento (°C/seg.)		Temperatura de bobinado (°C)
2-1A	824	1200	1075	77	44,8	1049	20	860	2	15	550	Ejemplo de invención
2-1B	824	1180	1062	52	323	1025	22	875	1,5	15	540	Ejemplo de invención
2-1C	824	1160	<u>1000</u>	66	44,7	<u>962</u>	16	836	5	25	520	Ejemplo comparativo
2-2A	824	1220	1099	78	37,4	1057	18	870	3	20	500	Ejemplo de invención
2-2B	824	<u>1100</u>	1072	60	31,2	1026	24	830	1	40	580	Ejemplo comparativo
2-3A	831	1200	1121	66	44,1	1058	18	860	3	35	550	Ejemplo de invención
2-3B	831	1150	1041	58	33,3	<u>995</u>	19	841	3	40	530	Ejemplo comparativo
2-4	820	1150	1091	72	41,8	1031	24	861	6	40	500	Ejemplo de invención
2-5A	837	1230	1133	55	36,7	1094	25	905	8	50	490	Ejemplo de invención
2-5B	837	1160	1073	57	37,7	1035	24	850	9	30	580	Ejemplo de invención
2-6A	816	1200	1079	57	32,1	1054	28	869	3	20	450	Ejemplo de invención
2-6B	816	1200	1061	59	<u>26,6</u>	1042	16	832	6	25	490	Ejemplo comparativo
2-7	829	1200	1095	59	31,6	1070	19	880	2	25	480	ejemplo de invención
8A	831	1250	1150	63	42,5	1111	19	873	6	15	550	Ejemplo de invención
2-8B	831	1160	1030	53	36,9	<u>1002</u>	16	<u>806</u>	9	45	570	Ejemplo comparativo
2-9A	829	1180	1075	63	<u>27,4</u>	1052	18	868	3	20	580	Ejemplo de invención
2-9B	829	1160	1039	66	32	<u>1012</u>	27	835	<u>0,5</u>	10	530	Ejemplo comparativo
2-9C	829	1150	1052	<u>41</u>	33,2	1028	23	838	3	15	500	Ejemplo comparativo

Tabla 14

Muestra de prueba No.	Ae ₃	Condiciones de laminado en caliente							Tiempo de bobinado por aire después del laminado de acabado (segundos)	Tasa de bobinado hasta enfriamiento (°C/seg.)	Temperatura de bobinado (°C)	Nota
		Temperatura de calentamiento (°C)	Temperatura final del primer laminado áspero (°C)	Tasa de reducción de laminado del primer laminado áspero (%)	Tiempo desde el primer laminado hasta el segundo laminado (segundos)	Temperatura final del segundo laminado áspero (°C)	Tasa de reducción de laminado del segundo laminado áspero (%)	Temperatura de laminado de acabado (°C)				
2-10A	812	1160	1063	80	40,7	1032	24	850	6	30	500	Ejemplo de invención
2-10B	812	1160	1082	53	34,3	1036	<u>11</u>	822	5	10	490	Ejemplo comparativo
2-11A	831	1200	1096	64	43	1072	22	885	6	40	480	Ejemplo de invención
2-11B	831	1200	1082	60	42,9	1045	16	870	5	<u>8</u>	520	Ejemplo comparativo
2-11C	831	1200	1131	55	33,4	1090	27	880	6	50	<u>650</u>	Ejemplo comparativo
2-12A	826	1250	1125	68	39,6	1103	26	925	9	60	500	Ejemplo de invención
2-12B	826	1200	1123	58	42,4	1086	18	890	4	45	570	Ejemplo de invención
2-12C	826	1180	1087	66	41,9	1027	17	840	2	10	<u>630</u>	Ejemplo comparativo
2-13A	800	1200	1125	76	58,1	1060	34	888	3	35	420	Ejemplo de invención
2-138	800	1200	1068	78	59	1026	16	867	5	10	450	Ejemplo de invención
2-13C	800	1200	1080	73	54,6	<u>992</u>	22	854	6	20	520	Ejemplo comparativo
2-14	846	1200	1069	72	44,3	1042	24	848	5	15	560	Ejemplo de invención
2-15	827	1230	1111	64	34,3	1065	28	910	8	60	530	Ejemplo de invención
2-16	788	1180	1055	68	34,4	1027	27	864	1,5	20	550	Ejemplo de invención
2-17A	837	1180	1091	66	43	1059	28	856	3	30	500	Ejemplo de invención
2-17B	837	1180	1050	68	41,2	1026	21	845	3	30	500	Ejemplo de invención
2-17C	837	1220	1090	60	47,8	1028	19	<u>810</u>	6	15	<u>600</u>	Ejemplo comparativo

Tabla 15

Muestra de prueba No.	Ae ₃	Condiciones de laminado en caliente									Temperatura de bobinado (°C)	Nota
		Temperatura de calentamiento (°C)	Temperatura final del primer laminado áspero (°C)	Tasa de reducción de laminado del primer laminado áspero (%)	Tiempo desde el primer laminado hasta el segundo laminado (segundos)	Temperatura final del segundo laminado áspero (°C)	Tasa de reducción de laminado del segundo laminado áspero (%)	Temperatura de laminado de acabado (°C)	Tiempo de bobinado por aire después del laminado de acabado (segundos)	Tasa de bobinado hasta enfriamiento (°C/seg.)		
2-18A	811	1180	1091	59	38,7	1046	21	880	8	40	500	Ejemplo de invención
2-18B	811	1180	1112	70	35,6	1071	18	872	6	55	500	Ejemplo de invención
2-19A	841	1180	1052	60	36,3	1023	23	852	9	40	530	Ejemplo de invención
2-19B	841	1180	1077	78	56,2	1041	26	849	10	65	550	Ejemplo de invención
2-20	808	1170	1085	75	44,5	1042	20	889	3	10	480	Ejemplo de invención
2-21A	813	1250	1161	75	45,2	1123	28	910	8	40	500	Ejemplo de invención
2-21B	813	1170	1075	60	40,6	1051	18	843	6	10	550	Ejemplo de invención
2-21C	813	1170	1085	59	36,7	1036	28	835	<u>0,5</u>	15	580	Ejemplo comparativo
2-22A	842	1200	1079	60	38,7	1025	26	870	3	15	550	Ejemplo comparativo
2-22B	842	1150	1089	53	37,8	1034	19	867	1,5	15	580	Ejemplo comparativo
2-23	815	1200	1065	70	38,5	1035	20	858	3	20	580	Ejemplo comparativo
2-24	830	1150	1053	53	33,6	1028	20	849	6	20	550	Ejemplo comparativo
2-25	819	1150	1048	54	38,5	1021	18	828	1,5	20	570	Ejemplo de invención
2-26	832	1180	1080	79	52,7	1042	28	858	1,5	30	540	Ejemplo comparativo
2-27	782	1150	1066	53	36,8	1034	23	828	1,5	15	580	Ejemplo comparativo
2-28	784	1150	1060	65	46,1	1026	20	835	2	25	580	Ejemplo comparativo

Tabla 16

Muestra de prueba No.	valor A	valor K'	Características de placa de acero laminada en caliente		Nota
			Fracción de área de bandas de perlitas que tienen longitudes de 1 mm o mayor (%)	Relación de capacidad de deformación última (ϕ_c/ϕ_L)	
2-1A	0,0052	3,20	2,7	0,91	Ejemplo de invención
2-1B	0,0052	3,20	2,8	0,92	Ejemplo de invención
2-1C	0,0052	3,20	<u>4,3</u>	<u>0,74</u>	Ejemplo comparativo
2-2A	0,0045	3,86	2,1	0,98	Ejemplo de invención
2-2B	0,0045	3,86	<u>5,2</u>	<u>0,78</u>	Ejemplo comparativo
2-3A	0,0055	3,84	3,3	0,92	Ejemplo de invención
2-3B	0,0055	3,84	<u>6,5</u>	<u>0,76</u>	Ejemplo comparativo
2-4	0,0044	5,64	4,2	0,91	Ejemplo de invención
2-5A	0,0057	4,10	3,1	0,9	Ejemplo de invención

