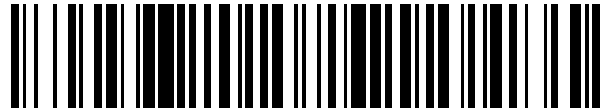


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 552 056**

51 Int. Cl.:

C23C 30/00 (2006.01)

C23C 14/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.06.2003 E 03760920 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.08.2015 EP 1535680**

54 Título: **Miembro de herramienta de corte revestida**

30 Prioridad:

25.06.2002 JP 2002183768

25.06.2002 JP 2002183772

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

25.11.2015

73 Titular/es:

**MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION
(100.0%)**

**5-1, OTEMACHI 1-CHOME CHIYODA-KU
TOKYO, JP**

72 Inventor/es:

**TAKAOKA, HIDEMITSU y
NAKAMURA, EIJI**

74 Agente/Representante:

URÍZAR ANASAGASTI, Jesús María

ES 2 552 056 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

Miembro de herramienta de corte revestida

- 5 La presente invención se refiere a un miembro de herramienta de corte revestida que no solo presenta una resistencia al desgaste superior durante las operaciones de corte a alta velocidad para diversas clases de aceros y fundiciones en los que se genera una cantidad significativa de calor, sino que también presenta una resistencia superior al desconchado durante una operación de corte para diversas clases de aceros y fundiciones en condiciones de corte severas, tal como con una gran profundidad de corte o una gran alimentación, debido a una
10 capa de revestimiento dura de las mismas que tiene no solo una dureza a alta temperatura superior sino también una resistencia a alta temperatura significativamente superior.

Técnica anterior

- 15 Convencionalmente y en general, las herramientas de corte incluyen un elemento de inserción indexable que está fijado de forma separable a una porción de punta de una herramienta de corte para realizar una operación de giro o aplanado para una pieza de trabajo que puede estar fabricada de diversos aceros o fundiciones, un taladro o microtaladro que se usa para realizar una operación de perforación para una pieza de trabajo como se ha mencionado anteriormente, y una fresa radial de tipo sólido que se usa para realizar una operación de fresado
20 frontal, una operación de fresado con estrías o una operación de fresado con salientes para una pieza de trabajo como se ha mencionado anteriormente. Además, se conoce también una fresa radial de tipo indexable, en la que una pieza de inserción indexable se ha fijado de forma separable a un cuerpo para realizar una operación de corte como en el caso de la fresa radial de tipo sólido.

- 25 Además, convencionalmente y en general, como las herramientas de corte revestidas mencionadas anteriormente, se conoce una herramienta de metal duro revestida en la que una capa de revestimiento dura, que tiene un espesor promedio de 0,5 a 10 μm y está fabricada, por ejemplo, de nitruro de titanio (denominado en lo sucesivo en este documento TiN), carbonitruro de titanio (denominado en lo sucesivo en este documento TiCN), o un compuesto de nitruro (denominado en lo sucesivo en este documento capa de (Ti, Al)N) que incluye Al y Ti, se forma sobre una
30 superficie de un sustrato fabricado de carburo cementado basado en carburo de wolframio (denominado en lo sucesivo en este documento WC), un cermet basado en carbonitruro de titanio (denominado en lo sucesivo en este documento TiCN) o un material sinterizado basado en nitruro de boro cúbico (denominado en lo sucesivo en este documento c-BN) (en lo sucesivo en este documento un sustrato de este tipo se denomina sustrato duro). Se sabe bien también que una herramienta de corte revestida de este tipo se usa en una operación de corte continua o una
35 operación de corte interrumpida para diversas clases de aceros y fundiciones.

- Como se desvela, por ejemplo, en la Solicitud de Patente No Examinada Japonesa, Primera Publicación, Nº S62-56565, se sabe que la capa de (Ti, Al)N como una capa de revestimiento dura para la herramienta de corte revestida mencionada anteriormente se forma usando un método de deposición física en fase vapor en el que se usa un
40 aparato de metalizado con iones por arco mostrado esquemáticamente en la Figura 2, el interior del aparato se calienta a una temperatura de, por ejemplo, 500 °C usando un calentador, una corriente eléctrica de, por ejemplo, 90 A se hace fluir como una descarga de arco entre un electrodo de ánodo y un electrodo de cátodo (una fuente de evaporación) al que se ha fijado una pieza de aleación Ti-Al que tiene una composición predeterminada dependiendo de la composición de la capa revestida deseada, un gas nitrógeno como un gas de reacción se introduce simultáneamente en el aparato para preparar una atmósfera de reacción, por ejemplo, a 3 Pa, y por otro
45 lado, se aplica una tensión de polarización de -200 V al sustrato duro.

- Entre las herramientas de corte revestidas convencionales mencionadas anteriormente, una herramienta de corte revestida en la que se reviste una capa de TiN sobre una superficie de un sustrato presenta una vida de la
50 herramienta superior cuando se usa para una operación de corte en condiciones normales; sin embargo, la vida de la herramienta de corte revestida tiende a terminar en un periodo extremadamente corto debido al desgaste excesivo cuando se usa para una operación de corte en una condición a alta velocidad. Debido a que una herramienta de corte revestida, en la que se reviste una capa de TiCN o una capa de (Ti, Al)N, preferentemente, una capa de (Ti, Al)N está revestida, presenta una resistencia al desgaste superior incluso cuando se usa para operación de corte en
55 una condición a alta velocidad debido a una dureza y resistencia a la oxidación a alta temperatura mejoradas de la capa de (Ti, Al)N, se sabe que la capa de TiCN o la capa de (Ti, Al)N se usan ahora ampliamente como una capa de revestimiento dura para herramientas de corte revestidas.

- Además, para mejorar adicionalmente la resistencia a la oxidación y las propiedades a alta temperatura de la capa de (Ti, Al)N, como se desvela, por ejemplo, en la Solicitud de Patente No Examinada Japonesa, Primeras
60 Publicaciones Nº H07-310174, H08-199338, H09-295204, y H11-131215, se sabe que pueden formarse diversas capas de (Ti, Al, X)N usando un método de deposición física en fase vapor, que incluye un tercer metal tal como Si, Y, Zr, V, Nb, o Cr, como sustituto del Ti y/o Al. Entre estas capas, se sabe que la resistencia a la oxidación mejora significativamente, en particular en un compuesto de nitruro (denominado en lo sucesivo en este documento capa de (Ti, Al, Si)N) a la que se añade Si de manera que incluya Ti, Al y Si y que satisfaga una fórmula de composición $(\text{Ti}_{1-x-y}\text{Al}_x\text{Si}_y\text{N}_z\text{C}_{1-z})$ (donde "x" indica una relación atómica de 0,05 a 0,75, "y" indica una relación atómica de 0,01 a 0,1,

y "z" indica una relación atómica de 0,6 a 1), o en un compuesto de nitruro (denominada en lo sucesivo en este documento capa de (Ti, Al, Y)N) a la que se añade Y de manera que incluya Ti, Al, e Y, y que satisfaga una fórmula de composición de $(Ti_aAl_bY_c)C_xN_{1-x}$ (donde "a" indica una relación atómica de 0,3 a 0,7, "b" indica una relación atómica de 0,3 a 0,7, "c" indica una relación atómica de 0,01 a 2, y "x" indica una relación atómica de 0 a 1), y también se sabe que una herramienta de corte revestida en la que se reviste una capa de (Ti, Al, Si)N que tiene una resistencia a la oxidación significativamente mejorada presenta un rendimiento de corte superior que una herramienta de corte que tiene una capa de (Ti, Al)N en una operación de corte, en particular para un acero duro.

Adicionalmente, se ha propuesto otra herramienta de corte revestida, en la que una capa de revestimiento dura, que tiene un espesor promedio de 1 a 15 μm y está fabricada de un compuesto de nitruro (denominada en lo sucesivo en este documento capa de (Ti, Al, Zr)N) que incluye Ti, Al, y Zr y satisface una fórmula de composición de $(Ti_{1-(x+y)}Al_xZr_y)N$ (donde X indica una relación atómica de 0,45 a 0,65, e Y indica una relación atómica de 0,01 a 0,15), se forma sobre la superficie del sustrato duro mencionado anteriormente usando un método de deposición física en fase vapor. También se sabe que una herramienta de corte revestida de este tipo se usa en una operación de corte continua a alta velocidad o en una operación de corte interrumpida a alta velocidad para diversas clases de aceros y fundiciones en las que se genera una cantidad significativa de calor debido a que la capa de (Ti, Al, Zr)N mencionada anteriormente que forma la capa de revestimiento dura tiene propiedades superiores a alta temperatura (dureza a alta temperatura, resistencia al calor y resistencia a alta temperatura).

En los documentos JP 07-097 679 A y JP 09-323 205 A se desvela una estructura multicapa ultrafina, en la que capas individuales (o distintivas) de TiAlN, que contienen una cantidad relativamente grande del componente Al y una cantidad relativamente pequeña del componente Ti y capas individuales (o distintivas) de TiAlN, que contiene una cantidad relativamente grande de un componente Ti y una cantidad relativamente pequeña de un componente Al, se laminan alternativamente.

