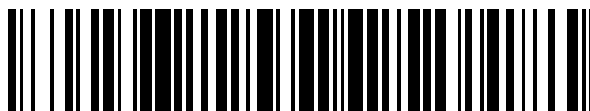


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 798 774**

51 Int. Cl.:

C22C 38/00	(2006.01)	C22C 38/26	(2006.01)
B26F 1/40	(2006.01)	C22C 38/04	(2006.01)
B26F 1/44	(2006.01)		
C21D 9/00	(2006.01)		
C21D 9/46	(2006.01)		
C22C 38/58	(2006.01)		
B23P 15/28	(2006.01)		
B23P 15/40	(2006.01)		
C21D 3/04	(2006.01)		
C22C 38/02	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.03.2012 PCT/JP2012/057631**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **04.10.2012 WO12133244**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.03.2012 E 12762787 (5)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.05.2020 EP 2690189**

54 Título: **Placa de acero con excelente durabilidad para cuchillas de troquelado en forma de banda y cuchilla de troquelado en forma de banda**

30 Prioridad:

25.03.2011 JP 2011068990

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

14.12.2020

73 Titular/es:

**NIPPON STEEL CORPORATION (100.0%)
6-1, Marunouchi 2-chome Chiyoda-ku
Tokyo 100-8071, JP**

72 Inventor/es:

**KODAMA, SHINICHI;
KUBO, HIRONORI;
TAGASHIRA, SATOSHI y
FUJIHARA, MASARU**

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 798 774 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 con excelente durabilidad para cuchillas de troquelado en forma de banda y cuchilla de troquelado en forma de banda

Campo técnico

- 5 La presente invención se refiere a una placa de acero para uso para cuchillas de troquelado en forma de banda para cortar cartones, cartulinas, láminas de resina, cueros y similares, y a tal cuchilla de troquelado en forma de banda.

Técnica anterior

- 10 La cuchilla de troquelado en forma de banda mencionada con anterioridad también es conocida como un término de cuchilla Thomson, regla, matriz o similar, y está diseñada para que tenga un borde de la cuchilla agudizado formado en un borde lateral de una placa delgada en forma de banda de un material de acero. Cuando tal cuchilla de troquelado en forma de banda es usada, una placa de madera contrachapada o similar es procesada previamente con un láser o similar para formar una ranura con una forma de corte predeterminada, y el otro borde lateral que no tiene el borde de la cuchilla de troquelado en forma de banda está incrustado en la ranura para producir un troquel de corte denominado "molde de troquel". En este caso, la cuchilla de troquelado en forma de banda es doblada en una forma predeterminada para ser incrustada en la ranura. La profundidad de la ranura es menor que el ancho de la cuchilla de troquelado en forma de banda y, por lo tanto, el chip de la cuchilla sobresale de la superficie de la placa de madera contrachapada y un bloque elástico que es un poco más grueso que la altura sobresaliente del chip de la cuchilla está pegado a la periferia de la cuchilla. Por lo tanto, el material a ser cortado es presionado contra el molde de troquel y es cortado, por lo que la pieza que ha sido cortada en una forma predeterminada es empujada hacia atrás debido a la fuerza repulsiva del bloque elástico y puede ser sacada con facilidad.

- 20 La cuchilla de troquelado en forma de banda es requerida para satisfacer la característica de poder ser doblada con facilidad en un pequeño radio de curvatura para producir el molde de troquel, o, es decir, es requerido que tenga una excelente "capacidad de flexión", además del requisito de la misma de ser excelente en "afilado" y "durabilidad" como un cuchillo de corte.

- 25 Hasta ahora, por lo general, se dice que para lograr un excelente "afilado", el borde de la cuchilla debe ser duro y toda la parte afilada debe ser altamente rígida, y para asegurar la "durabilidad", se dice que la resistencia a la abrasión del borde de la cuchilla y alrededores debe ser alta. En consecuencia, ha sido empleado un procedimiento para proporcionar una estructura metalográfica dura que comprende principalmente bainita o martensita revenida a través del tratamiento de refinación térmica (tratamiento de transformación isotérmica, tratamiento de inactivación/revenido), y un procedimiento para endurecer más notablemente el borde de la cuchilla a través del tratamiento de endurecimiento por inducción.

- 30 Por el otro lado, para asegurar la "capacidad de flexión", ha sido empleado un procedimiento de descarburación de la parte de capa superficial de una placa de acero para de ese modo formar una capa superficial que tiene un contenido de C reducido (capa superficial descarburada). La capa superficial descarburada aún mantiene la condición de estructura de una fase única de ferrita incluso después de que el material haya sido sometido a un tratamiento de refinación térmica, tal como inactivación/revenido o tratamiento similar, y debido a la capa superficial descarburada, puede ser evitado que la placa de acero sea agrietada cuando es doblada en una forma predeterminada.

- 35 Como el tipo de acero que puede ser endurecido por medio de dicho tratamiento de refinación térmica, o puede ser endurecido notablemente en el borde de la cuchilla por medio de un tratamiento de endurecimiento por inducción, o puede ser procesado para formar la capa superficial descarburada en el mismo, por ejemplo, pueden ser mencionados S55C, SAE1050, SAE1055 y similares definidos en las Normas Industriales Japonesas, JIS. Puede ser dada a los aceros de esos tipos una dureza de al menos 280 HV o incluso al menos 300 HV y un grado adecuado de tenacidad por medio de transformación isotérmica o revenido, y puede ser dada una dureza de al menos 500 HV por medio de endurecimiento por inducción en los bordes de la cuchilla. Además, la capa superficial descarburada puede ser formada por medio de tratamiento térmico en una atmósfera controlada de manera adecuada.

- 40 La Fig. 1 muestra de manera esquemática la estructura en sección transversal de una cuchilla de troquelado en forma de banda ordinaria ya existente, de la cual ha sido mejorada la capacidad de flexión por la formación de una capa superficial descarburada sobre la misma. El espesor de la capa superficial descarburada está sobredimensionado (lo mismo será aplicado también a la Fig. 2 que es mencionada a continuación). La placa de acero no trabajada es procesada para el recocido de descarburación y el tratamiento de refinación térmica, y la capa superficial descarburada alrededor de la superficie de la placa tiene una estructura monofásica de ferrita blanda, mientras que la otra parte tiene una estructura resistente que comprende principalmente bainita o martensita revenida. El material en forma de banda tiene una parte afilada que tiene una forma agudizada en el borde lateral del mismo y la otra parte del mismo es una parte del cuerpo. En el borde de la cuchilla, puede ser formada "una parte del borde de la cuchilla inactivada" a través del tratamiento de endurecimiento por inducción. En este caso, la dureza del borde de la cuchilla puede ser controlada para que sea de al menos 500 HV.

Recientemente, por motivos medioambientales, está siendo usado cartón como material de embalaje/amortiguación

en lugar de poliestireno espumado para electrodomésticos y otros, y el diseño de los paquetes está siendo mejorado. Además, ha sido posible diseñar rápida y con facilidad materiales de amortiguación por ordenador. En consecuencia, ha sido necesario cortar y trabajar una gran variedad de formas mucho más complicadas que nunca, y las cuchillas de troquelado en forma de banda han sido usadas para operaciones de doblado mucho más severas. En tal caso, una

5 cuchilla de troquelado en forma de banda que tiene una capa superficial descarburada formada sobre la misma tiene el problema de que la parte afilada de la misma es agrietada en lugar de la parte del cuerpo de la misma. La parte afilada de la cuchilla no tiene una capa superficial descarburada y, por lo tanto, es usada para operaciones de flexión severas, la “capacidad de flexión” de la parte afilada de la misma es importante.