ES 2 578 352 T3

Muestra de prueba No.	valor A	valor K'	Características de placa de acero laminada en caliente		Nota
			Fracción de área de bandas de perlitas que tienen longitudes de 1 mm o mayor (%)	Relación de capacidad de deformación última (ϕ_c/ϕ_L)	
2-5B	0,0057	4,10	1,9	0,96	Ejemplo de invención
2-6A	0,0044	4,97	2,5	0,92	Ejemplo de invención
2-6B	0,0044	4,97	<u>5,51</u>	<u>0,79</u>	Ejemplo comparativo
2-7	0,0043	4,35	3,2	0,97	Ejemplo de invención
2-8A	0,006	3,90	2,4	0,91	Ejemplo de invención
2-8B	0,006	3,90	<u>5,1</u>	<u>0,79</u>	Ejemplo comparativo
2-9A	0,0061	3,12	2,5	0,96	Ejemplo de invención
2-9B	0,0061	3,12	4	<u>0,77</u>	Ejemplo comparativo
2-9C	0,0061	3,12	<u>4,27</u>	<u>0,75</u>	Ejemplo comparativo
2-10A	0,0039	5,64	1,5	0,97	Ejemplo de invención
2-10B	0,0039	5,64	<u>7,3</u>	<u>0,71</u>	Ejemplo comparativo
2-11A	0,0055	4,23	3,6	0,93	Ejemplo de invención
2-11B	0,0055	4,23	<u>5,3</u>	<u>0,75</u>	Ejemplo comparativo
2-11C	0,0055	4,23	<u>6,7</u>	<u>0,72</u>	Ejemplo comparativo
2-12A	0,0066	5,82	3,8	0,95	Ejemplo de invención
2-12B	0,0066	5,82	4,9	0,9	Ejemplo de invención
2-12C	0,0066	5,82	<u>6,8</u>	<u>0,72</u>	Ejemplo comparativo

Tabla 17

Muestra de prueba No.	valor A	valor K	Características de placa de acero laminada en caliente		Nota
			Fracción de área de bandas de perlitas que tienen longitudes de 1 mm o mayor (%)	Relación de capacidad de deformación última (ϕ_c/ϕ_L)	
2-13A	0,0062	8,21	4,6	0,9	Ejemplo de invención
2-13B	0,0062	8,21	4,3	0,91	Ejemplo de invención
2-13C	0,0062	8,21	<u>11,7</u>	<u>0,77</u>	Ejemplo comparativo

ES 2 578 352 T3

Muestra de prueba No.	valor A	valor K	Características de placa de acero laminada en caliente		Nota
			Fracción de área de bandas de perlitas que tienen longitudes de 1 mm o mayor (%)	Relación de capacidad de deformación última (φ_c/φ_L)	
2-14	0,0045	4,05	3,2	0,94	Ejemplo de invención
2-15	0,0031	4,88	3,5	0,98	Ejemplo de invención
2-16	0,0054	9,74	6,5	0,9	Ejemplo de invención
2-17A	0,0065	3,41	2,9	0,91	Ejemplo de invención
2-17B	0,0065	3,41	3,1	0,92	Ejemplo de invención
2-17C	0,0065	3,41	<u>4,3</u>	<u>0,77</u>	Ejemplo comparativo
2-18A	0,0068	6,24	2,5	0,96	Ejemplo de invención
2-18B	0,0068	6,24	3,8	0,92	Ejemplo de invención
2-19A	0,0061	2,75	2,6	0,91	Ejemplo de invención
2-19B	0,0061	2,75	2,5	0,9	Ejemplo de invención
2-20	0,0068	5,87	4,7	0,92	Ejemplo de invención
2-21 A	0,0054	5,67	3,3	0,94	Ejemplo de invención
2-21B	0,0054	5,67	4,6	0,92	Ejemplo de invención
2-21C	0,0054	5,67	<u>6,2</u>	<u>0,71</u>	Ejemplo comparativo
2-22A	<u>0,0117</u>	3,63	3,4	<u>0,65</u>	Ejemplo comparativo
2-22B	<u>0,0117</u>	3,63	3,6	<u>0,62</u>	Ejemplo comparativo
2-23	<u>0,0146</u>	5,97	5,2	<u>0,6</u>	Ejemplo comparativo
2-24	<u>0,0116</u>	4,08	3,9	<u>0,64</u>	Ejemplo comparativo
2-25	<u>0,0077</u>	5,46	5,1	0,9	Ejemplo de invención
2-26	<u>0,0086</u>	4,04	3,9	<u>0,73</u>	Ejemplo comparativo
2-27	<u>0,0079</u>	11,51	<u>12,4</u>	<u>0,72</u>	Ejemplo comparativo
2-28	<u>0,0081</u>	8,63	<u>9,4</u>	<u>0,75</u>	Ejemplo comparativo

Como se muestra en las Tablas 2 a 17, las anisotropías en capacidad de deformación última (relación de deformación última) mostraron valores favorable de 0,9 o más en las placas de acero que cumplían con los intervalos de componentes y condiciones de producción de las realizaciones. Se obtuvieron los resultados en que la anisotropía en capacidad de deformación (aptitud para el moldeo) era pequeña y la anisotropía en capacidad de

5 deformación (aptitud para el moldeo) es un índice de aptitud para el moldeo efectiva para prevenir la aparición de agrietamiento en una dirección específica durante el forjado de placa en la prensa. En oposición, con respecto a las placas de aceros de las que los componentes estaban fuera de los intervalos de las realizaciones, y las placas de acero que fueron fabricadas en condiciones que no cumplían con las condiciones de las realizaciones y que tenían los componentes dentro de los intervalos de las realizaciones, las relaciones de capacidad de deformación última fueron menos que 0,9; y por lo tanto, las anisotropías en capacidad de deformación (aptitud para el moldeo) fueron grandes.

(Ejemplo 4)

(Preparación del fluido de tratamiento superficial)

10 En primer lugar, se prepararon los fluidos de tratamiento superficial (químicos) a a s que contenían los componentes como se muestra en las siguientes Tablas 18 y 19. Mientras tanto, en las Tablas 18 y 19, en el caso en que se incluyeron nitrato de zinc y fosfato como un compuesto inorgánico y un ácido respectivamente, fosfato de zinc estaba presente en el fluido de tratamiento superficial como la sal de ácido inorgánico. Es extremadamente difícil disolver el fosfato de zinc en agua; sin embargo, el fosfato de zinc se disuelve en ácido. Por lo tanto, se añadieron nitrato de zinc y fosfato solubles en agua para generar fosfato de zinc y hacer presente el fosfato de zinc en el fluido de tratamiento superficial.