Además, se sabe también que la herramienta de corte revestida mencionada anteriormente se fabrica por un método en el que el sustrato duro mencionado anteriormente se monta, por ejemplo, en un aparato de metalizado con iones por arco mostrado esquemáticamente en la Figura 2, que es un tipo de aparato de deposición física en fase vapor, se hace fluir una corriente eléctrica de, por ejemplo 90 A, como una descarga de arco entre un electrodo de ánodo y un electrodo de cátodo (una fuente de evaporación) a la que se fija una pieza de aleación Ti-Al-Zr que tiene una composición predeterminada en las condiciones en las que el interior del aparato se calienta a una temperatura de, por ejemplo, 400 °C usando un calentador, se introduce gas nitrógeno como gas de reacción en el aparato para preparar una atmósfera de reacción, por ejemplo, a 2 Pa, y por otro lado, se aplica una tensión de polarización de CC de -200 V al sustrato duro mencionado anteriormente de manera que la capa de revestimiento dura, que está fabricada de una capa de (Ti, Al, Zr)N se forma sobre la superficie del sustrato duro mencionado anteriormente.

En los últimos años, los aparatos para realizar operaciones de corte tienden a tener un rendimiento significativamente alto, y por otro lado, se demanda mucho que las operaciones de corte se realicen usando menos potencia y menos energía a menor coste. Por consiguiente, se demanda fehacientemente una herramienta de corte revestida, que presente no solo un rendimiento de corte superior durante las operaciones de corte a alta velocidad para diversas clases de aceros y fundiciones en las que se genera una cantidad significativa de calor, sino también un rendimiento de corte superior durante una operación de corte para diversas clases de aceros y fundiciones en condiciones de corte severas, tal como con una gran profundidad de corte o una gran alimentación.

Por otro lado, una herramienta de corte revestida en la que se revise la capa mencionada anteriormente de (Ti, Al)N, (Ti, Al, Si)N, o (Ti, Al, Zr)N sobre una superficie de un sustrato presenta una resistencia al desgaste superior cuando se usa para una operación de corte en una condición a alta velocidad; sin embargo, la herramienta de corte tiende a desconcharse fácilmente y la vida de la herramienta de corte revestida tiende a terminar en un periodo relativamente corto cuando se usa para operaciones de corte a alta velocidad en condiciones de corte severas, tal como con una gran profundidad de corte o una gran alimentación.

Divulgación de la invención

En vista de las circunstancias anteriores, los presentes inventores han realizado una investigación para desarrollar una herramienta de corte revestida cuya capa de revestimiento dura presente una resistencia al desconchado superior durante, en particular, las operaciones de corte a alta velocidad y severas, centrándose en la capa de revestimiento dura incluida en las herramientas de corte revestidas convencionales mencionadas anteriormente, y han obtenido los siguientes resultados de investigación indicados por (a) y (b).

(a) La capa de (Ti, Al, Zr)N que se forma, como una capa de revestimiento dura convencional, usando el aparato de metalizado con iones por arco mostrado en la Figura 2, presenta resistencia y tenacidad, dureza a alta temperatura y resistencia al calor y la resistencia a alta temperatura es uniforme por todo el espesor de la capa; sin embargo, cuando se forma una capa de (Ti, Al, Zr)N usando un aparato de metalizado con iones por arco cuya vista en planta esquemática se muestra en la Figura 1A y la vista frontal esquemática se muestra en la Figura 1B, es decir, usando un aparato de metalizado con iones por arco en el que se proporciona un plato giratorio de soporte de sustrato en el centro del mismo, una pieza de aleación de Ti-Al-Zr, que corresponde a

una pieza de aleación de Ti-Al-Zr que se usa para formar la capa de (Ti, Al, Zr)N convencional mencionada anteriormente como un electrodo de cátodo y que incluye Al a una relación relativamente alta, y una pieza de aleación de Ti-Al-Zr que incluye Al a una relación relativamente baja, se disponen como electrodos de cátodo de manera que se oponen entre sí mientras que el plato giratorio está entre ellos, en las condiciones en las que un sustrato duro está montado sobre el plato giratorio en una posición radialmente hacia fuera desde el eje central del plato giratorio, la atmósfera de reacción en el aparato se hace que sea una atmósfera de nitrógeno, el plato giratorio se hace girar mientras el propio sustrato duro se hace girar simultáneamente alrededor del eje del mismo para hacer que la capa de revestimiento dura, que se forma por deposición en fase vapor, tenga un espesor uniforme, y se genera una descarga por arco entre los dos electrodos de cátodo y un electrodo de ánodo, porque, sobre la superficie del sustrato duro, se forman puntos que contienen Al máximo en una capa en los momentos en los que el sustrato duro, que está dispuesto en una posición radialmente alejada del eje central del plato giratorio, está localizado en una posición más cercana al electrodo de cátodo de una pieza de aleación de Ti-Al-Zr que incluye Al a una relación relativamente alta y se forman puntos que contienen Al mínimo en la capa en los momentos en los que el sustrato duro está localizado en una posición más cercana al otro electrodo del cátodo de una pieza de aleación de Ti-Al-Zr que incluye Al a una relación relativamente baja, la capa de (Ti, Al, Zr)N presenta un perfil de composición de componentes en la que los puntos que contienen Al máximo y los puntos que contienen Al mínimo aparecen de forma alterna y repetida a un intervalo predeterminado en la dirección del espesor debido a la rotación del plato giratorio y la cantidad de componente Al contenido varía continuamente de los puntos que contienen Al máximo a los puntos que contienen Al mínimo y desde los puntos que contienen Al mínimo a los puntos que contienen Al máximo.

(b) Respecto a la capa de (Ti, Al, Zr)N que tiene un perfil de composición de componentes repetido y continuamente cambiante como se ha mencionado en (a), cuando las cantidades de Al y Zr contenidas en la pieza de aleación de Ti-Al-Zr, que es uno de los electrodos de cátodo dispuestos en oposición, se ajustan para que correspondan a aquellas de la pieza de aleación de Ti-Al-Zr que se usa para formar la capa de (Ti, Al, Zr)N convencional mencionada anteriormente, la cantidad del componente Al contenida en la pieza de aleación de Ti-Al-Zr, que es el otro de los electrodos de cátodo dispuestos en oposición, se ajusta para que sea relativamente menor que la de la pieza de aleación de Ti-Al-Zr que se usa para formar la capa de (Ti, Al, Zr)N convencional mencionada anteriormente, y la velocidad rotacional del plato giratorio sobre el que están montados los sustratos duros, de manera que los puntos que contienen Al máximo satisfagan una fórmula de composición de $(Ti_{1-(X+Y)}Al_XZr_Y)N$ (donde X indica una relación atómica de 0,45 a 0,65, e Y indica una relación atómica de 0,01 a 0,15), los puntos que contienen Al mínimos satisfagan una fórmula de composición de $(Ti_{1-(X+Y)}Al_XZr_Y)N$ (donde X indica una relación atómica de 0,15 a 0,40, e Y indica una relación atómica de 0,01 a 0,15), y una distancia entre uno de los puntos que contienen Al máximo y uno adyacente de los puntos que contienen Al mínimo es de 0,01 a 0,1 μm , los puntos que contienen Al máximo tienen propiedades correspondientes a la resistencia y tenacidad, dureza a alta temperatura y resistencia al calor y resistencia a alta temperatura de la capa de (Ti, Al, Zr)N convencional, mencionada anteriormente y, por otro lado, los puntos que contienen Al mínimo presentan una resistencia y tenacidad superiores adicionales puesto que los puntos que contienen Al mínimo incluyen menos Al y más Ti que los puntos que contienen Al máximo. Además, debido a que la distancia entre uno de los puntos que contiene Al máximo y uno adyacente de los puntos que contienen Al mínimo se ajusta para que sea muy pequeña, toda la capa presenta una resistencia y tenacidad superiores adicionales mientras que asegura una dureza a alta temperatura, resistencia al calor y resistencia a alta temperatura. Por consiguiente, en la herramienta de corte revestida que tiene una capa de revestimiento dura de tal capa de (Ti, Al, Zr)N, la capa de revestimiento dura presenta una resistencia al desconchado superior durante las operaciones de corte a alta velocidad para diversas clases de aceros y fundiciones en condiciones de corte severas, tal como con una gran profundidad de corte o una gran alimentación, en las que ocurre un gran impacto mecánico.

La presente invención se concibió en vista de los resultados de investigación mencionados anteriormente, y proporciona un miembro de herramienta de corte revestida cuya capa de revestimiento dura presenta una resistencia al desconchado superior en condiciones a alta velocidad y corte severo. El miembro de herramienta de corte revestida incluye: un sustrato duro; y una capa de revestimiento dura de (Ti, Al, Zr)N, que se forma sobre una superficie del sustrato duro usando un método de deposición física en fase vapor a un espesor promedio global de 1 a 15 μm , en la que la capa de revestimiento dura tiene un perfil de la composición de componentes en el que los puntos que contienen Al máximo y los puntos que contienen Al mínimo aparecen de forma alterna y repetida a un intervalo predeterminado en la dirección del espesor de la capa de revestimiento dura, y la cantidad de componente Al contenido varía continuamente de los puntos que contienen Al máximo a los puntos que contienen Al mínimo y de los puntos que contienen Al mínimo a los puntos que contienen Al máximo, satisfaciendo los puntos que contienen Al máximo una fórmula de composición de $(Ti_{1-(X+Y)}Al_XZr_Y)N$ (donde X indica una relación atómica de 0,45 a 0,65, e Y indica una relación atómica 0,01 a 0,15), satisfaciendo los puntos que contienen Al mínimo una fórmula de composición de $(Ti_{1-(X+Y)}Al_XZr_Y)N$ (donde X indica una relación atómica de 0,15 a 0,40, e Y indica una relación atómica de 0,01 a 0,15), y una distancia entre uno de los puntos que contienen Al máximo y uno adyacente de los puntos que contienen Al mínimo es de 0,01 a 0,1 μm .