10 El documento JP 2004 277 801 A1, que fue usado para redactar el preámbulo de la reivindicación 1, describe una lámina de acero para cuchillas de troquelado en forma de banda. La lámina de acero tiene una capa superficial descarburada con un espesor de 5 μm o mayor que comprende una estructura monofásica de ferrita, formada en ambas superficies, y una parte de base, que es una región de una profundidad de 100 μm o mayor de superficie, que

15 tiene una composición química que comprende de 0,40 a 0,80% de C, que preferentemente además comprende 0,5% o menos de Si, de 0,2 a 2,0% de Mn, 0,02% o menos de P, 0,02% o menos de S, 1,0% o menos de Cr y el equilibrio de Fe con impurezas inevitables. La parte de base tiene una estructura metalúrgica que contiene 1% en vol. o mayor de carburos esferoidales dispersos en bainita o martensita revenida y tiene una dureza ajustada de 300 a 450 HV.

El documento JP 2004 277 801 A1 describe además una técnica para proporcionar una estructura que contiene una cantidad dada de carburo esférico para de ese modo mejorar la “capacidad de flexión” de la parte del borde de la

20 cuchilla mientras es asegurada la “durabilidad” de la cuchilla.

Sumario de la invención

Problema técnico

De acuerdo con la técnica del documento JP 2004 277 801 A1, ha sido posible proporcionar una cuchilla de troquelado en forma de banda capaz de satisfacer los requisitos recientes para una operación de flexión severa. En estos días, sin embargo, el requisito de cuchillas de troquelado en forma de banda se ha vuelto mucho más severo, y han sido

25 deseadas aquellas que tienen una alta “durabilidad” que son más resistentes al uso a largo plazo que antes.

La presente invención ha de proporcionar una cuchilla de troquelado en forma de banda que tiene buena “capacidad de flexión” y que tiene una “durabilidad” adicional mejorada.

Solución al problema

Ha sido aclarado que el objeto mencionado con anterioridad puede ser logrado por el uso de, como el material para la

30 cuchilla, una placa de acero que contiene Nb y, por lo tanto, tiene una estructura con un carburo que contiene Nb disperso en el mismo, excepto en la parte de capa superficial de la placa.

De manera específica, la presente invención proporciona una placa de acero para cuchillas de troquelado en forma de banda que tienen una excelente durabilidad como es establecida en la reivindicación 1. Las realizaciones

35 adicionales de la invención son descritas, entre otras cosas, en las reivindicaciones dependientes. La placa de acero, entre otras cosas, comprende partes de capa superficial, teniendo cada una una profundidad no mayor que 200 μm desde la superficie a ambos lados de la placa de acero y una región interna entre las partes de capa superficial en la dirección de espesor de placa, que es denominada “parte de base”.

La parte de base tiene una composición química que comprende 0,40 a 0,80% en masa de C y de 0,10 a 0,50% en masa de Nb y tiene una estructura metalográfica que comprende bainita o martensita revenida y en la cual está

40 presente un carburo esférico constituido por cementita en la bainita o martensita revenida en una cantidad de 1,0% en vol. o mayor y un carburo que contiene Nb que tiene un diámetro de círculo equivalente de 0,5 μm o mayor está presente en una densidad empírica de 10,0 o más granos por cada 900 μm^2 , y la parte de base tiene una dureza controlada de 265 a 450 HV, preferentemente de 300 a 450 HV.

La parte de capa superficial tiene una capa superficial descarburada constituida por una estructura monofásica de ferrita y que tiene un espesor de 5 μm o mayor, preferentemente de 5 a 20 μm , en el que en la región a la profundidad

45 de 15 μm desde la superficie (denominada “región de capa superficial de 15 μm de espesor”), la densidad empírica del carburo que contiene Nb que tiene un diámetro de círculo equivalente de 0,5 μm o mayor es de 0 a 5,0 granos por cada 900 μm^2 .

La parte de base puede tener carburo que contiene Nb que tiene un diámetro de círculo equivalente de 1,0 μm o mayor en una densidad empírica de 10,0 o más granos por cada 900 μm^2 , y la dureza de la misma puede ser controlada para

50 que sea de 300 a 450 HV. En este caso, en la región de capa superficial de 15 μm de espesor, la densidad empírica del carburo que contiene Nb que tiene un diámetro de círculo equivalente de 1,0 μm o mayor pueden ser de 0 a 5,0 granos por cada 900 μm^2 .

En la presente memoria, el carburo que contiene Nb comprende principalmente un carburo de Nb y puede ser

55 diferenciado de la cementita a través de EDX o análisis similares. La cantidad de carburo esférico constituido por

5 cementita y la densidad empírica del carburo que contiene Nb pueden ser determinadas por medio de análisis de imagen de la imagen microscópica de la sección transversal paralela a la dirección de espesor de placa de acero. El diámetro de círculo equivalente corresponde al diámetro del círculo que supuestamente tiene la misma área que el grano que aparece en la sección transversal siendo analizada. La densidad empírica del carburo que contiene Nb es determinada de acuerdo con lo presentado a continuación: una región de $4500 \mu\text{m}^2$ ($900 \mu\text{m}^2 \times 5$ campos de visión) o más es observada, y de los granos de carburo que contienen Nb existentes en la región, el número total de granos, teniendo cada uno el diámetro de círculo equivalente predeterminado mencionado con anterioridad ($0,5 \mu\text{m}$ o mayor, o $1,0 \mu\text{m}$ o mayor) es contado y el valor es convertido en la densidad de los granos por cada $900 \mu\text{m}^2$. En la región de capa superficial de $15 \mu\text{m}$ de espesor, una región rectangular que tiene una longitud de $15 \mu\text{m}$ como un lado en la dirección de espesor de placa y que tiene un área de $15 \times 60 \mu\text{m}^2$ ($= 900 \mu\text{m}^2$) puede ser observada y analizada en al menos 5 campos de visión. Con respecto al carburo que contiene Nb que yace sobre los límites de las regiones de observación, el grano cuya mitad o más de área existe en la región de observación es contado como un grano.

15 El término "estructura monofásica de ferrita" de la parte de capa superficial significa una estructura en la cual no es formada una fase metalográfica a través de la transformación de bainita, martensita o similares y en la cual la matriz (base metálica) es una fase única de ferrita.

Un ejemplo específico de la composición química de la parte de base comprende, como % en masa, de 0,40 a 0,80% de C, de 0,05 a 0,50% de Si, de 0,14 a 2,0% de Mn, de 0,002 a 0,020% de P, de 0,0005 a 0,020% de S, de 0,01 a 1,00% de Cr, de 0,10 a 0,50% de Nb, de 0 a 0,50% de Mo, de 0 a 0,50% de V, de 0 a 2,0% de Ni, de 0 a 0,005% de B, y un equilibrio de Fe e impurezas inevitables.

20 El espesor de la placa de acero es, por ejemplo, de 0,4 a $1,5 \mu\text{m}$.

También en la invención, es proporcionada una cuchilla de troquelado en forma de banda teniendo, en la parte del borde lateral de un material en forma de banda constituida por la placa de acero mencionada con anterioridad, una parte afilada que tiene una forma agudizada. El borde de la cuchilla puede estar constituido por una parte de base controlada para que tenga una dureza de 265 a 450 HV o de 300 a 450 HV, pero la cuchilla de corte teniendo una parte del borde de la cuchilla inactivada a ser formada por la inactivación de la parte de base para que tenga una dureza de al menos 500 HV es más efectiva en cuanto al afilado de la misma.

Efectos ventajosos de la invención

De acuerdo con la invención, se ha vuelto posible proporcionar una cuchilla de troquelado en forma de banda que tiene una buena capacidad de flexión y en especial una alta durabilidad. La cuchilla de troquelado tiene un carburo que contiene Nb a una densidad adecuada en la parte de base de la misma y, por lo tanto, la parte afilada de la misma es excelente en resistencia a la abrasión, y en consecuencia, la cuchilla de troquelado mantiene el afilado y la precisión de corte de la misma durante un largo período de tiempo. La vida útil de la cuchilla de troquelado que tiene un borde de la cuchilla de endurecimiento por inducción es aproximadamente 2 veces mayor que la de una cuchilla de troquelado inactivada a alta frecuencia convencional que no usa el efecto de mejora de la resistencia a la abrasión de un carburo que contiene Nb. Si bien no es inactivada a alta frecuencia, la cuchilla de troquelado de la invención tiene una vida útil de aproximadamente 1,5 veces la convencional y, por lo tanto, al omitir la etapa de inactivación de alta frecuencia, el costo de producción en la invención puede ser reducido.