15

Tabla 18

Químico	Agente de acoplamiento a silano		Compuesto inorgánico		Ácido		Compuesto orgánico		Lubricante		pH
	Tipo	Cantidad añadida (g/L)	Tipo	Cantidad añadida (g/L)	Tipo	Cantidad añadida (g/L)	Tipo	Cantidad añadida (g/L)	Tipo	Cantidad añadida (g/L)	
a	3-aminopropiltrimetoxi silano	12	Nitrato de zinc	120	Fosfato3	3	Resina de poliamina	120	MoS ₂	600	4
b	N-2-(aminoetil)-3-aminopropilmetildimetoxi silano	12	Nitrato de zinc	30	Fosfato3	3	Resina de poliamina	150	MoS ₂	200	4
c	N 2 (aminoetil)-3-aminopropilmetildimetoxi silano	12	Nitrato de zinc	60	Fosfato3	3	Resina de poliamina	150	MoS ₂	500	4
d	N 2 (aminoetil) 3-aminopropilmetildimetoxi silano	2	Nitrato de zinc	60	Fosfato3	3	Resina de poliamina	150	MoS ₂	2000	4
e	N 2-(aminoetil)-3-aminopropilmetildimetoxi silano	12	Nitrato de zinc	60	Fosfato3	3	Resina de poliamina	150	MoS ₂	350	4
f	N-2-(aminoetil)-4-aminopropilmetildimetoxi silano	12	Molibdato de potasio	60	Fosfato3	3	Resina de poliamina	150	PTFE	200	4
g	N-2-(aminoetil)-5-aminopropilmetildimetoxi silano	12	Molibdato de potasio	60	Fosfato3	3	Resina de poliamina	150	ZnO	600	4
h	3-aminopropiltrimetoxi silano	12	Nitrato de zinc	60	Fosfato3	3	Resina de poliéster	150	MoS ₂	1100	4
i	3-aminopropiltrimetoxi silano	12	Nitrato de zinc	60	Fosfato3	3	Resina epoxi	150	MoS ₂	5050	4

Tabla 19

Químico	Agente de acoplamiento a silano		Compuesto inorgánico		Ácido		Compuesto orgánico		Lubricante		pH
	Tipo	Cantidad añadida (g/L)	Tipo	Cantidad añadida (g/L)	Tipo	Cantidad añadida (g/L)	Tipo	Cantidad añadida (g/L)	Tipo	Cantidad añadida (g/L)	
j	3-aminopropiltrimetoxisilano	12	Nitrato de zinc	40	Fosfato	3	Resina epoxi	4,3	Grafito	25	4
k	3-aminopropiltrimetoxisilano	12	Silicato de potasio	1	-	-	Resina de poliamina imida	100	MoS ₂	500	4
l	3-aminopropiltrimetoxisilano	12	Molibdato de potasio	40	-	-	Fluororesina	40	MoS ₂	4000	4
m	3-aminopropiltrimetoxisilano	12	Tungstato de potasio	40	-	-	Fluororesina	100	MoS ₂	170	4
n	3-aminopropiltrimetoxisilano	1	Nitrato de zinc	120	Fosfato	3	Resina de poliamina imida	120	Grafito	240	4
o	3-aminopropiltrimetoxisilano	100	Nitrato de zinc	12	Fosfato	3	Resina de poliamina	12	Grafito	120	4
p	3-aminopropiltrimetoxisilano	12	Nitrato de zinc	1	Fosfato	0,5	Resina de poliamina imida	188	MoS ₂	350	4
q	3-aminopropiltrimetoxisilano	12	Nitrato de zinc	150	Fosfato	20	Resina de poliamina	17	MoS ₂	500	4
r	3-aminopropiltrimetoxisilano	12	Nitrato de zinc	60	Fosfato	3	Resina de poliamina imida	150	MoS ₂	100	4
s	3-aminopropiltrimetoxisilano	12	Nitrato de zinc	5	Fosfato	1	Resina de poliamina	5	MoS ₂	1500	4

(Producción de la placa de acero para el forjado en frío)

5 A continuación, una película tratada en la superficie que tiene una estructura de tres capas tipo concentración-gradiente se formó en ambas superficies de una placa de acero laminada en caliente (material, una porción de cuerpo principal de una placa de acero) mediante el siguiente procedimiento utilizando uno cualquiera de los fluidos de tratamiento superficiales a a s que se prepararon en la manera descrita anteriormente; y de este modo, las placas de acero para el forjado en frío (Nos. 3-1 a 3-29) se fabricaron (remitirse a la siguiente Tabla 21).

10 En primer lugar, un acero que tiene los componentes como se muestra en la Tabla 20 se fundió a través de un tratamiento de desgasificación al vacío convertidor ordinario para fabricar una plancha. A continuación, se llevaron a cabo el laminado en caliente, enfriamiento y bobinado en las condiciones de la primera realización a fin de obtener placas de acero laminadas en caliente (un espesor de placa fue de 0,8 mm).

15 Se aplicó cualquiera de los fluidos de tratamiento superficial a a s sobre la placa de acero laminada en caliente utilizando una barra de recubrimiento No. # 3 para formar una película recubierta, y entonces se secó la película recubierta. Aquí, la barra de recubrimiento No. # 3 se refiere a un dispositivo de revestimiento de barra que tiene un diámetro de alambre en espiral de 3 milésimas de pulgada (1 milésima de pulgada = 25 µm). El secado se lleva a cabo en condiciones en las que una temperatura lograda de la placa fue de 150 °C en un horno de secado por aire caliente con una temperatura de 300 °C. Después del secado, se llevó a cabo el enfriamiento por aire con el fin de obtener las placas de acero para el forjado en frío.

20 Los espesores de las respectivas capas (espesores de película) se controlan ajustando (diluyendo) las concentraciones de los fluidos de tratamiento superficial o ajustando los tiempos de la formación de las películas recubiertas hasta el secado.

Tabla 20

C	Si	Mn	P	S	Al	N	O
0,15	0,36	1,04	0,012	0,0052	0,016	0,0032	0,0012

(Medición de espesores de película (espesores de capa))

En el presente ejemplo, los espesores de película (espesores de capa) se midieron utilizando un GDS de alta frecuencia. En detalle, una profundidad (una ubicación en la dirección de espesor de la película) de una porción que tiene una intensidad pico de la mitad del valor máximo de una intensidad pico de un elemento representativo (por ejemplo, Mo, C, o similar) del lubricante de una superficie más externa de la película tratada en la superficie en un diagrama de medición de GDS de alta frecuencia se utilizó como espesor de una capa de lubricante. Además, una profundidad (una ubicación en la dirección de espesor de la película) de una porción que tiene una intensidad pico de la mitad del valor máximo de una intensidad pico de un elemento representativo (Si) del componente procedente de la unión de silanol desde una interfaz entre la película tratada en la superficie y la placa de acero laminada en caliente en el diagrama de medición de GDS de alta frecuencia se utilizó como un espesor de una capa de adhesión. Además, una profundidad de la porción que tiene una intensidad pico de la mitad del valor máximo de la intensidad pico del elemento representativo (Mo) del lubricante hasta la porción que tiene la intensidad pico de la mitad del valor máximo de la intensidad pico del elemento representativo (Si) del componente procedente de la unión de silanol se utilizó como un espesor de una capa base. Además, en el caso en que el elemento representativos de la capa de lubricante (componente lubricante) y la capa base (componente de sal de ácido inorgánico) fueron los mismos, y en el caso en que los elementos componentes de la capa base (componente de sal de ácido inorgánico) y la capa de adhesión (componente procedente de la unión de silanol) fueron los mismos, se midieron los contenidos de otros elementos para obtener los espesores.

Sin embargo, en el caso en que grafito se utilizó como lubricante, los espesores de la capa de lubricante y la capa base se midieron utilizando las intensidades pico del elemento representativos (P, Si, Mo, y W) de la sal de ácido inorgánico.

(Método de evaluación y estándares de evaluación)

En el presente ejemplo, la adhesión de película y aptitud para el moldeo de la placa de acero para el forjado en frío se evaluaron utilizando el procedimiento de evaluación y los estándares de evaluación como se muestra más abajo.

<Evaluación de la adhesión de película >

La adhesión de película se evaluó en un ensayo de deslizamiento por arrastre en el que se utilizó un molde de cuantas plano. Se utilizó como muestra de prueba un artículo que tenía un tamaño de 30 mm x 200 mm del cual se eliminaron rebabas de corte en los bordes. Con respecto a la muestra de prueba antes de ser deslizada, se midieron las intensidades de rayos X fluorescentes de los principales elementos de componentes de la película usando un analizador de rayos X fluorescente.

Las superficies de los moldes hechos de SKD 11 que tenían una longitud de 40 mm, una anchura de 60 mm, y un espesor de 30 mm se pulieron usando papel Emery No. # 1000 a fin de preparar un par de moldes como moldes de cuantas planos. A continuación, la muestra de prueba se intercaló entre los moldes, y la muestra de prueba fue arrastrada usando un probador de tensión en un estado donde los moldes fueron empujados hacia abajo a una presión de 1000 kg por un cilindro de aire. Con respecto a la muestra de prueba que se había sometido al arrastre, se midieron las intensidades de rayos X fluorescentes de los mismos elementos como se describe más arriba utilizando el analizador de rayos X fluorescente. A continuación, se calculó una tasa residual (intensidad después de la prueba / intensidad antes de la prueba) x 100 [%].