La presente invención proporciona también un método para formar una capa de revestimiento dura que presenta una resistencia al desgaste superior durante las operaciones a alta velocidad sobre una superficie de un sustrato duro. El método incluye: montar el sustrato duro de un carburo cementado basado en WC y/o un cermet basado en TiCN y/o

un material sinterizado basado en c-BN sobre un plato giratorio alojado en un aparato de metalizado con iones por arco en una posición radialmente hacia fuera desde un eje central del plato giratorio de una manera tal que giran alrededor de un eje del sustrato duro; producir una atmósfera de gas nitrógeno como la atmósfera de reacción en el aparato de metalizado con iones por arco; y generar una descarga por arco entre un electrodo de cátodo de una pieza de aleación Ti-Al-Zr para formar puntos que contienen Al máximos y un electrodo de ánodo, y entre otro electrodo de cátodo de una pieza de aleación de Ti-Al-Zr para formar puntos que contienen Al mínimos, que está dispuesto de manera que queda enfrente del otro electrodo de cátodo con respecto al plato giratorio, y otro electrodo de ánodo, de manera que se forma una capa de revestimiento dura que tiene un espesor promedio global de 1 a 15 μm , por un método de deposición física en estado vapor, sobre la superficie del sustrato duro que se está girando mientras gira en el plato giratorio alrededor de un eje del sustrato duro, en el que la capa de revestimiento dura tienen un perfil de composición de componentes en el que los puntos que contienen Al máximo y los puntos que contienen Al mínimo aparecen de forma alterna y repetida a un intervalo predeterminado en una dirección del espesor de la capa de revestimiento dura, y la cantidad de componente Al contenido varía continuamente de los puntos que contienen Al máximo a los puntos que contienen Al mínimo y de los puntos que contienen Al mínimo a los puntos que contienen Al máximo, satisfaciendo los puntos que contienen Al máximo una fórmula de composición de $(\text{Ti}_{1-(X+Y)}\text{Al}_X\text{Zr}_Y)\text{N}$ (donde X indica una relación atómica de 0,45 a 0,65, e Y indica una relación atómica de 0,01 a 0,15), satisfaciendo los puntos que contienen Al mínimo una fórmula de composición de $(\text{Ti}_{1-(X+Y)}\text{Al}_X\text{Zr}_Y)\text{N}$ (donde X indica una relación atómica de 0,15 a 0,40, e Y indica una relación atómica de 0,01 a 0,15), y una distancia entre uno de los puntos que contienen Al máximo y un adyacente de los puntos que contienen Al mínimo es de 0,01 a 0,1 μm .

A continuación, se explicará la razón por la que la estructura de la capa de revestimiento dura de la presente invención estaba limitada como se ha descrito anteriormente.

(A) Composición de los puntos que contienen Al máximo

El componente Ti contenido en la capa de (Ti, Al, Zr)N de los puntos que contienen Al máximo mejora la resistencia y la tenacidad, y el componente Al mejora la dureza a alta temperatura y resistencia al calor; por lo tanto, la dureza a alta temperatura y la resistencia al calor mejoran cuando aumenta el componente Al contenido, y la herramienta de corte revestida es más adecuada para operaciones de corte a alta velocidad en las que se genera una cantidad significativa de calor; sin embargo, cuando el valor X que indica la relación (relación atómica) del componente Al en la cantidad total de componentes Al, Ti y Zr es mayor de 0,65, una reducción en la resistencia y tenacidad de la capa es inevitable incluso aunque existan puntos que contienen Al mínimo que tienen alta resistencia y alta tenacidad adyacentes a los mismos, lo que hace que la herramienta de corte se desconche fácilmente. Por otro lado, cuando el valor X es menor de 0,45, es difícil asegurar la dureza a alta temperatura y resistencia al calor deseadas. Por consiguiente, el valor X se ajustó de 0,45 a 0,65.

Además, el componente Zr mejora la resistencia a alta temperatura. Cuando el valor Y que indica la relación (relación atómica) del componente Zr a la cantidad total de componentes Al, Ti y Zr es menor de 0,01, la resistencia a alta temperatura no mejora deseablemente, y cuando el valor Y es mayor de 0,15, la dureza a alta temperatura y la resistencia al calor tienden a disminuir. Por consiguiente, el valor Y se ajustó de 0,01 a 0,15.

(B) Composición de los puntos que contienen Al mínimo

Como se ha explicado anteriormente, los puntos que contienen Al máximo presentan una dureza a alta temperatura, resistencia al calor y resistencia a alta temperatura deseadas; sin embargo, en contraste, presentan una resistencia y tenacidad insuficientes para operaciones de corte a alta velocidad en condiciones de corte severas, tal como con una gran profundidad de corte o una gran alimentación, en las que ocurre un gran impacto mecánico; por lo tanto, para mejorar la resistencia y tenacidad de los puntos que contienen Al máximo, los puntos que contienen Al mínimo, que incluyen Ti a una alta relación y Al a una baja relación y, de esta manera, presentan alta tenacidad, se interponen alternativamente en la dirección del espesor. Por consiguiente, cuando el valor X que indica la relación (relación atómica) del componente Al a la cantidad total de componentes Al, Ti y Zr es mayor de 0,40, no puede asegurarse una resistencia y tenacidad superiores deseadas y, por otro lado, cuando el valor X es menos de 0,15, no puede asegurarse una dureza a alta temperatura y resistencia al calor deseadas, lo que acelera el desgaste de la capa incluso aunque los puntos que contienen Al máximo que tienen una dureza a alta temperatura superior y resistencia al calor existan adyacentes a los mismos. Por consiguiente, el valor X que indica la relación del componente Al en los puntos que contienen Al mínimos se ajustó de 0,15 a 0,40.

Adicionalmente, el componente Zr se incluye en los puntos que contienen Al mínimo para mejorar la resistencia a alta temperatura de manera que la herramienta de corte resulte adecuada para operaciones de corte a alta velocidad en las que se genera una cantidad significativa de calor, como se ha explicado anteriormente. Cuando el valor Y es menor de 0,01, una resistencia a alta temperatura no mejora deseablemente y cuando el valor Y es mayor de 0,15, la dureza a alta temperatura y resistencia al calor tienden a disminuir, lo que conduce a un desgaste acelerado. Por consiguiente, el valor Y se ajustó de 0,01 a 0,15.

(C) Distancia entre el punto que contiene Al máximo y el punto que contiene Al mínimo

La distancia entre el punto que contiene Al máximo y el punto que contiene Al mínimo se ajustó de 0,01 a 0,1 μm debido a que cuando la distancia es menor de 0,01 μm , es difícil formar cada uno de los puntos para que tengan la composición mencionada anteriormente y, por lo tanto, es difícil asegurar una resistencia y tenacidad superiores adicionales mientras que se asegura una dureza a alta temperatura, resistencia al calor y resistencia a alta temperatura deseadas en la capa, y cuando la distancia es mayor de 0,1 μm , aparecerá debilidades localmente en la capa en cada uno de los puntos mostrada durante las operaciones de corte a alta velocidad en condiciones de corte severas, es decir, insuficiente resistencia y tenacidad en el caso del punto que contiene Al máximo y una dureza a alta temperatura y resistencia al calor insuficientes en el caso del punto que contiene Al, lo que puede conducir al desconchado en el borde de corte o el desgaste excesivo.

(D) Espesor promedio global de la capa de revestimiento dura

El espesor promedio se ajustó de 1 a 15 μm porque cuando el espesor de la capa es menor de 1 μm , no puede asegurarse una resistencia al desgaste deseada y, en contraste, cuando el espesor promedio es mayor de 15 μm , el borde de corte tiende a desconcharse.

Breve descripción de los dibujos

Las Figuras 1A y 1B muestran un aparato de metalizado con iones por arco que se usa para formar una capa de revestimiento dura incluida en una herramienta de corte revestida de la presente invención, en particular, la Figura 1A es una vista en planta esquemática y la Figura 1B es una vista frontal esquemática.

La Figura 2 es un diagrama esquemático que muestra un aparato de metalizado con iones por arco normal que se usa para formar una capa de revestimiento dura incluida en una herramienta de corte revestida convencional.

Mejor modo para realizar la invención

A continuación se explicarán las herramientas de corte revestidas de la presente invención en detalle con ejemplos.

Ejemplo 1

En primer lugar, los ingredientes en polvo, es decir, polvos de WC, TiC, VC, TaC, NbC, Cr_3C_2 , y Co, todos los cuales tienen un tamaño de grano promedio en un intervalo de 1 a 3 μm , se prepararon y mezclaron de acuerdo con las relaciones de mezcla mostradas en la TABLA 1. Los ingredientes en polvo se mezclaron en condiciones húmedas usando un molino de bolas durante 48 horas, se secaron, y se compactaron a una presión de 100 MPa tal como para formar compactos verdes. Los compactos verdes se mantuvieron en un vacío de 6 Pa a una temperatura de 1420 °C durante 1 hora para sinterizarlos. Después de la sinterización, se aplica un proceso de esmerilado, en el que un radio se ajusta para que sea de 0,03, a las porciones de borde de corte de cada uno de los compactos sinterizados para obtener sustratos duros A-1 a A-10 del metal duro basado en WC, cada uno de los cuales tenía una forma de elemento de inserción definida como CNMG120412 en la norma ISO.

