

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 412 062**

51 Int. Cl.:

**C23C 14/06** (2006.01)  
**C23C 14/32** (2006.01)  
**B23D 35/00** (2006.01)  
**B21D 28/00** (2006.01)  
**B21D 37/01** (2006.01)  
**B23P 15/24** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.06.2011 E 11005313 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.05.2013 EP 2402476**

54 Título: **Troquel de corte y método para fabricar el mismo**

30 Prioridad:

**29.06.2010 JP 2010147187**

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

**10.07.2013**

73 Titular/es:

**KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO (KOBE  
STEEL LTD.) (100.0%)  
10-26 Wakinohama-cho 2-chome Chuo-ku Kobe-  
shi  
Hyogo 651-8585, JP**

72 Inventor/es:

**YAMAMOTO, KENJI;  
HAYASHIDA, YASUHIRO y  
YOSHIDA, JUNJI**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

ES 2 412 062 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**

Troquel de corte y método para fabricar el mismo

**5 Antecedentes de la invención****Campo de la técnica**

10 La presente invención se refiere a un troquel de corte para cortar un material de placa o de chapa, y a un método para fabricar el troquel de corte.

**Técnica anterior**

15 Con un aumento en la resistencia de los materiales de metal, tal como los productos de acero de alta resistencia a esfuerzos de tracción, la vida acortada de los troqueles de corte que se usa para el corte de los materiales de placa o de chapa que se componen de los materiales de metal se ha vuelto un problema. Por consiguiente, con el fin de solucionar este problema, se han creado ahora unas técnicas de formación de varias películas duras tal como se describe a continuación sobre los sustratos de los troqueles.

20 Por ejemplo, el Documento de Patente 1 da a conocer una técnica de formación de una cerámica de uno cualquiera de carburos, nitruros y carbonitruros de los elementos del grupo IV sobre una superficie de sustrato de una hoja de cuchilla plana de corte. Además, el Documento de Patente 2 da a conocer una técnica de formación de una cerámica de un nitruro de titanio como una capa interior, una capa de metal de titanio como una capa intermedia y una cerámica de un nitruro de titanio como una capa exterior sobre una superficie de sustrato de una hoja de

25 cuchilla plana de corte.

Además, el Documento de Patente 3 da a conocer un método para fabricar un troquel para punzonado en el que, después de que un tratamiento térmico, corte, trabajo de descarga eléctrica y similar se realicen en un sustrato del troquel, una capa de nitruro se forma mediante nitruración iónica sobre una parte de cuchilla de corte del troquel o

30 una parte de contacto del troquel con un material de placa o de chapa y, después de lo anterior, una deposición iónica se realiza con partículas de evaporación de titanio, formando de ese modo una película de un nitruro, carburo o carbonitruro de titanio sobre una parte superficial del troquel.

En el presente documento se ha concebido que las principales causas para el daño de un troquel de corte son la

35 fractura por fatiga del troquel producida por la aplicación repetida de impacto y el desgaste de una parte de cuchilla de corte del troquel producida por fricción con un material de placa o de chapa cortado. Por consiguiente, el daño del troquel de corte puede disminuirse hasta un cierto punto mediante la aplicación de las películas duras que tienen una alta dureza que se dan a conocer en los Documentos de Patente 1 a 3 al troquel de corte.

40 Documento de Patente 1: JP-A-8-325706  
Documento de Patente 2: JP-A-8-325707  
Documento de Patente 3: JP-A-2000-343151

**Sumario de la invención**

45 No obstante, en las técnicas que se dan a conocer en los Documentos de Patente 1 a 3, los carburos, nitruros o carbonitruros de los elementos del grupo IV se usan como las películas duras, de tal modo que los troqueles tienen una dureza de aproximadamente 2.500 HV (*Vickers Hardness*, dureza Vickers), y esta dureza no es suficiente. Por consiguiente, las técnicas que se dan a conocer en los Documentos de Patente 1 a 3 siguen teniendo aún un

50 problema en términos de una vida más larga. Además, en la técnica que se da a conocer en el Documento de Patente 3, la película delgada dura se forma después de un tratamiento de endurecimiento del sustrato mediante nitruración iónica. No obstante, debido a que el propio sustrato se cura, la totalidad del troquel se vuelve más bien frágil, promoviendo de ese modo la rotura temprana del troquel.

55 Además, el troquel de corte tiene habitualmente una parte de corte en ángulo recto o en ángulo agudo, diferente de un troquel de formación de plástico tal como un troquel de embutir o de plegar, y un esfuerzo aplicado al troquel de corte también es diferente del que se aplica al troquel de formación de plástico. Por consiguiente, se vuelve necesaria una técnica de tratamiento superficial específica para el troquel de corte.

60 La invención se ha realizado a la vista de los problemas que se mencionan anteriormente, y un objeto de la misma es la provisión de un troquel de corte que tiene una vida más larga y un método para fabricar el mismo.

La presente invención proporciona los siguientes troquel de corte y método para fabricar el mismo.

65 (1) Un troquel de corte que comprende un par de sustratos, que se usa para cortar un material de placa o de chapa dispuesto entre los mismos mediante el par de sustratos,

donde por lo menos uno de los sustratos se compone de un acero, un carburo cementado o una cerámica, y dicho por lo menos uno de los sustratos comprende un borde de cuchilla que tiene forma de superficie curvada para cortar el material de placa o de chapa y una superficie que continúa a partir de la superficie curvada y que está orientada hacia una superficie del material de placa o de chapa,

5 una película dura que se forma mediante un método de deposición iónica de arco se proporciona por lo menos sobre una región de la superficie curvada y una región a partir de la parte de extremo de la superficie curvada sobre el lado que está orientado hacia la superficie del material de placa o de chapa hasta 300  $\mu\text{m}$  a lo largo de la superficie del sustrato, de la superficie de dicho por lo menos uno de los sustratos, y, donde la película dura se compone de  $(\text{Ti}_a\text{Cr}_b\text{Al}_c\text{Si}_d)(\text{C}_{1-x}\text{N}_x)$ , satisfaciendo:

10

$$\begin{aligned} 0 &\leq a \leq 0,3; \\ 0,1 &\leq b \leq 0,5; \\ 0,3 &\leq c \leq 0,7; \\ 0 &\leq d \leq 0,2; \\ 15 \quad a + b + c + d &= 1; \text{ y} \\ 0,7 &\leq x \leq 1, \end{aligned}$$

donde a indica una relación de átomos de Ti, b indica una relación de átomos de Cr, c indica una relación de átomos de Al, d indica una relación de átomos de Si y x indica una relación de átomos de N,

20 y tiene un espesor de 1  $\mu\text{m}$  o más y de 5  $\mu\text{m}$  o menos, y el número de una partícula de metal que tiene un diámetro de 20  $\mu\text{m}$  o más, que se encuentra presente en un segmento de línea que tiene una longitud de 10 mm sobre una superficie de la película dura que se forma sobre la región de la superficie curvada y la región a partir de la parte de extremo de la superficie curvada sobre el lado que está orientado hacia la superficie del material de placa o de chapa hasta 300  $\mu\text{m}$  a lo largo de la superficie del sustrato, es de 2 o menos.

25 Tal como se ha descrito anteriormente, en el troquel de corte de acuerdo con la invención, la película dura se forma por lo menos sobre la región de la superficie curvada y la región a partir de la parte de extremo de la superficie curvada sobre el lado que está orientado hacia la superficie del material de placa o de chapa hasta 300  $\mu\text{m}$  a lo largo de la superficie del sustrato, mediante lo cual una región a la que se aplica un esfuerzo elevado, de la superficie que entra en contacto con el material de placa o de chapa en el momento del corte del material de placa o de chapa, puede protegerse de forma apropiada.

30 Además, la película dura del troquel de corte de acuerdo con la invención se compone tal como se da anteriormente en el presente documento, de tal modo que el troquel de corte puede protegerse mediante la película dura que tiene una durabilidad y una resistencia al desgaste excelentes. Además, la película dura del troquel de corte de acuerdo con la invención tiene un espesor de 1  $\mu\text{m}$  o más y de 5  $\mu\text{m}$  o menos, de tal modo que puede evitarse que la separación o la rotura de la película tenga lugar en una superficie de contacto entre el sustrato y la película dura o en el interior de la película dura.

40 Además, en la película dura del troquel de corte de acuerdo con la invención, el número de partículas de metal contenidas en la película dura que se forma sobre la región de la superficie curvada y la región a partir de la parte de extremo de la superficie curvada sobre el lado que está orientado hacia la superficie del material de placa o de chapa hasta 300  $\mu\text{m}$  a lo largo de la superficie del sustrato se limita al número específico, siendo capaz de inhibir de ese modo el daño de la película dura en el momento del corte del material de placa o de chapa.

(2) El troquel de corte de acuerdo con (1), donde una altura de pico máxima ( $R_p$ ) de la superficie de la película dura como un parámetro de la rugosidad superficial es de 1,0  $\mu\text{m}$  o menos.

