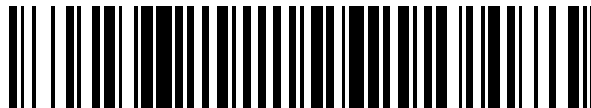


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 402 166**

51 Int. Cl.:

**C23C 30/00** (2006.01)

**C23C 16/40** (2006.01)

**C23C 16/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.12.2008 E 08172909 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.02.2013 EP 2085500**

54 Título: **Herramienta con recubrimiento de superficie de corte con capa dura de revestimiento que tiene una resistencia excelente a la abrasión**

30 Prioridad:

**28.12.2007 JP 2007338865**

**19.06.2008 JP 2008160053**

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

**29.04.2013**

73 Titular/es:

**MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION  
(100.0%)  
5-1, OTEMACHI 1-CHOME CHIYODA-KU  
TOKYO, JP**

72 Inventor/es:

**TOMITA, KOUHEI;  
NISHIYAMA, MICHIASU;  
OSADA, AKIRA y  
NAKAMURA, EIJI**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 402 166 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

Herramienta con recubrimiento de superficie de corte con capa dura de revestimiento que tiene una resistencia excelente a la abrasión.

**Antecedentes de la invención.**5 **Campo de la invención.**

La presente invención se refiere a una herramienta de corte revestida en su superficie (denominada en lo que sigue herramienta revestida) cuya capa dura de revestimiento presenta una excelente resistencia a la abrasión durante un tiempo prolongado sin que se formen esquirlas en la misma durante un corte potente a alta velocidad de acero, hierro fundido, etc. en el que se emite calor a alta temperatura y se aplica una carga pesada a los bordes de corte.

10 La solicitud de patente japonesa nº. 2007-338865, presentada el 28 de diciembre de 2007 y la solicitud de patente japonesa nº. 2008-160053, presentada el 19 de junio de 2008 reivindican prioridad.

**Descripción de la técnica relacionada.**

15 En el pasado se conocía una herramienta revestida que generalmente estaba formada por revestimiento de la superficie de un sustrato (en lo que sigue, generalmente denominado sustrato de herramienta) hecho de carburo cementado basado en carburo de wolframio (en lo que sigue, denominado WC) o cermet basado en carbonitruro de titanio (en lo que sigue denominado TiCN) con una capa de revestimiento dura que incluye una capa componente de Ti como capa inferior y una capa de  $Al_2O_3$  de tipo  $\alpha$  como capa superior. En la herramienta revestida se irradian con haces de electrones los granos cristalinos individuales existentes dentro de un intervalo mensurable de una superficie pulida, usando un microscopio electrónico de barrido de emisión de campo y un dispositivo de imagen de difracción por redispersión de electrones para medir ángulos formados por líneas normales de caras de redes cristalinas con redes cristalinas hexagonales y la línea normal de la superficie pulida. Se calcula una relación de orientación cristalográfica entre las redes cristalinas adyacentes a partir del resultado de la medición, y se calcula una distribución de puntos reticulares (que constituyen puntos del retículo covalente de átomos) en la que átomos constitutivos de una interfaz comparten un átomo constitutivo entre los granos cristalinos. Cuando un tipo puntual de red de átomos covalentes en la que N puntos reticulares que no comparten el átomo constitutivo existe entre los puntos de la red de átomos covalentes constitutivos (siendo N un número par de 2 o más a la vista de una estructura cristalina de cristal de empaquetamiento denso hexagonal del tipo corundum, pero no incluye números pares 4, 8, 14, 24 y 26 cuando el límite superior de N se fija en 28 a la vista del indicador de frecuencia) se expresa como  $\Sigma N+1$ , la capa superior se forma de una capa de  $Al_2O_3$  de tipo  $\alpha$  en la que el pico existe a  $\Sigma 3$  en un gráfico de distribución de puntos reticulares de átomos covalentes constitutivos que indica una relación de distribución de  $\Sigma N+1$  individual al  $\Sigma N+1$  total y que satisface el gráfico de distribución de puntos reticulares de átomos covalentes constitutivos, del que la relación de distribución de  $\Sigma 3$  individual a  $\Sigma N+1$  total es de 60% a 80%. Es sabido que la herramienta revestida exhibe una resistencia excelente a la abrasión en un proceso de corte intermitente a alta velocidad.

25 Es también conocida una herramienta revestida (denominada en lo que sigue "herramienta revestida convencional") en la que la capa superior de la misma está formada por una capa de  $(Al,Zr)_2O_3$  de tipo  $\alpha$  (en lo que sigue, denominada "capa de AlZrO convencional") que contiene una pequeña cantidad de Zr. También se sabe que la herramienta revestida convencional exhibe una excelente resistencia a la formación de esquirlas en la misma en un proceso de corte intermitente a alta velocidad, análogamente a la herramienta revestida antes mencionada.

40 Tal herramienta revestida convencional se considera en el documento JP-A-2006-198735 y JP-A-2006-289557.

A lo largo de los últimos años se ha intensificado notablemente el comportamiento de un dispositivo de corte y se ha aumentado la demanda de ahorro de costes de trabajo y de energía en un trabajo de corte así como la reducción de costes. Consecuentemente, el trabajo de corte se realiza más frecuentemente a una alta velocidad. La capa superior de la herramienta revestida convencional tiene una excelente resistencia a alta temperatura y excelente resistencia al impacto. Consecuentemente, cuando la herramienta revestida convencional se usa en trabajo de corte continuo o intermitente, es posible evitar la formación de esquirlas. Sin embargo, la capa de  $Al_2O_3$  de tipo  $\alpha$  y la capa de AlZrO convencional de la capa superior de la capa de revestimiento dura no satisfacen la resistencia a alta temperatura y las propiedades de la superficie. Consecuentemente, cuando la herramienta de corte convencional se usa en trabajo de corte potente en condiciones de mayor velocidad, fácilmente se producen esquirlas en la capa de revestimiento dura y también se produce fácilmente una deformación plástica y una abrasión no uniforme. Realmente, la resistencia a la abrasión se deteriora por estas razones, acortándose por ello la vida en servicio.

**Sumario de la invención.**

Desde el punto de vista antes mencionado, los inventores han realizado estudios sobre la estructura de la capa superior que presenta una excelente resistencia a la abrasión a lo largo de un uso prolongado sin que se formen esquirlas o rotura, o que se produzca un peladura en la capa de revestimiento dura en un trabajo de corte a alta velocidad, y han obtenido los resultados siguientes:

5

(a) en cuanto a la capa superior de la capa de AlZrO convencional de la herramienta de corte convencional, se formó una película de núcleo de óxido compuesto de Al-Zr (denominado en lo que sigue "núcleo de AlZrO") que satisface una expresión de la composición de  $(Al_{1-x}Zr_x)_2O_3$  (en la que X está en el intervalo de 0,003 a 0,05 en relación atómica) y que tenía un espesor medio de capa de 20 a 200 nm, (0,02 a 0,2  $\mu\text{m}$ ), sobre la superficie de la

10

- Composición del gas de reacción (en % de volumen)

$AlCl_3$ : 2,3 a 4%,  $ZrCl_4$ : 0,02 a 0,13%,  $CO_2$ : 1 a 5%, HCl: 1,5 a 3%,  $H_2S$ : 0,05 a 0,2% y  $H_2$ : hasta el total.

-Temperatura de la atmósfera de reacción: 750 a 900°C, y

15

-Presión en la atmósfera de reacción: 6 a 10 kPa. Posteriormente, en un estado en el que la película núcleo de AlZrO es caliente en condiciones en las que la atmósfera de calentamiento se cambia a atmósfera de  $H_2$  con una presión de 3 a 13 kPa y la temperatura de la atmósfera de calentamiento se cambia a 1100°C - 1200°C, se realiza un proceso de depósito de vapor como segunda etapa, en las condiciones siguientes:

-Composición del gas de reacción (en % de volumen)

20

$AlCl_3$ : 2,3 a 4%,  $ZrCl_4$ : 0,02 a 0,13%,  $CO_2$ : 3 a 8%, HCl: 1,5 a 3%,  $H_2S$ : 0,05 a 0,2% y  $H_2$ : hasta el total.

-Temperatura de la atmósfera de reacción: 1020 a 1050°C, y

-Presión en la atmósfera de reacción: 6 a 10 kPa.

Como resultado, se formó la capa de AlZrO convencional que tenía una composición en la que el contenido de Zr en los contenidos totales de Al y Zr está en el intervalo de 0,003 a 0,05 en relación atómica). Cuando se observa la

25

capa convencional de AlZrO con un microscopio electrónico de barrido de emisión, la capa convencional de AlZrO tiene una estructura que incluye granos cristalinos que tienen una forma poligonal en el plano perpendicular a la dirección del espesor, como se muestra en la Fig. 2A, y una forma alargada en la dirección del espesor con faltas de uniformidad piramidales en la superficie de la capa (denominadas en lo que sigue "forma no uniforme alargada poligonal") en el plano paralelo a la dirección del espesor, como se muestra en la Fig. 2B.