Adicionalmente, los ingredientes en polvo, es decir, los polvos de TiCN (TiC/TiN=50/50 cuando se expresa en relación en peso), Mo_2C , ZrC, NbC, TaC, WC, Co y Ni, todos los cuales tenían un tamaño de grano promedio de 0,5 a 2 μm , se prepararon y mezclaron de acuerdo con las relaciones de mezcla mostrados en la TABLA 2. Los ingredientes en polvo se mezclaron en condiciones húmedas usando un molino de bolas durante 72 horas, se secaron, y se compactaron a una presión de 100 MPa tal como para formar compactos verdes. Los compactos verdes se mantuvieron en un vacío de 6 Pa a una temperatura de 1520 °C durante 1 hora para sinterizarlos. Después de la sinterización, se aplica un proceso de esmerilado, en el que un radio se ajusta para que sea de 0,03, a las porciones del borde de corte de cada uno de los compactos sinterizados tal como para obtener sustratos duros B-1 a B-6 del cermet TiCN, cada uno de los cuales tenía una forma del elemento de inserción definida como CNMG120412 en la norma ISO.

A continuación, los sustratos duros mencionados anteriormente A-1 a A-10 y B-1 a B-6 se sometieron a limpieza ultrasónica en un disolvente de acetona, se secaron, y se montaron sobre un plato giratorio alojado en un aparato metalizado con iones por arco mostrado en las Figuras 1A y 1B en posiciones a lo largo de la circunferencia interna del plato giratorio. En el aparato de metalizado con iones por arco, una pieza de aleación de Ti-Al-Zr que tenía diversas composiciones para formar puntos que contienen Al máximo se ajustó como un electrodo de cátodo (fuente de evaporación), una pieza de aleación de Ti-Al-Zr que tenía diversas composiciones para formar puntos que contenían Al mínimo se ajustó como otro electrodo de cátodo (fuente de evaporación) enfrente del otro electrodo de cátodo mientras que el plato giratorio estaba entre ambos, y también se instaló una pieza de Ti metálico para limpieza por bombardeo. El interior del aparato se evacuó y se mantuvo a vacío a una presión de 0,5 Pa o menor, y el interior del aparato se calentó hasta una temperatura de 500 °C usando un calentador. Después, se aplicó una tensión de polarización de CC de 1000 V a sustratos duros que se hacen girar mientras gira el plato giratorio alrededor de los ejes respectivos de los mismos, y se hizo fluir una corriente eléctrica de 100 A como una descarga de arco entre el electrodo de cátodo, es decir, la pieza de Ti metálico y un electrodo de ánodo, de manera que las

superficies de los sustratos duros se sometieron a limpieza por bombardeo con Ti. A continuación, un gas nitrógeno, como un gas de reacción, se introdujo en el aparato para preparar una atmósfera de reacción a una presión de 3 Pa, se aplicó una tensión de polarización de CC de -30 V a los sustratos duros que se hicieron girar mientras giraban sobre el plato giratorio alrededor de los ejes respectivos de los mismos, y se hizo fluir una corriente eléctrica de 150 A como una descarga de arco entre los electrodos de cátodo (la pieza de aleación de Ti-Al-Zr para formar los puntos que contienen Al máximo y la pieza de aleación de Ti-Al-Zr para formar los puntos que contienen Al mínimo) y los electrodos de ánodo, respectivamente, de manera que se formó una capa de revestimiento dura, que tenía un perfil de composición de componentes en la que los puntos que contienen Al máximo y los puntos que contienen Al mínimo que tenían una composición designada mostrada en las TABLAS 3 y 4 aparecen de forma alterna y repetida a un intervalo designado también mostrado en las TABLAS 3 y 4 en la dirección del espesor, y la cantidad de componente Al contenido varía continuamente de los puntos que contienen Al máximo a los puntos que contienen Al mínimo y de los puntos que contienen Al mínimo a los puntos que contienen Al máximo y que tenían un espesor de capa global designado mostrado también en las TABLAS 3 y 4, mediante un método de deposición en fase vapor sobre la superficie de cada uno de los sustratos duros y, de esta manera, se fabricaron los elementos de inserción de metal duro revestidos en superficie 1A a 10A y 1B a 6B de la presente invención (denominados en lo sucesivo en este documento como elementos de inserción revestidos de la presente invención), como las herramientas de corte revestidas de la presente invención,.

Con fines de comparación, los sustratos duros A-1 a A-10 y B-1 a B-6 se sometieron a limpieza ultrasónica en acetona, se secaron, y se montaron en un aparato de metalizado con iones por arco convencional mostrado en la Figura 2. En el aparato de metalizado con iones por arco, una pieza de aleación de Ti-Al-Zr que tenía diversas composiciones se ajustó como un electrodo de cátodo (fuente de evaporación), también se ajustó una pieza de Ti metálico para limpieza por bombardeo, el interior del aparato se evacuó y se mantuvo al vacío a una presión de 0,5 Pa o menor, y el interior del aparato se calentó a una temperatura de 400 °C usando un calentador. Después, se aplicó una tensión de polarización de CC de -1000 V a los sustratos duros y se hizo fluir una corriente eléctrica de 90 A como una descarga por arco entre el electrodo de cátodo, es decir, la pieza de Ti metálico y un electrodo de ánodo, de manera que las superficies de los sustratos duros se sometieron a limpieza por bombardeo con Ti. A continuación, un gas nitrógeno, como un gas de reacción, se introdujo en el aparato para preparar una atmósfera de reacción a una presión de 2 Pa, la tensión de polarización aplicada a los sustratos duros se disminuyó a -200 V, y la corriente eléctrica se hizo fluir como una descarga por arco entre el electrodo de cátodo y el electrodo de ánodo, de manera que se formó una capa de revestimiento dura, que tenía una composición designada y un espesor de capa designado mostrado en las TABLAS 5 y 6, y que incluía una capa de (Ti, Al, Zr)N en la que la composición era sustancialmente constante en la dirección del espesor de la capa, por un método de deposición en fase vapor, sobre la superficie de cada uno de los sustratos duros A-1 a A-10 y B-1 a B-6 y, de esta manera, se fabricaron los elementos de inserción de metal duro revestidos en superficie convencionales 1a a 10a y 1b a 6b (denominados en lo sucesivo en este documento como elementos de inserción revestidos convencionales), como herramientas de corte revestidas convencionales.

A continuación, los elementos de inserción revestidos 1A a 10A y 1B a 6B de la presente invención y los elementos de inserción revestidos convencionales 1a a 10a y 1b a 6b se sometieron a ensayos de corte fijando cada uno de ellos a una porción de punta de una herramienta de corte fabricada de acero para herramientas usando un puente de fijación y un tornillo. Las condiciones de ensayo detalladas se ajustaron de la siguiente manera: con respecto a los ensayos de corte a alta velocidad, en seco, y continuos, con una gran profundidad de corte, en los que se mecanizaron piezas de trabajo de acero aleado,

pieza de trabajo: una barra redonda de SNCM439 definida en la norma JIS,
 velocidad de corte: 300 m/min,
 profundidad de corte: 5,5 mm,
 alimentación: 0,15 mm/rev,
 tiempo: 5 min;

con respecto a los ensayos de corte a alta velocidad, en seco e interrumpidos, con una gran alimentación, se mecanizaron piezas de trabajo de acero aleado,

pieza de trabajo: una barra redonda con cuatro surcos longitudinales distribuidos uniformemente fabricada de SCM440 definida en la norma JIS,
 velocidad de corte: 300 m/min,
 profundidad de corte: 1,6 mm,
 alimentación: 0,5 mm/rev,
 tiempo: 5 min; y

con respecto a ensayos de corte a alta velocidad, en seco, y continuos, con una gran profundidad de corte, se mecanizaron piezas de trabajo de fundición,

pieza de trabajo: una barra redonda fabricada de FC300 definida en la norma JIS,
 velocidad de corte: 320 m/min,
 profundidad de corte: 5,5 mm,
 alimentación: 0,15 mm/rev,
 tiempo: 5 min.

En cada uno de los ensayos de corte, se midió una anchura de desgaste del flanco del borde de corte. Los resultados se muestran en la TABLA 7.