50 Tal como se ha descrito anteriormente, en la película dura del troquel de corte de acuerdo con la invención, la altura de pico máxima ( $R_p$ ) se limita a 1,0  $\mu\text{m}$  o menos, siendo capaz de disminuir de ese modo la falta de uniformidad de la superficie que da lugar a un daño de la película dura.

55 Tal como se ha descrito anteriormente, la película dura del troquel de corte de acuerdo con la invención tiene la composición que se menciona anteriormente, siendo capaz de mejorar de ese modo la durabilidad y la resistencia al desgaste.

(3) El troquel de corte de acuerdo con uno cualquiera de (1) a (2), donde una película de CrN que tiene un espesor de 1  $\mu\text{m}$  o más y de 5  $\mu\text{m}$  o menos se proporciona además entre la película dura y el sustrato. Tal como se ha descrito anteriormente, el troquel de corte de acuerdo con la invención comprende la película de CrN, siendo capaz de mejorar de ese modo la adhesividad entre el sustrato y la película dura.

60 (4) Un método para fabricar un troquel de corte que comprende un par de sustratos y se usa para cortar un material de placa o de chapa dispuesto entre los mismos mediante el par de sustratos, donde por lo menos uno de los sustratos se compone de un acero, un carburo cementado o una cerámica, y dicho por lo menos uno de los sustratos comprende un borde de cuchilla que tiene forma de superficie curvada para cortar el material de

placa o de chapa y una superficie que continúa a partir de la superficie curvada y que está orientada hacia una superficie del material de placa o de chapa, y el método comprende la formación de una película dura,

donde la película dura se compone de  $(Ti_aCr_bAl_cSi_d)(C_{1-x}N_x)$ , satisfaciendo:

$$\begin{aligned} 0 &\leq a \leq 0,3; \\ 0,1 &\leq b \leq 0,5; \\ 0,3 &\leq c \leq 0,7; \\ 0 &\leq d \leq 0,2; \\ a + b + c + d &= 1; \text{ y} \\ 0,7 &\leq x \leq 1, \end{aligned}$$

donde a indica una relación de átomos de Ti, b indica una relación de átomos de Cr, c indica una relación de átomos de Al, d indica una relación de átomos de Si y x indica una relación de átomos de N,

por lo menos sobre una región de la superficie curvada y una región a partir de la parte de extremo de la superficie curvada sobre el lado que está orientado hacia la superficie del material de placa o de chapa hasta 300  $\mu\text{m}$  a lo largo de la superficie del sustrato, de la superficie de dicho por lo menos uno de los sustratos, mediante un método de deposición iónica de arco filtrada.

Tal como se ha descrito anteriormente, el método para fabricar un troquel de corte de acuerdo con la invención comprende la formación de la película dura mediante el método de deposición iónica de arco filtrada, siendo capaz de formar de ese modo la película dura que tiene un pequeño número de partículas de metal sobre la superficie del sustrato.

De acuerdo con el troquel de corte de acuerdo con la invención, una película dura que tiene una durabilidad y una resistencia al desgaste excelentes se forma sobre regiones específicas de una superficie de un sustrato, siendo capaz de conseguir de ese modo una vida más larga del troquel de corte. Además, de acuerdo con el método para fabricar un troquel de corte de acuerdo con la invención, puede fabricarse un troquel de corte que tiene una vida más larga.

#### Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una vista en sección transversal que muestra un troquel de corte de acuerdo con la invención y un material de placa o de chapa en un recorrido del corte del material de placa o de chapa por el troquel de corte.

La figura 2 es una vista en sección transversal ampliada que muestra un troquel de corte de acuerdo con la invención y un material de placa o de chapa en un recorrido del corte del material de placa o de chapa por el troquel de corte.

La figura 3 es una vista esquemática que muestra un aparato de deposición iónica de arco que se usa en un método de fabricación de un troquel de corte de acuerdo con la invención.

La figura 4 es una vista esquemática que muestra una fuente de evaporación de arco de tipo lineal de un aparato de deposición iónica de arco filtrada que se usa en un método para fabricar un troquel de corte de acuerdo con la invención.

La figura 5 es una vista esquemática que muestra una fuente de evaporación de arco de tipo curvado de 90° de un aparato de deposición iónica de arco filtrada que se usa en un método para fabricar un troquel de corte de acuerdo con la invención.

#### Descripción de símbolos y números de referencia

- 1: Troquel de corte
- 1a: Sustrato
- 1b: Película dura
- 2: Material de placa o de chapa
- 11: Acceso de escape
- 12: Acceso de suministro de gas
- 13: Cámara
- 13a: Pared de cámara
- 14: Fuente de evaporación de arco
- 15: Fuente de alimentación de arco
- 16: Fase de sustrato
- 17: Mesa de soporte
- 18: Fuente de alimentación de polarización
- 19: Calentador
- 20: Filamento
- 21: Fuente de alimentación de descarga de filamento

22: Fuente de alimentación de calentamiento de filamento  
 41: Bobina electromagnética  
 100: Aparato de formación de película

5 **Descripción detallada de la invención**

A continuación, se describirán con detalle unas realizaciones para llevar a cabo el troquel de corte de acuerdo con la invención y el método de fabricación de la misma con referencia apropiada a los dibujos.

10 <Troquel de corte>

El troquel de corte 1 de acuerdo con la invención es un troquel fijado a una máquina de corte (de tipo mecánico, de tipo hidráulico o similar) y para separar un material que muestra una forma de placa o de chapa (un material de placa o de chapa) por esfuerzo (esfuerzo cortante). Entonces, el troquel de corte 1 de acuerdo con la invención comprende unos sustratos 1a y 1a dispuestos en el lado superior y el lado inferior del material de placa o de chapa y unas películas duras 1b y 1b, formada cada una sobre las superficies respectivas de los sustratos 1a y 1a, tal como se muestra en las figuras 1 y 2.

15 Por otra parte, con el fin de proteger ambos de los sustratos 1a y 1a dispuestos en el lado superior y el lado inferior del material de placa o de chapa, se prefiere que la película dura 1b se forme sobre ambos de los sustratos 1a y 1a dispuestos en el lado superior y el lado inferior del material de placa o de chapa.

En la presente realización, se describe a continuación un ejemplo de aplicación de la invención al troquel de corte 1 que muestra una forma en la que una cara que está orientada hacia un material de placa o de chapa 2 se extiende de forma aproximadamente lineal en una dirección perpendicular al papel de las figuras 1 y 2 (la así denominada cuchilla lineal). No obstante, la forma del troquel de corte 1 no se limita a la forma que se menciona anteriormente. La invención también puede aplicarse, por ejemplo, al troquel de corte 1 que muestra una forma en la que la cara que está orientada hacia el material de placa o de chapa 2 se extiende en un arco en una dirección perpendicular al papel de las figuras 1 y 2 (la así denominada cuchilla giratoria), a condición de que este sea un troquel que corta el material de placa o de chapa por esfuerzo cortante.

30 El sustrato 1a del troquel de corte 1 se describirá a continuación.

<Sustrato>

35 El sustrato 1a del troquel de corte 1 se compone de un acero, un carburo cementado o una cerámica. El acero tal como se usa en el presente documento es una aleación que comprende Fe como un componente principal. En el presente caso, una aleación que comprende Fe como un componente principal quiere decir, en general, que una aleación comprende Fe en una cantidad de más de un 50 % en masa. Además, el carburo cementado es una aleación producida mediante la sinterización de carburo de metal duro. El ejemplo específico del carburo de metal duro que constituye el carburo cementado incluye WC (carburo de wolframio). Además, el WC en el que está contenida una ligera cantidad de TiC (carburo de titanio) o de TaC (carburo de tantalio) también se ejemplifica como carburo de metal duro.

45 El sustrato 1a del troquel de corte 1 comprende un borde de cuchilla que tiene forma de superficie curvada para cortar el material de placa o de chapa 2 y una superficie que continúa a partir de la superficie curvada y que está orientada hacia una superficie del material de placa o de chapa 2. El borde de cuchilla quiere decir una parte de borde del sustrato 1a que corta el material de placa o de chapa 2. Entonces, con el fin de disminuir el daño del material de placa o de chapa 2 en el momento del corte, el borde de cuchilla muestra una forma de la superficie curvada en sección transversal (véase la figura 2).

50 Por otra parte, de un par de sustratos 1a y 1a, el borde de cuchilla de un sustrato tiene la forma superficial curvada, y el borde de cuchilla del otro sustrato puede tener o bien la forma superficial curvada o bien una forma superficial no curvada. Desde el punto de vista de inhibir las rebabas, se prefiere que el borde de cuchilla del otro sustrato tenga una forma superficial no curvada.

55 La forma global del sustrato 1a del troquel de corte 1 no está particularmente limitada, a condición de que sea posible cortar el material de placa o de chapa por esfuerzo cortante, tal como se ha descrito anteriormente. Por ejemplo, esta es una forma aproximada de paralelepípedo rectangular, una forma aproximada de disco o similar. Además, el par de sustratos 1a y 1a puede tener la misma forma o unas formas diferentes.