Con respecto a los estándares de evaluación de una adhesión de película, una placa de acero de la que la tasa residual era menor que 70% se evaluó como C (Mala), una placa de acero cuya tasa residual estaba en un intervalo de 70% o más a menos que 90% se evaluó como B (Buena), y una placa de acero cuya tasa residual era 90% o más se evaluó como A (Excelente).

<Evaluación de la aptitud para el moldeo>

La aptitud para el moldeo se evaluó mediante un método de ensayo de picos. En la prueba de picos, una muestra de prueba de picos columnar 2 se colocó en una matriz 3 con una forma de superficie interior en forma de embudo como se muestra en la FIG. 7A.. A continuación, se aplicó una carga a través de una placa 1 con el fin de insertar la muestra de prueba de picos 2 en la matriz 3. De este modo, la muestra de prueba de picos 2 se trabajó en una forma después del como se muestra en la FIG. 7B . Se formó un pico de un acuerdo a la forma de matriz en la forma anteriormente descrita, y se evaluó la lubricidad sobre la base de una altura pico (mm) en este momento. Por lo tanto, una muestra de prueba con una altura de pico de altura se evalúa que es excelente en la lubricidad.

La aptitud para el moldeo se evaluó en base a la altura de picos. La altura de picos de una muestra producida por un tratamiento de saponificación de metal / reacción química en la técnica relacionada está en un Intervalo de 12,5 mm

a 13,5 mm. Por lo tanto, una placa de acero cuya altura de pico fue menos que 12,5 mm se evaluó como C (Mala), una placa de acero cuya altura de pico estaba en un intervalo de 12,5 mm a 13,5 mm se evaluó como B (Buena), y una placa de acero cuya altura de pico era más que 13,5 mm se evaluó como A (Excelente).

5 Los resultados de medición de los espesores de la película de las respectivas capas y los resultados de valuación de la adhesión de película y la aptitud para el moldeo que se obtienen en la manera descrita anteriormente se muestran en la Tabla 21.

Mientras tanto, la cantidad de la sal de ácido inorgánico respecto de la cantidad de la resina de temperatura elevada en la capa base se vuelve igual que la cantidad de la sal de ácido inorgánico respecto de la cantidad de la resina de temperatura elevada en el fluido de tratamiento superficial.

10 Tabla 21

Muestra de prueba No.	químico	Capa de adhesión (nm)	Capa base(µm)	Relación de mezclado de la sal de ácido inorgánico y resina de temperatura elevada (%)	Capa de lubricante (µm)	Espesor de capa de lubricante /espesor de capa base	Adhesión de película	aptitud para el moldeo	Nota
3-1	a	10	4	100	1	0,25	A	A	Ejemplo de invención
3-2	b	15	4	20	0,8	0,2	A	A	Ejemplo de invención
3-3	c	10	4	40	1	0,25	A	A	Ejemplo de invención
3-4	d	12	0,2	40	0,1	0,5	A	B	Ejemplo de invención
3-5	e	13	15	40	7,5	0,5	A	B	Ejemplo de invención
3-6	c	13	0,5	40	1	2	A	A	Ejemplo de invención
3-7	c	13	3	40	1	0,33	A	A	Ejemplo de invención
3-8	c	0,1	4	40	1	0,25	B	A	Ejemplo de invención
3-9	c	0,5	4	40	1	0,25	A	A	Ejemplo de invención
3-10	c	50	4	40	1	0,25	A	A	Ejemplo de invención
3-11	c	100	4	40	1	0,25	B	A	Ejemplo de invención
3-12	f	11	4	40	1	0,25	A	A	Ejemplo de invención
3-13	g	12	4	40	1	0,25	A	A	Ejemplo de invención
3-14	h	11	4	40	10	2,5	A	B	Ejemplo de invención
3-15	i	10	4	40	2	0,5	A	B	Ejemplo de invención
3-16	j	11	4	<u>1000</u>	1	0,25	A	B	Ejemplo de invención
3-17	k	11	4	1	2	0,5	A	A	Ejemplo de invención
3-18	l	12	0,1	100	1	10	A	A	Ejemplo de invención
3-19	m	11	4	40	1	0,25	A	A	Ejemplo de invención
3-20	c	13	0,1	40	<u>0,05</u>	0,5	A	C	Ejemplo comparativo
3-21	c	12	4	40	<u>12</u>	3	A	C	Ejemplo comparativo
3-22	c	12	<u>0,05</u>	40	0,1	2	A	C	Ejemplo comparativo
3-23	c	11	<u>16</u>	40	4	0,25	A	C	Ejemplo comparativo
3-24	n	<u>0,05</u>	4	100	1	0,25	C	C	Ejemplo comparativo
3-25	o	<u>150</u>	2	100	1	0,5	C	C	Ejemplo comparativo
3-26	p	14	2	<u>0,8</u>	1	0,5	A	C	Ejemplo comparativo
3-27	q	13	2	<u>1200</u>	1	0,5	A	C	Ejemplo comparativo
3-28	r	13	10	40	1	<u>0,1</u>	A	C	Ejemplo comparativo
3-29	s	12	1	<u>120</u>	<u>15</u>	<u>15</u>	A	C	Ejemplo comparativo

5 Como se muestra en la Tabla 21, todos los ejemplos de invención (Nos. 3-1 a 3-19) de la segunda realización fueron excelentes en la adhesión de película y la aptitud para el moldeo. Por otro lado, los ejemplos comparativos (Nos. 3-24 y 3-25) en que los espesores de las capas de adhesión estuvieron fuera del intervalo de la segunda realización fueron pobres en la adhesión de película y la aptitud para el moldeo. Además, los ejemplos comparativos (Nos. 3-20 a 3-29) que no cumplieron con ninguno de los requerimientos según lo definido en la segunda realización fueron pobres en aptitud para el moldeo (lubricidad).

Aplicabilidad industrial

10 De acuerdo a las realizaciones de la invención, es posible proporcionar una placa de acero para el forjado en frío (placa de acero laminada en caliente) que tienen anisotropía en capacidad de deformación última (relación de deformación última) durante el trabajo de forjado de prensa en frío de 0,9 o más que indica que la anisotropía en aptitud para el moldeo es pequeña; y por lo tanto, puede prevenirse el agrietamiento durante el trabajo de forjado de prensa. Además, puede lograrse excelente lubricidad y excelente desempeño para prevenir agarrotamiento y excoiación incluyendo además la película tratada en la superficie de acuerdo a la realización de la invención. Por lo tanto, puede mejorarse la aptitud para el moldeo en moldeo en frío, el así llamado forjado de placa en la prensa. Por lo tanto, en el caso en que la placa de acero para el forjado en frío de acuerdo a la realización de la invención se utiliza como un material, piezas para motores o transmisiones que se produjeron por forjado en caliente o similar en la técnica relacionada pueden producirse por forjado de placa en la prensa. Como se describe más arriba, la placa de acero para el forjado en frío de acuerdo a la realización de la invención puede utilizarse ampliamente como material para forjado de placa en la prensa.