TABLA 1

Clasificación	Relación de mezcla (% p)							
	Co	TiC	TaC	NbC	VC	Cr ₃ C ₂	WC	
Sustrato (Elemento de inserción)	A-1	5,5	-	-	-	-	0,3	Resto
	A-2	6,5	-	1	-	-	-	Resto
	A-3	7	-	-	-	-	0,4	Resto
	A-4	7,5	2	-	1	-	-	Resto
	A-5	8,5	-	-	-	0,3	0,3	Resto
	A-6	9	6	-	4	-	-	Resto
	A-7	10	-	1	-	-	0,5	Resto
	A-8	11	5	-	7	-	0,5	Resto
	A-9	12,5	-	-	-	1,5	0,8	Resto
	A-10	11,5	10	-	8	-	-	Resto

TABLA 2

Clasificación	Relación de mezcla (% p)								
	Co	Ni	ZrC	TaC	NbC	MO ₂ C	WC	TiCN	
Sustrato (Elemento de inserción)	B-1	15	5	-	10	-	10	16	Resto
	B-2	8	7	-	5	-	7,5	-	Resto
	B-3	7	2	-	-	-	6	10	Resto
	B-4	13	7	-	11	2	-	-	Resto
	B-5	9	6	1	8	-	10	10	Resto
	B-6	14	5	-	10	-	9,5	14,5	Resto

TABLA 3
Capa de revestimiento dura

Clasificación	Símbolos de sustrato	Puntos que contienen Al										Puntos que contienen Al		Espesor de capa global designado (µm)	
		máximo					mínimo					Distancia designada entre dos puntos (µm)			
		Composición designada (relación atómica)		Composición designada (relación atómica)			Composición designada (relación atómica)		Composición designada (relación atómica)						
Ti	Al	Zr	N		Ti	Al	Zr	N		Ti	Al	Zr	N		
Elemento de inserción revestido de la presente invención	1A	A-1	0,45	0,45	0,10	1,00	0,60	0,30	0,10	1,00	0,01				5
	2A	A-2	0,35	0,50	0,15	1,00	0,74	0,25	0,01	1,00	0,03				9
	3A	A-3	0,40	0,55	0,05	1,00	0,75	0,20	0,15	1,00	0,05				1
	4A	A-4	0,30	0,60	0,10	1,00	0,80	0,15	0,05	1,00	0,07				11
	5A	A-5	0,34	0,65	0,01	1,00	0,70	0,20	0,10	1,00	0,09				6
	6A	A-6	0,50	0,45	0,05	1,00	0,64	0,35	0,01	1,00	0,02				13
	7A	A-7	0,40	0,50	0,10	1,00	0,45	0,40	0,15	1,00	0,04				3
	8A	A-8	0,30	0,55	0,15	1,00	0,70	0,25	0,05	1,00	0,06				15
	9A	A-9	0,39	0,60	0,01	1,00	0,75	0,15	0,10	1,00	0,08				4
	10A	A-10	0,30	0,65	0,05	1,00	0,65	0,30	0,05	1,00	0,10				7

TABLA 4
Capa de revestimiento dura

Clasificación	Símbolos de sustrato	Puntos que contienen Al										Espesor de capa global designado (µm)
		Puntos que contienen Al máximo					Puntos que contienen Al mínimo					
		Composición designada (relación atómica)					Composición designada (relación atómica)					
		Ti	Al	Zr	N	Ti	Al	Zr	N			
	1B	B-1	0,44	0,55	0,01	1,00	0,59	0,40	0,01	1,00	0,01	15
	2B	B-2	0,30	0,65	0,05	1,00	0,75	0,15	0,10	1,00	0,02	8
	3B	B-3	0,45	0,45	0,10	1,00	0,65	0,30	0,05	1,00	0,04	6
	4B	B-4	0,35	0,50	0,15	1,00	0,65	0,25	0,10	1,00	0,06	10
	5B	B-5	0,30	0,60	0,10	1,00	0,65	0,20	0,15	1,00	0,08	1
	6B	B-6	0,40	0,55	0,05	1,00	0,60	0,35	0,05	1,00	0,10	4

Elemento de inserción revestido de la presente invención

TABLA 5

Clasificación	Símbolos de sustrato	Capa de revestimiento dura				Espesor de capa designado (µm)	
		Composición designada (relación atómica)					
		Ti	Al	Zr	N		
Elemento de inserción revestido convencional	1a	A-1	0,45	0,45	0,10	1,00	5
	2a	A-2	0,35	0,50	0,15	1,00	9
	3a	A-3	0,40	0,55	0,05	1,00	1
	4a	A-4	0,30	0,60	0,10	1,00	11
	5a	A-5	0,34	0,65	0,01	1,00	6
	6a	A-6	0,50	0,45	0,05	1,00	13
	7a	A-7	0,40	0,50	0,10	1,00	3
	8a	A-8	0,30	0,55	0,15	1,00	15
	9a	A-9	0,39	0,60	0,01	1,00	4
	10a	A-10	0,30	0,65	0,05	1,00	7

TABLA 6

Clasificación	Símbolos de sustrato	Capa de revestimiento dura				Espesor de capa designado (µm)	
		Composición designada (relación atómica)					
		Ti	Al	Zr	N		
Elemento de inserción revestido convencional	1b	B-1	0,44	0,55	0,01	1,00	15
	2b	B-2	0,30	0,65	0,05	1,00	8
	3b	B-3	0,45	0,45	0,10	1,00	6
	4b	B-4	0,35	0,50	0,15	1,00	10
	5b	B-5	0,30	0,60	0,10	1,00	1
	6b	B-6	0,40	0,55	0,05	1,00	4

TABLA 7

Clasificación	Anchura de desgaste del flanco (mm)		Resultados de los ensayos de corte	
	Corte a alta velocidad y continuo de acero aleado con gran profundidad de corte	Corte a alta velocidad e interrumpido de acero aleado con gran alimentación	Corte a alta velocidad y continuo de acero aleado con gran profundidad de corte	Corte a alta velocidad y continuo de fundición con gran profundidad de corte
1A	0,23	0,19	0,18	1a
2A	0,18	0,15	0,13	2a
3A	0,28	0,26	0,25	3a
4A	0,16	0,14	0,11	4a
5A	0,22	0,20	0,17	5a
6A	0,14	0,12	0,09	6a
7A	0,26	0,24	0,23	7a
8A	0,12	0,10	0,08	8a
9A	0,23	0,20	0,20	9a

Elemento de inserción revestido convencional

Elemento de inserción revestido de la invención

Clasificación	Anchura de desgaste del flanco (mm)		Clasificación	Resultados de los ensayos de corte	
	Corte a alta velocidad y continuo de acero aleado con gran profundidad de corte	Corte a alta velocidad e interrumpido de acero aleado con gran alimentación		Corte a alta velocidad y continuo de acero aleado con gran profundidad de corte	Corte a alta velocidad e interrumpido de acero aleado con gran alimentación
10A	0,19	0,18	10a	El final de la vida de la herramienta fue a los 3,0 minutos	El final de la vida de la herramienta fue a los 3,1 minutos
1B	0,11	0,10	1b	El final de la vida de la herramienta fue a los 1,4 minutos	El final de la vida de la herramienta fue a los 0,5 minutos
2B	0,19	0,18	2b	El final de la vida de la herramienta fue a los 2,7 minutos	El final de la vida de la herramienta fue a los 1,7 minutos
3B	0,21	0,21	3b	El final de la vida de la herramienta fue a los 3,1 minutos	El final de la vida de la herramienta fue a los 2,0 minutos
4B	0,16	0,17	4b	El final de la vida de la herramienta fue a los 2,1 minutos	El final de la vida de la herramienta fue a los 1,5 minutos
5B	0,27	0,26	5b	El final de la vida de la herramienta fue a los 3,9 minutos	El final de la vida de la herramienta fue a los 3,3 minutos
6B	0,25	0,23	6b	El final de la vida de la herramienta fue a los 3,4 minutos	El final de la vida de la herramienta fue a los 2,9 minutos

(En la TABLA, el final de la vida de la herramienta se alcanzó debido al desconchado del borde de corte)

Ejemplo 2

Se prepararon los ingredientes en polvo, es decir, polvo grueso medio de WC que tiene un tamaño de grano promedio de 5,5 μm , polvo fino de WC que tiene un tamaño de grano promedio de 0,8 μm , polvo de TaC que tiene un tamaño de grano promedio de 1,3 μm , polvo de NbC que tiene un tamaño de grano promedio de 1,2 μm , polvo de ZrC que tiene un tamaño de grano promedio de 1,2 μm , polvo de Cr_3C_2 que tiene un tamaño de grano promedio de 2,3 μm , polvo de VC que tiene un tamaño de grano promedio de 1,5 μm , polvo de (Ti, W)C que tiene un tamaño de grano promedio de 1,0 μm y polvo de Co que tiene un tamaño de grano promedio de 1,8 μm . Los ingredientes en polvo se combinaron de acuerdo con las relaciones de combinación mostradas en la TABLA 8, se mezclaron en acetona después de añadir cera durante 50 horas usando un molino de bolas, se sometieron a secado al vacío, y se compactaron a una presión de 100 MPa tal como para obtener diversos compactos verdes que tenían formas predeterminadas. Los compactos verdes se mantuvieron en un vacío de 6 Pa mientras se aumentaba la temperatura de 1370 °C a 1470 °C a una velocidad de aumento de temperatura de 7 °C/min, se mantuvieron posteriormente a esta temperatura durante 1 hora, y se enfriaron en el horno tal como para sinterizarse y obtener así barras redondas sinterizadas para formar tres tipos de sustratos duros, teniendo cada tipo uno de los diámetros de 8 mm, 13 mm y 26 mm. Los tres tipos de sustratos duros se sometieron a amolado para obtener sustratos duros (fresa radial) C-1 a C-8, cada uno de los cuales es una fresa radial de tipo cuadrado que tiene cuatro bordes de corte con un ángulo de giro de 30°, estando definidos dimensionalmente los bordes de corte de los mismos por una de las combinaciones de diámetro y longitud (diámetro \times longitud), es decir, uno de 6 mm \times 13 mm, 10 mm \times 22 mm y 20 mm \times 45 mm, como se muestra en la TABLA 8.