Breve descripción de los dibujos

40 [Fig. 1] Esta es una vista que muestra de manera esquemática la estructura en sección transversal de una cuchilla de troquelado en forma de banda convencional ordinaria, de la cual ha sido mejorada la capacidad de flexión por la formación de una capa superficial descarburada sobre la misma.

[Fig. 2] Esta es una vista que muestra de manera esquemática la morfología de la abrasión de la parte afilada que es problemática en el uso de la cuchilla de troquelado en forma de banda convencional que tiene una capa superficial descarburada sobre la misma.

45 [Fig. 3] Esta es una vista que muestra de manera esquemática la estructura en sección transversal de la sección transversal cortada en paralelo a la dirección de espesor de placa de la placa de acero para cuchillas de troquelado en forma de banda de la invención.

Descripción de realizaciones

50 La Fig. 2 muestra de manera esquemática la morfología de la abrasión de la parte afilada que es problemática en el uso de una cuchilla de troquelado en forma de banda convencional que tiene una capa superficial descarburada sobre la misma. La parte afilada es enormemente desgastada y, como resultado, la rigidez de la parte afilada disminuye y la precisión dimensional en el corte empeora. Además, durante el corte, la fuerza para separar las partes de material ya cortadas a ambos lados no pudo ser dado lo suficientemente, y por lo tanto, el afilado de la cuchilla de corte es insuficiente. La invención ha de mejorar la durabilidad de la cuchilla de corte por la mejora de la resistencia a la abrasión de la parte afilada de la cuchilla.

La Fig. 3 muestra de manera esquemática la estructura en sección transversal de la sección transversal cortada en paralelo a la dirección de espesor de placa de la placa de acero para cuchillas de troquelado en forma de banda de la invención. El espesor de cada región cerca de la superficie está extremadamente sobredimensionado en relación con el espesor de la placa. En esta descripción, la región a una profundidad de 200 μm desde la superficie es denominada "parte de capa superficial", y la región interior de esa región en la dirección de espesor de placa es denominada "parte de base". La parte de capa superficial y la parte de base no significan una diferencia en el estado de la estructura entre estas, sino que simplemente indican la diferencia entre esas regiones en el punto de la posición de profundidad desde la superficie. En otras palabras, no ocurre ningún cambio rápido de estructura en el límite entre la parte de capa superficial y la parte de base. Sin embargo, se puede decir que al menos la parte de base es una región no influenciada por el recocido de descarburación. También en esta descripción, la región a una profundidad de 15 μm desde la superficie es conocida como la "región de capa superficial de 15 μm de espesor". Esto no significa ningún cambio rápido de estructura en el límite de la región de capa superficial de 15 μm de espesor.

Composición química de la parte de base

La composición química de la parte de base está reflejada directamente en la composición química del acero en la producción del mismo por medio de fundición. A menos que sea indicado de manera específica lo contrario más adelante, "%" en la expresión de composición química significa "% en masa".

C es un elemento importante para asegurar la resistencia de un material de acero. En uso para cuchillas de troquelado en forma de banda, la dureza de la parte de base debe ser de al menos 265 HV, y en algunos usos, la dureza puede ser de al menos 300 HV. En el caso de que el borde de la cuchilla sea inactivado, puede ser requerido que su dureza sea de al menos 500 HV. Teniendo esto en cuenta, en la presente memoria es usado acero que contiene al menos 0,4% de C. Sin embargo, cuando el contenido de C es mayor que 0,8%, la dureza de la bainita o la martensita revenida puede disminuir y la capacidad de flexión puede ser degradada; y, por lo tanto, en la invención, es usado acero que tiene de 0,4 a 0,8% de C.

El Nb es un elemento importante para formar un carburo duro que contiene Nb que comprende principalmente NbC. El carburo que contiene Nb disperso en la parte de base a una densidad adecuada es extremadamente efectivo para mejorar la resistencia a la abrasión de la parte. Además, el Nb tiene el efecto de refinar el tamaño de grano de austenita anterior en la estructura de bainita o la estructura de martensita revenida y, por lo tanto, es eficaz para evitar que la parte afilada sea agrietada al ser doblada. Como resultado de diversas investigaciones, el contenido de Nb debe ser de al menos 0,10% para exhibir suficientemente los efectos mencionados con anterioridad. Sin embargo, la existencia de demasiado Nb puede ser una causa de disminución de la capacidad de flexión y, por lo tanto, el contenido de Nb es como máximo de 0,50%.

Los otros componentes de acero que no sean C y Nb pueden ser controlados dentro del intervalo para proporcionar la estructura metalográfica que es mencionada a continuación sin restarle capacidad de flexión a la placa de acero. Por ejemplo, los siguientes componentes de acero son ejemplificados.

El Si es un elemento eficaz para la desoxidación del acero, y su contenido es preferentemente de 0,05 a 0,50%.

Mn y Cr son efectivos para mejorar la capacidad de inactivación del acero, y son efectivos para formar una estructura de bainita uniforme o una estructura de martensita revenida. Preferentemente, el contenido de Mn es de 0,14 a 2,0%, y el contenido de Cr es de 0,01 a 1,00%. Más preferentemente, el contenido de Mn es al menos 0,20%.

P y S pueden reducir la tenacidad del acero y su contenido es preferentemente menor; sin embargo, la desfosforización y desulfuración excesivas son desfavorables ya que aumentan la carga en la fabricación de acero. El contenido de P puede ser de 0,002 a 0,020%, y el contenido de S puede ser de 0,0005 a 0,020%.

Además, si es deseado, uno o más de como máximo 0,50% de Mo, como máximo 0,50% de V, como máximo 2,0% de Ni y como máximo 0,005% de B pueden ser incorporados en la placa de acero.

Estructura metalográfica de la parte de base

La estructura metalográfica de la parte de base a ser empleada en la presente memoria comprende principalmente bainita o martensita revenida para asegurar las características básicas de dureza y resistencia a la abrasión de las cuchillas. Preferentemente, la estructura de ferrita o perlita no existe en la parte. La historia del tratamiento térmico puede determinar si la pieza podría tener una estructura de bainita o una estructura de martensita revenida. En otras palabras, la primera es formada a través del tratamiento de transformación isotérmica en la etapa de enfriamiento desde una región de austenita; mientras que la última es formada a través del tratamiento de inactivación de una región de austenita para dar una estructura de martensita seguida por un tratamiento de revenido de la estructura de martensita. Para uso en cuchillas de troquelado en forma de banda, la dureza de la parte de base es controlada preferentemente de 265 a 450 HV, más preferentemente de 300 a 450 HV.

Para mejorar la capacidad de flexión de la parte afilada en la que la parte de base está expuesta, en la presente memoria es proporcionado un estado de estructura en el que la estructura de bainita o la estructura de martensita revenida mencionada con anterioridad es la base y en la que un carburo esférico constituido por cemento es

dispersado en la base. Como resultado de diversas investigaciones, cuando tal carburo esférico existe en la parte de base en una cantidad de al menos 1,0% en vol., entonces la capacidad de flexión de la pieza es mejorada de manera significativa. Es considerado que el carburo esférico distribuido en la parte de base provoque, cuando sufra una deformación por flexión, un rendimiento microscópico por medio del cual puede ser evitada la concentración de tensión local de la matriz para conducir al agrietamiento y, por lo tanto, puede ser mejorada la capacidad de flexión. Preferentemente, el tamaño de grano (diámetro de círculo equivalente) del carburo esférico es de 0,2 a 4,0 μm .