30

(b) Por otra parte, se realizó un primer proceso de depósito de vapor en la capa de compuesto de Ti como la capa inferior de la capa de revestimiento dura usando un aparato convencional de depósito químico de vapor en las condiciones de:

(1) Composición del gas de reacción (en % de volumen):

$AlCl_3$ : 1 a 5%,  $CO_2$ : 2 a 6%, HCl: 1 a 5%,  $H_2S$ : 0,25 a 0,75% y  $H_2$ : hasta el total;

35

(2) Temperatura de la atmósfera de reacción: 960 a 1010°C, y

(3) Presión en la atmósfera de reacción: 6 a 10 kPa. Posteriormente se realizó un segundo proceso de depósito en las condiciones de:

(1) Composición del gas de reacción (en % de volumen):

$AlCl_3$ : 6 a 10%,  $ZrCl_4$ : 0,6 a 1,2%,  $CO_2$ : 4 a 8%, HCl: 3 a 5%,  $H_2S$ : 0,25 a 0,6% y  $H_2$ : hasta el total;

40

(2) Temperatura de la atmósfera de reacción: 920 a 1000°C, y

(3) Presión en la atmósfera de reacción: 6 a 10 kPa. Como resultado, se formó la capa superior formada por una capa de óxido de aluminio de tipo  $\alpha$  (denominada en lo que sigue "capa de ALZrO reformada") que contenía Zr con un espesor de capa medio de 2 a 15  $\mu\text{m}$ . La capa de AlZrO reformada formada en las condiciones antes mencionadas tiene una composición en la que el contenido de Zr en los contenidos totales de Al y Zr de la capa está en el intervalo de 0,002 a 0,01 (en relación atómica).

45

(c) Se observó con un microscopio electrónico de emisión de campo la capa de AlZrO reformada. La capa de AlZrO tiene una estructura con granos cristalinos que tiene una forma poligonal con un tamaño de partícula grande en el plano perpendicular a la dirección del espesor como se muestra en la Fig. 1A y una forma alargada en la dirección del espesor con una superficie uniforme (en lo que sigue denominada "forma uniforme alargada poligonal") en el plano paralelo a la dirección del espesor como se muestra en la Fig. 1B.

En particular, en el depósito de vapor de la capa de AlZrO reformada, el proceso de depósito de vapor se realizó en condiciones más limitadas de depósito de vapor (por ejemplo, las condiciones en que el H<sub>2</sub>S contenido en el gas de reacción está en el intervalo de 0,50 a 0,75% en volumen y la temperatura de reacción está en el intervalo de 980 a 1000°C en la primera etapa, y las condiciones de que el ZrCl<sub>4</sub> contenido en el gas de reacción está en el intervalo de 0,6 a 0,9% en volumen, H<sub>2</sub>S contenido en el gas de reacción está en el intervalo de 0,25 a 0,4% en volumen, y la temperatura de la atmósfera de reacción está en el intervalo de 960 a 980°C en la segunda etapa). Como resultado, tal como se muestra en la Fig. 1C, los granos de cristal tienen una forma hexagonal uniforme con un tamaño de partícula grande en el plano perpendicular a la dirección del espesor. La capa superficial es casi uniforme y los granos de cristal tienen una forma alargada en la dirección del espesor como se muestra en la Fig. 1B en el plano paralelo al espesor. Se formó una estructura en la que tales granos cristalinos ocupan 35% o más del área total en el plano perpendicular a la dirección del espesor.

En la capa de AlZrO reformada, se irradiaron con haces de electrones los granos cristalinos individuales existentes dentro de un intervalo mensurable de una superficie pulida usando un microscopio electrónico de barrido de emisión de campo y un dispositivo de imagen por difracción de electrones con redispersión para medir ángulos formados por líneas normales de caras de retículo cristalino con redes de cristal hexagonal y la línea normal de la superficie pulida. Se calculó una relación de orientación cristalográfica entre las redes de cristales adyacentes a partir del resultado de la medición y se calculó una distribución de puntos reticulares (puntos de red covalentes de átomo constitutivo) en la que los átomos constitutivos de una interfaz de red cristalina comparten un átomo constitutivo entre los retículos cristalinos. Cuando un tipo puntual de red de átomos covalentes en los que N puntos reticulares que no comparten el átomo constitutivo existen entre los puntos de la red de átomos covalentes constitutivos (siendo N un número par de 2 o más a la vista de una estructura cristalina de cristal de empaquetamiento denso hexagonal del tipo corundum, pero no incluye números pares 4, 8, 14, 24 y 26 cuando el límite superior de N se fija en 28 a la vista del indicador de frecuencia) se expresa como  $\Sigma N+1$ , las caras interiores de los granos cristalinos que ocupan 60% o más como relación de área en los granos cristalinos alargados poligonales uniformes de la capa de AlZrO uniforme estaban divididas por al menos una interfaz de red cristalina (denominada en lo que sigue "interfaz de red de sitio de coincidencia  $\Sigma 3$ ") con el tipo de punto de red covalente de átomo constitutivo expresado por  $\Sigma 3$  como se muestra en la Fig. 3.

(d) En la capa superior formada de la capa de AlZrO reformada formada bajo las condiciones de depósito químico de vapor (denominada en lo que sigue "condición de la invención") de las etapas primera y segunda descritas en (b), la cara cristalina de la superficie tiene la misma orientación que la cara cristalina (por ejemplo, (0001)) en el plano perpendicular a la dirección del espesor. Consecuentemente, (visto en el plano paralelo a la dirección del espesor), la superficie de la capa tenía una forma de placa casi uniforme y presentaba una excelente resistencia frente a la formación de esquirlas debido a la estructura de la superficie. Dado que la resistencia de los granos cristalinos se puede intensificar debido a la existencia de la interfaz de la red del sitio de coincidencia  $\Sigma 3$  en los granos cristalinos que tienen la forma alargada poligonal uniforme, se obtuvieron una dureza a alta temperatura, una resistencia a alta temperatura y una estructura de la superficie más excelentes que las de la capa de AlZrO convencional de la herramienta revestida convencional. Como resultado, la capa de AlZrO reformada de acuerdo con la invención presenta una excelente resistencia a la abrasión durante un tiempo largo sin causar esquirlas, rotura y peladura durante un trabajo de corte potente a alta velocidad en el que se aplica una carga pesada a los bordes de corte con calor a alta temperatura.

La invención se ha logrado sobre la base de los resultados del estudio anterior.

(1) De acuerdo con un aspecto de la invención, se ha proporcionado una herramienta de corte con superficie revestida (herramienta revestida) formada revistiendo una superficie de un sustrato de herramienta hecho de carburo cementado basado en carburo de wolframio o cermet basado en carbonitruro de titanio con una capa de revestimiento dura que incluye las siguientes capas superior e inferior, (a) y (b), por depósito de vapor.

(a) como capa inferior, una capa de compuesto de titanio que tiene al menos una o varias de las siguientes capas, capa de carburo de titanio, capa de nitruro de titanio, capa de carbonitruro de titanio, capa de carbóxido de titanio y capa de oxicarbonitruro de titanio, con un espesor de capa total medio de 3 a 20  $\mu\text{m}$ , y

(b) como capa superior, una capa de óxido de aluminio que tiene una estructura de cristal de tipo  $\alpha$  y que contiene Zr con un espesor de capa medio de 2 a 15  $\mu\text{m}$ ,

en la que, cuando se examina la capa superior con un microscopio electrónico de barrido de emisión de campo, la capa superior tiene una estructura que incluye granos cristalinos que tienen una forma poligonal uniforme en un plano perpendicular a la dirección del espesor y una forma alargada en la dirección del espesor en un plano paralelo a la dirección del espesor, y

5 en la que, cuando los haces de electrones irradian los granos individuales que existen dentro de un intervalo mensurable de una superficie pulida usando el microscopio electrónico de barrido de emisión y un dispositivo de imagen de difracción de electrones con redispersión para medir ángulos formados por líneas normales de caras de red cristalina que incluyen redes cristalinas hexagonales y la línea normal de la superficie pulida, se calcula una orientación cristalográfica entre las redes de cristal adyacentes a partir del resultado de la medición, se calcula una  
10 distribución de puntos de retículo (puntos de red covalente de átomo constitutivo) en la que átomos constitutivos de una interfaz de red cristalina comparten un átomo constitutivo entre las redes de cristal, y existe un tipo de punto de red covalente de átomo constitutivo en el que N puntos reticulares que no comparten el átomo constitutivo constitutivo entre los puntos de red covalente de átomos constitutivos (siendo N un número par de 2 o más vista una estructura de cristal hexagonal de empaquetamiento denso de tipo corundum, pero no incluye los números  
15 pares 4, 8, 14, 24 y 26 cuando el límite superior de N se fija en 28 vista la distribución de frecuencia) se expresa como  $\Sigma N+1$ , los granos cristalinos mencionados cuyo interior está dividido por al menos una interfaz de red cristalina con el tipo de punto de red covalente de átomo constitutivo expresado por  $\Sigma 3$  ocupando 60% o más como relación de área en los granos cristalinos de la capa superior.