A continuación, los sustratos duros (fresa radial) C-1 a C-8 se sometieron a limpieza ultrasónica en acetona, y después los sustratos duros C-1 a C-8 se secaron, y se montaron en el aparato de metalizado con iones por arco mostrado en las Figuras 1A y 1B, y después, en las mismas condiciones que en el Ejemplo 1, se formó una capa de revestimiento dura, que tenía un perfil de composición de componentes en el que los puntos que contienen Al máximo y los puntos que contienen Al mínimo que tienen una composición designada mostrada en la TABLA 9 aparecen de forma alternativa y repetida a un intervalo designado también mostrado en la TABLA 9 en la dirección del espesor, y la cantidad de componente Al contenido varía continuamente de los puntos que contienen Al máximo a los puntos que contienen Al mínimo y de los puntos que contienen Al mínimo a los puntos que contienen Al máximo, y que tenía un espesor de capa global designado también mostrado en la TABLA 9, por un método de deposición en fase vapor y, de esta manera, se fabricaron las fresas radiales de metal duro revestidas en superficie 1C a 8C de la presente invención (denominadas en lo sucesivo en este documento como fresas radiales revestidas de la presente invención), como las herramientas de corte revestidas de la presente invención,.

Para fines de comparación, las superficies de los sustratos duros (fresas radiales) C-1 a C-8 se sometieron a limpieza ultrasónica en acetona, y después los sustratos duros C-1 a C-8 se secaron, y se montaron en un aparato de metalizado con iones por arco mostrado en la Figura 2. En las mismas condiciones que en el Ejemplo 1, se formó una capa de revestimiento dura que tenía una composición designada y un espesor de capa designado mostrados en la TABLA 10 y que incluía una capa de (Ti, Al, Zr)N, en la que la composición era sustancialmente constante en la dirección del espesor de la capa, por un método de deposición en fase vapor y, de esta manera, se fabricaron las fresas radiales de metal duro revestidas en superficie convencionales 1c a 8c (denominadas en lo sucesivo en este documento fresas radiales revestidas convencionales), como las herramientas de corte revestidas convencionales.

A continuación, entre las fresas radiales revestidas 1C a 8C de la presente invención y las fresas radiales revestidas convencionales 1c a 8c, las fresas radiales revestidas 1C a 3C de la presente invención y las fresas radiales revestidas convencionales 1c a 3c se sometieron a ensayos de fresado lateral en húmedo y a alta velocidad con una gran profundidad de corte en los que se mecanizaron piezas de trabajo de fundición en las siguientes condiciones, pieza de trabajo: una placa de FC300 definida en la norma JIS que tiene un tamaño plano de 100 mm \times 250 mm y un espesor de 50 mm,

velocidad de corte: 320 m/min,
 profundidad de corte en la dirección axial: 10 mm,
 profundidad de corte en la dirección radial: 1,8 mm y
 alimentación del plato: 210 mm/min.

Las fresas radiales revestidas 4C a 6C de la presente invención y las fresas radiales revestidas convencionales 4c a 6c se sometieron a ensayos de fresado lateral en húmedo y a alta velocidad con una gran profundidad de corte, en los que se mecanizaron piezas de trabajo de acero aleado en las siguientes condiciones, pieza de trabajo: una placa de SCM440 definida en la norma JIS que tiene un tamaño plano de 100 mm \times 250 mm y un espesor de 50 mm,

velocidad de corte: 300 m/min,
 profundidad de corte en la dirección axial: 18 mm,
 profundidad de corte en la dirección radial: 3 mm y
 alimentación del plato: 195 mm/min.

Las fresas radiales revestidas 7C y 8C de la presente invención y las fresas radiales revestidas convencionales 7c y

ES 2 552 056 T3

8c se sometieron a ensayos de fresado lateral en húmedo y alta velocidad con una gran profundidad de corte, en los que se mecanizaron piezas de trabajo de acero aleado en las siguientes condiciones,

pieza de trabajo: una placa de SNCM439 definida en la norma JIS que tiene un tamaño plano de 100 mm × 250 mm y un espesor de 50 mm,

- 5 velocidad de corte: 290 m/min,
 profundidad de corte en la dirección axial: 40 mm,
 profundidad de corte en la dirección radial: 6 mm y
 alimentación del plato: 100 mm/min.

- 10 En cada uno de los ensayos de fresado lateral en húmedo (en los que se usó un fluido de corte miscible con agua), se realizó una operación de fresado hasta que la anchura de desgaste del flanco de la porción del borde de corte alcanzó 0,1 mm, lo que indica el final de la vida de la herramienta, y se midió la longitud del surco cortado. Los resultados del ensayo se muestran en las TABLAS 9 y 10

15 TABLA 8

Clasificación	Relación de combinación (% p)								Diámetro × longitud del borde de corte (mm)	
	Co	(Ti,W)C	TaC	NbC	ZrC	Cr ₃ C ₂	VC	WC		
	C-1	12	-	-	-	-	0,8	-	Grano fino: Resto	6 × 13
	C-2	10	-	-	-	-	0,4	0,4	Grano fino: Resto	6 × 13
	C-3	8,5	10	10	7	-	-	-	Grano grueso medio: Resto	6 × 13
Sustrato (fresa radial)	C-4	10	-	-	-	-	0,5	-	Grano fino: Resto	10 × 22
	C-5	9	8	9	1	1	-	-	Grano grueso medio: Resto	10 × 22
	C-6	6	-	1	-	-	-	-	Grano fino: Resto	10 × 22
	C-7	11	-	-	-	-	1	-	Grano fino: Resto	20 × 45
	C-8	8	5	1	5	5	-	-	Grano grueso medio: Resto	20 × 45

TABLA 9
Capa de revestimiento dura

Clasificación	Símbolos de sustrato	Puntos que contienen Al										Longitud del surco cortado (m)	
		máximo					mínimo						
		Composición designada (relación atómica)		Composición designada (relación atómica)			Distancia designada entre dos puntos (µm)		Espesor de la capa global designado (µm)				
Ti	Al	Zr	N	Ti	Al	Zr	N						
	1c	0,30	0,65	0,05	1,00	0,75	0,20	0,05	1,00	0,01		1	89
	2c	0,35	0,55	0,10	1,00	0,60	0,30	0,10	1,00	0,03		3	103
	3c	0,40	0,45	0,15	1,00	0,59	0,40	0,01	1,00	0,07		4	110
Fresa radial revestida de la presente invención	4c	0,39	0,60	0,01	1,00	0,70	0,25	0,05	1,00	0,10		6	60
	5c	0,35	0,55	0,10	1,00	0,75	0,15	0,10	1,00	0,08		8	69
	6c	0,45	0,50	0,05	1,00	0,50	0,35	0,15	1,00	0,06		10	74
	7c	0,35	0,60	0,05	1,00	0,65	0,25	0,10	1,00	0,04		12	66
	8c	0,40	0,50	0,10	1,00	0,60	0,35	0,05	1,00	0,02		15	73

TABLA 10

Clasificación	Símbolos de sustrato	Capa de revestimiento dura					Espesor de la capa global designado (µm)	Longitud del surco cortado (m)
		Composición designada (relación atómica)						
		Ti	Al	Zr	N			
Fresa radial revestida convencional	1c	C-1	0,30	0,65	0,05	1,00	1	El final de la vida de la herramienta fue a los 36 m
	2c	C-2	0,35	0,55	0,10	1,00	3	El final de la vida de la herramienta fue a los 42 m
	3c	C-3	0,40	0,45	1,15	1,00	4	El final de la vida de la herramienta fue a los 45 m
	4c	C-4	0,39	0,60	0,01	1,00	6	El final de la vida de la herramienta fue a los 23 m
	5c	C-5	0,35	0,55	0,10	1,00	8	El final de la vida de la herramienta fue a los 22 m
	6c	C-6	0,45	0,50	0,05	1,00	10	El final de la vida de la herramienta fue a los 18 m
	7c	C-7	0,35	0,60	0,05	1,00	12	El final de la vida de la herramienta fue a los 15 m
	8c	C-8	0,40	0,50	0,10	1,00	15	El final de la vida de la herramienta fue a los 11 m

(En la TABLA, el final de la vida de la herramienta se alcanzó debido al desconchado en el borde de corte)

Ejemplo 3

5 Los tres tipos de barras redondas sinterizadas, es decir, las barras redondas que tienen un diámetro de 8 mm (para formar los sustratos duros C-1 a C-3), las barras redondas que tienen un diámetro de 13 mm (para formar los sustratos duros C-4 a C-6), y las barras redondas que tienen un diámetro de 26 mm (para formar los sustratos duros C-7 y C-8), fabricadas en el Ejemplo 2 se sometieron a amolado tal como para obtener sustratos duros (taladros) D-1 a D-8, cada uno de los cuales tiene dos bordes de corte con un ángulo de torsión de 30° y, más específicamente, para obtener sustratos duros D-1 a D-3 que tienen un tamaño de porción aflautado de 4 mm × 13 mm (diámetro × longitud), sustratos duros D-4 a D-6 que tienen un tamaño de porción aflautado de 8 mm × 22 mm, y sustratos duros D-7 y D-8 que tienen un tamaño de porción aflautado de 16 mm × 45 mm.