60 Además, el borde de cuchilla (borde para cortar el material de placa o de chapa 2) del sustrato 1a del troquel de corte 1 no se limita a uno que muestre un ángulo recto tal como se muestra en las figuras 1 y 2, y puede ser uno que muestre un ángulo agudo (menor que 90°). En el presente caso, en el caso en el que el sustrato 1a comprende un borde de cuchilla que tiene forma de superficie curvada, que el borde de cuchilla muestre un ángulo recto quiere decir que un ángulo que se forma en el borde de cuchilla mediante la extensión de dos superficies, cada una de las cuales continúa a partir de la superficie curvada, muestra un ángulo recto.

65

La película dura 1b del troquel de corte 1 se describirá a continuación.

<Película dura>

5 (Región en la que se proporciona película dura)

10 La película dura 1b del troquel de corte 1 se forma por lo menos sobre una región de la superficie curvada y una región a partir de la parte de extremo de la superficie curvada sobre el lado que está orientado hacia la superficie del material de placa o de chapa 2 hasta 300  $\mu\text{m}$  a lo largo de la superficie del sustrato 1a (en lo sucesivo, puede hacerse referencia a las dos regiones que se mencionan anteriormente en el presente documento como una región de protección en lo sucesivo en el presente documento), de la superficie del sustrato 1a.

15 La razón de esto es que, cuando el material de placa o de chapa 2 se corta mediante el uso del troquel de corte 1 tal como se muestra en la figura 2, un esfuerzo elevado se aplica en particular a la región de protección, de una región en la que el troquel de corte 1 y el material de placa o de chapa 2 entran en contacto uno con otro.

En el presente caso, una región en la que se forma la película dura 1b solo ha de incluir por lo menos la región de protección. Por lo tanto, por ejemplo, la película dura 1b puede proporcionarse sobre la totalidad del sustrato 1a del troquel de corte 1.

20 Por otra parte, la figura 2 muestra la distribución de esfuerzos en el borde (borde para cortar el material de placa o de chapa 2) del sustrato 1a del troquel de corte 1, y el intervalo al que se aplica un esfuerzo elevado es la región de la superficie curvada y el estrecho intervalo a partir de una parte de extremo de la superficie curvada (a no más de 300  $\mu\text{m}$  a partir de la parte de extremo de la superficie curvada a lo largo de la superficie del sustrato). Por consiguiente, para el troquel de corte 1 en el que el borde del sustrato 1a tiene un ángulo de 90° o menos, pueden asegurarse mejoras en la durabilidad y la resistencia al desgaste mediante la formación de la película dura 1b por lo menos sobre la región de protección. En el presente caso, en el caso en el que el sustrato 1a comprende un borde de cuchilla que tiene forma de superficie curvada, el ángulo del borde del sustrato 1a quiere decir que un ángulo que se forma en el borde del sustrato 1a mediante la extensión de dos superficies, cada una de las cuales continúa a partir de la superficie curvada, muestra un ángulo recto.

30 (Material de película dura)

35 La película dura 1b comprende Al y Cr o Ti y Cr. La razón para un requisito de este tipo es que Al es un elemento esencial para mejorar la resistencia al desgaste de la película dura 1b, y que Ti y Cr son elementos para mejorar la durabilidad y la resistencia al desgaste de la película dura 1b.

Específicamente, la película dura 1b es una película de (Cr, Al)(CN) o (Ti, Cr, Al)(CN), o una película de las mismas en la que se permite que esté contenido Si. De estas, la preferida es una película en la que ambos de Ti y Cr están contenidos.

40 De acuerdo con la invención, la película dura 1b se compone de  $(\text{Ti}_a\text{Cr}_b\text{Al}_c\text{Si}_d)(\text{C}_{1-x}\text{N}_x)$ , satisfaciendo  $0 \leq a \leq 0,3$ ,  $0,1 \leq b \leq 0,5$ ,  $0,3 \leq c \leq 0,7$ ,  $0 \leq d \leq 0,2$ ,  $a + b + c + d = 1$  y  $0,7 \leq x \leq 1$  (donde a indica una relación de átomos de Ti, b indica una relación de átomos de Cr, c indica una relación de átomos de Al, d indica una relación de átomos de Si y x indica una relación de átomos de N). La película dura 1b que tiene la composición que se menciona anteriormente puede mejorar adicionalmente la durabilidad y la resistencia al desgaste de la misma.

45 La razón para restringir la composición que se menciona anteriormente se describirá con detalle a continuación.

50 Al y Cr mejoran la resistencia al desgaste de la película dura 1b mediante la formación de una película de (Al, Cr)(CN), de tal modo que la relación de átomos c de Al en la fórmula de composición que se menciona anteriormente es  $0,3 \leq c \leq 0,7$  y la relación de átomos b de Cr es  $0,1 \leq b \leq 0,5$ . Más preferiblemente, la relación de átomos c de Al es  $0,4 \leq c \leq 0,6$  y la relación de átomos b de Cr es  $0,15 \leq b \leq 0,3$ .

55 Ti es un elemento para aumentar la dureza de la película dura 1b para mejorar la resistencia al desgaste. No obstante, el contenido excesivo del mismo puede hacer la película dura 1b frágil. Por consiguiente, la relación de átomos a de Ti en la fórmula de composición que se menciona anteriormente es  $0 \leq a \leq 0,3$ .

60 Si es un elemento para refinar los cristales en la película dura 1b, mejorando de ese modo la dureza y la resistencia a la presión por contacto elevada. No obstante, el contenido excesivo del mismo puede hacer la película dura 1b amorfa. Por consiguiente, la relación de átomos d de Si en la fórmula de composición que se menciona anteriormente es  $0 \leq d \leq 0,2$ . Más preferiblemente, la relación de átomos d de Si es  $0 \leq d \leq 0,15$ . Por otra parte, teniendo en cuenta que la película dura 1b se hace amorfa mediante un aumento en el contenido de Si, se prefiere adicionalmente que, para la relación de átomos c de Al y la relación de átomos d de Si en la fórmula de composición que se menciona anteriormente, (c + d) sea de 0,6 o menos.

65 C es un elemento para aumentar la dureza de la película dura 1b para mejorar la resistencia al desgaste. No obstante, el contenido excesivo del mismo puede dar lugar a que la dureza de la película dura 1b disminuya. Por consiguiente, la relación de átomos (1-x) de C en la fórmula de composición que se menciona anteriormente es

menor que 0,3, a saber  $0,7 \leq x \leq 1$ .

(Espesor de película dura)

- 5 Cuando la película dura 1b se forma sobre la superficie del sustrato 1a mediante un método de deposición iónica de arco (o un método de deposición iónica de arco filtrada), se genera un esfuerzo de compresión residual en la película dura 1b. En particular, cuando la película dura 1b se forma de manera gruesa sobre la superficie curvada que se proporciona en el borde para cortar el material de placa o de chapa 2, de la superficie del sustrato 1a, tiene lugar una separación o un fenómeno de fractura en una superficie de contacto (una superficie de contacto entre el
- 10 sustrato 1a y la película dura 1b) o en el interior de la película dura 1b.  
Por consiguiente, se requiere que el espesor de la película dura 1b sea de  $1 \mu\text{m}$  o más y de  $5 \mu\text{m}$  o menos. Más preferiblemente, este es de  $1 \mu\text{m}$  o más y de  $3 \mu\text{m}$  o menos.  
Por otra parte, el espesor de la película dura 1b puede controlarse mediante el método de formación de película que se describe posteriormente.

15

(Partículas de metal en película dura)

- Una partícula de metal que tiene un diámetro de  $20 \mu\text{m}$  o más, que se encuentra presente en la película dura 1b, da lugar a un daño de la película dura 1b. Además, es necesario inhibir la presencia de las partículas de metal en la
- 20 película dura 1b que se forma sobre la región de la superficie curvada a la que se aplica el esfuerzo más elevado en el momento del corte del material de placa o de chapa 2 por el troquel de corte 1 y la región a partir de la parte de extremo de la superficie curvada sobre el lado que está orientado hacia la superficie del material de placa o de chapa 2 hasta  $300 \mu\text{m}$  a lo largo de la superficie del sustrato.

- 25 Por consiguiente, el daño de la película dura 1b en el momento del corte del material de placa o de chapa 2 puede inhibirse mediante la restricción del número de partículas de metal que tienen un diámetro de  $20 \mu\text{m}$  o más, que se encuentra presente en un segmento de línea que tiene una longitud de  $10 \text{mm}$  sobre una superficie de la película dura que se forma sobre la región de la superficie curvada y la región a partir de la parte de extremo de la superficie curvada sobre el lado que está orientado hacia la superficie del material de placa o de chapa hasta  $300 \mu\text{m}$  a lo largo de la superficie del sustrato, a 2 o menos. Más preferiblemente, el número de partículas de metal es 0. Entonces, el
- 30 número de partículas de metal que tienen un diámetro de  $20 \mu\text{m}$  o más puede controlarse mediante el método de formación de película que se describe posteriormente.  
Por otra parte, la partícula de metal es un agregado de metales tales como Ti, Cr y Al, que se encuentran presentes en la película dura 1b.