15

20

REIVINDICACIONES

1. Una placa de acero para el forjado en frío que comprende:

una placa de acero laminada en caliente,

en la que la placa de acero laminada en caliente comprende: en términos de porcentaje en masa,

5 C: 0,13% a 0,20%;

Si: 0,01% a 0,8%;

Mn: 0,1% a 2,5%;

P: 0,003% a 0,030%;

S: 0,0001% a 0,008%;

10 Al: 0,01% a 0,07%;

N: 0,0001% a 0,02%; y

O: 0,0001% a 0,0030%,

con un resto que es Fe e impurezas inevitables,

un valor A representado por la siguiente fórmula (1) está en un intervalo de 0,0080 o menos,

15 un espesor de la placa de acero laminada en caliente está en un intervalo de 2 mm a 25 mm, y

un porcentaje de área de bandas de perlitas que tienen longitudes de 1 mm o más está en un intervalo de no más que un valor K representado por la siguiente fórmula (2) en una región de 4/10t a 6/10t cuando un espesor de placa está indicado por t en una sección transversal de un espesor de placa que es paralelo a una dirección de laminado de la placa de acero laminada en caliente,

20 Valor A = O% + S% + 0,033A1% ... (1)

Valor K= 25,5 x C% + 4,5 x Mn% - 6 ... (2)

2. La placa de acero para el forjado en frío de acuerdo a la reivindicación 1,

en la que la placa de acero laminada en caliente además comprende, en términos de porcentaje en masa, uno o más seleccionado de un grupo que consiste en:

25 Nb: 0,001% a 0,1%;

Ti: 0,001% a 0,05%;

V: 0,001% a 0,05%;

Ta: 0,01% a 0,5%;y

W: 0,01% a 0,5%.

30 **3.** La placa de acero para el forjado en frío de acuerdo a la reivindicación 1,

en la que la placa de acero laminada en caliente además comprende, en términos de porcentaje en masa, Cr: 0,01% a 2,0%, y

el porcentaje de área de las bandas de perlitas que tienen longitudes de 1 mm o más está en un intervalo de no más que un valor K' representado por la siguiente fórmula (3),

35 Valor K'= 15x C% + 4,5 x Mn% + 3,2 x Cr% - 3,3 ... (3)

4. La placa de acero para el forjado en frío de acuerdo a la reivindicación 1,

en la que la placa de acero laminada en caliente además comprende, en términos de porcentaje en masa, uno o más seleccionado de un grupo que consiste en:

Ni: 0,01% a 1,0%;

Cu: 0,01% a 1,0%;

Mo: 0,005% a 0,5%; y

B: 0,0005% a 0,01%.

5. La placa de acero para el forjado en frío de acuerdo a la reivindicación 1,

- 5 en la que la placa de acero laminada en caliente además comprende, en términos de porcentaje en masa, uno o más seleccionados de un grupo que consiste en:

Mg: 0,0005% a 0,003%;

Ca: 0,0005% a 0,003%;

Y: 0,001 % a 0,03%;

- 10 Zr: 0,001% a 0,03%;

La: 0,001% a 0,03%; y

Ce: 0,001% a 0,03%.

6. La placa de acero para el forjado en frío de acuerdo a la reivindicación 1,

- 15 en la que la placa de acero para el forjado en frío además comprende una película tratada en la superficie provista en una o ambas de las superficies principales de la placa de acero laminada en caliente, y la película tratada en la superficie incluye a componente procedente de una unión de silanol representada por Si-O-X (X representa a metal que es un componente de la placa de acero laminada en caliente), una resina de temperatura elevada, una sal de ácido inorgánico, y un lubricante,

- 20 la película tratada en la superficie has un gradiente de concentración de cada componente en una dirección de espesor de película de manera que tenga una estructura de tres capas tipo de concentración-gradiente que pueda ser identificada como tres capas de una capa de adhesión, una capa base, y una capa de lubricante situadas en serie desde un lado de una interfaz entre la película tratada en la superficie y la placa de acero laminada en caliente,

la capa de adhesión es una capa que incluye una mayor cantidad del componente procedente de la unión de silanol entre las tres capas, y un espesor de la capa de adhesión está en un intervalo de 0,1 nm a 100 nm,

- 25 la capa base es una capa que incluye mayores cantidades de la resina de temperatura elevada y la sal de ácido inorgánico entre las tres capas, la cantidad de la sal de ácido inorgánico en la capa base está en un intervalo de 1 parte en masa a 100 partes en masa con respecto a 100 partes en masa de la resina de temperatura elevada, y un espesor de la capa base está en un intervalo de 0,1 μm a 15 μm ,

- 30 la capa de lubricante es una capa que incluye una mayor cantidad del lubricante entre las tres capas, y un espesor de la capa de lubricante está en un intervalo de 0,1 μm a 10 μm , y

una relación del espesor de la capa de lubricante y el espesor de la capa base está en un intervalo de 0,2 a 10.

7. La placa de acero para el forjado en frío de acuerdo a la reivindicación 6,

en la que la sal de ácido inorgánico es al menos un compuesto seleccionado de un grupo que consiste en fosfato, borato, silicato, molibdato, y tungstato.

- 35 **8.** La placa de acero para el forjado en frío de acuerdo a la reivindicación 6,

en la que la resina de temperatura elevada es una resina de poliimida.

9. La placa de acero para el forjado en frío de acuerdo a la reivindicación 6,

en la que el lubricante es al menos uno seleccionado de un grupo que consiste en politetrafluoroetileno, disulfuro de molibdeno, disulfuro de tungsteno, óxido de zinc, y grafito.

- 40 **10.** Un procedimiento para producir una placa de acero para el forjado en frío, donde el procedimiento comprende:

calentar a una temperatura de 1150°C a 1300°C;

someter la plancha calentada a laminado áspero a una temperatura de 1020°C o mayor para fabricar una barra áspera;

someter la barra áspera a laminado de acabado en una condición en la que una temperatura de acabado está en un

intervalo de Ae_3 o mayor para fabricar un material laminado;

después del laminado de acabado, someter el material laminado a enfriamiento por aire durante 1 segundo a 10 segundos;

5 después del enfriamiento por aire, enfriar el material laminado a una tasa de enfriamiento de 10°C/s a 70°C/s hasta una temperatura de bobinado; y

bobinar el material laminado enfriado en la temperatura de bobinado de 400°C a 580°C para fabricar una placa de acero laminada en caliente,

10 en la que la plancha comprende: en términos de porcentaje en masa, C: 0,13% a 0,20%; Si: 0,01% a 0,8%; Mn: 0,1% a 2,5%; P: 0,003% a 0,030%; S: 0,0001% a 0,006%, Al: 0,01% a 0,07%, N: 0,0001% a 0,02%, y O: 0,0001% a 0,0030% con un resto que es Fe e impurezas inevitables, y un valor A representado por la siguiente fórmula (1) está en un intervalo de 0,0080 o menos,

el laminado áspero comprende un primer laminado y un segundo laminado que se lleva a cabo 30 segundos o más después de la finalización del primer laminado,

15 el primer laminado se lleva a cabo en condiciones en las que una temperatura está en un intervalo de 1020°C o mayor y una suma de las tasas de reducción del laminado está en un intervalo de 50% o más, y

el segundo laminado se lleva a cabo en condiciones en las que una temperatura está en un intervalo de 1020°C o mayor y una suma de las tasas de reducción del laminado está en un intervalo de 15% a 30%,

Valor A = O% + S% + 0,033A1% ... (1)

11. El procedimiento para producir una placa de acero para el forjado en frío de acuerdo a la reivindicación 10,

20 en la que el procedimiento además comprende:

recubrir un fluido de tratamiento superficial a base de agua incluyendo un agente de acoplamiento a silano soluble en agua, una sal de ácido inorgánico soluble en agua, una resina de temperatura elevada soluble en agua, y un lubricante en una o ambas de las superficies principales de la placa de acero laminada en caliente para formar una película recubierta; y

25 secar la película recubierta para formar una película tratada en la superficie en una o ambas de las superficies principales de la placa de acero laminada en caliente.