(2) En la herramienta de corte con superficie revestida (herramienta revestida), cuando la capa superior (b) se  
20 examina con el microscopio electrónico de barrido de emisión de campo, los granos de cristal que tienen una forma poligonal uniforme en un plano perpendicular a la dirección del espesor y una forma alargada en la dirección del espesor en un plano paralelo a la dirección del espesor ocupan 35% o más como relación de área en el plano entero perpendicular a la dirección del espesor.

Seguidamente se describirán detalladamente las capas constitutivas de la capa de revestimiento dura de la  
25 herramienta revestida de acuerdo con la invención.

(a) Capa inferior (Capa de compuesto de Ti)

La capa de compuesto de Ti que tiene al menos una o varias de las capas siguientes, capa de carburo de titanio, capa de nitruro de titanio, capa de carbonitruro de titanio, capa de carbóxido de titanio y capa de oxicarbonitruro de titanio, está dispuesta como capa inferior de la capa de revestimiento dura. La capa de compuesto de titanio  
30 contribuye a una mejora de la resistencia a alta temperatura de la capa de revestimiento dura debido a su excelente resistencia a alta temperatura y también se adhiere fuertemente a cualquier sustrato de herramienta y la capa de AlZrO reformada. Consecuentemente, la capa de compuesto de Ti tiene la función de mejorar la resistencia de unión de la capa de revestimiento dura al sustrato de la herramienta. Sin embargo, cuando el espesor de capa medio es inferior a 3  $\mu\text{m}$ , la función no se realiza satisfactoriamente. Cuando el espesor de capa medio es mayor  
35 que 20  $\mu\text{m}$ , se puede producir fácilmente la deformación plástica en particular en el trabajo de corte a alta velocidad con calentamiento a alta temperatura, lo que causa una abrasión no uniforme. Consecuentemente, se determina que el espesor de capa medio esté en el intervalo de 3 a 20  $\mu\text{m}$

(b) Capa superior (Capa de AlZrO reformada)

En la capa superior formada de la capa de AlZrO reformada depositada químicamente sobre la capa inferior, el  
40 componente de Al mejora la dureza a alta temperatura y la resistencia al calor de la capa. El componente de Zr contenido desmenuzado en la capa (en el que  $Zr/(Al+Zr)$  como relación a los contenidos totales de Al y Zr está en el intervalo de 0,002 a 0,01 en relación atómica) mejora la resistencia de los bordes de grano de los cristales de la capa de AlZrO reformada y contribuye a la mejora de la resistencia a alta temperatura. Sin embargo, cuando el contenido de Zr es inferior a 0,002, no son de esperar las funciones antes mencionadas. Cuando el contenido de Zr es mayor que 0,01, están extraídas partículas de  $ZrO_2$  en la capa, lo que reduce la resistencia del grano de cristal.  
45 Consecuentemente, es preferible que el contenido de Zr (el valor de  $Zr/(Al+Zr)$  en los contenidos totales de Al y Zr esté en el intervalo de 0,002 a 0,01 (en relación atómica).

La capa de AlZrO reformada se puede formar ajustando las condiciones de depósito químico de vapor, tales como la composición del gas de reacción, la temperatura de la atmósfera de reacción y la presión en la atmósfera de  
50 reacción, como se describe más adelante.

Esto es, el primer proceso de depósito de vapor se realiza durante aproximadamente una hora en las condiciones de:

(1) Composición del gas de reacción (% en volumen)

$\text{AlCl}_3$ : 1 a 5%,  $\text{CO}_2$ : 2 a 6%,  $\text{HCl}$ : 1 a 5%,  $\text{H}_2\text{S}$ : 0,25 a 0,75% y  $\text{H}_2$ : hasta el total;

(2) Temperatura de la atmósfera de reacción. 960 a 1010°C, y

(3) Presión de la atmósfera de reacción: 6 a 10 kPa. Posteriormente se realiza el segundo proceso de depósito de vapor en las condiciones de:

5 (1) Composición del gas de reacción (% en volumen):

$\text{AlCl}_3$ : 6 a 10%,  $\text{ZrCl}_4$ : 0,6 a 1,2%,  $\text{CO}_2$ : 4 a 8%,  $\text{HCl}$ : 3 a 5%,  $\text{H}_2\text{S}$ : 0,25 a 0,6% y  $\text{H}_2$ : hasta el total;

(2) Temperatura de la atmósfera de reacción: 920 a 1000°C, y

10 (3) Presión de la atmósfera de reacción: 6 a 10 kPa. Como resultado, la capa de  $\text{AlZrO}$  reformada que tiene el valor de  $\text{Zr}/(\text{Al}+\text{Zr})$  de 0,002 a 0,01 en relación atómica se puede formar formando una capa depositada con un espesor de capa medio de 2 a 15  $\mu\text{m}$ .

15 La capa de  $\text{AlZrO}$  reformada se examina con el microscopio electrónico de barrido de emisión. Vista en el plano perpendicular a la dirección del espesor, los granos cristalinos tienen una forma poligonal uniforme con un tamaño de grano grande como se muestra en la Fig. 1A. Vista en el plano paralelo en la dirección del espesor, se obtiene, como se ve en la Fig. 1B, una estructura con granos cristalinos (incluso granos alargados poligonales) que tienen forma alargada en la dirección del espesor y una superficie de capa casi uniforme. Gracias a la uniformidad de la capa superficial de la capa de  $\text{AlZrO}$  reformada, la resistencia a la formación de esquirlas se ha mejorado más en relación a la de la capa de  $\text{AlZrO}$  convencional que tiene falta de uniformidad en su superficie.

20 Específicamente, en el depósito de vapor de la capa de  $\text{AlZrO}$  reformada, el proceso de depósito de vapor se realiza en condiciones de depósito de vapor más limitadas (por ejemplo, la condición de que el  $\text{H}_2\text{S}$  contenido en el gas de reacción está en el intervalo de 0,50 a 0,75% en volumen y la temperatura de la atmósfera de reacción está en el intervalo de 980 a 1000°C en la primera etapa, y la condición de que el  $\text{ZrCl}_4$  contenido en el gas de reacción está en el intervalo de 0,6 a 0,9% en volumen, el  $\text{H}_2\text{S}$  contenido en el gas de reacción está en el intervalo de 0,25 a 0,4% en volumen y la temperatura de la atmósfera de reacción esta en el intervalo de 960 a 980°C en la segunda etapa). Como resultado, como se muestra en la Fig. 1C, los granos cristalinos tienen una forma hexagonal uniforme con un tamaño de grano grande, visto en el plano perpendicular a la dirección del espesor. Se forma una estructura en la que los granos de cristal que tienen una forma alargada en la dirección del espesor ocupan 35% o más del área total en el plano perpendicular a la dirección del espesor.

25 En la capa de  $\text{AlZrO}$  convencional, la cara de cristal de la superficie tiene una orientación (por ejemplo, (1-102)) diferente de la cara de cristal (por ejemplo, 0001)) en el plano perpendicular a la dirección del espesor. Consecuentemente, (como se ve en el plano paralelo a la dirección del espesor), como se muestra en la Fig. 2B, en la superficie de la capa existe una falta de uniformidad piramidal y por ello se deteriora la resistencia a la formación de esquirlas.

30 En la capa de  $\text{AlZrO}$  reformada son irradiados con haces de electrones los granos cristalinos individuales existentes dentro de un intervalo mensurable de superficie pulida usando el microscopio electrónico de barrido de emisión de campo y el dispositivo de imagen de difracción de electrones con redispersión para medir ángulos formados por líneas normales de caras de red cristalina con redes cristalinas hexagonales y la línea normal de la superficie pulida. Se calcula una relación de orientación cristalográfica a partir del resultado de la medición y se calcula una distribución de puntos del retículo (puntos de red covalente de átomo constitutivo) en la que átomos constitutivos de una interfaz de red cristalina comparten un átomo constitutivo entre retículos cristalinos. Cuando un tipo puntual de red de átomos covalentes en la que N puntos reticulares que no comparten el átomo constitutivo existen entre los puntos de la red de átomos covalentes constitutivos (siendo N un número par de 2 o más a la vista de una estructura cristalina de cristal de empaquetamiento denso hexagonal del tipo corundum, pero no incluye números pares 4, 8, 14, 24 y 26 cuando el límite superior de N se fija en 28 a la vista de la frecuencia de distribución) se expresa como  $\Sigma N+1$ , se puede ver que el interior de los granos cristalinos que ocupan 60% o más de una relación de área en los granos poligonales alargados uniformes (incluido un hexágono uniforme) de la capa de  $\text{AlZrO}$  reformada está dividido por al menos una interfaz de red de sitio de coincidencia  $\Sigma 3$ , como se representa en le Fig. 3.