Carburo que contiene Nb en la parte de base

La parte de base está expuesta fuera de la superficie en la parte afilada de la cuchilla, y es dañada con facilidad por abrasión (véase la Fig. 2). En la invención, para mejorar la resistencia a la abrasión de la parte de base, es empleado un procedimiento para dispersar un carburo que contiene Nb en la parte. El carburo que contiene Nb es un compuesto duro que comprende principalmente NbC. Ha sido confirmado que cuando el carburo que contiene Nb es expuesto y dispersado en la superficie en la parte afilada de la cuchilla, entonces la capacidad de deslizamiento de la parte es mejorada y la superficie de fricción del mismo apenas es desgastada. Como resultado de investigaciones detalladas realizadas por los presentes inventores, cuando la densidad empírica del carburo que contiene Nb tiene un diámetro de círculo equivalente de al menos 1,0 μm es al menos 10,0 granos por cada 900 μm^2 en la parte de base, entonces la resistencia a la abrasión de la cuchilla a los cartones mejora de manera notable. También de acuerdo con los estudios de los presentes inventores, incluso un carburo que contiene Nb relativamente fino que tiene un diámetro de círculo equivalente de 0,5 a menos de 1,0 μm es efectivo para mejorar la resistencia a la abrasión de la parte de base. Como resultado de diversas investigaciones, en el caso de que la densidad empírica del carburo que contiene Nb que tiene un diámetro de círculo equivalente de 0,5 μm o mayor es al menos 10,0 granos por cada 900 μm^2 en la parte, entonces la parte puede asegurar suficientemente la resistencia a la abrasión a los cartones si bien la densidad empírica del carburo que contiene Nb tiene un diámetro de círculo equivalente de 1,0 μm o mayor es menor que 10,0 granos por cada 900 μm^2 en el mismo. La densidad empírica del carburo que contiene Nb en la parte de base puede ser controlada principalmente por el contenido de Nb en el acero. La existencia de demasiado carburo que contiene Nb disminuye la capacidad de flexión de la parte de base y, por lo tanto, en general, la densidad empírica del carburo que contiene Nb que tiene un diámetro de círculo equivalente de al menos 1,0 μm o al menos 0,5 μm puede caer dentro de un intervalo de 30,0 granos como máximo por cada 900 μm^2 en la parte de base, y puede ser controlada para que tenga como máximo 20,0 granos. En la presente memoria el área de la unidad es 900 μm^2 , y esto es para hacer coincidir el valor de la densidad empírica del carburo que contiene Nb en la región de capa superficial de 15 μm de espesor.

Capa superficial descarburada

Una capa superficial descarburada es formada en la superficie a ambos lados de la placa de acero. La capa superficial descarburada es una región en la que la concentración de carbono es reducida a través del recocido de descarburación y en la que no es formada una fase transformada de bainita o martensita después del tratamiento de refinación térmica, pero la matriz es una fase única de ferrita. La capa superficial descarburada es suave y dúctil y, por lo tanto, cuando es doblada después de que la placa de acero es trabajada en una cuchilla de troquelado en forma de banda, la capa exhibe la función de prevenir el agrietamiento de la superficie en la parte del cuerpo. La parte del cuerpo es gruesa y, por lo tanto, difícilmente puede asegurar una capacidad de flexión suficiente de acuerdo con el procedimiento de mejora de la capacidad de flexión para dispersar un carburo esférico en el mismo, y en consecuencia, es necesaria la formación de la capa descarburada. Como resultado de diversas investigaciones, el espesor de la capa descarburada debe ser de al menos 5 μm . En general, el espesor puede estar dentro de un intervalo de 5 a 20 μm .

Carburo que contiene Nb en la región de capa superficial de 15 μm de espesor

Por otro lado, es sabido que el carburo que contiene Nb existente en la parte de capa superficial provoca la degradación de la capacidad de flexión de la parte. Si bien no siempre está claro, la razón detrás de esto es la gran diferencia de dureza entre la capa superficial descarburada y el carburo que contiene Nb. Es importante que, en la parte de capa superficial, en especial en la región de la misma más cercana a la superficie, un carburo que contiene Nb exista lo menos posible para mantener una buena capacidad de flexión de la capa superficial descarburada. Como resultado de investigaciones detalladas, en el caso de que la densidad empírica del carburo que contiene Nb tenga un diámetro de círculo equivalente de al menos 1,0 μm en la parte de base es controlada para que sea de al menos 10,0 granos por cada 900 μm^2 , una buena capacidad de flexión puede ser asegurada a condición de que la densidad empírica del carburo que contiene Nb tenga un diámetro de círculo equivalente de al menos 1,0 μm en la región de capa superficial de 15 μm de espesor sea controlada para que sea de 0 a 5,0 granos por cada 900 μm^2 . El carburo que contiene Nb que existe en la región más cercana a la parte central del espesor de la placa que la región de capa superficial de 15 μm de espesor no tiene ninguna influencia significativa sobre la capacidad de flexión de la parte del cuerpo. En el caso de que la densidad empírica del carburo que contiene Nb tenga un diámetro de círculo equivalente de al menos 0,5 μm en la parte de base es controlada para que sea al menos 10,0 granos por cada 900 μm^2 , puede ser asegurada una buena capacidad de flexión a condición de que la densidad empírica del carburo que contiene Nb tenga un diámetro de círculo equivalente de al menos 0,5 μm en la región de capa superficial de 15 μm de espesor sea controlada para que sea de 0 a 5,0 granos por cada 900 μm^2 .

Para reducir la densidad empírica del carburo que contiene Nb en la región de capa superficial de 15 μm de espesor,

es efectivo que la parte de capa superficial de la placa de acero sea derivada de la parte de capa superficial a una profundidad de aproximadamente 20 μm de una losa (por ejemplo, losa de colada continua) (la parte solidificada en una alta velocidad de solidificación). La velocidad de enfriamiento en la solidificación es grande en el área alrededor de la capa superficial de una losa y, por lo tanto, la red del carburo eutéctico en la estructura solidificada es más pequeña que en la región interna de la losa. Por el uso de la diferencia en la distribución de carburo entre las regiones en la losa, la densidad empírica del carburo que contiene Nb en la región de capa superficial de 15 μm de espesor puede volverse más pequeña que en la parte de base. Por el contrario, en el caso en que la parte de capa superficial de la placa de acero sea derivada de la parte que tiene una gran red de carburo eutéctico dentro de la losa, un estado de estructura en el que la red de carburo eutéctico grueso puede romperse o cortarse a través de laminado en caliente o laminado en frío es formada en la parte de capa superficial de la placa de acero y, como resultado, la densidad empírica del carburo que contiene Nb en la región de capa superficial de 15 μm de espesor no pudo ser reducida lo suficiente.

Proceso de producción

Para obtener la placa de acero de la invención, son necesarias una etapa de recocido de descarburación y una etapa de tratamiento de refinación térmica. En concreto, el siguiente proceso es ejemplificado. Fabricación de acero \rightarrow laminado en caliente \rightarrow laminado en frío \rightarrow recocido de descarburación \rightarrow laminado en frío \rightarrow tratamiento de refinación térmica

En la presente memoria, el material de acero a ser laminado en caliente es preferentemente uno en el que la región de capa superficial de 20 μm de espesor de una losa aparece en la superficie de la misma. Cuando es usada una losa de la cual es retirada la parte de capa superficial en exceso, entonces la losa es laminada en caliente en un estado en el que la red de carburo eutéctico grueso mencionada con anterioridad sigue apareciendo alrededor de la superficie de la losa, y si es así, es difícil reducir la densidad empírica del carburo que contiene Nb en la región de capa superficial de 15 μm de espesor.

Preferentemente, el espesor final de la placa es de 0,4 a 1,5 μm .

El recocido de descarburación puede ser logrado por medio del tratamiento térmico de, por ejemplo, la exposición de la superficie de la placa de acero a una atmósfera gaseosa de 75% de H_2 + 25% de N_2 + H_2O a 700 °C con un punto de rocío controlado, de 3 a 10 horas.

Para el tratamiento de refinación térmica, por ejemplo, la siguiente condición puede ser ejemplificada. En caso de dar una estructura de bainita: 860 °C \times 120 segundos \rightarrow enfriamiento rápido \rightarrow 400 °C \times 480 segundos \rightarrow enfriamiento por aire a temperatura ambiente. En el caso de proporcionar una estructura de martensita revenida: 860 °C \times 120 segundos \rightarrow enfriamiento rápido a aproximadamente 60 °C \rightarrow 500 °C \times 180 segundos \rightarrow enfriamiento por aire a temperatura ambiente.