FIG. 1

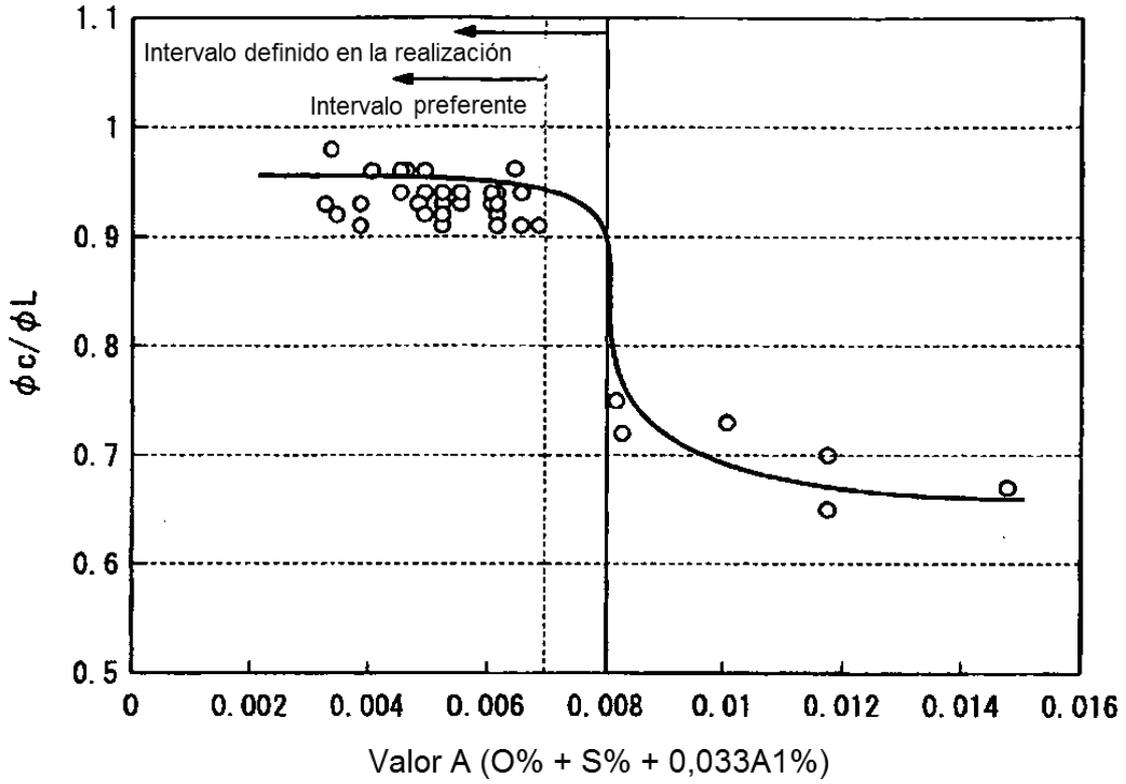


FIG. 2

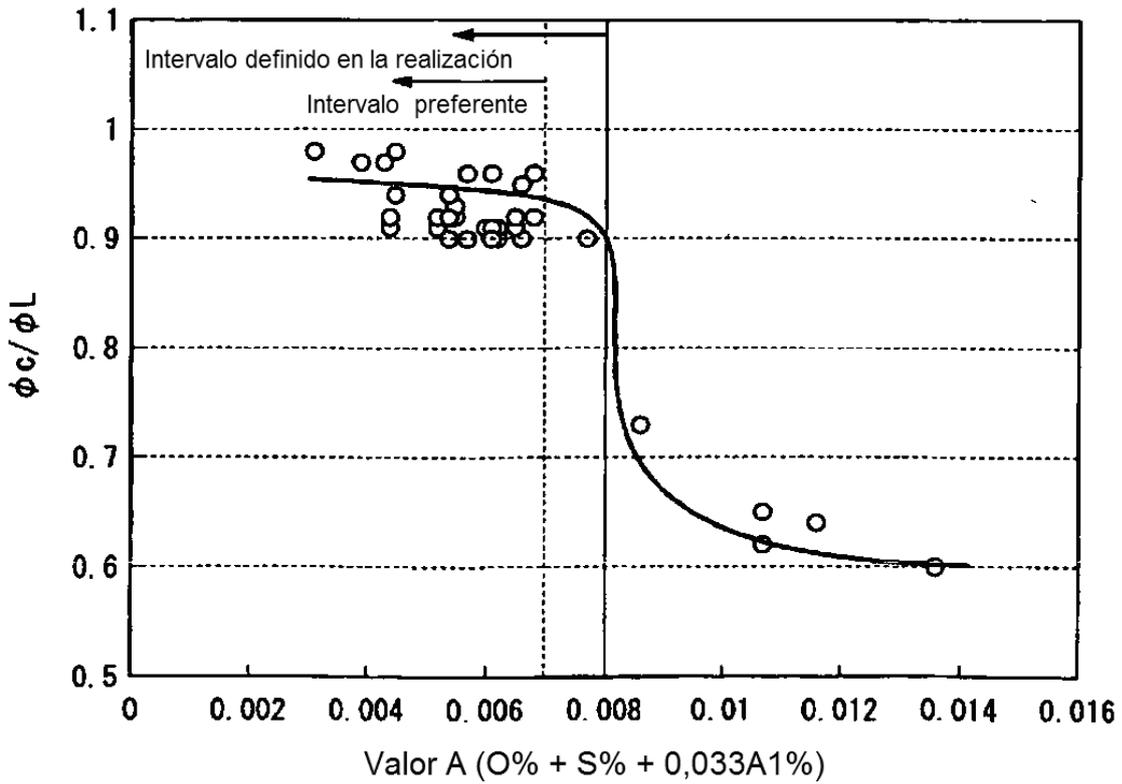


FIG. 3

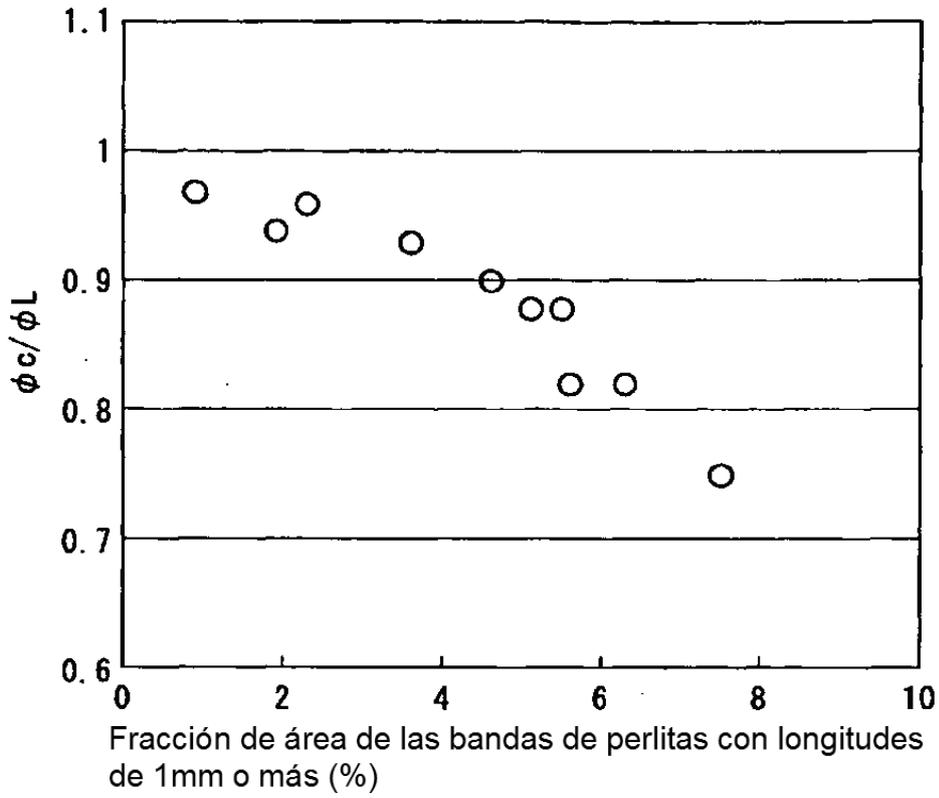


FIG. 4

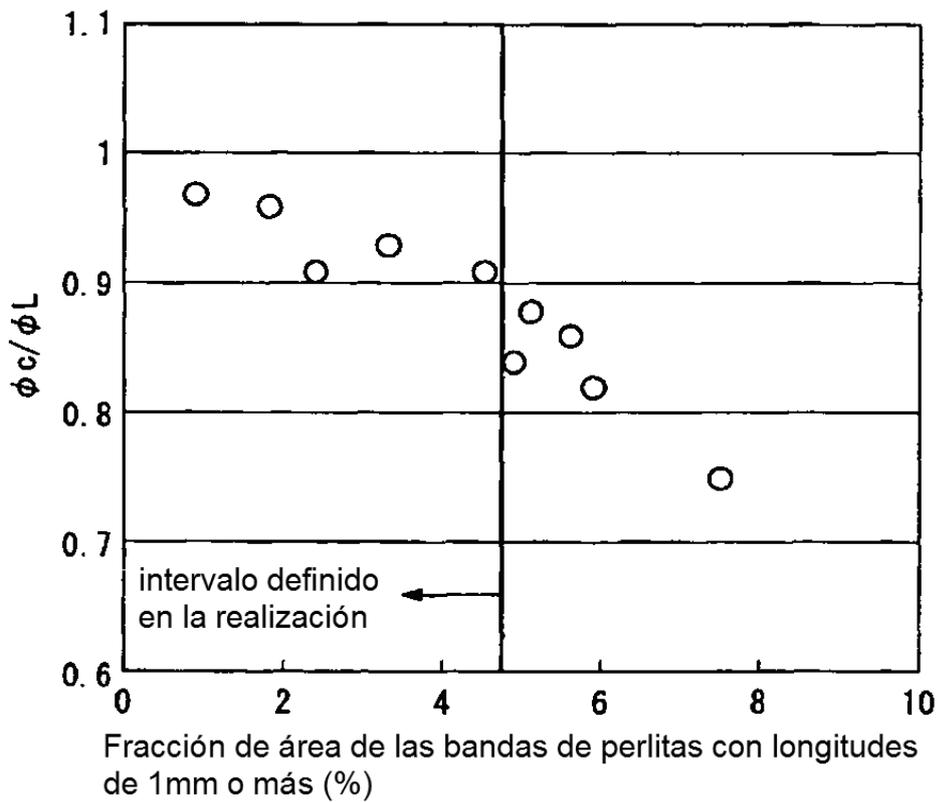


FIG. 5A

Aumento de 50 veces
(porción central del espesor de la placa)