35 La interfaz de la red de sitio de coincidencia  $\Sigma 3$  existe en los granos cristalinos alargados poligonales uniformes (incluido un hexágono uniforme) de la capa de  $\text{AlZrO}$  reformada. Consecuentemente, se mejora la resistencia de los granos de cristal. Por tanto, se evita que se produzcan grietas en la capa de  $\text{AlZrO}$  reformada durante el trabajo de corte potente a alta velocidad. Incluso cuando es presentan grietas, se puede evitar el crecimiento y propagación de las grietas, con lo que se mejora la resistencia a la formación de esquirlas, el mantenimiento de la resistencia y la

resistencia a la peladura.

Por tanto, la capa superior formada de la capa de AlZrO reformada que tiene la interfaz de la red del sitio de coincidencia  $\Sigma 3$  en los granos cristalinos alargados poligonales uniformes (incluido un hexágono uniforme) y que tiene la estructura superficial uniforme presenta una excelente resistencia a la abrasión durante un tiempo largo sin causar esquirlas, rotura y peladura durante el tiempo de corte potente a alta velocidad en acero, hierro fundido, etc., en el que se emite calor a alta temperatura y se aplica una carga fuerte a los bordes de corte.

Cuando el espesor de la capa superior formada de la capa de AlZrO reformada es inferior a 2  $\mu\text{m}$ , no se pueden lograr satisfactoriamente excelentes características de la capa superior. Cuando el espesor de la capa superior es mayor que 15  $\mu\text{m}$ , se produce una deformación termoplástica que causa fácilmente una abrasión no uniforme, y también se forman esquirlas. Consecuentemente, el espesor medio de la capa superior se determina que esté en el intervalo de 2 a 15  $\mu\text{m}$ .

En la herramienta revestida convencional de la que la capa superior de la capa de revestimiento dura está formada por la capa convencional de AlZrO, la estructura y el tipo puntual de red covalente de átomo constitutivo de los granos cristalinos en la capa superior se midieron usando el microscopio electrónico de barrido de emisión y el dispositivo de imagen de difracción de electrones por redispersión. Puesto que la estructura de los granos de cristal tiene la falta de uniformidad piramidal representada en las Figs. 2A y 2B e incluye los granos poligonales alargados, la resistencia a la abrasión no es satisfactoria en comparación con la capa de AlZrO reformada.

En el tipo de puntos de red covalente de átomo constitutivo, la relación de área de los granos cristalinos que tienen la interfaz de la red de sitio de coincidencia  $\Sigma 3$  en los granos cristalinos alargados poligonales no uniformes de la capa de AlZrO era de 40% o menos, esto es, pequeña. Consecuentemente, no se mejoró la resistencia de los granos cristalinos. Por ello, la herramienta revestida convencional en la que la capa superior de la capa de revestimiento dura está formada por la capa de AlZrO convencional no podía evitar que se produjeran esquirlas, rotura y peladura durante el trabajo de corte pesado a alta velocidad, en el que se aplica a los bordes de corte carga pesada con calor a alta temperatura, y la resistencia a la abrasión no era satisfactoria.

Como se ha descrito antes, en la herramienta revestida de acuerdo con la invención, la capa de AlZrO reformada tiene una estructura que incluye granos de cristales alargados poligonales uniformes (incluida una forma hexagonal) con superficie uniforme. La interfaz de red de sitio de coincidencia  $\Sigma 3$  está formada en los granos de cristal para intensificar la resistencia de los granos cristalinos. Por ello, en comparación con la herramienta revestida convencional que incluye la capa de AlZrO convencional que tiene los granos cristalinos alargados poligonales no uniformes y un número pequeño de intercaras reticulares de sitio de coincidencia  $\Sigma 3$  en los granos cristalinos como capa superior, se alcanza una resistencia a alta temperatura excelente y una resistencia a la abrasión excelente además de la dureza a alta temperatura y la resistencia al calor de la capa de AlZrO convencional. Como resultado de ello, la capa de revestimiento dura presenta una resistencia a la formación de esquirlas excelente, una resistencia a la rotura excelente, excelente resistencia a la peladura y excelente resistencia a la abrasión durante el trabajo de corte pesado a alta velocidad en acero, fundición de hierro, etc. en el que se emite calor a alta temperatura y se aplica una carga pesada en los bordes de corte, lo que alarga la vida en servicio.

#### Breve descripción de los dibujos.

La Fig. 1A es un diagrama que ilustra esquemáticamente una estructura de granos cristalinos poligonales, que se ha obtenido observando una capa superior formada por una capa de AlZrO reformada en una herramienta 1 a 10 revestida de acuerdo con la invención en el plano perpendicular a la dirección del espesor usando un microscopio electrónico de barrido de emisión de campo. La Fig. 1B es un diagrama que ilustra esquemáticamente una estructura de granos cristalinos que tiene una forma alargada en la dirección del espesor con una superficie caso uniforme, que se ha obtenido examinando la capa superior en el plano paralelo a la dirección del espesor usando el microscopio electrónico de barrido de emisión de campo. Y la Fig. 1C es un diagrama que ilustra esquemáticamente una estructura de granos hexagonales uniforme, que se ha obtenido observando la capa superior formada por la capa de AlZrO reformada en una herramienta revestida 11 a 15 de acuerdo con la invención en el plano perpendicular a la dirección del espesor usando el microscopio electrónico de barrido de emisión de campo.

La Fig 2A es un diagrama que ilustra esquemáticamente una estructura de granos cristalinos poligonales uniformes, obtenida observando una capa superior formada por una capa de AlZrO convencional de una herramienta revestida 1 a 15 de acuerdo con la invención en el plano perpendicular a la dirección del espesor usando el microscopio electrónico de barrido de emisión de campo, y la Fig. 2B es un diagrama que ilustra esquemáticamente una estructura de granos cristalinos que tienen forma alargada en la dirección del espesor con falta de uniformidad piramidal en la superficie de la capa, que se ha obtenido observando la capa superior en el plano paralelo a la

dirección del espesor, usando el microscopio electrónico de barrido de emisión de campo.

La Fig. 3 es un diagrama de análisis de bordes de grano del plano perpendicular a la dirección del espesor, que se ha obtenido examinando la capa superior formada por la capa de AlZrO reformada en una herramienta revestida 1 a 15 de acuerdo con la invención, usando el microscopio electrónico de barrido de emisión de campo y un dispositivo de imagen de difracción de electrones con redispersión, en el que una línea continua representa un sistema de granos de cristal poligonal observado usando el microscopio electrónico de barrido de emisión y una línea discontinua representa una interfaz de red de sitio de coincidencia  $\Sigma 3$  observada usando el dispositivo de imagen de difracción de electrones con redispersión.

#### Descripción detallada de la invención.

Seguidamente se describirán específicamente ejemplos de la herramienta revestida de acuerdo con la invención.

Ejemplos.

Se prepararon como materia prima los polvos siguientes, teniendo cada uno un tamaño medio de partícula en el intervalo de 2 a 4  $\mu\text{m}$ : polvo de WC, polvo de TiC, polvo de ZrC, polvo de VC, polvo de TaC, polvo de NbC, polvo de  $\text{Cr}_3\text{C}_2$ , polvo de TiN, polvo de TaN y polvo de Co. Estos polvos como materia prima se compusieron mutuamente en las composiciones indicadas en la Tabla 1. Se añadió cera a los mismos y la mezcla resultante se mezcló en una solución de acetona durante 24 horas usando un molino de bolas y se secó a presión reducida. Seguidamente se preconformó por compresión la mezcla de polvos resultante como un compacto en verde de una forma predeterminada a la presión de 98 MPa. El compacto en verde se sinterizó luego en vacío en las condiciones siguientes: presión de 5 Pa, una temperatura predeterminada en el intervalo de 1370 a 1470°C y una duración de mantenimiento de 1 hora. Después de la sinterización, los bordes de corte se sometieron a amolado con amoladora con R de 0,07 mm, obteniéndose los sustratos de herramienta de fabricación A a E de carburo cementado basado en WC y con las formas de punta definidos en ISO/CNMG120408.

Además, se prepararon como materias primas los polvos siguientes, de los que cada uno tenía un tamaño de partícula medio en el intervalo de 0,5 a 2  $\mu\text{m}$ : polvo de TiCN (TiC/TiN = 50/50 en relación ponderal), polvo de  $\text{Mo}_2\text{C}$ , polvo de ZrC, polvo de NbC, polvo de TaC, polvo de WC, polvo de Co y polvo de Ni. Esas materias primas en polvo se compusieron mutuamente en base a la composición mostrada en la Tabla 2, se mezclaron en húmedo durante 24 horas usando un molino de bolas y se secaron. Seguidamente, la mezcla de polvos resultante se prensó a una presión de 98 MPa formando un compacto en verde. El compacto en verde se sinterizó luego en atmósfera de nitrógeno en las condiciones siguientes: presión de 1,3 kPa, temperatura de 1540°C y duración del mantenimiento 1 hora. Después de la sinterización, los bordes de corte se sometieron a amolado con amoladora con R de 0,07 mm, obteniéndose los sustratos de herramienta de fabricación de cermet basado en TiCN con las formas de punta definidas en la norma ISO.