35

En el presente caso, la partícula de metal que se encuentra presente en un segmento de línea que tiene una longitud de  $10 \text{mm}$  quiere decir una partícula de metal cortada por completo con el segmento de línea.

- Además, el diámetro es un diámetro de una sección transversal de la partícula de metal en el momento en el que la partícula de metal se ve desde una dirección perpendicular a la superficie de la película dura 1b. Cuando la forma de
- 40 la sección transversal no es circular, la más larga longitud (envergadura) entre ambos extremos se toma como el diámetro.

- Por otra parte, se prefiere que el segmento de línea se ajuste aproximadamente en la misma dirección que una dirección en la que se extiende el borde de cuchilla (borde) (una dirección de líneas de cresta), sobre la superficie de la película dura 1b que se forma sobre la región de la superficie curvada y la región a partir de la parte de extremo
- 45 de la superficie curvada sobre el lado que está orientado hacia la superficie del material de placa o de chapa hasta  $300 \mu\text{m}$  a lo largo de la superficie del sustrato.

(Forma superficial de película dura)

- 50 En el troquel de corte 1, la región de contacto con el material de placa o de chapa 2 se concentra en una región estrecha en las proximidades del borde (borde de cuchilla), diferente de un troquel de formación de plástico (tal como un troquel de embutir o de plegar) en el que la región de contacto con el material de placa o de chapa 2 es grande. Por consiguiente, un esfuerzo aplicado a esa región es muy grande. Entonces, el esfuerzo actúa en una dirección aproximadamente perpendicular a una superficie del troquel. Por consiguiente, cuando la superficie de la
- 55 película dura 1b tiene una falta de uniformidad, el esfuerzo se concentra sobre las porciones convexas, dando lugar con facilidad, de ese modo, a un daño de la película. Por consiguiente, la altura de pico máxima ( $R_p$ ) de la película dura 1b es, preferiblemente, de  $1 \mu\text{m}$  o menos. Más preferiblemente, esta es de  $0,5 \mu\text{m}$  o menos. La altura de pico máxima ( $R_p$ ) es, aún más preferiblemente, de  $0 \mu\text{m}$ , debido a que se prefiere la película dura 1b que tiene la superficie más plana. No obstante, desde el punto de vista de la facilidad de producción, puede usarse
- 60 preferiblemente la película dura 1b que tiene la altura de pico máxima ( $R_p$ ) de  $0,05 \mu\text{m}$  o más. La altura de pico máxima ( $R_p$ ) se define en la norma JIS B 0601 (2001).

- La altura de pico máxima es un valor máximo de las alturas de pico de una curva de perfil en una longitud de referencia. La altura de pico máxima ( $R_p$ ) se mide en cualesquiera tres lugares con un medidor de rugosidad superficial de estilote, Dektak 6M, fabricado por Sloan (a una longitud de exploración de  $1 \text{mm}$ , una velocidad de exploración de  $1 \text{mm}/15 \text{s}$  y una carga de  $20 \text{mgf}$ ), y se calcula el valor promedio de la misma.
- 65

Se prefiere más que la medición se realice a la película dura 1 b que se forma sobre la región de la superficie curvada para cortar el material de placa o de chapa 2 y la región a partir de la parte de extremo de la superficie curvada sobre el lado que está orientado hacia la superficie del material de placa o de chapa 2 hasta 300 µm a lo largo de la superficie del sustrato, de la superficie de la película dura 1b.

5 (Película de CrN)

10 La película dura 1b comprende Al con el fin de aumentar la dureza, de tal modo que el esfuerzo residual también se aumenta. Como resultado, existe una tendencia a que la adhesividad del sustrato 1a a la película dura 1b se disminuya. Por lo tanto, se prefiere formar una capa intermedia (que no se muestra en la figura) que se compone de CrN entre el sustrato 1a y la película dura 1b, con el fin de mejorar la adhesividad del sustrato 1a a la película dura 1b. Además, cuando el espesor de la película de CrN es menor que 1 µm, los efectos de mejora de la adhesividad y de disminución del esfuerzo residual pueden ser pequeños. Por otro lado, cuando esta supera 5 µm, estos efectos pueden saturarse. Por consiguiente, el espesor de la película de CrN es, preferiblemente, de 1 a 5 µm.

15 Por otra parte, la película de CrN comprende Cr y N como componentes principales (por ejemplo, el porcentaje atómico total de Cr y N es de un 80 % o más, y más preferiblemente de un 90 % o más). En lo que respecta a la relación de contenido de Cr y N, esta se representa como Cr<sub>1-x</sub>N<sub>x</sub> donde x es 0,3 a 0,55.

20 El método de fabricación del troquel de corte 1 se describirá a continuación.

<Método de fabricación de Troquel de corte>

25 El troquel de corte 1 se fabrica mediante la formación de la película dura 1b por lo menos sobre la región de protección del sustrato 1a, de la superficie del sustrato 1a, mediante el método de deposición iónica de arco (a lo que se hace referencia de forma apropiada en lo sucesivo en el presente documento como el método de AIP). El método de AIP tal como se usa en el presente documento es un método de formación de película de revestimiento de la superficie del sustrato con un material de evaporación iónica mediante la utilización de descarga de arco.

30 La película dura 1b puede formarse de forma apropiada sobre la superficie del sustrato 1a mediante el uso del método de AIP. Además, se prefiere que, después de la formación de la película dura 1b mediante el método de AIP, la superficie de la película dura 1b se suavice mediante pulido hasta una altura de pico máxima (Rp) de 1,0 µm o menos.

35 Además, entre los métodos de AIP, se prefiere aplicar el método de deposición iónica de arco filtrada (a lo que se hace referencia de forma apropiada en lo sucesivo en el presente documento como el método de AIP filtrada). El método de AIP filtrada tal como se usa en el presente documento es un tipo del método de AIP y un método de formación de película de revestimiento de la superficie del sustrato 1a con un material de evaporación iónica a la vez que se evita que se adhieran partículas de metal (partículas fundidas de un objetivo) a un sustrato 1a.

40 El uso del método de AIP filtrada permite formar la película dura 1b que contiene una cantidad marcadamente pequeña de partículas de metal en comparación con el método de AIP convencional, de tal modo que puede obtenerse la película dura 1b que tiene una baja altura de pico máxima (Rp) sin realizar el pulido después de la formación de película (o mediante el pulido mínimo). La Rp de la película dura 1b después de la formación de película mediante el método de AIP filtrada es de 2 µm o menos, y se reduce hasta 0,1 µm o menos mediante el pulido de la película dura 1b después de la formación de película.

45 Para el troquel de corte 1 al que se aplica un esfuerzo elevado, es efectivo, en particular, usar el método de AIP filtrada. La razón de esto es tal como sigue. Cuando se pretende formar la película dura 1b que comprende Al, Ti, Cr y similar usando el método de AIP convencional, las partículas de metal (partículas fundidas del objetivo) se dispersan al mismo tiempo que el objetivo se evapora por descarga de arco, debido a que unos elementos que tienen unos puntos de fusión diferentes están contenidos en el objetivo, y las partículas de metal se mezclan en la película dura 1b. Como resultado, es propensa a formarse una falta de uniformidad sobre la superficie de la película dura 1b. Por consiguiente, cuando la formación de película se realiza usando el método de AIP convencional, se prefiere suavizar la superficie mediante pulido. No obstante, en el caso del troquel de corte 1 que tiene el borde en ángulo agudo, el pulido es extremadamente difícil en algunos casos. Por consiguiente, el método de AIP filtrada que no requiere pulido (o un pulido mínimo) después de la formación de película es efectivo para el troquel de corte 1 al que se aplica un esfuerzo elevado.

50 Por otra parte, en el caso de la formación de la película de CrN, la película de CrN se forma en primer lugar sobre la superficie del sustrato 1a mediante el método de AIP o el método de AIP filtrada y, después de lo anterior, la película dura 1b se forma sobre la misma mediante el mismo método.

El método de deposición iónica de arco y el método de deposición iónica de arco filtrada se describirán con detalle a continuación con referencia a las figuras 3, 4 y 5.

65 <Método de deposición iónica de arco>

El método de deposición iónica de arco se realiza usando un aparato de formación de película 100 que se muestra en la figura 3.

5 Tal como se muestra en la figura 3, el aparato de formación de película 100 comprende una cámara 13 que tiene un acceso de escape 11 para el escape de vacío y un acceso de suministro de gas 12 para suministrar gas N<sub>2</sub>, gas Ar, gas CH<sub>4</sub> o similar, unas fuentes de alimentación de arco 15 que conectan con unas fuentes de evaporación de arco 14, unas mesas de soporte 17 que se proporcionan sobre una fase de sustrato 16, para soportar los cuerpos que van a tratarse (lo que no se muestra en la figura) que son cuerpos que van a tratarse por formación de película, y una fuente de alimentación de polarización 18 para aplicar una tensión de polarización negativa a los cuerpos que van a tratarse a través de las mesas de soporte 17 entre las mesas de soporte 17 y la cámara 13. Además, el aparato de formación de película 100 comprende unos calentadores 19, un filamento 20, una fuente de alimentación de descarga de filamento 21 y una fuente de alimentación de calentamiento de filamento 22.