En el tratamiento de refinación térmica de estos casos, cuando la temperatura de austenización es demasiado alta o cuando el tiempo de austenización es demasiado extenso, es difícil dispersar un carburo esférico en una cantidad de 1,0% en vol. o mayor.

Después del tratamiento de refinación térmica, la placa de acero que tiene el estado de estructura controlada mencionado con anterioridad es cortada en un ancho predeterminado, y el borde lateral de la misma es afilado para ser una parte afilada que tiene una forma agudizada, para de ese modo dar una cuchilla de troquelado en forma de banda. Si es deseado, el borde de la cuchilla es inactivada a alta frecuencia, lo que da una cuchilla de troquelado en forma de banda que tiene una durabilidad mucho más excelente.

Ejemplos

Ejemplo 1

El acero que es mostrado en la Tabla 1 es producido, y la losa obtenida es calentada a 1250 °C durante 1 hora, y luego es laminada en caliente a una temperatura de laminado de acabado de 850 °C y una temperatura de bobinado de 550 °C para dar una placa de acero laminada en caliente con un espesor de 3 μm . Algunas muestras (Núm. 4 en la Tabla 2) son laminadas en caliente en un estado con una parte, en la cual la red del carburo eutéctico en la estructura solidificada es grande, sigue apareciendo en su superficie, y, por lo tanto, de esas muestras, es cortada la capa superficial de 20 μm de espesor de la losa y el material de acero resultante es laminado en caliente. Así obtenida, la placa de acero laminada en caliente es laminada en frío para que tenga un espesor de 2,2 μm , luego es descarburizada y recocida, es laminada en forma adicional en frío para que tenga un espesor de 0,7 μm , y luego es tratada para inactivar/venir o una transformación isotérmica en un horno de recocido continuo para dar una muestra de material.

La condición de tratamiento térmico es de la siguiente manera.

Recocido de descarburación

La superficie de la placa de acero es expuesta a una atmósfera gaseosa de 75% de H_2 + 25% de N_2 + H_2O a 700 °C

con un punto de rocío controlado, durante 5 horas.

Tratamiento de transformación isotérmica

5 Mantenimiento a una temperatura de 780 a 980 °C durante 30 a 600 segundos → enfriamiento rápido en un baño de bismuto fundido mantenido a 320 a 480 °C → mantenimiento a 320 a 480 °C durante 60 a 600 segundos → enfriamiento por aire a temperatura ambiente.

Inactivación/Revenido

Mantenimiento a una temperatura de 780 a 980 °C durante 30 a 600 segundos → enfriamiento rápido en un líquido de inactivación a 60 °C → mantenimiento a 400 °C durante 300 segundos → enfriamiento por aire a temperatura ambiente.

10 **Tabla 1**

Tabla 1

Acero	Composición Química (% en masa)								Clasificación
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Nb	Otros	
a	0,51	0,20	0,75	0,010	0,004	0,50	0,21	-	Acero de la Invención
b	0,50	0,22	0,75	0,012	0,004	0,52	0,30	-	Acero de la Invención
c	<u>0,42</u>	0,21	0,76	0,014	0,004	0,50	0,20	-	Acero de la Invención
d	<u>0,21</u>	0,22	0,74	0,009	0,002	0,13	0,18	-	Acero Comparativo
e	0,42	0,22	0,76	0,009	0,003	0,15	-	-	Acero Comparativo
f	0,48	0,19	0,14	0,007	0,003	0,14	0,15	-	Acero de la Invención
g	0,54	0,23	0,83	0,010	0,004	0,12	-	-	Acero Comparativo
h	0,56	0,23	0,81	0,010	0,004	0,12	0,13	-	Acero de la Invención
i	0,77	0,21	0,80	0,008	0,002	0,15	0,28	-	Acero de la Invención
j	<u>0,87</u>	0,25	0,81	0,007	0,005	0,03	0,30	-	Acero Comparativo
k	0,65	0,20	0,41	0,007	0,005	0,10	<u>0,56</u>	-	Acero Comparativo
l	0,50	0,20	0,75	0,008	0,004	0,50	0,21	Mo: 0,21	Acero de la Invención
m	0,51	0,21	0,75	0,010	0,003	0,50	0,20	V: 0,22	Acero de la Invención
n	0,50	0,21	0,75	0,009	0,004	0,50	0,20	Ni: 0,82	Acero de la Invención
o	0,48	0,20	0,73	0,010	0,004	0,51	0,21	B: 0,003	Acero de la Invención

Subrayado: Fuera del ámbito de la invención.

Observación de estructura

15 La sección transversal de cada material de muestra, cortada en la dirección de espesor de placa del mismo, es observada para determinar el espesor de la capa superficial descarburada (media de espesor del área de la cual la matriz es una fase única de ferrita), la estructura metalográfica de la parte de base, la relación de área (% en vol.) del carburo esférico constituido por cementita en la parte de base, y la densidad empírica del carburo que contiene Nb que tiene un diámetro de círculo equivalente de al menos 1,0 µm en la parte de base y en la región de capa superficial de 15 µm de espesor. El análisis de EDX confirma si el carburo puede ser un carburo que contiene Nb. La cantidad de
 20 carburo esférico y el diámetro de círculo equivalente del carburo que contiene Nb son determinados por medio de análisis de imagen. La relación empírica del carburo que contiene Nb es calculada por medio del análisis de una región de 4500 µm² tanto en la parte de base como en la región de capa superficial de 15 µm de espesor para determinar de ese modo la densidad de la misma por cada 900 µm². En la región de capa superficial de 15 µm de espesor de aquellos, cinco campos visuales rectangulares de 15 × 60 µm (= 900 µm²) cada uno con un lado de 15 µm de longitud
 25 son analizados en la dirección del espesor.

En la presente memoria, el acero d en la Tabla 1 tiene un contenido pequeño de C y, por lo tanto, puede no tener una dureza suficiente adecuada para las cuchillas de troquelado y, en consecuencia, es excluido de los objetos de investigación, excepto por la densidad empírica del carburo que contiene Nb que tiene un diámetro de círculo equivalente de al menos 1,0 μm en la parte de base y en la región de capa superficial de 15 μm de espesor.

- 5 La parte de la superficie a una profundidad de al menos 200 μm es cortada para dejar la parte de base sola. A partir de esto, es recogida una muestra de análisis y la composición química de la parte de base es analizada. Como resultado, los datos de cada recipiente de acero corresponden a los valores de análisis de la muestra de lingotes que son mostrados en la Tabla 1. En consecuencia, se puede decir que los valores de análisis en la Tabla 1 pueden ser tomados como la composición química de la parte de base, directamente en su estado actual.

10 **Evaluación de la capacidad de flexión**

Una pieza de prueba rectangular con una longitud de 100 μm y un ancho de 25 μm es cortada de cada material de muestra de manera tal que la dirección de laminación puede ser la dirección longitudinal del mismo. Un borde lateral de la pieza de prueba es afilado para que sea una parte afilada, para producir una muestra de cuchilla de troquelado que tenía un ángulo de herramienta de 45°. El espesor de la parte del cuerpo es de 0,7 μm .

- 15 La muestra afilada es doblada en un ángulo de flexión de 120° con un punzón con un radio de punta de 0,25 μm , con lo cual es evaluada la capacidad de flexión tanto de la parte del cuerpo como de la parte afilada. Los criterios de evaluación para la parte del cuerpo y la parte afilada son los siguientes, y las muestras con un puntaje de evaluación de 4 o más son aprobadas como buenas.

Puntuación de evaluación 5: No son observadas grietas ni rugosidades en la superficie.

- 20 Puntuación de evaluación 4: No son observadas grietas, pero es observada rugosidad de superficie.

Puntuación de evaluación 3: Son observadas grietas finas.

Puntuación de evaluación 2: Son observadas grietas finas conectadas en la dirección de ancho.