Posteriormente, los sustratos de herramienta A a E y los sustratos de herramienta a a e se pusieron en un aparato de depósito químico de vapor, y se formó la capa de compuesto de Ti como capa inferior de una capa de revestimiento dura con combinaciones y espesores diana indicados en la Tabla 6 obtenidos en las condiciones dadas en la Tabla 3 (en la Tabla 3, I-TiCN representa condiciones de formación de capas de TiCN que tienen una estructura de cristales de crecimiento longitudinal descrita en el documento JP-A-Hei 6-8010, y las otras designaciones representan condiciones de formación de estructura cristalina granular general).

En las condiciones indicadas en la Tabla 6 es formó una capa de AlZrO reformada como capa superior de una capa de revestimiento dura con los espesores diana mostrados en la Tabla 4, fabricando así herramientas revestidas 1 a 15 de acuerdo con la invención.

A fines comparativos, se formó la capa inferior por depósito de vapor en las mismas condiciones que las herramientas 1 a 15 de acuerdo con la invención y luego se formó la capa de AlZrO convencional como capa superior de la capa de revestimiento dura con las combinaciones y espesores diana dadas en la Tabla 7, en las condiciones dadas en la Tabla 5, fabricándose así las herramientas revestidas convencionales 1 a 15.

Luego, usando el microscopio electrónico de barrido de emisión y el dispositivo de imagen de difracción de electrones con redispersión, se examinaron las estructuras de granos cristalinos y los tipos de punto de red covalente de átomos constitutivos de las capas de AlZrO reformadas y las capas de AlZrO convencionales que constituyen las capas superiores de las capas de revestimiento duras de las herramientas revestidas 1 a 15 de acuerdo con la invención y las herramientas revestidas convencionales 1 a 15.

Esto es, usando el microscopio electrónico de barrido de emisión se observaron primeramente las capas de AlZrO reformadas de las herramientas revestidas 1 a 15 de acuerdo con la invención y las capas de AlZrO convencionales de las herramientas revestidas convencionales 1 a 15. En las herramientas revestidas de acuerdo con la invención,



se observó la estructura de grano cristalino que tiene una forma poligonal uniforme (incluida una forma hexagonal uniforme) y una forma alargada con un tamaño de grano grande mostrado representativamente en las Figs. 1A y 1B (siendo la Fig. 1A un diagrama que ilustra esquemáticamente una estructura de herramienta revestida 1 a 10 de acuerdo con la invención en el plano perpendicular a la dirección del espesor, y siendo la Fig. 1C un diagrama que ilustra esquemáticamente una estructura de los granos cristalinos que tienen una forma hexagonal uniforme y una forma alargada con un tamaño de grano grande en las herramientas 11 a 15 de acuerdo con la invención en el plano perpendicular a la dirección del espesor).

En las herramientas revestidas convencionales, se observó la estructura de grano cristalino que tiene una forma poligonal y alargada, mostrada representativamente en las Figs. 2A y 2B. Sin embargo, los tamaños de grano cristalino eran menores que los de la invención y se formó una falta de uniformidad piramidal en las superficies de las capas, como se puede ver claramente en la Fig. 2B (siendo las Figs 2A y 2B diagramas que ilustran esquemáticamente la estructura de la herramienta revestida convencional 1 a 15).

Se midió la relación de área de los granos cristalinos que tienen la interfaz de red de coincidencia  $\Sigma 3$  en los granos cristalinos de las capas en las capas de AlZrO reformadas de las herramientas revestidas 1 a 15 de acuerdo con la invención y las capas de AlZrO convencionales de las herramientas revestidas convencionales 1 a 15.

Primeramente, las capas de AlZrO reformadas de las herramientas revestidas 1 a 15 de acuerdo con la invención se pusieron en un tubo del microscopio electrónico de barrido de emisión de campo puesta su superficie como superficie pulida. Se irradiaron haces de electrones sobre los granos cristalinos individuales que tenían redes cristalinas individuales existentes dentro de un intervalo mensurable de una superficie pulida, y los haces de electrones se aplicaron a 70 grados respecto a la superficie pulida con un voltaje de aceleración de 15 kV y una corriente de aplicación de 1 nA. Usando el dispositivo de imagen de difracción de electrones con redispersión se midieron de  $30 \times 50 \mu\text{m}$  con un intervalo de  $0,1 \mu\text{m}$ /etapa los ángulos formados por líneas normales de las caras de la red cristalina de los granos cristalinos y la línea normal de la superficie pulida. Se calculó una relación de orientación cristalográfica entre las redes cristalinas adyacentes a partir del resultado de la medición y se calculó una distribución de puntos de red (puntos de red covalente de átomo constitutivo) en la que los átomos constitutivos de una interfaz de red cristalina comparten un átomo constituyente entre las redes cristalinas. Cuando un tipo puntual de red de N átomos covalentes en la que N puntos reticulares que no comparten el átomo constitutivo existen entre los puntos de la red de átomos covalentes constitutivos (siendo N un número par de 2 o más a la vista de una estructura cristalina de cristal de empaquetamiento denso hexagonal del tipo corundum, pero no incluye números pares 4, 8, 14, 24 y 26 cuando el límite superior de N se fija en 28 a la vista de la frecuencia de distribución) se expresa como  $\Sigma N+1$ , se calculó la relación de área de los granos de cristal que tienen al menos una interfaz de red de sitio de coincidencia  $\Sigma 3$  respecto a los granos cristalinos enteros dentro del intervalo mensurable de la capa de AlZrO reformada, dándose en la Tabla 6 los valores.

Luego, en las capas de AlZrO convencionales de herramientas revestidas convencionales 1 a 15, se calculó la relación de área de los granos cristalinos que tienen al menos una interfaz de red de sitio de coincidencia  $\Sigma 3$  en los granos cristalinos a la totalidad de granos de cristal dentro del intervalo mensurable de la capa de AlZrO convencional por el mismo procedimiento de las herramientas revestidas de acuerdo con la invención, dándose en la Tabla 7 los valores calculados.

Como se muestra en las Tablas 6 y 7, en las capas de AlZrO reformadas de las herramientas revestidas de acuerdo con la invención, la relación de área de los granos de cristal que tienen la interfaz de red de sitio de coincidencia  $\Sigma 3$  era de 60% o más. Por el contrario, en las capas de AlZrO convencionales de las herramientas revestidas convencionales, la relación de área de los granos de cristal que tienen la interfaz de red de sitio de coincidencia  $\Sigma 3$  era de de 40% o menos. Se puede deducir de la tabla que la relación de granos cristalinos que tienen la interfaz de red de sitio de coincidencia  $\Sigma 3$  es muy pequeña.

Luego se midieron los espesores de las capas constitutivas de las capas de revestimiento duras de las herramientas revestidas 1 a 15 de acuerdo con la invención y las herramientas revestidas convencionales 1 a 15 (en una sección longitudinal) usando el microscopio electrónico de barrido. Sustancialmente se obtuvieron en todos los casos los mismos espesores medios (medida una media de 5 puntos) que el espesor diana.

En las capas de AlZrO reformadas de las herramientas 11 a 15 de acuerdo con la invención, se midió con el microscopio electrónico de barrido de emisión de campo la relación de área de los granos cristalinos que tienen forma hexagonal con un tamaño de granos grande en el plano perpendicular a la dirección del espesor, dándose en la Tabla 6 los valores medidos.

La "forma hexagonal uniforme con un tamaño de grano grande" descrita en la invención se define como una "forma poligonal que tiene una media de 10 puntos en el intervalo de  $3$  a  $8 \mu\text{m}$  y seis vertexes que tienen un ángulo en el intervalo de  $100^\circ$  a  $140^\circ$  cuando los diámetros de las partículas en el plano perpendicular al espesor de la capa se

midieron con el microscopio electrónico de barrido de emisión”.

Seguidamente, en un estado en el que en cada una de las herramientas 1 a 15 de acuerdo con la invención y las herramientas revestidas convencionales 1 a 15 se fijó a una punta de una muesca hecha en acero de herramientas una mordaza de fijación, se realizaron los ensayos siguientes:

- 5 Un ensayo de corte de suministro rápido del material, a alta velocidad en seco, de acero al carbono (siendo la velocidad normal de corte y la velocidad de suministro de 250 m/min y 0,3 mm/rev, respectivamente) en condiciones de corte normales.

Condición de corte A

Pieza de trabajo: JIS S45C, barra redonda

- 10 Velocidad de corte: 450 m/min

Profundidad de corte: 2,5 mm

Velocidad de suministro: 0,7 mm/rev

Tiempo de corte: 8 min

- 15 Se realizó en las condiciones de corte siguientes un ensayo de corte a alta profundidad, alta velocidad en seco de un acero aleado de cromo-molibdeno:

Condición de corte B

Pieza de trabajo: JIS SCM440, barra redonda

Velocidad de corte: 320 m/min

Profundidad de corte: 2,2 mm

- 20 Velocidad de suministro: 0,3 mm/rev

Tiempo de corte: 5 min

Se realizó en las condiciones de corte siguientes un ensayo de corte a alta profundidad, alta velocidad en húmedo, de fundición de hierro (en el que la velocidad de corte normal y la profundidad de corte son 350 m/min y 2,5 mm, respectivamente):

- 25 Condición de corte C

Pieza de trabajo: JIS FC300, barra redonda

Velocidad de corte: 545 m/min

Profundidad de corte: 5,6 mm

Velocidad de suministro: 0,6 mm/rev

- 30 Tiempo de corte: 5 min

Luego se midió la anchura de abrasión de la falda de un borde de corte en cada ensayo de corte. Los resultados de la medición se muestran en la Tabla 8.