15 En primer lugar, cada uno de los objetivos se fija a las fuentes de evaporación de arco 14 del aparato de formación de película 100, y cada uno de los sustratos 1a se fija como los cuerpos que van a tratarse (lo que no se muestra en la figura) sobre las mesas de soporte 17 sobre la fase de sustrato giratoria 16. El interior de la cámara 13 se evacua (se descarga a  $1 \times 10^{-3}$  Pa o menos) hasta un estado de vacío. A continuación, los cuerpos que van a tratarse se calientan hasta una temperatura de aproximadamente 400 °C con los calentadores 19 en la cámara 13. Después de lo anterior, una corriente de arco de 150 A se suministra desde las fuentes de evaporación de arco 14 a los objetivos que tienen un diámetro de 100 mm en una atmósfera de N<sub>2</sub>, una atmósfera de Ar, una atmósfera de CH<sub>4</sub> o una atmósfera de gas mezclado de las mismas, que tiene una presión total de 4 Pa, formando de ese modo unas películas duras 1b sobre los sustratos 1a.

<Método de deposición iónica de arco filtrada>

25 El método de AIP filtrada se realiza usando un aparato en el que una parte de una fuente de evaporación de arco 14 del aparato de formación de película 100, que se muestra en la figura 3, está constituido tal como se muestra en las figuras 4 y 5 (a lo que se hace referencia de forma apropiada en lo sucesivo en el presente documento como un aparato de formación de película filtrada).

30 El aparato de formación de película filtrada tiene un conducto que comprende un mecanismo de inducción magnética que se compone de una pluralidad de bobinas electromagnética 41, delante de la fuente de evaporación de arco 14. Haciendo que el conducto comprenda el mecanismo de inducción magnética, las partículas de metal que son propensas a descargarse con un pequeño ángulo con respecto a una superficie del objetivo pueden atraparse con el conducto. Como resultado, solo los átomos de objetivo ionizados pueden inducirse en un sustrato 1a mediante un campo magnético. En la fuente de evaporación de arco 14, la forma del conducto puede ser lineal (una fuente de evaporación de arco de tipo lineal) tal como se muestra en la figura 4, o puede estar curvada a 90° (una fuente de evaporación de tipo curvado de 90°) tal como se muestra en la figura 5. Además, la forma del mismo puede estar curvada con un ángulo de más de 90°.

40 A pesar de que anteriormente se han descrito realizaciones de la invención, la invención no se limita a las realizaciones que se mencionan anteriormente, y pueden realizarse variantes de forma apropiada sin alejarse de la esencia de la invención que se describe en las reivindicaciones.

#### 45 Ejemplos

El troquel de corte y el método de fabricación del mismo de acuerdo con la invención se describirá específicamente a continuación, contrastando los Ejemplos (el material de ensayo N° 4, 6, 8 a 10, 15 a 21, 23, 24 y 26 a 46), en los que los efectos de la invención se han confirmado, con unos ejemplos comparativos (el material de ensayo N° 1, 3, 5, 7, 11, 12, 22 y 25), en los que los requisitos de la invención no se satisfacen.

Los ejemplos 2, 13 y 14 son ejemplos de referencia fuera de la invención que se reivindica.

<Preparación de Materiales de ensayo>

55 Cada una de las películas duras que se muestran en las Tablas 1 a 3 se formó sobre un sustrato que se compone de acero para troqueles (norma JIS-SKD 11, HRC60), usando el aparato de formación de película que se muestra en la figura 3 ("arco convencional" en las Tablas), montando el aparato de formación de película la fuente de evaporación de arco de tipo lineal que se muestra en la figura 4 ("1 filtrado" en las Tablas), montando el aparato de formación de película la fuente de evaporación de arco de tipo curvado de 90° que se muestra en la figura 5 ("2 filtrado" en las Tablas) o un aparato de formación de película de tipo cátodo hueco ("HCD" en las Tablas).

65 Como un método de formación de película, el sustrato se colocó en primer lugar en el aparato de formación de película, y el interior de la cámara se descargó a  $1 \times 10^{-3}$  Pa o menos. Después de lo anterior, el sustrato se calentó hasta 400 °C, y a continuación se sometió a limpieza por bombardeo atómico usando iones de Ar. Después de que se introdujera nitrógeno en la cámara a 4 Pa, se realizó una descarga de arco con una corriente de 150 A para

formar la película dura sobre el sustrato. Por otra parte, después de la formación de película dura, algunos materiales de ensayo se sometieron a pulido con un aparato de pulido. Además, antes de la formación de película dura, la formación de película de CrN se realizó para algunos materiales de ensayo.

5 Después de la formación de película o después del pulido, se midieron la composición de la película dura, el número de partículas de metal, la altura de pico máxima (Rp) y la dureza (GPa), y se realizó un ensayo de corte.

<Métodos de medición>

10 La composición de la película dura se midió con un EPMA (*Electron Probe Micro Analyzer*, analizador de microsonda de electrones).

15 Para el número de partículas de metal, 10 segmentos de línea que tienen una longitud de 10 mm se seleccionaron de manera arbitraria sobre una superficie de la película dura que se forma sobre una región de la superficie curvada del material de ensayo (troquel de corte) y una región a partir de la parte de extremo de la superficie curvada sobre el lado que está orientado hacia la superficie del material de placa o de chapa hasta 300  $\mu\text{m}$  a lo largo de la superficie del sustrato. A continuación, una sección transversal de la película dura cortada en una dirección perpendicular a la superficie curvada a partir del segmento de línea se observó usando un microscopio óptico con un aumento de 400 veces, y se contó el número de partículas de metal que tenían un diámetro de 20  $\mu\text{m}$  o más que estaban expuestas sobre la sección transversal. A continuación, se calculó un valor promedio de los números de partículas de metal en los 10 segmentos de línea, y el valor promedio se tomó como el número de partículas de metal.

20 La dureza (dureza Vickers) se midió usando un penetrador Vickers bajo unas condiciones de carga de 25 gf y un tiempo de retención de 15 segundos.

25 La altura de pico máxima (Rp) se midió usando un medidor de rugosidad superficial de estilite, DEKTAK 6M, fabricado por Sloan, a una distancia de exploración de 1 mm.

<Método de ensayo>

30 Usando el material de ensayo (cuchilla lineal) preparado mediante el método que se menciona anteriormente, se realizó el ensayo de corte de una chapa de acero de alta resistencia a esfuerzos de tracción que tiene una resistencia a esfuerzos de tracción de 980 MPa, un espesor de 2 mm y una anchura de 100 mm. Un ensayo de corte se realizó de tal modo que la chapa de acero se cortó mediante el par de materiales de ensayo dispuestos en el lado superior y el lado inferior de la chapa de acero, y el ensayo se realizó bajo unas condiciones tales que el número de golpes fue de 90 spm, y que el huelgo entre los materiales de ensayo fue de un 10 % (0,2 mm) del espesor de la chapa de acero.

35 Por otra parte, el tamaño de las superficies de corte de los materiales de ensayo fue de 150 mm (la longitud en una dirección de corte de la chapa de acero) x 100 mm.

40 <Método de evaluación>

Como el método de evaluación, el daño de las superficies de corte (la totalidad del área de una parte que entró en contacto con la chapa de acero) se observó a unos intervalos de tiempo dados, y el momento en el que el daño de 200  $\mu\text{m}$  o más tuvo lugar en esa parte se evaluó como la vida de los materiales de ensayo.

45 El caso en el que la vida de la herramienta (el número de golpes hasta la aparición del daño) fue de 35.000 o más se evaluó como bueno, y el caso en el que la vida de la herramienta fue menor que 35.000 se evaluó como malo.

50 Por otra parte, todos los materiales de ensayo que se muestran en la Tabla 1 se pulieron hasta una altura de pico máxima (Rp) de 0,6 a 0,8  $\mu\text{m}$ . Además, todos los materiales de ensayo que se muestran en la Tabla 2 tenían un número de partículas de metal de 2 o menos. Además, todos los materiales de ensayo que se muestran en la Tabla 3 se pulieron hasta una altura de pico máxima (Rp) de 0,5  $\mu\text{m}$  o menos y tenían un número de partículas de metal de 2 o menos.