15 A continuación, se aplicaron procesos de esmerilado a los bordes de corte de los sustratos duros (taladros) D-1 a D-8, los sustratos duros D-1 a D-8 se sometieron a limpieza ultrasónica en acetona, se secaron, y se montaron en un aparato de metalizado con iones por arco mostrado en las Figuras 1 A y 1B, y después, en las mismas condiciones que en el Ejemplo 1, se formó una capa de revestimiento dura, que tenía un perfil de composición de componentes en el que los puntos que contienen Al máximo y los puntos que contienen Al mínimo que tienen composición designada mostrada en la TABLA 11 aparecen de forma alterna y repetida en el intervalo designado también mostrado en la TABLA 11 en la dirección del espesor, y la cantidad de componente Al contenido varía continuamente de los puntos que contienen Al máximo a los puntos que contienen Al mínimo y de los puntos que contienen Al mínimo a los puntos que contienen Al máximo, y que tenía un espesor de capa global designado también mostrado en la TABLA 11, por un método de deposición en fase vapor y, de esta manera, se fabricaron los taladros de metal duro revestidos en superficie 1D a 8D de la presente invención (denominados en lo sucesivo en este momento taladros revestidos de la presente invención), como las herramientas de corte revestidas de la presente invención.

30 Para fines de comparación, se aplicaron procesos de esmerilado a las superficies de los sustratos duros (taladros) D-1 a D-8, los sustratos duros D-1 a D-8 se sometieron a limpieza ultrasónica en acetona, y después los sustratos duros D-1 a D-8 se secaron, y se montaron en un aparato de metalizado con iones por arco convencional mostrado en la Figura 2. En las mismas condiciones que en el Ejemplo 1, se formó una capa de revestimiento dura, que tenía una composición designada y un espesor de capa designado mostrado en la TABLA 12, y que incluía una capa de (Ti, Al, Zr)N en la que la composición era sustancialmente constante en la dirección del espesor de la capa, por un método de deposición en fase vapor y, de esta manera, se fabricaron los taladros de metal duros revestidas en superficie convencionales 1d a 8d (denominados en lo sucesivo en este documento taladros revestidos convencionales), como las herramientas de corte revestidas convencionales.

40 A continuación, entre los taladros revestidos 1D a 8D de la presente invención y los taladros revestidos convencionales 1d a 8d, los taladros revestidos 1D a 3D de la presente invención y los taladros revestidos convencionales 1d a 3d se sometieron a ensayos de perforación en húmedo y alta velocidad con una gran profundidad de corte, en los que se mecanizaron piezas de trabajo de fundición en las siguientes condiciones, pieza de trabajo: una placa de FC300 definida en la norma JIS que tiene un tamaño plano de 100 mm × 250 mm y un espesor de 50 mm, velocidad de corte: 200 m/min,

alimentación: 0,5 mm/rev y
profundidad de orificio: 10 mm.

- 5 Los taladros revestidos 4D a 6D de la presente invención y los taladros revestidos convencionales 4d a 6d se sometieron a ensayos de perforación en húmedo a alta velocidad con una gran profundidad de corte, en los que se mecanizaron piezas de trabajo de acero aleado en las siguientes condiciones,
pieza de trabajo: una placa de SCM440 definida en la norma JIS que tiene un tamaño plano de 100 mm × 250 mm y un espesor de 50 mm,
velocidad de corte: 175 m/min,
10 alimentación: 0,4 mm/rev y
profundidad de orificio: 1,5 mm.

- 15 Los taladros de metal duro revestidos 7D y 8D de la presente invención y los taladros de metal duro revestidos convencionales 7d y 8d se sometieron a ensayos de perforación en húmedo a alta velocidad con una gran profundidad de corte, en los que se mecanizaron piezas de trabajo de acero aleado en las siguientes condiciones,
pieza de trabajo: una placa de SNCM439 definida en la norma JIS que tiene un tamaño plano de 100 mm × 250 mm y un espesor de 50 mm,
velocidad de corte: 175 m/min,
20 alimentación: 0,5 mm/rev y
profundidad de orificio: 30 mm.

- 25 En cada uno de los ensayos de fresado en húmedo y alta velocidad con una gran profundidad de corte (en los que se usó un fluido de corte miscible en agua), se formaron orificios hasta que la anchura de desgaste del flanco del borde de corte de la porción de punta alcanzó 0,3 mm, y se contó el número de orificios. Los resultados del ensayo se muestran en las TABLAS 11 y 12.

TABLA 11

Clasificación	Símbolos de sustrato	Capa de revestimiento dura											Número de orificios perforados
		Puntos que contienen Al		Puntos que contienen Al		Distancia designada entre dos puntos (µm)	Espesor de la capa global designado (µm)	Composición designada (relación atómica)					
		máximo	mínimo	Composición designada (relación atómica)									
		Ti	Al	Zr	N	Ti	Al	Zr	N				
1D	D-1	0,30	0,55	0,15	1,00	0,60	0,35	0,05	1,00	0,03	4	1349	
2D	D-2	0,45	0,45	0,10	1,00	0,75	0,15	0,10	1,00	0,01	3	1184	
3D	D-3	0,34	0,65	0,01	1,00	0,55	0,30	0,15	1,00	0,08	1	903	
4D	D-4	0,40	0,55	0,05	1,00	0,59	0,40	0,01	1,00	0,06	6	1086	
5D	D-5	0,30	0,60	0,10	1,00	0,75	0,20	0,05	1,00	0,10	10	1435	
6D	D-6	0,35	0,50	0,15	1,00	0,65	0,25	0,10	1,00	0,02	8	1242	
7D	D-7	0,40	0,55	0,05	1,00	0,65	0,20	0,15	1,00	0,07	12	698	
8D	D-8	0,30	0,60	0,10	1,00	0,65	0,30	0,05	1,00	0,04	15	866	

Taladro revestido de la presente invención

TABLA 12

Clasificación	Símbolos de sustrato	Capa de revestimiento dura					Espesor de la capa designada (μm)	Número de orificios perforados
		Composición designada (relación atómica)						
		Ti	Al	Zr	N			
Taladro revestido convencional	1d	D-1	0,30	0,55	0,15	1,00	4	El final de la vida de la herramienta fue a los 384 orificios
	2d	D-2	0,45	0,45	0,10	1,00	3	El final de la vida de la herramienta fue a los 416 orificios
	3d	D-3	0,34	0,65	0,01	1,00	1	El final de la vida de la herramienta fue a los 465 orificios
	4d	D-4	0,40	0,55	0,05	1,00	6	El final de la vida de la herramienta fue a los 552 orificios
	5d	D-5	0,30	0,60	0,10	1,00	10	El final de la vida de la herramienta fue a los 361 orificios
	6d	D-6	0,35	0,50	0,15	1,00	8	El final de la vida de la herramienta fue a los 433 orificios
	7d	D-7	0,40	0,55	0,05	1,00	12	El final de la vida de la herramienta fue a los 295 orificios
	8d	D-8	0,30	0,60	0,10	1,00	15	El final de la vida de la herramienta fue a los 180 orificios

(En la TABLA, el final de la vida de la herramienta se alcanzó debido al desconchado en el borde de corte)

5 Las composiciones de los puntos que contienen Al máximo y los puntos que contienen Al mínimo de las capas de revestimiento duras que se incluyeron en las herramientas de corte revestidas de la presente invención, es decir, en los elementos de inserción revestidos 1A a 8A y 1B a 6B de la presente invención, en las fresas radiales revestidas 1C a 8C de la presente invención, y en los taladros revestidos 1D a 8D, y las composiciones de las capas de revestimiento duras que se incluyeron en las herramientas de corte revestidas convencionales, es decir, en los elementos de inserción revestidos convencionales 1a a 8a y 1b a 6b, en las fresas radiales revestidas convencionales 1c a 8c, en los taladros revestidos convencionales 1d a 8d, se analizaron usando un analizador espectroscópico de electrones Auger, y se confirmó que las composiciones eran sustancialmente iguales a las composiciones designadas, respectivamente.

10 Además, las distancias entre los puntos que contienen Al máximo y los puntos que contienen Al mínimo, y el espesor global de las capas de revestimiento duras de las herramientas de corte revestidas de la presente invención, y los espesores globales de las capas de revestimiento duras de las herramientas de corte revestidas convencionales se midieron usando un microscopio electrónico de barrido, y se confirmó que las distancias y espesores eran sustancialmente iguales que los designados, respectivamente.

20 De acuerdo con los resultados mostrados en las TABLAS 3 a 12, es evidente que las herramientas de corte revestidas de la presente invención, que incluyen la capa de revestimiento dura que tiene un perfil de composición de componentes en la que los puntos que contienen Al máximo, que presentan una dureza a alta temperatura, resistencia al calor, y resistencia a alta temperatura deseadas, y los puntos que contienen Al mínimo, que presentan una resistencia y tenacidad relativamente superiores, aparecen de forma alterna y repetida a un intervalo predeterminado en una dirección de espesor de la capa de revestimiento dura, y la cantidad de componente de Al contenido varía continuamente de los puntos que contienen Al máximo a los puntos que contienen Al mínimo, y de los puntos que contienen Al mínimo a los puntos que contienen Al máximo, presentando una resistencia al desconchado superior durante las operaciones de corte a alta velocidad para diversas clases de aceros y fundiciones en condiciones de corte severas, tal como con una gran profundidad de corte o una gran alimentación, en las que ocurre un gran impacto mecánico y, en contraste, las herramientas de corte revestidas convencionales, en las que la capa de revestimiento dura es una capa de (Ti, Al, Zr)N en la que la composición es sustancialmente constante a la dirección del espesor de la capa, presenta desconchado del borde de corte y una vida de herramienta relativamente corta durante las operaciones de corte a alta velocidad en condiciones de corte severas debido a una resistencia y tenacidad insuficientes de la capa de revestimiento dura.