- 35

**Tabla 1**

Tipo	Composición a componer, % en ,masa									
	Co	TiC	ZrC	VC	TaC	NbC	Cr <sub>3</sub> C <sub>2</sub>	TiN	TaN	WC
<b>Sustrato de herramienta</b>										
A	7	-	-	-	-	-	-	-	-	Resto
B	5,7	-	-	-	1,5	0,5	-	1,2	-	Resto
C	5,7	2,3	-	-	-	-	1	-	-	Resto
D	8,5	-	0,5	-	-	-	0,5	-	-	Resto
E	12,5	2	-	-	-	-	-	1	2	Resto

**Tabla 2**

Tipo	Composición a componer, % en masa							
	Co	Ni	ZrC	TaC	NbC	Mo <sub>2</sub> C	WC	TiCN
<b>Sustrato de herramienta</b>								
a	12	6	-	10	-	10	16	Resto
b	7	7	-	5	-	7,5	-	Resto
c	5	-	-	-	1	6	10	Resto
d	9	6	-	11	2	-	-	Resto
e	8	5	1	8	-	10	10	Resto

**Tabla 3**

Capa inferior de la capa de revestimiento dura	Condiciones de formación (kPa denota presión de la atmósfera de reacción y 1 °C denota su temperatura)		
	Composición del gas de reacción, % en volumen	Atmósfera de reacción	
		Presión	Temperatura
TiC	TiCl <sub>4</sub> : 4,2%, CH <sub>4</sub> : 8,5%, H <sub>2</sub> : resto	7	1020
TiN (1ª capa)	TiCl <sub>4</sub> : 4,2%, CH <sub>4</sub> : 30,0%, H <sub>2</sub> : resto	30	900
TiN (otras capas)	TiCl <sub>4</sub> : 4,2%, CH <sub>4</sub> : 35,0%, H <sub>2</sub> : resto	50	1040
I-TiC <sub>0,5</sub> N <sub>0,5</sub>	TiCl <sub>4</sub> : 4,2%, N <sub>2</sub> : 20%, CH <sub>3</sub> CN: 0,6%, H <sub>2</sub> : resto	7	900
TiCN	TiCl <sub>4</sub> : 4,2%, N <sub>2</sub> : 20%, CH <sub>4</sub> : 4%, H <sub>2</sub> : resto	12	1020
TiCO	TiCl <sub>4</sub> : 4,2%, CO: 4%, H <sub>2</sub> : resto	7	1020
TiCNO	TiCl <sub>4</sub> : 4,2%, CO: 3%, CH <sub>4</sub> : 3%, N <sub>2</sub> : 20%, H <sub>2</sub> : resto	20	1020

**Tabla 4**

Capa de AlZrO reformada		Condiciones de formación (kPa denota presión de la atmósfera de reacción y °C denota su temperatura)		
Símbolo formación		Composición del gas de reacción, % en volumen	Atmósfera de reacción	
			Presión	Temperatura
A	1ª etapa	AlCl <sub>3</sub> : 1%, HCl: 3%, CO <sub>2</sub> : 2%, H <sub>2</sub> S: 0,3%, H <sub>2</sub> : resto	6	1010
	2ª etapa	AlCl <sub>3</sub> : 6%, ZrCl <sub>4</sub> :1,2% HCl: 3%, CO <sub>2</sub> : 5%, H <sub>2</sub> S 0,4%, H <sub>2</sub> : resto	6	950
B	1ª etapa	AlCl <sub>3</sub> : 2%, HCl: 4%, CO <sub>2</sub> : 3%, H <sub>2</sub> S: 0,25%, H <sub>2</sub> : resto	10	1000
	2ª etapa	AlCl <sub>3</sub> : 7%, ZrCl <sub>4</sub> :1,0% HCl: 4%, CO <sub>2</sub> : 6%, H <sub>2</sub> S 0,3%, H <sub>2</sub> : resto	8	970
C	1ª etapa	AlCl <sub>3</sub> : 4%, HCl: 5%, CO <sub>2</sub> : 4%, H <sub>2</sub> S: 0,5%, H <sub>2</sub> : resto	10	980
	2ª etapa	AlCl <sub>3</sub> : 8%, ZrCl <sub>4</sub> :0,8%, HCl: 4%, CO <sub>2</sub> : 6%, H <sub>2</sub> S 0,25, H <sub>2</sub> : resto	10	920
D	1ª etapa	AlCl <sub>3</sub> : 5%, HCl: 1%, CO <sub>2</sub> : 6%, H <sub>2</sub> S: 0,75%, H <sub>2</sub> : resto	9	960
	2ª etapa	AlCl <sub>3</sub> : 10%, ZrCl <sub>4</sub> :0,6%, HCl: 3%, CO <sub>2</sub> : 8%, H <sub>2</sub> S 0,6, H <sub>2</sub> : resto	9	1000
E	1ª etapa	AlCl <sub>3</sub> : 2%, HCl: 2%, CO <sub>2</sub> : 4%, H <sub>2</sub> S: 0,6%, H <sub>2</sub> : resto	8	980
	2ª etapa	AlCl <sub>3</sub> : 9%, ZrCl <sub>4</sub> :0,9%, HCl: 5%, CO <sub>2</sub> : 5%, H <sub>2</sub> S 0,25, H <sub>2</sub> : resto	8	960
F	1ª etapa	AlCl <sub>3</sub> : 3%, HCl: 2%, CO <sub>2</sub> : 5%, H <sub>2</sub> S: 0,75%, H <sub>2</sub> : resto	7	990
	2ª etapa	AlCl <sub>3</sub> : 8%, ZrCl <sub>4</sub> :0,7%, HCl: 4%, CO <sub>2</sub> : 4%, H <sub>2</sub> S 0,3%, H <sub>2</sub> : resto	7	970

**Tabla 5**

Capa de AlZrO reformada		Condiciones de formación (kPa denota presión de la atmósfera de reacción y °C denota su temperatura)		
Símbolo formación		Composición del gas de reacción, % en volumen	Atmósfera de reacción	
			Presión	Temperatura
A	1ª etapa	AlCl <sub>3</sub> : 2,3%, ZrCl <sub>4</sub> :0,13%, HCl: 2,0%, CO <sub>2</sub> : 4%, H <sub>2</sub> S 0,2%, H <sub>2</sub> : resto	10	800
	2ª etapa	AlCl <sub>3</sub> : 2,3%, ZrCl <sub>4</sub> :0,1%, HCl: 2%, CO <sub>2</sub> : 7%, H <sub>2</sub> S 0,1%, H <sub>2</sub> : resto	6	1020
b	1ª etapa	AlCl <sub>3</sub> : 2,7%, ZrCl <sub>4</sub> :0,08%, HCl: 1,5%, CO <sub>2</sub> : 5%, H <sub>2</sub> S 0,1, H <sub>2</sub> : resto	8	750
	2ª etapa	AlCl <sub>3</sub> : 2,7%, ZrCl <sub>4</sub> :0,13%, HCl: 1,5%, CO <sub>2</sub> : 8%, H <sub>2</sub> S 0,2, H <sub>2</sub> : resto	8	1030
c	1ª etapa	AlCl <sub>3</sub> : 3,5%, ZrCl <sub>4</sub> :0,08%, HCl: 2,5%, CO <sub>2</sub> : 5%, H <sub>2</sub> S 0,15%, H <sub>2</sub> : resto	9	840
	2ª etapa	AlCl <sub>3</sub> : 4%, ZrCl <sub>4</sub> :0,02%, HCl: 3,0%, CO <sub>2</sub> : 1%, H <sub>2</sub> S: 0,05%, H <sub>2</sub> : resto	9	1050
d	1ª etapa	AlCl <sub>3</sub> : 4%%, ZrCl <sub>4</sub> :0,02%, HCl: 3,0%, CO <sub>2</sub> : 3%, H <sub>2</sub> S 0,05%, H <sub>2</sub> : resto	6	900
	2ª etapa		10	1040

Tabla 6.