Tabla 1

| Material de ensayo N° | Sistema de deposición | Película dura             |              | Película de CrN      |              | Dureza (GPa) | Pulido | Número de Partículas de metal | Vida de la herramienta (Número de golpes) |                       |
|-----------------------|-----------------------|---------------------------|--------------|----------------------|--------------|--------------|--------|-------------------------------|---|-----------------------|
|                       |                       | Composición               | Espesor (µm) | Formada o No formada | Espesor (µm) |              |        |                               |   |                       |
| 1                     | Arco convencional     | (Ti0.5A10.5)N             | 3            | No formada           | -            | 2.800        | Pulido | 5                             | 5.000                                     | Ejemplo comparativo   |
| 2                     | 1 filtrado            | (Ti0.5A10.5)N             | 3            | No formada           | -            | 3.000        | Pulido | 1                             | 120.000                                   | Ejemplo de referencia |
| 3                     | Arco convencional     | (Cr0.5A10.5)N             | 3            | No formada           | -            | 2.800        | Pulido | 4                             | 8.000                                     | Ejemplo comparativo   |
| 4                     | 1 filtrado            | (Cr0.5A10.5)N             | 3            | No formada           | -            | 3.100        | Pulido | 2                             | 65.000                                    | Ejemplo               |
| 5                     | Arco convencional     | (Ti0.2Cr0.2A10.6)N        | 3            | Formada              | 2            | 3.300        | Pulido | 4                             | 9.000                                     | Ejemplo comparativo   |
| 6                     | 1 filtrado            | (Ti0.2Cr0.2A10.6)N        | 3            | Formada              | 2            | 3.500        | Pulido | 0                             | 220.000                                   | Ejemplo               |
| 7                     | Arco convencional     | (Ti0.2Cr0.2A10.55Si0.05)N | 3            | Formada              | 2            | 3.400        | Pulido | 5                             | 12.000                                    | Ejemplo comparativo   |
| 8                     | 1 filtrado            | (Ti0.2Cr0.2A10.55Si0.05)N | 3            | Formada              | 2            | 3.600        | Pulido | 0                             | 250.000                                   | Ejemplo               |
| 9                     | 1 filtrado            | (Ti0.2Cr0.2A10.55Si0.05)N | 3            | Formada              | 2            | 3.600        | Pulido | 1                             | 180.000                                   | Ejemplo               |
| 10                    | 2 filtrado            | (Ti0.2Cr0.2A10.55Si0.05)N | 3            | Formada              | 2            | 3.600        | Pulido | 0                             | 210.000                                   | Ejemplo               |

Tabla 2

| Material de ensayo Nº | Sistema de deposición | Película dura             |              | Película de CrN      |              | Dureza (GPa) | Pulido    | Rp (µm) | Vida de la herramienta (Número de golpes) |                       |
|-----------------------|-----------------------|---------------------------|--------------|----------------------|--------------|--------------|-----------|---------|---|-----------------------|
|                       |                       | Composición               | Espesor (µm) | Formada o No formada | Espesor (µm) |              |           |         |   |                       |
| 11                    | HCD                   | TiN                       | 3            | No formada           | -            | 2.200        | No pulido | 0,5     | 3.000                                     | Ejemplo comparativo   |
| 12                    | 1 filtrado            | CrN                       | 3            | No formada           | -            | 1.500        | Pulido    | 0,6     | 30.000                                    | Ejemplo comparativo   |
| 13                    | 1 filtrado            | (Ti0.5A10.5)N             | 3            | No formada           | -            | 2.800        | No pulido | 1,2     | 50.000                                    | Ejemplo de referencia |
| 14                    | 1 filtrado            | (Ti0.5A10.5)N             | 3            | No formada           | -            | 2.800        | Pulido    | 0,6     | 75.000                                    | Ejemplo de referencia |
| 15                    | 1 filtrado            | (Cr0.5A10.5)N             | 3            | No formada           | -            | 2.800        | No pulido | 2,2     | 50.000                                    | Ejemplo               |
| 16                    | 1 filtrado            | (Cr0.5A10.5)N             | 3            | No formada           | -            | 2.800        | Pulido    | 0,7     | 70.000                                    | Ejemplo               |
| 17                    | 1 filtrado            | (Ti0.2Cr0.2A10.6)N        | 3            | No formada           | -            | 3.300        | No pulido | 2,3     | 60.000                                    | Ejemplo               |
| 18                    | 1 filtrado            | (Ti0.2Cr0.2A10.6)N        | 3            | No formada           | -            | 3.300        | Pulido    | 1,5     | 80.000                                    | Ejemplo               |
| 19                    | 1 filtrado            | (Ti0.2Cr0.2A10.6)N        | 3            | No formada           | -            | 3.300        | Pulido    | 0,8     | 110.000                                   | Ejemplo               |
| 20                    | 1 filtrado            | (Ti0.2Cr0.2A10.6)N        | 3            | No formada           | -            | 3.300        | Pulido    | 0,65    | 130.000                                   | Ejemplo               |
| 21                    | 1 filtrado            | (Ti0.2Cr0.2A10.6)N        | 3            | No formada           | -            | 3.300        | Pulido    | 0,3     | 200.000                                   | Ejemplo               |
| 22                    | 1 filtrado            | (Ti0.2Cr0.2A10.6)N        | 0,5          | No formada           | -            | 3.300        | Pulido    | 0,25    | 13.000                                    | Ejemplo comparativo   |
| 23                    | 1 filtrado            | (Ti0.2Cr0.2A10.6)N        | 1,5          | No formada           | -            | 3.300        | Pulido    | 0,25    | 20.000                                    | Ejemplo               |
| 24                    | 1 filtrado            | (Ti0.2Cr0.2A10.6)N        | 4            | No formada           | -            | 3.300        | Pulido    | 0,4     | 210.000                                   | Ejemplo               |
| 25                    | 1 filtrado            | (Ti0.2Cr0.2A10.6)N        | 7            | No formada           | -            | 3.300        | Pulido    | 0,55    | 32.000                                    | Ejemplo comparativo   |
| 26                    | 1 filtrado            | (Ti0.2Cr0.2A10.6)C0.2N0.8 | 4            | No formada           | -            | 3.300        | Pulido    | 0,55    | 150.000                                   | Ejemplo               |

Tabla 3

| Material de ensayo N° | Sistema de deposición | Película dura             |              | Película de CrN      |              | Dureza (GPa) | Vida de la herramienta (Número de golpes) |
|-----------------------|-----------------------|---------------------------|--------------|----------------------|--------------|--------------|---|
|                       |                       | Composición               | Espesor (µm) | Formada o No formada | Espesor (µm) |              |   |
| 27                    | 1 filtrado            | (Ti0.2Cr0.2A10.6)N        | 3            | No formada           |              | 3.300        | Ejemplo                                   |
| 28                    | 1 filtrado            | (Ti0.2Cr0.2A10.6)N        | 3            | Formada              | 2            | 3.300        | Ejemplo                                   |
| 29                    | 1 filtrado            | (Ti0.2Cr0.2A10.6)N        | 3            | Formada              | 0,5          | 3.300        | Ejemplo                                   |
| 30                    | 1 filtrado            | (Ti0.2Cr0.2A10.6)N        | 3            | Formada              | 4            | 3.300        | Ejemplo                                   |
| 31                    | 1 filtrado            | (Ti0.2Cr0.2A10.6)N        | 3            | Formada              | 7            | 3.300        | Ejemplo                                   |
| 32                    | 1 filtrado            | (Ti0.35Cr0.35A10.3)N      | 3            | Formada              | 2            | 2.500        | Ejemplo                                   |
| 33                    | 1 filtrado            | (Ti0.25Cr0.25A10.5)N      | 3            | Formada              | 2            | 3.200        | Ejemplo                                   |
| 34                    | 1 filtrado            | (Ti0.2Cr0.2A10.6)N        | 3            | Formada              | 2            | 3.300        | Ejemplo                                   |
| 35                    | 1 filtrado            | (Ti0.1Cr0.1A10.8)N        | 3            | Formada              | 2            | 2.400        | Ejemplo                                   |
| 36                    | 1 filtrado            | (Ti0.4Cr0.1A10.5)N        | 3            | Formada              | 2            | 2.700        | Ejemplo                                   |
| 37                    | 1 filtrado            | (Ti0.3Cr0.2A10.5)N        | 3            | Formada              | 2            | 3.000        | Ejemplo                                   |
| 38                    | 1 filtrado            | (Ti0.1Cr0.5A10.4)N        | 3            | Formada              | 2            | 3.200        | Ejemplo                                   |
| 39                    | 1 filtrado            | (Ti0.1Cr0.6A10.3)N        | 3            | Formada              | 2            | 2.600        | Ejemplo                                   |
| 40                    | 1 filtrado            | (Ti0.2Cr0.2A10.58Si0.02)N | 3            | Formada              | 2            | 3.300        | Ejemplo                                   |
| 41                    | 1 filtrado            | (Ti0.2Cr0.2A10.55Si0.05)N | 3            | Formada              | 2            | 3.400        | Ejemplo                                   |
| 42                    | 1 filtrado            | Ti0.2Cr0.2A10.5Si0.1)N    | 3            | Formada              | 2            | 3.400        | Ejemplo                                   |
| 43                    | 1 filtrado            | (Ti0.2Cr0.2A10.4Si0.2)N   | 3            | Formada              | 2            | 3.100        | Ejemplo                                   |
| 44                    | 1 filtrado            | (Ti0.2Cr0.2A10.3Si0.3)N   | 3            | Formada              | 2            | 2.500        | Ejemplo                                   |
| 45                    | 1 filtrado            | (Cr0.4A10.55Si0.05)N      | 3            | Formada              | 2            | 3.400        | Ejemplo                                   |
| 46                    | 1 filtrado            | (Cr0.4A10.6)N             | 3            | Formada              | 2            | 3.300        | Ejemplo                                   |