35

Aplicabilidad industrial

5 Como se ha explicado anteriormente, debido a que las herramientas de corte revestidas de la presente invención presentan una resistencia al desconchado superior, no solo durante las operaciones de corte a alta velocidad en condiciones normales, sino también durante las operaciones de corte a alta velocidad, en particular, para diversas clases de aceros y fundiciones en condiciones severas, tal como con una gran profundidad de corte o una gran alimentación, y presentan una resistencia al desgaste superior a largo plazo, las herramientas de corte revestidas de la presente invención pueden satisfacer suficientemente las demandas de menor potencia, menor energía y menor coste en las operaciones de corte.

10

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un miembro de herramientas de corte revestida cuya capa de revestimiento dura presenta una resistencia al desconchado superior durante una operación de corte a alta velocidad y severa, comprendiendo el miembro de herramienta de corte revestida:
- un sustrato duro; y
 una capa de revestimiento dura de un compuesto de nitruro que contiene Ti, Al y Zr, que se forma sobre una superficie del sustrato duro usando un método de deposición física en fase vapor a un espesor promedio global de 1 a 15 μm , en el que la capa de revestimiento dura tiene un perfil de composición de componentes en el que los puntos que contienen Al máximo y los puntos que contienen Al mínimo aparecen de forma alterna y repetida a un intervalo predeterminado en una dirección del espesor de la capa de revestimiento dura, y la cantidad de componente Al contenido varía continuamente de los puntos que contienen Al máximo a los puntos que contienen Al mínimo y de los puntos que contienen Al mínimo a los puntos que contienen Al máximo,
 10 los puntos que contienen Al máximo satisfacen una fórmula de composición de $(\text{Ti}_{1-(X+Y)}\text{Al}_X\text{Zr}_Y)\text{N}$, donde X indica una relación atómica de 0,45 a 0,65, e Y indica una relación atómica de 0,01 a 0,15, y los puntos que contienen Al mínimo satisfacen una fórmula de composición de $(\text{Ti}_{1-(X+Y)}\text{Al}_X\text{Zr}_Y)\text{N}$, donde X indica una relación atómica de 0,15 a 0,40, e Y indica una relación atómica de 0,01 a 0,15, y
 15 una distancia entre uno de los puntos que contienen Al máximo y uno adyacente de los puntos que contienen Al mínimo es de 0,01 a 0,1 μm .
2. El miembro de herramienta de corte revestida de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el sustrato duro está fabricado de un metal duro basado en carburo de wolframio.
- 25 3. El miembro de herramienta de corte revestida de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que el sustrato duro está fabricado de un cermet basado en carbonitruro de titanio.
4. El miembro de herramienta de corte revestida de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el sustrato duro está fabricado de un material sinterizado basado en nitruro de boro cúbico.
- 30 5. Un método para formar una capa de revestimiento dura que presenta una resistencia al desconchado superior durante una operación de corte a alta velocidad y severa sobre una superficie de un sustrato de la herramienta de corte, comprendiendo el método:
- 35 montar el sustrato de la herramienta de corte sobre un plato giratorio alojado en un aparato de metalizado con iones por arco en una posición radialmente alejada de un eje central del plato giratorio, de manera que gira alrededor de un eje del sustrato de la herramienta de corte;
 producir una atmósfera de gas nitrógeno como la atmósfera de reacción en el aparato de metalizado con iones por arco; y
 40 generar una descarga por arco entre un electrodo de cátodo de una pieza de aleación de Ti-Al-Zr para formar puntos que contienen Al máximo y un electrodo de ánodo, y entre otro electrodo de cátodo de una pieza de aleación de Ti-Al-Zr para formar puntos que contienen Al mínimo, que están dispuestos de manera que se enfrentan al otro electrodo de cátodo con respecto al plato giratorio, y otro electrodo de ánodo, de manera que se forma una capa de revestimiento dura de un compuesto de nitruro que contiene Ti, Al y Zr que tiene un espesor promedio global de 1 a 15 μm , por un método de deposición física en fase vapor, sobre las superficies del sustrato de la herramienta de corte que se está girando mientras gira sobre el plato giratorio alrededor de un eje del sustrato de la herramienta de corte, en el que
 la capa de revestimiento dura tiene un perfil de composición de componentes en el que los puntos que contienen Al máximo y los puntos de contienen Al mínimo aparecen de forma alternativa y repetida a un intervalo predeterminado en una dirección del espesor de la capa de revestimiento dura, y la cantidad de componente Al contenido varía continuamente de los puntos que contienen Al máximo a los puntos que contienen Al mínimo y de los puntos que contienen Al mínimo a los puntos que contienen Al máximo,
 50 los puntos que contienen Al máximo satisfacen una composición formada de $(\text{Ti}_{1-(X+Y)}\text{Al}_X\text{Zr}_Y)\text{N}$, donde X indica una relación atómica de 0,45 a 0,65, e Y indica una relación atómica de 0,01 a 0,15, y los puntos que contienen Al mínimo satisfacen una fórmula de composición de $(\text{Ti}_{1-(X+Y)}\text{Al}_X\text{Zr}_Y)\text{N}$, donde X indica una relación atómica de 0,15 a 0,40, e Y indica una relación atómica de 0,01 a 0,15, y
 55 una distancia entre uno de los puntos que contienen Al máximo y uno adyacente de los puntos que contienen a Al mínimo es de 0,01 a 0,1 μm .
- 60 6. El método para formar una capa de revestimiento dura de acuerdo con la reivindicación 5, en el que el sustrato duro está fabricado de metal duro basado en carburo de wolframio.
7. El método para formar una capa de revestimiento dura de acuerdo con la reivindicación 5, en el que el sustrato duro está fabricado de un cermet basado en carbonitruro de titanio.
- 65

8. El método para formar una capa de revestimiento dura de acuerdo con la reivindicación 5, en el que el sustrato duro está fabricado de un material sinterizado basado en nitruro de boro cúbico.

FIG. 1A

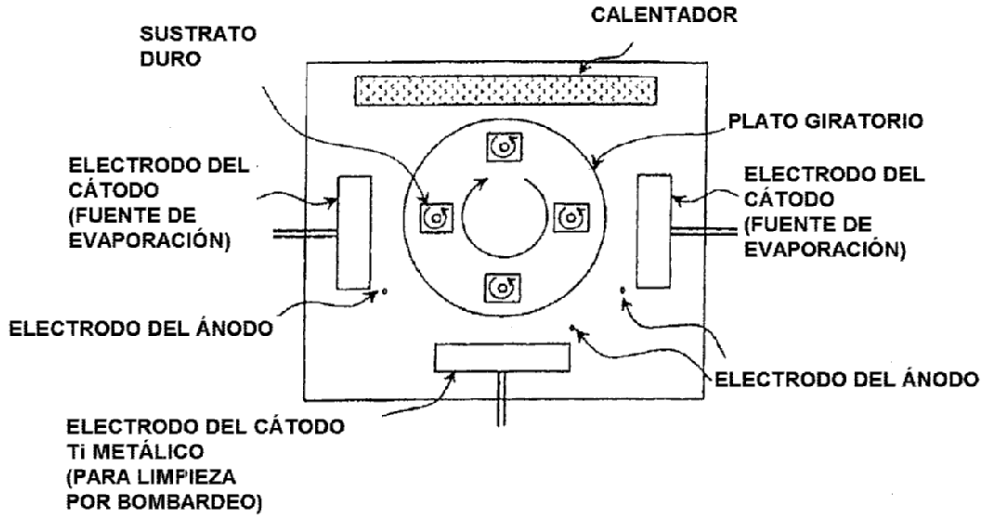


FIG. 1B

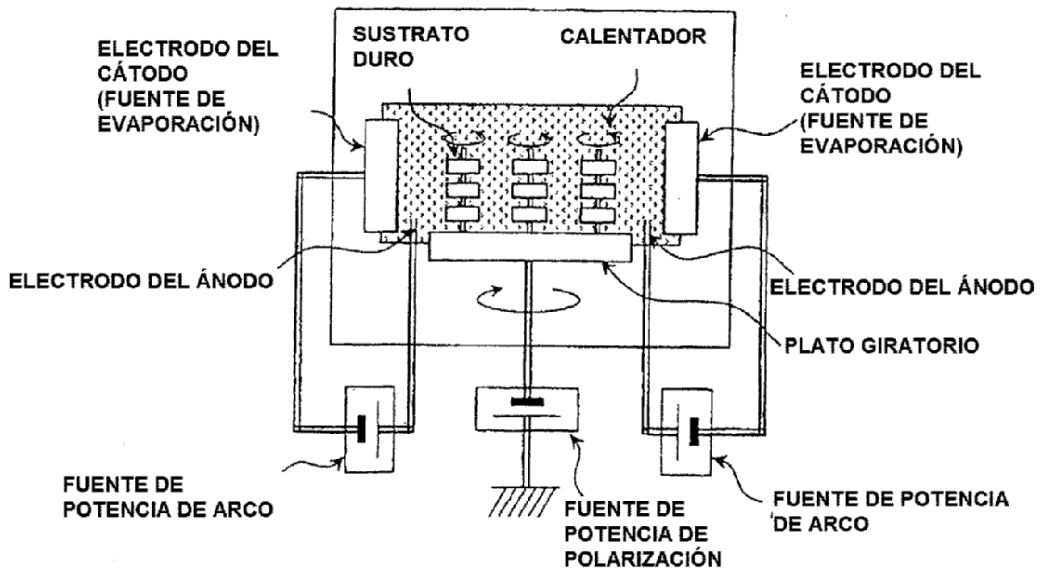


FIG. 2