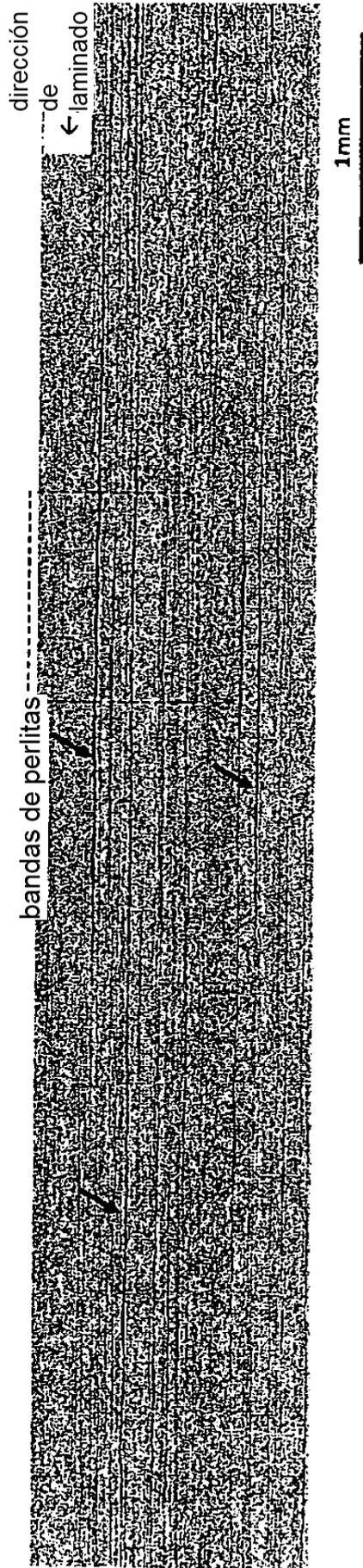


FIG. 5B

Aumento de 100 veces

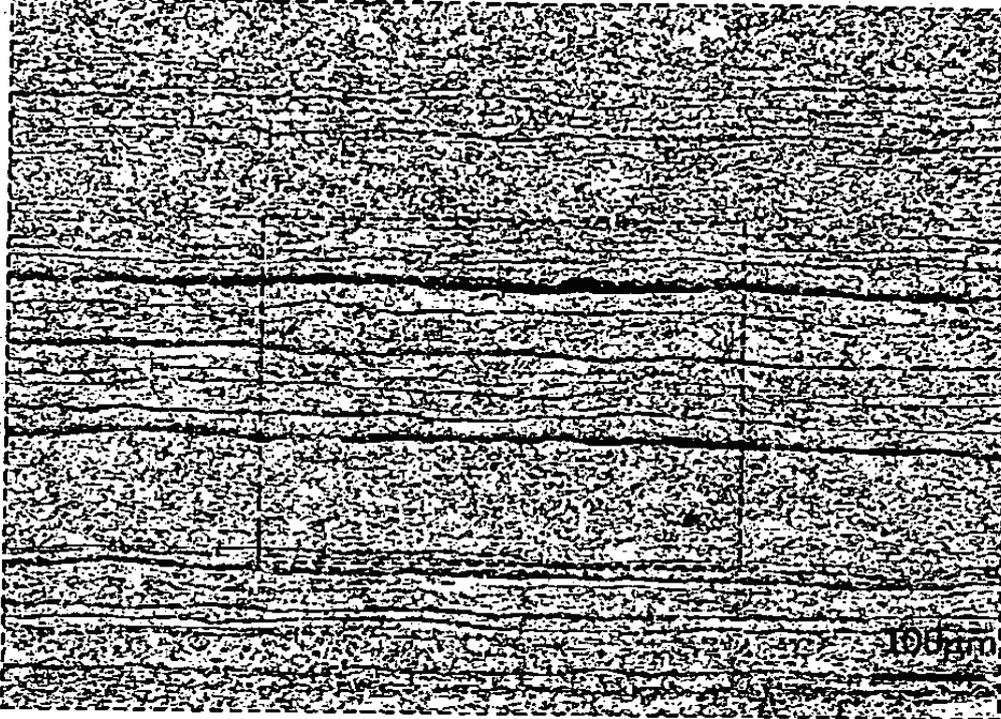


FIG. 5C

Aumento de 200 veces

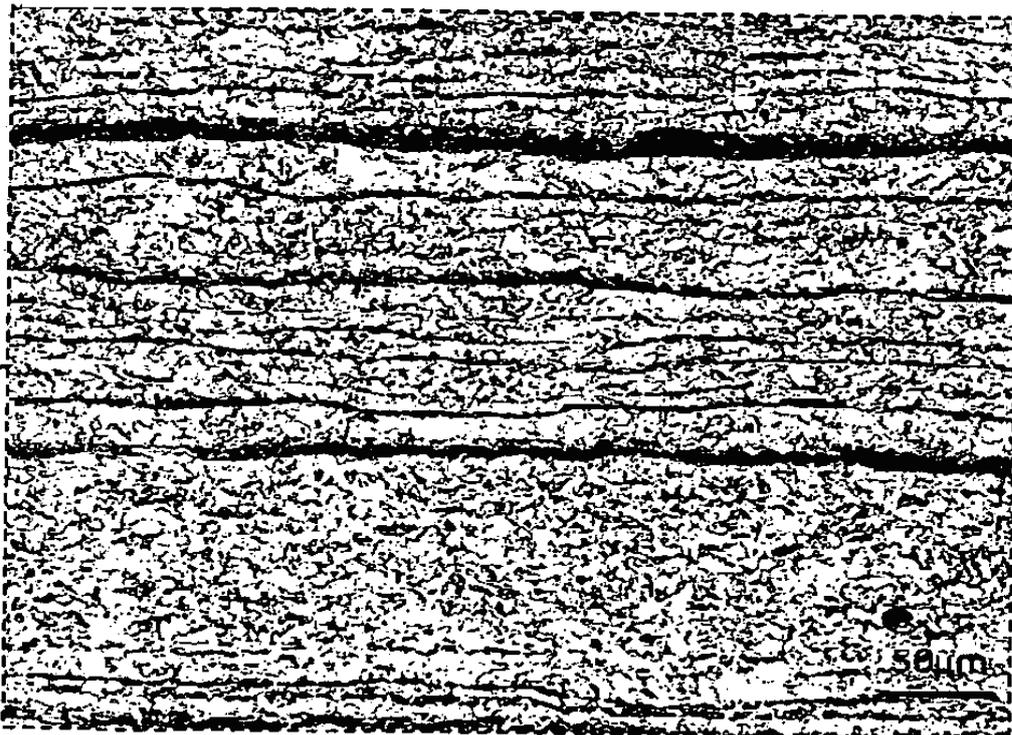