- 5 Tal como se muestra en la Tabla 1, en el material de ensayo N° 4, 6 y 8 a 10, la composición de las películas duras cumplió la composición especificada en la invención, y tanto el espesor de las películas duras como el número de partículas de metal se encontraron dentro de los intervalos que se especifican en la invención. Por consiguiente, la vida (número de golpes) de los troqueles de corte fue de 35.000 o más, dando como resultado una buena evaluación.
- Por otro lado, en el material de ensayo N° 1, 3, 5 y 7, el número de partículas de metal superó el intervalo que se especifica en la invención, de tal modo que la vida de los troqueles de corte fue menor que 35.000, dando como resultado una mala evaluación.
- 10 Tal como se muestra en la Tabla 2, en el material de ensayo N° 15 a 21, 23, 24 y 26, la composición de las películas duras cumplió la composición especificada en la invención, y tanto el espesor de las películas duras como el número de partículas de metal se encontraron dentro de los intervalos que se especifican en la invención. Por consiguiente, la vida de los troqueles de corte fue de 35.000 o más, dando como resultado una buena evaluación.
- 15 Por otro lado, en el material de ensayo N° 11 y 12, la composición de las películas duras no fue la composición especificada en la invención, de tal modo que la vida de los troqueles de corte fue menor que 35.000, dando como resultado una mala evaluación. Además, en el material de ensayo N° 22 y 25, el espesor de las películas duras superó el intervalo que se especifica en la invención, de tal modo que la vida de los troqueles de corte fue menor que 35.000, dando como resultado una mala evaluación.
- 20 Tal como se muestra en la Tabla 3, en el material de ensayo N° 27 a 46, la composición de las películas duras cumplió la composición especificada en la invención, y tanto el espesor de las películas duras como el número de partículas de metal se encontraron dentro de los intervalos que se especifican en la invención. Por consiguiente, la vida de los troqueles de corte fue de 35.000 o más, dando como resultado una buena evaluación.
- 25 A partir de los resultados anteriores, se ha encontrado que la vida de los troqueles de corte puede prolongarse de acuerdo con el troquel de corte y el método para fabricar el troquel de corte de acuerdo con la invención.

## REIVINDICACIONES

1. Un troquel de corte que comprende un par de sustratos, que se usa para cortar un material de placa o de chapa dispuesto entre los mismos mediante el par de sustratos, donde por lo menos uno de los sustratos se compone de un acero, un carburo cementado o una cerámica, y dicho por lo menos uno de los sustratos comprende un borde de cuchilla que tiene forma de superficie curvada para cortar el material de placa o de chapa y una superficie que continúa a partir de la superficie curvada y que está orientada hacia una superficie del material de placa o de chapa, una película dura que se forma mediante un método de deposición iónica de arco se proporciona por lo menos sobre una región de la superficie curvada y una región a partir de la parte de extremo de la superficie curvada sobre el lado que está orientado hacia la superficie del material de placa o de chapa hasta 300  $\mu\text{m}$  a lo largo de la superficie del sustrato, de la superficie de dicho por lo menos uno de los sustratos, y la película dura se compone de  $(\text{Ti}_a\text{Cr}_b\text{Al}_c\text{Si}_d)(\text{C}_{1-x}\text{N}_x)$ , satisfaciendo:

$$\begin{aligned} 0 &\leq a \leq 0,3; \\ 0,1 &\leq b \leq 0,5; \\ 0,3 &\leq c \leq 0,7; \\ 0 &\leq d \leq 0,2; \\ a + b + c + d &= 1; \text{ y} \\ 0,7 &\leq x \leq 1, \end{aligned}$$

donde a indica una relación de átomos de Ti, b indica una relación de átomos de Cr, c indica una relación de átomos de Al, d indica una relación de átomos de Si y x indica una relación de átomos de N, y tiene un espesor de 1  $\mu\text{m}$  o más y de 5  $\mu\text{m}$  o menos, y el número de una partícula de metal que tiene un diámetro de 20  $\mu\text{m}$  o más, que se encuentra presente en un segmento de línea que tiene una longitud de 10 mm sobre una superficie de la película dura que se forma sobre la región de la superficie curvada y la región a partir de la parte de extremo de la superficie curvada sobre el lado que está orientado hacia la superficie del material de placa o de chapa hasta 300  $\mu\text{m}$  a lo largo de la superficie del sustrato, es de 2 o menos.

2. El troquel de corte de acuerdo con la reivindicación 1, donde una altura de pico máxima ( $R_p$ ) de la superficie de la película dura como un parámetro de la rugosidad superficial es de 1,0  $\mu\text{m}$  o menos.

3. El troquel de corte de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, donde una película de CrN que tiene un espesor de 1  $\mu\text{m}$  o más y de 5  $\mu\text{m}$  o menos se proporciona además entre la película dura y el sustrato.

4. Un método para fabricar un troquel de corte que comprende un par de sustratos y se usa para cortar un material de placa o de chapa dispuesto entre los mismos mediante el par de sustratos, donde por lo menos uno de los sustratos se compone de un acero, un carburo cementado o una cerámica, y dicho por lo menos uno de los sustratos comprende un borde de cuchilla que tiene forma de superficie curvada para cortar el material de placa o de chapa y una superficie que continúa a partir de la superficie curvada y que está orientada hacia una superficie del material de placa o de chapa, y el método comprende la formación de una película dura que se compone de  $(\text{Ti}_a\text{Cr}_b\text{Al}_c\text{Si}_d)(\text{C}_{1-x}\text{N}_x)$ , satisfaciendo:

$$\begin{aligned} 0 &\leq a \leq 0,3; \\ 0,1 &\leq b \leq 0,5; \\ 0,3 &\leq c \leq 0,7; \\ 0 &\leq d \leq 0,2; \\ a + b + c + d &= 1; \text{ y} \\ 0,7 &\leq x \leq 1, \end{aligned}$$

donde a indica una relación de átomos de Ti, b indica una relación de átomos de Cr, c indica una relación de átomos de Al, d indica una relación de átomos de Si y x indica una relación de átomos de N, por lo menos sobre una región de la superficie curvada y una región a partir de la parte de extremo de la superficie curvada sobre el lado que está orientado hacia la superficie del material de placa o de chapa hasta 300  $\mu\text{m}$  a lo largo de la superficie del sustrato, de la superficie de dicho por lo menos uno de los sustratos, mediante un método de deposición iónica de arco filtrada.