Puntuación de evaluación 1: La muestra está rota.

Evaluación de durabilidad

- 25 A partir de las muestras aprobadas como buenas en cuanto a su capacidad de flexión, una cuchilla de troquelado en forma de banda es producida con la misma forma de filo que la anterior y el filo de la cuchilla es inactivado a alta frecuencia, luego doblado para una forma cuadrada de troquelado, e incrustado en un molde de troquel formado por una placa de madera contrachapada para de ese modo producir una cuchilla de troquelado. Por el uso de la cuchilla cuadrada de troquelado, los papeles para la prueba de corte son cortados bajo una carga predeterminada y a una velocidad de empuje predeterminada, con lo cual pudo ser mantenido el número de papeles cortados bajo la condición en la que pueda ser mantenida una precisión de corte prácticamente suficiente y un buen nivel de operabilidad es contado bajo estándares predeterminados. Los resultados son comparados con los mismos resultados de prueba con una cuchilla de troquelado en forma de banda convencional formada de acero correspondiente a S55C (sin Nb agregado) definido en JIS. Las muestras cuya durabilidad es considerada obviamente mayor que la del acero correspondiente a S55C son evaluadas como "O" (durabilidad: buena), mientras que las muestras cuya durabilidad es considerada comparable a la del acero correspondiente a S55C son evaluadas como "X" (durabilidad: promedio). Las muestras con la evaluación de "O" son aprobadas como buenas.
- 30
- 35

Los resultados son mostrados en la Tabla 2.

Tabla 2

40

Tabla 2

Núm.	Acero	Parte de capa Superficial		Parte de base				Evaluación de la Capacidad de Flexión		Evaluación de Durabilidad	Clasificación
		Esesor de la Capa Descarburizada (µm)	Densidad del Carburo que Contiene Nb en la Región de Capa Superficial de 15 µm de Espesor* (granos/900 µm ²)	Estructura Metalográfica *1	Dureza (HV)	Cantidad de carburo Esférico (% en vol.)	Densidad del Carburo que Contiene Nb* (granos/900 µm ²)	Parte del Cuerpo	Parte afilada		
1	a	12,1	1	B + C	419	1,9	13,2	5	4	○	Muestra de la Invención
2	b	12,5	1,2	B + C	411	2,2	13	5	4	○	Muestra de la Invención
3	c	7	0	B + C	324	1,1	12,4	5	4	○	Muestra de la Invención
4		7,1	23,4	B + C	345	3,2	34	2	2	-	Muestra Comparativa
5	d	-	1	B + C	-	-	10,2	-	-	-	Muestra Comparativa
6	e	7,2	0	B + C	312	1,2	0	5	5	×	Muestra Comparativa
7	f	11,4	1,8	B + C	267	1,8	13,1	5	5	○	Muestra de la Invención
8	g	11,5	0	B + C	378	1,7	0	5	5	×	Muestra Comparativa
9	h	12,2	2,1	B + C	334	2,1	14,2	5	5	○	Muestra de la Invención
10		5,7	2,1	TM + C	385	1,2	14,2	5	4	○	Muestra de la Invención
11	i	13,3	5,3	B + C	380	2,4	16	5	5	○	Muestra de la Invención
12	j	17	5	B + C	463	3	15,8	2	2	-	Muestra Comparativa
13	k	10,1	25,2	B + C	451	1,8	36,5	2	2	-	Muestra Comparativa
14	l	12,2	1,3	B + C	415	2	13,5	5	4	○	Muestra de la Invención
15	m	12	1	B + C	412	2,1	13	5	4	○	Muestra de la Invención
16	n	12,3	0,8	B + C	415	2	13,2	5	4	○	Muestra de la Invención
17	o	12,1	1,2	B + C	413	1,9	13,1	5	4	○	Muestra de la Invención

*1) B: bainita, TM: martensita revenida, C: carburo esférico

*: Es contado el número de granos que tienen un diámetro de círculo equivalente de al menos 1,0 µm.

Como es sabido a partir de la Tabla 2, las placas de acero de la presente invención tienen un estado predeterminado de estructura metalográfica tanto en la parte de capa superficial como en la parte de base; y cuando son usadas, es posible realizar cuchillas de troquelado en forma de banda con excelente capacidad de flexión y durabilidad.

A diferencia de estas, para la muestra comparativa del Núm. 4, una placa de acero en la que la parte que tiene una gran red de carburo eutéctico en la estructura solidificada aparece en la superficie del mismo es laminada en caliente. Por lo tanto, en esto, una gran cantidad de carburo que contiene Nb que sería derivada de la red de carburo eutéctico grueso que se rompía y cortaba por medio de laminado en caliente y laminado en frío existía en la parte de capa superficial de la placa de acero obtenida, y la capacidad de flexión de la Muestra Comparativa es escasa. En el Núm. 5, el contenido de C es bajo y, por lo tanto, no puede ser dada al borde de la cuchilla una dureza de 500 HV a través del endurecimiento por inducción. Para los Núms. 6 y 8, es usado un acero libre de Nb, y en estos, la parte afilada no puede disfrutar del efecto de mejora de la resistencia a la abrasión brindado por un carburo que contiene Nb, o sea, la durabilidad de estas muestras no es mejorada. Para el Núm. 12, es usado un acero con un contenido de C demasiado alto y, por lo tanto, la capacidad de flexión de la muestra es insuficiente. Para el Núm. 13, es usado un acero que tiene un contenido de Nb demasiado alto, y en esto, por lo tanto, la cantidad de carburo que contiene Nb es grande y la capacidad de flexión de la muestra es insuficiente.

Ejemplo 2

En la presente memoria, la densidad empírica del carburo que contiene Nb en la parte de base es determinada por medio del recuento del número de granos que tienen un diámetro de círculo equivalente de al menos 0,5 μm , y las muestras son analizadas de la misma manera que en el Ejemplo 1. El acero que es mostrado en la Tabla 1 y la Tabla 3 es producido, luego laminado en frío para que tenga un espesor de 0,7 μm en las mismas condiciones que en el Ejemplo 1, y después tratado para inactivación/revenido o transformación isotérmica en un horno de recocido continuo para dar un material de muestra. La condición para el tratamiento de inactivación/revenido o el tratamiento de transformación isotérmica es igual que en el Ejemplo 1.

Tabla 3

Tabla 3

Acero	Composición Química (% en masa)								Clasificación
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Nb	Otros	
p	0,45	0,29	0,64	0,011	0,003	0,43	0,11	-	Acero de la Invención

Observación de estructura

La sección transversal de cada material de muestra, cortada en la dirección de espesor de placa del mismo, es observada para determinar el espesor de la capa superficial descarburada (media de espesor del área de la cual la matriz es una fase única de ferrita), la estructura metalográfica de la parte de base, la relación de área (% en vol.) del carburo esférico constituido por cementita en la parte de base, y la densidad empírica del carburo que contiene Nb en la parte de base y en la región de capa superficial de 15 μm de espesor. Para la densidad empírica del carburo que contiene Nb, el número de granos que tienen un diámetro de círculo equivalente de al menos 0,5 μm es contado en la parte de base, mientras que el número de granos que tienen un diámetro de círculo equivalente de al menos 1,0 μm es contado en la región de capa superficial de 15 μm de espesor. El procedimiento de medición es igual que en el Ejemplo 1.

Evaluación de capacidad de flexión

La capacidad de flexión es evaluada de acuerdo con el mismo procedimiento que en el Ejemplo 1.

Evaluación de durabilidad

A partir de las muestras aprobadas como buenas en cuanto a su capacidad de flexión, es producida una cuchilla de troquelado en forma de banda que tiene la misma forma de filo que la anterior. En la presente memoria, algunas muestras son inactivadas a alta frecuencia, pero otras no. Todas estas muestras son probadas de acuerdo con el mismo procedimiento de prueba que en el Ejemplo 1. De este modo, los datos de las muestras son comparados con los mismos resultados de prueba con una cuchilla de troquelado en forma de banda convencional formada de acero correspondiente a S55C (sin Nb agregado) definido en JIS.