Tipo	Símbolo de sustrato de herramienta	Capa de revestimiento dura											
		Capa inferior [capa de compuesto de Ti]				Capa superior [capa de AlZrO reformada]							
		1ª capa	2ª capa	3ª capa	4ª capa	Símbolo de la formación de la capa superior	Contenido de Zr [Zr/(Al+Zr)] (relación atómica)	Espesor diámetro $\mu\text{m}$	Relación de granos cristalinos que tienen interfaz de red de sitio de coincid. $\geq 3$ (% de área)	Relación de área de granos cristalinos hexagonales uniformes (% de área)			
1	a	TiN(1)	1-TiCN(17,5)	TiN(1)	TiCNO (0,5)	A	0,01	2	60	0			
2	A	TiCNO	1-TiCN(8,5)	TiCO (0,5)	-	C	0,004	15	84	20			
3	b	TiN(1)	1-TiCN (4)	TiC(4)	TiCNO (1)	B	0,006	8	77	15			
4	B	TiC(1)	1-TiCN (9)	-	-	D	0,002	7	73	18			
5	c	TiN(1)	1-TiCN (4,5)	TiCNO (0,5)	-	A	0,008	9	SO	16			
6	C	TiN (0,5)	1-TiCN(1,5)	TiC (0,5)	TiCNO (0,5)	D	0,003	11	86				
7	d	TiN (0,5)	1-TiCN (10)	TiC (2)	TiCNO (0,3)	B	0,005	13	90	25			
8	D	TiN(1)	TiCN (19)	-	-	C	0,004	4	64	10			
9	e	TiC (0,5)	1-TiCN (9)	TiCO (0,5)	-	A	0,007	5	62	0			
10	E	TiN (1)	TiC(1)	TiCN (7)	TiCO (1)	B	0,006	12	88	5			
11	A	TiN (0,3)	1-TiCN(5)	TiCNO (0,7)	TiCO (0,1)	E	0,005	5	72	35			
12	a	TiN (1)	1-TiCN(10)	TiCO (0,5)	-	P	0,004	7	83	57			
13	B	TiN (0,5)	1-TiCN (12)	TiN (0,5)	TiCNO (0,2)	P	0,003	6	89	73			
14	b	TiN (0,6)	1-TiCN(7)	TiCNO (0,3)	-	B	0,005	8	78	80			
15	c	TiN (0,4)	1-TiCN (3)	TiCN (0,5)	TiCO (0,1)	F	0,004	10	74	62			

Herramienta revestida de acuerdo con la invención

(LOS NÚMEROS ENTRE PARÉNTESIS EN LA CAP A INFERIOR SIGNIFICAN ESPESOR DIANA )

**Tabla 7**

		Capa de revestimiento dura							
Tipo	Símbolo de sustrato de herramienta	Capa inferior [capa de compuesto de Ti]				Capa superior [capa de AlZrO reformada]			
		1ª capa μm	2ª capa μm	3ª capa μm	4ª capa μm	Símbolo de formación capa superior	Contenido de Zr [Zr/(Al+Zr) relac atóm	Espesor diana (μm)	Relación de granos cristalinos que tienen interfaz reticular de sitio de coincidencia. Σ3, área %

Herramienta revestida de acuerdo con la invención		El mismo que la herramienta revestida 1 de acuerdo con la invención El mismo que la herramienta revestida 2 de acuerdo con la invención El mismo que la herramienta revestida 3 de acuerdo con la invención El mismo que la herramienta revestida 4 de acuerdo con la invención El mismo que la herramienta revestida 5 de acuerdo con la invención El mismo que la herramienta revestida 6 de acuerdo con la invención El mismo que la herramienta revestida 7 de acuerdo con la invención El mismo que la herramienta revestida 8 de acuerdo con la invención El mismo que la herramienta revestida 9 de acuerdo con la invención El mismo que la herramienta revestida 10 de acuerdo con la invención El mismo que la herramienta revestida 11 de acuerdo con la invención El mismo que la herramienta revestida 12 de acuerdo con la invención El mismo que la herramienta revestida 13 de acuerdo con la invención El mismo que la herramienta revestida 14 de acuerdo con la invención El mismo que la herramienta revestida 15 de acuerdo con la invención	a b c d c d a b a b c d a c d	0,04 0,02 0,009 0,003 0,008 0,004 0,05 0,01 0,05 0,015 0,008 0,004 0,06 0,007 0,003	3 14 10 9 8 12 15 6 2 7 5 8 11 4 7	6 38 35 21 17 8 12 7 2 5 20 18 15 10 9
	1		a	0,04	3	6
	2		b	0,02	14	38
	3		c	0,009	10	35
	4		d	0,003	9	21
	5		c	0,008	8	17
	6		d	0,004	12	8
	7		a	0,05	15	12
	8		b	0,01	6	7
	9		a	0,05	2	2
	10		b	0,015	7	5
	11		c	0,008	5	20
	12		d	0,004	8	18
	13		a	0,06	11	15
	14		c	0,007	4	10
	15		d	0,003	7	9



Tabla 8

Tipo	Anchura de abrasión del flanco, mm			Tipo	Resultado del ensayo de corte, min			
	Condición de corte A	Condición de corte B	Condición de corte C		Condición de corte A	Condición de corte B	Condición de corte C	
Herram. revestida inventiva	1	0,43	0,41	0,38	1	2,0*	0,8*	1,0*
	2	0,42	0,42	0,43	2	6,5*	3,2*	3,6*
	3	0,21	0,18	0,20	3	6,0	3,0	3,5
	4	0,20	0,19	0,22	4	6,2	2,8	3,2
	5	0,19	0,20	0,18	5	6,5	3,2	3,4
	6	0,25	0,26	0,24	6	5,0*	2,2*	2,5*
	7	0,26	0,25	0,27	7	4,8*	2,4*	2,2*
	8	0,34	0,33	0,32	8	4,0	2,0	2,3
	9	0,33	0,31	0,30	9	2,8	1,0	1,5
	10	0,27	0,28	0,27	10	2,5	1,5	1,8
	11	0,16	0,16	0,15	11	3,0	2,5	3,2*
	12	0,12	0,13	0,13	12	3,2	2,0	3,0
	13	0,13	0,12	0,11	13	3,0*	1,8*	2,5
	14	0,10	0,11	0,12	14	2,2	1,2	2,0*
	15	0,11	0,12	0,11	15	2,6	1,5	2,0*

El resultado del ensayo de corte de las herramientas revestidas convencionales indica el tiempo de corte (minutos) hasta que el tiempo de vida debido a la formación de esquirlas o abrasión del flanco (criterio de vida de anchura de abrasión del flanco de 0,5 mm).

La marca \* indica que el tiempo de vida expira debido a la formación de esquirlas.

5 Lo que sigue se puede ver en las Tablas 6 a 8. En la herramienta revestida de acuerdo con la invención, la vcapa de óxido de aluminio (la capa de AlZrO reformada) que constituye la capa superior tiene la estructura de los granos cristalinos que tienen una forma poligonal uniforme (hexagonal uniforme) y la forma alargada y la relación de área de los granos cristalinos que tienen en ella una o varias intercaras de retículo de sitio de coincidencia  $\Sigma 3$  es alta. Consecuentemente, además de la dureza a alta temperatura, la resistencia a alta temperatura y la resistencia al calor de la capa de AlZrO convencional de la herramienta revestida condicional, la herramienta revestida de acuerdo con la invención presenta una uniformidad de superficie excelente y una resistencia a alta temperatura excelente. Como resultado, la capa de revestimiento dura presenta una resistencia la formación de esquirlas, una resistencia a la rotura y una resistencia a la peladura excelentes y una resistencia a la abrasión excelente incluso durante el corte potente a alta velocidad del acero, fundición de hierro, procesos en lo que se emite calor a alta temperatura y se aplica una carga pesada a los bordes de corte, por lo que se alarga la vida de uso. Por el contrario, en las herramientas revestidas convencionales 1 a 15 que tienen la capa de AlZrO convencional como capa superior de la capa de revestimiento dura, la resistencia a alta temperatura no es suficiente para promover la abrasión en condiciones de corte potente a alta velocidad, por lo que se acorta la vida en servicio.

20 Como se ha descrito antes, en la herramienta revestida de acuerdo con la invención, la capa de revestimiento dura exhibe una resistencia a la formación de esquirlas, una resistencia a la rotura y una resistencia a la peladura excelentes, y una resistencia a la abrasión excelente incluso durante un trabajo de corte potente a alta velocidad en el que se emite calor a alta temperatura y se aplica una carga pesada a los bordes de corte, así como en el trabajo de corte de acero, fundición de hierro, etc. en las condiciones normales, por lo que el comportamiento de corte es excelente durante un tiempo largo. Consecuentemente, es posible lograr satisfactoriamente la intensificación de las prestaciones de la herramienta de corte, el ahorro de trabajo y el ahorro de energía en el trabajo de corte, con una disminución del coste global.

30 Si bien se han descrito e ilustrado en lo expuesto antes realizaciones preferentes de la invención, se ha de entender que todo ello tiene carácter de ejemplos de la invención y no se debe considerar como limitativo de la misma. Se pueden hacer adiciones, omisiones sustituciones y otras modificaciones sin desviarse del alcance de la presente invención. Consecuentemente, no se debe considerar que la invención está limitada por la descripción anterior, y se ha de entender que sólo está limitada por el alcance de las reivindicaciones anexas.