**FIG. 1**

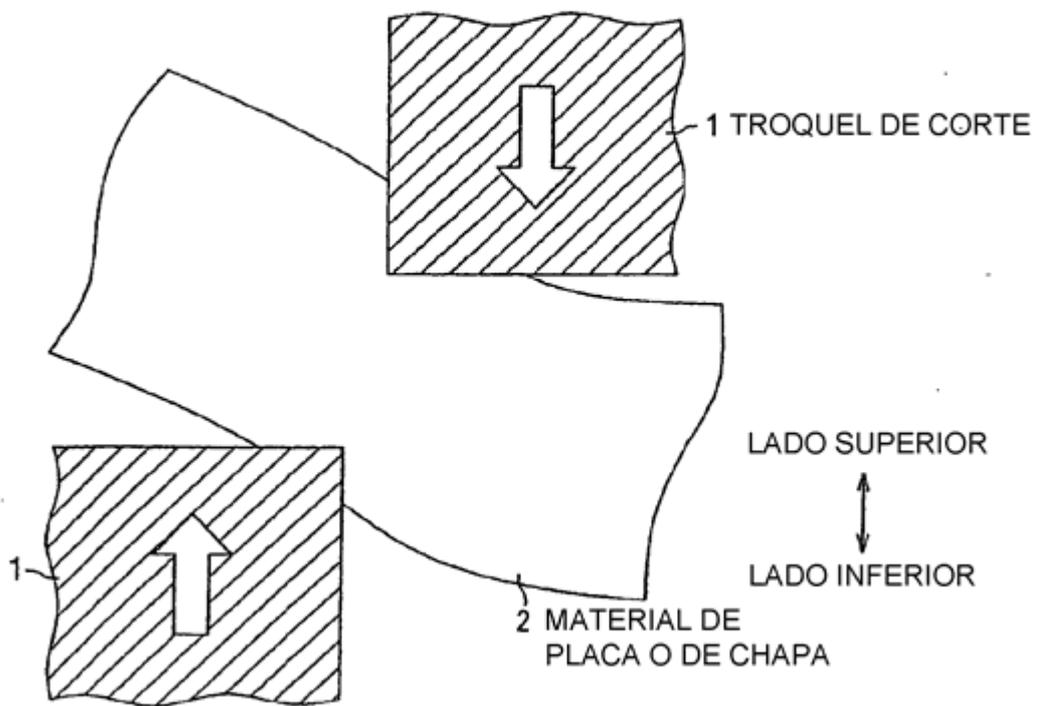


FIG. 2

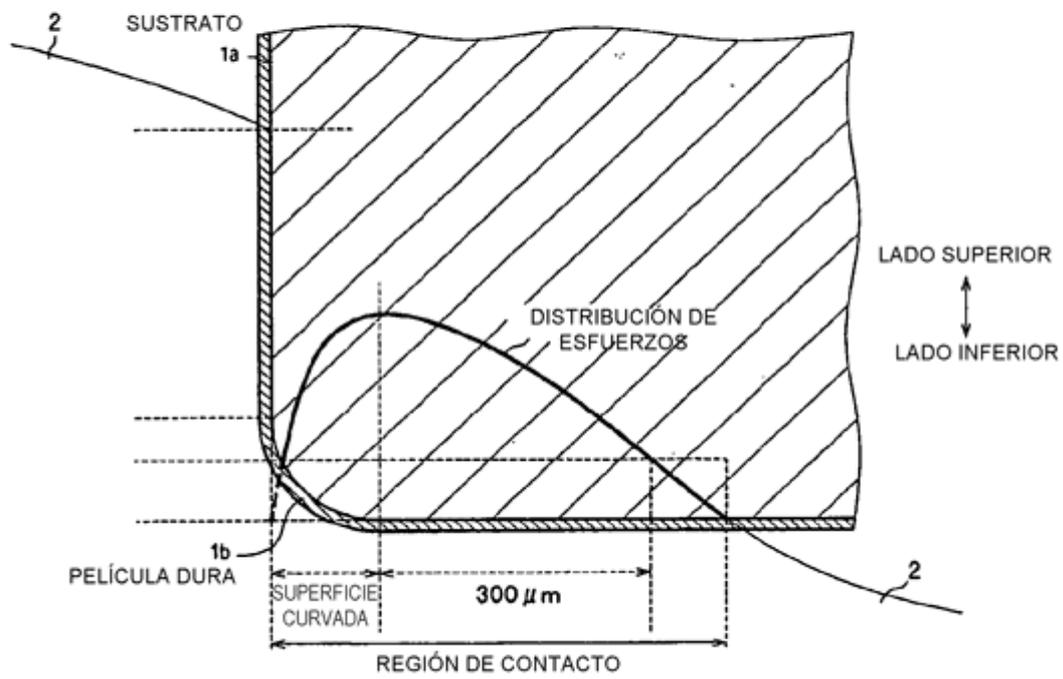


FIG. 3

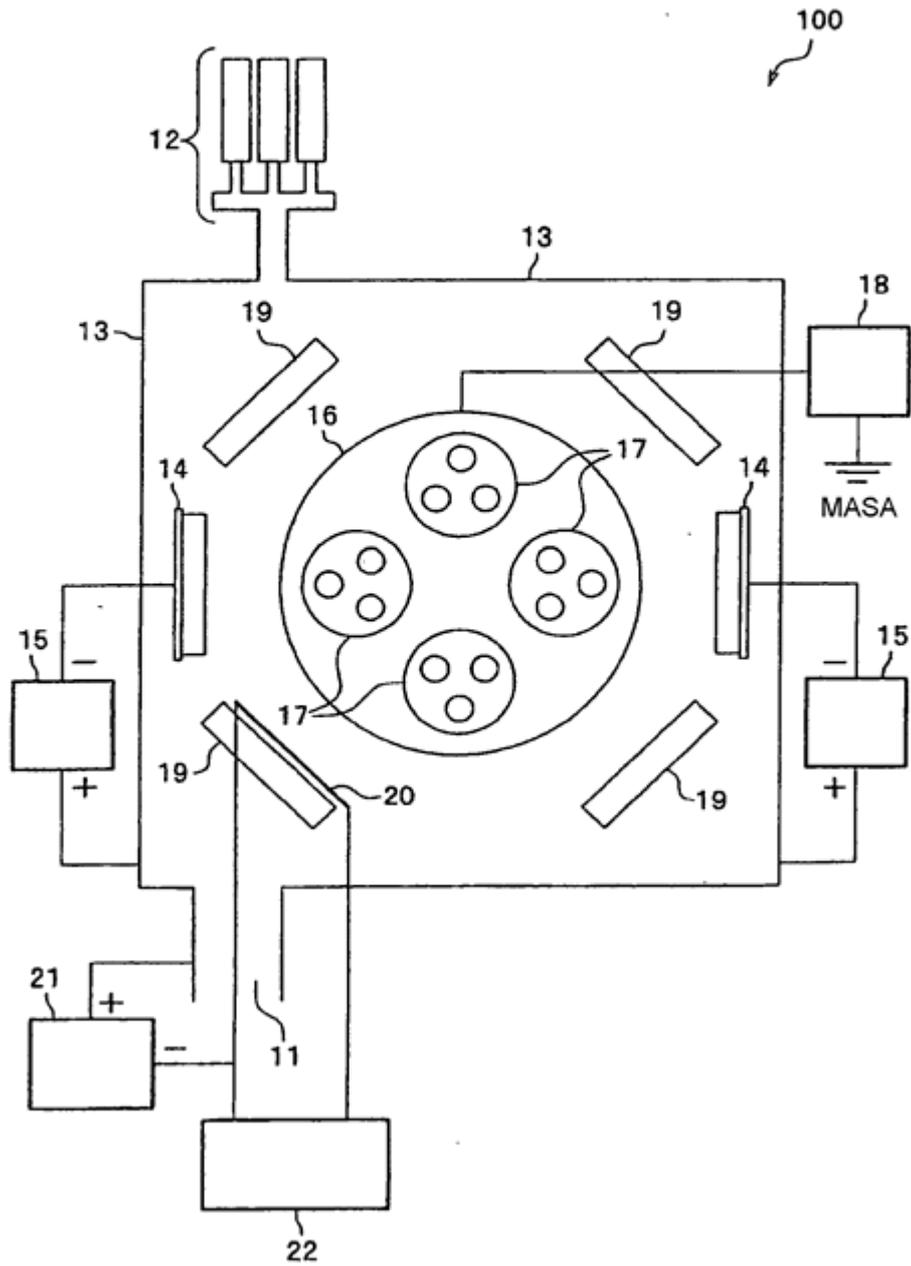


FIG. 4

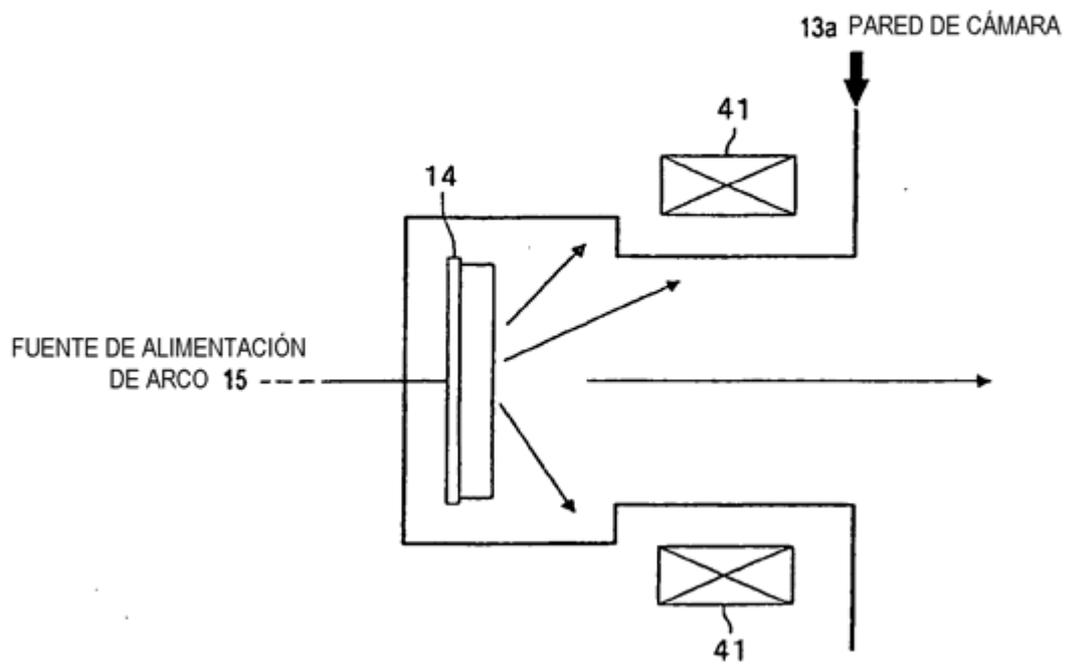


FIG. 5