FIG. 6

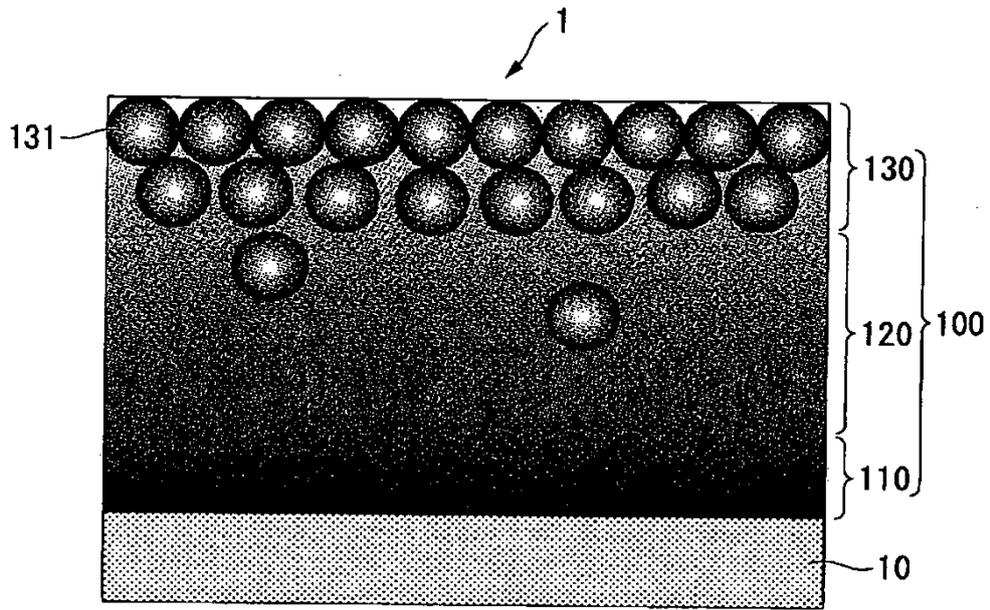


FIG. 7A

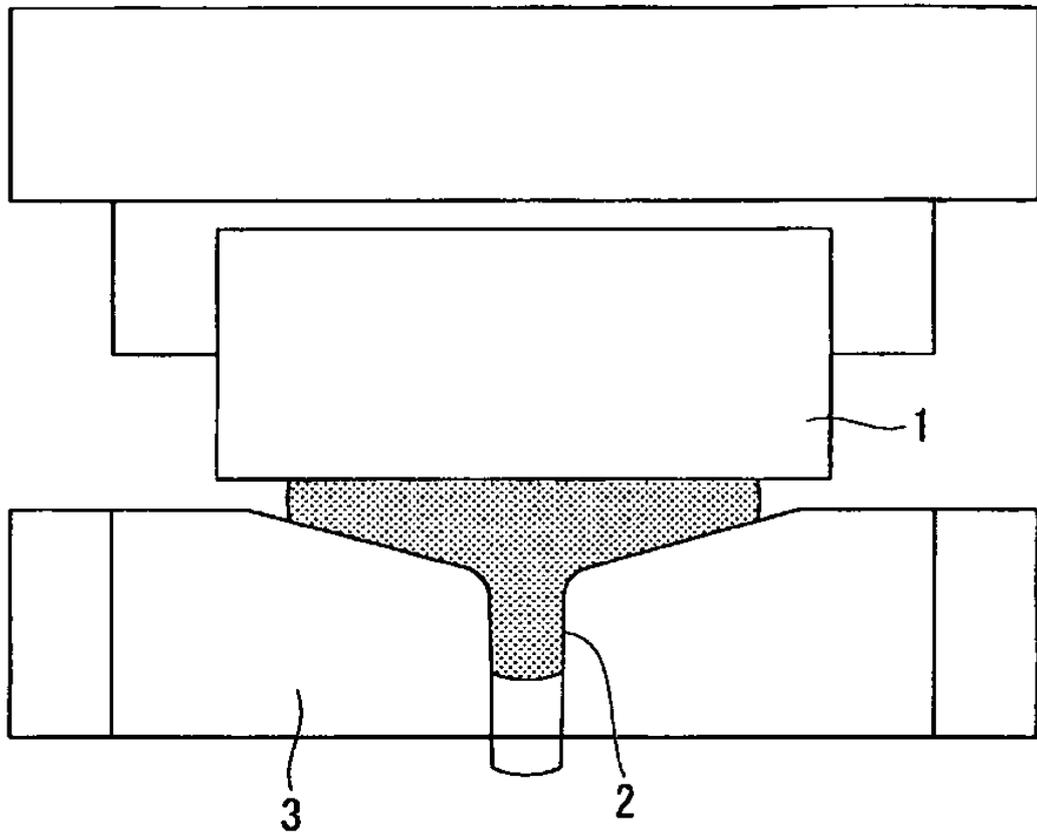


FIG. 7B

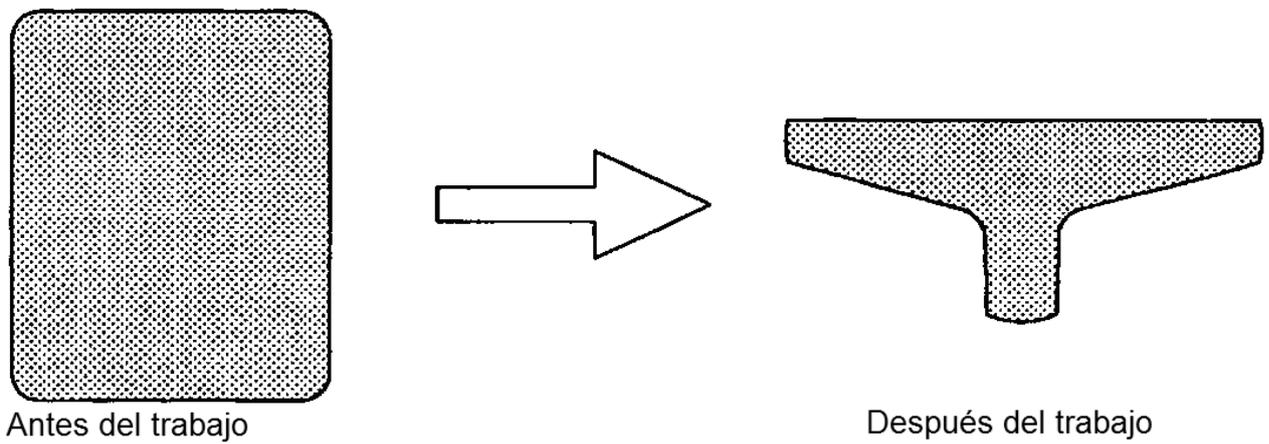


FIG. 8