**REIVINDICACIONES.**

- 5 1. Una herramienta de corte con la superficie revestida, que se forma revistiendo una superficie de un sustrato de herramienta hecho de carburo cementado basado en carburo de wolframio o cermet basado en carbonitruro de titanio con una capa de revestimiento dura que incluye las siguientes capas superior e inferior (a) y (b) por depósito de vapor:
- (a) como capa inferior, una capa de compuesto de titanio que tiene una o varias de las siguientes capas, capa de carburo de titanio, capa de nitruro de titanio, capa de carbonitruro de titanio, capa de carbóxido de titanio y capa de oxicarbonitruro de titanio con un espesor total de capa medio de 3 a 20  $\mu\text{m}$ , y
- 10 (b) como capa superior, una capa de óxido de aluminio que tiene una estructura cristalina de tipo  $\alpha$  y que contiene Zr con un espesor de capa medio de 2 a 15  $\mu\text{m}$ ,
- en la que, cuando la capa superior se examina con un microscopio electrónico de barrido de emisión de campo, la capa superior tiene una estructura que incluye granos cristalinos que tienen una forma poligonal uniforme en un plano perpendicular a la dirección del espesor y una forma alargada en la dirección del espesor con una superficie
- 15 uniforme en un plano paralelo a la dirección del espesor, y
- en la que, cuando se irradian con haces de electrones los granos cristalinos individuales existentes dentro de un intervalo mensurable de una superficie pulida usando un microscopio electrónico de barrido de emisión de campo y un dispositivo de imagen de difracción de electrones con redispersión para medir ángulos formados por líneas normales de caras de red cristalina con retículos cristalinos hexagonales y la línea normal de la superficie pulida, se
- 20 calcula, a partir del resultado de la medición, una relación de orientación cristalográfica entre las redes cristalinas adyacentes, se calcula una distribución de puntos de red (puntos de red covalente de átomos constitutivos) en la que los átomos constitutivos de una interfaz de red cristalina comparten un átomo constitutivo entre las redes cristalinas, y un tipo de punto de red covalente de átomos constitutivos en el que N puntos de red que no comparten
- 25 átomo constitutivo existe entre los puntos de red covalente de átomo constitutivo (siendo N un número par de 2 o más a la vista de una estructura cristalina de cristal hexagonal de empaquetamiento denso de tipo corundum, pero no incluye números pares 4, 8, 14, 24 y 26 cuando el límite superior de N se fija en 28 a la vista de la frecuencia de distribución) se expresa como  $\Sigma N+1$ , los granos cristalinos antes mencionados cuyo interior está dividido por al menos una interfaz con el tipo de puntos de red covalente de átomo constitutivo expresado por  $\Sigma 3$  ocupan 60% o más como relación de área en los granos cristalinos de la capa superior.
- 30 2. La herramienta de corte con la superficie revestida de acuerdo con la reivindicación 1 en la que, cuando la capa superior (b) se examina con el microscopio electrónico de barrido de emisión de campo, los granos cristalinos que tienen una forma hexagonal uniforme en un plano perpendicular a la dirección del espesor y una forma alargada en la dirección del espesor con una superficie uniforme en un plano paralelo a la dirección ocupan 35% o más como relación de área en el plano perpendicular entero a la dirección del espesor.

FIG. 1A

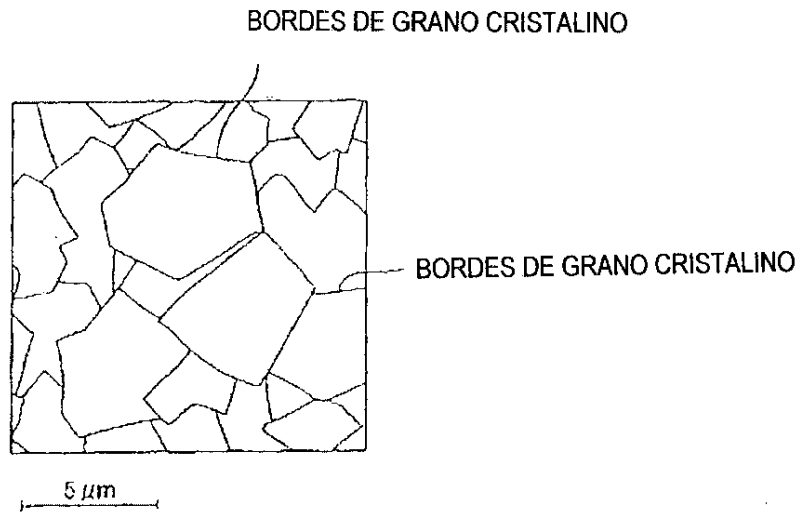


FIG. 1B

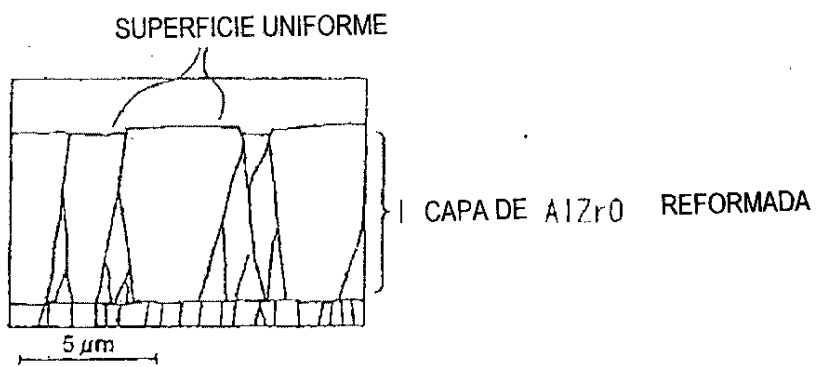


FIG. 1C

ESTRUCTURA HEXAGONAL UNIFORME

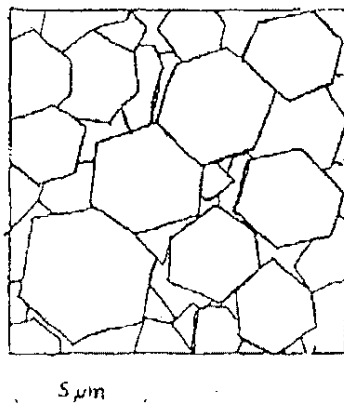


FIG. 2A

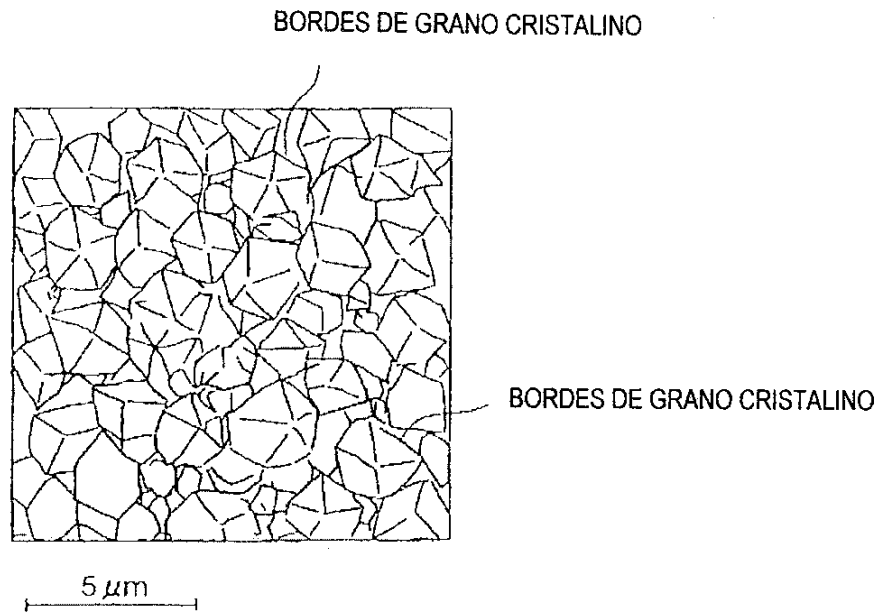


FIG. 2B

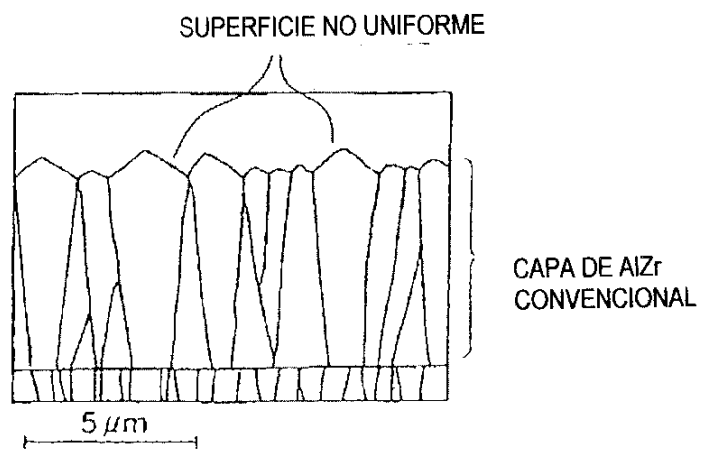


FIG. 3