Las muestras cuya durabilidad es considerada al menos aproximadamente 2 veces mayor que la del acero correspondiente a S55C son evaluadas como "OO" (durabilidad: excelente); las muestras cuya durabilidad es considerada al menos aproximadamente 1,5 veces mayor que la del acero correspondiente a S55C fueron evaluadas como "O" (durabilidad: buena); y las muestras cuya durabilidad es considerada comparable a la del acero correspondiente a S55C son evaluadas como "X" (durabilidad: promedio). Entre las inactivadas a alta frecuencia, las

muestras con la evaluación de "OO" son aprobadas como buenas, mientras que de las no inactivadas a alta frecuencia, las muestras con la evaluación de "O" son aprobadas como buenas.

Los resultados son mostrados en la Tabla 4.

Tabla 4

5

Tabla 4

Núm.	Acero	Parte de Capa Superficial		Parte de base				Inactivación de Alta Frecuencia		Evaluación de la Capacidad de Flexión		Evaluación de Durabilidad	Clasificación
		Espesor de la Capa Descarburizada (µm)	Densidad del Carburo que Contiene Nb en la Región de Capa Superficial de 15 µm de Espesor*1 (granos/900 µm ²)	Estructura Metalográfica*1	Dureza (HV)	Cantidad de Carburo Esférico (% en vol.)	Densidad del Carburo que Contiene Nb* (granos/900 µm ²)	sí o no	Dureza del Borde de la Cuchilla (HV)	Parte del Cuerpo	Parte afilada		
31	a	12,1	3,6	B + C	419	1,9	14,5	no	419	5	5	○	Muestra de la Invención
32	b	12,5	4,2	B + C	411	2,2	15,3	sí	542	5	4	○○	Muestra de la Invención
33	c	7	0,3	B + C	324	1,1	14,2	sí	515	5	4	○○	Muestra de la Invención
34		7,1	22,1	B + C	345	3,2	36,8	sí	515	2	2	○○	Muestra Comparativa
35	d	-	4,5	B + C	-	-	13,6	-	-	-	-	-	Muestra Comparativa
36	e	7,2	0	B + C	312	1,2	0	sí	476	5	5	×	Muestra Comparativa
37	f	11,4	3,6	B + C	267	1,8	16,2	-	-	5	-	-	Muestra de la Invención
38	g	11,5	0	B + C	378	1,7	0	sí	559	5	5	×	Muestra Comparativa
39	h	12,2	4,2	B + C	334	2,1	17,8	sí	564	5	5	○○	Muestra de la Invención
40		5,7	4,8	TM + C	385	1,2	17,8	sí	564	5	4	○○	Muestra de la Invención
41	i	13,3	4,4	B + C	380	2,4	19,1	sí	723	5	4	○○	Muestra de la Invención
42	j	17	5,9	B + C	463	3	18,4	sí	830	2	2	-	Muestra Comparativa
43	k	10,1	25,2	B + C	451	1,8	39,4	sí	664	2	2	-	Muestra Comparativa
44	l	12,2	4,3	B + C	415	2	16,5	no	415	5	5	○	Muestra de la Invención
45	m	12	4	B + C	412	2,1	15,8	no	412	5	5	○	Muestra de la Invención
46	n	12,3	3,9	B + C	415	2	15,9	sí	546	5	4	○○	Muestra de la Invención
47	o	12,1	4,1	B + C	413	1,9	16	sí	542	5	4	○○	Muestra de la Invención
48	D	11,8	2,8	B + C	314	1,9	10,2	sí	507	5	4	○○	Muestra de la Invención

*1) B: bainita, TM: martensita revenida, C: carburo esférico.

*1: Es contado el número de granos que tienen un diámetro de círculo equivalente de al menos 0,5 µm.

5 Como es sabido a partir de la Tabla 4, por el uso de la placa de acero de la invención en la que la densidad empírica del carburo que contiene Nb tiene un diámetro de círculo equivalente de al menos 0,5 μm en la parte de capa superficial es reducido de 0 a 5,0 granos por cada 900 μm^2 y la densidad empírica del carburo que contiene Nb que tiene un diámetro de círculo equivalente de al menos 0,5 μm en la parte de base es de al menos 10,0 granos por cada 900 μm^2 , es posible realizar una cuchilla de troquelado en forma de banda que tenga buena capacidad de flexión y durabilidad. Con respecto a la durabilidad, la invención logra una mejor durabilidad que la de los materiales convencionales incluso en ausencia de endurecimiento por inducción en el borde de la cuchilla.

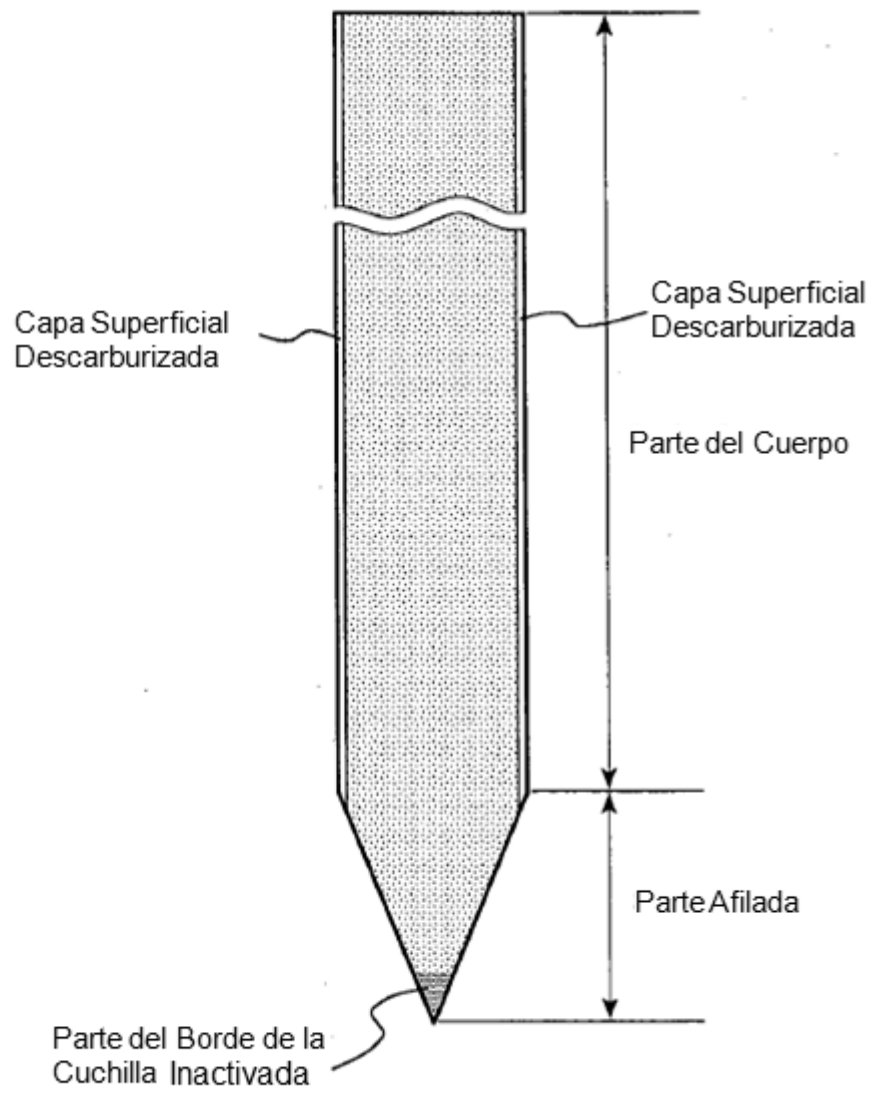
10 A diferencia de estos, para la muestra comparativa del Núm. 34, una placa de acero en la que la parte que tiene una gran red de carburo eutéctico en la estructura solidificada aparece en la superficie del mismo es laminada en caliente. Por lo tanto, en esto, una gran cantidad de carburo que contiene Nb que sería derivada de la red de carburo eutéctico grueso rota y cortada por medio de laminado en caliente y laminado en frío existe en la parte de capa superficial de la placa de acero obtenida, y la capacidad de flexión de la muestra comparativa es insuficiente. En el Núm. 35, el contenido de C es bajo y, por lo tanto, la muestra puede no lograr una buena durabilidad, de manera independiente de la presencia o ausencia de endurecimiento por inducción en el borde de la cuchilla. Para los Núms. 36 y 38, es
15 usado un acero libre de Nb, y en estos, la parte afilada no puede disfrutar del efecto de mejora de la resistencia a la abrasión brindado por un carburo que contiene Nb, o sea, la durabilidad de estas muestras no es mejorada. Para el Núm. 42, es usado un acero con un contenido de C demasiado alto y, por lo tanto, la capacidad de flexión de la muestra es insuficiente. Para el Núm. 43, es usado un acero que tiene un contenido de Nb demasiado alto, y en esto, por lo tanto, la cantidad de carburo que contiene Nb es grande y la capacidad de flexión de la muestra es insuficiente.

20

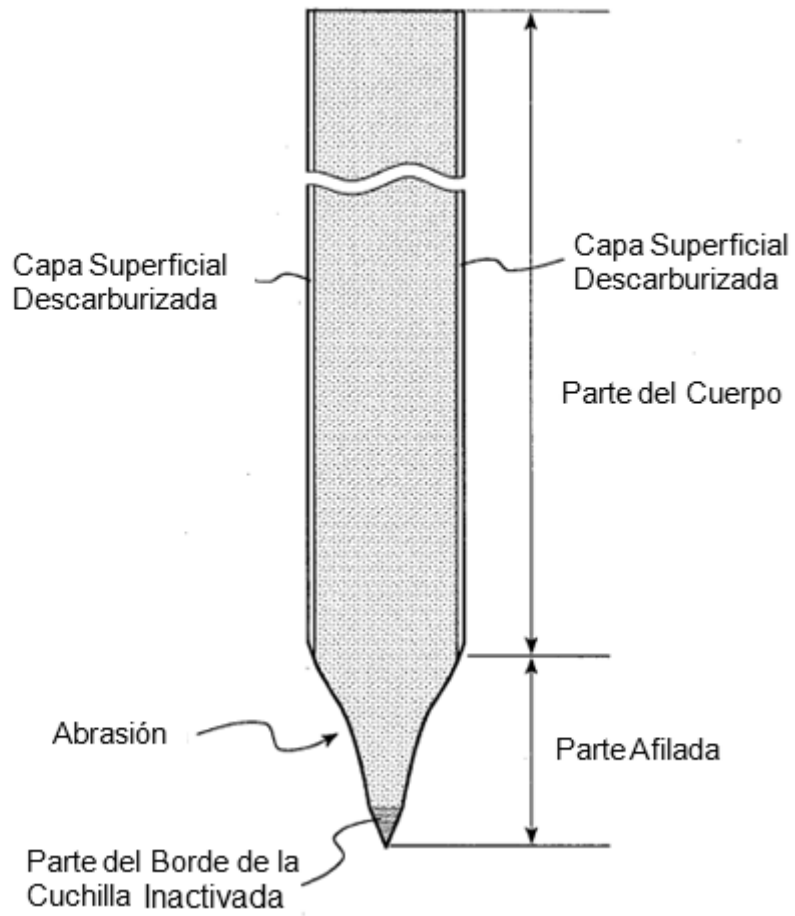
REIVINDICACIONES

- 5 1. Una placa de acero para cuchillas de troquelado en forma de banda que tiene una excelente durabilidad, comprendiendo la placa de acero partes de capa superficial que tienen una profundidad no mayor que 200 μm desde la superficie a ambos lados de la placa de acero y una parte de base ubicada entre las partes de capa superficial en la dirección de espesor de placa, **caracterizada porque:**
- 10 la parte de base tiene una composición química que contiene de 0,40 a 0,80% en masa de C y de 0,10 a 0,50% en masa de Nb y tiene una estructura metalográfica que comprende bainita o martensita revenida y en la cual está presente un carburo esférico constituido por cementita en la bainita o martensita revenida en una cantidad de 1,0% en vol. o mayor y un carburo que contiene Nb que tiene un diámetro de círculo equivalente de 0,5 μm o mayor está presente en una densidad empírica de 10,0 o más granos por cada 900 μm^2 , y la parte de base tiene una dureza controlada de 265 a 450 HV, la parte de capa superficial tiene una capa superficial descarburada constituida por una estructura monofásica de ferrita y que tiene un espesor de 5 μm o mayor de la superficie exterior de la placa de acero, y
- 15 la densidad empírica del carburo que contiene Nb que tiene un diámetro de círculo equivalente de 0,5 μm o mayor en una región a la profundidad de 15 μm desde la superficie exterior de la parte de capa superficial, que es denominada región de capa superficial de 15 μm de espesor es de 0 a 5,0 granos por cada 900 μm^2 ,
- 20 en la que la densidad empírica del carburo que contiene Nb es determinada por la observación de una región de 4500 μm^2 o mayor, de una sección transversal paralela a la dirección de espesor de placa de la placa de acero, tanto en la parte de base como en la región de capa superficial de 15 μm de espesor, el recuento del número total de granos que tienen un diámetro de círculo equivalente de 0,5 μm o mayor en la región respectiva, y la conversión del número en la densidad de los granos por cada 900 μm^2 para la parte de base y la región de capa superficial de 15 μm de espesor, respectivamente.
- 25 2. La placa de acero para cuchillas de troquelado en forma de banda según la reivindicación 1, en la que la composición química de la parte de base comprende, como % en masa, de 0,40 a 0,80% de C, de 0,05 a 0,50% de Si, de 0,14 a 2,0% de Mn, de 0,002 a 0,020% de P, de 0,0005 a 0,020% de S, de 0,01 a 1,00% de Cr, de 0,10 a 0,50% de Nb, de 0 a 0,50% de Mo, de 0 a 0,50% de V, de 0 a 2,0% de Ni, de 0 a 0,005% de B, y un equilibrio de Fe e impurezas inevitables.
- 30 3. La placa de acero para cuchillas de troquelado en forma de banda según la reivindicación 1 o 2, en la que el espesor de la capa superficial descarburada es de 5 a 20 μm .
4. La placa de acero para cuchillas de troquelado en forma de banda según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la que el espesor de la placa de acero es de 0,4 a 1,5 μm .
- 35 5. La placa de acero para cuchillas de troquelado en forma de banda según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en la que
- la parte de base tiene un carburo que contiene Nb que tiene un diámetro de círculo equivalente de 1,0 μm o mayor en una densidad empírica de 10,0 o más granos por cada 900 μm^2 , y una dureza controlada de 300 a 450 HV y
- la densidad empírica del carburo que contiene Nb que tiene un diámetro de círculo equivalente de 1,0 μm o mayor en la región de capa superficial de 15 μm de espesor es de 0 a 5,0 granos por cada 900 μm^2 .
- 40 6. La placa de acero para cuchillas de troquelado en forma de banda según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en la que la densidad empírica del carburo que contiene Nb en la región de capa superficial de 15 μm de espesor es determinada por la observación de al menos 5 regiones rectangulares, teniendo cada una un lado que se extiende 15 μm en la dirección de espesor de placa y un lado de al menos 60 μm perpendicular a la misma.
7. Una cuchilla de troquelado en forma de banda que tiene, en la parte del borde lateral de un material en forma de banda constituido por la placa de acero de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, una parte afilada que tiene una forma agudizada.
- 45 8. Una cuchilla de troquelado en forma de banda que tiene, en la parte del borde lateral de un material en forma de banda constituido por la placa de acero de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, una parte afilada que tiene una forma agudizada, y que tiene, en la punta de la parte afilada, una parte del borde de la cuchilla inactivada formada por la inactivación de la estructura de la parte de base para que tenga una dureza de 500 HV o mayor.

[Fig.1]



[Fig. 2]



[Fig. 3]

