

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 713 043**

51 Int. Cl.:

<b>C23C 28/04</b>	(2006.01)
<b>C23C 14/08</b>	(2006.01)
<b>C23C 30/00</b>	(2006.01)
<b>C23C 14/06</b>	(2006.01)
<b>C23C 14/32</b>	(2006.01)
<b>C23C 14/35</b>	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.09.2012 PCT/EP2012/067328**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.03.2013 WO13034598**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.09.2012 E 12756005 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.12.2018 EP 2753728**

54 Título: **Herramienta con capa funcional que contiene cromo**

30 Prioridad:

**07.09.2011 DE 102011053372**

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

**17.05.2019**

73 Titular/es:

**WALTER AG (100.0%)  
Derendinger Strasse 53  
72072 Tübingen, DE**

72 Inventor/es:

**SCHIER, VEIT y  
ENGELHART, WOLFGANG**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 713 043 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 capa funcional que contiene cromo

La presente invención se refiere a una herramienta de corte con un sustrato de metal duro, cermet, acero o acero de corte rápido (HSS), y a un revestimiento de varias capas precipitado sobre éste en el procedimiento PVD según la reivindicación 1.

## Antecedentes de la invención

Las herramientas de corte que se emplean, por ejemplo, para la elaboración de metal con arranque de viruta, están constituidas generalmente por un cuerpo básico (sustrato) de metal duro, cermet, acero o acero de corte rápido con un revestimiento de una o varias capas resistente al desgaste constituido por capas de material duro metálico, capas de óxido y similares. Para la aplicación de tales revestimientos se aplican procedimientos CVD (precipitación química en fase gaseosa) y/o procedimientos PVD (precipitación física en fase gaseosa).

Por el documento EP 1 253 215 es conocido precipitar un revestimiento de varias capas con una capa básica de TiAlN y una capa funcional de óxido de aluminio u óxido de aluminio-cromo sobre un sustrato de metal duro en el procedimiento PVD. En este caso se precipita óxido de aluminio en el procedimiento de magnetron sencillo, produciéndose predominantemente óxido de aluminio gamma. El óxido de aluminio-cromo se precipita en el procedimiento PVD de arco eléctrico, produciéndose óxido de aluminio-cromo alfa estable, pero éste posee una mala conexión con la capa básica de TiAlN subyacente, y debido al procedimiento se forman muchas macropartículas, las denominadas gotitas, que reducen considerablemente la calidad de la capa funcional.

El documento DE 10 2010 028 558 describe un procedimiento híbrido PVD para la precipitación de capas cristalinas mixtas de óxido de aluminio-cromo, en el que se aplica simultáneamente la pulverización catódica por el procedimiento PVD y la evaporación en arco voltaico. Se obtienen capas cristalinas mixtas de óxido de aluminio-cromo predominantemente en la fase alfa estable, que están sensiblemente exentas de macropartículas (gotitas).

El documento WO 2008/138789 A2 da a conocer una herramienta de corte con un sustrato de metal duro, nitruro de boro cúbico (CBN), cermet o un metal cerámico con un revestimiento de varias capas precipitado en el procedimiento PVD, que presenta una capa de unión adhesiva precipitada sobre el sustrato, por ejemplo de TiN o TiCN, y al menos una capa oxidica sobre ésta, representando la capa oxidica invariablemente la capa más externa del revestimiento PVD de varias capas. La capa oxidica puede presentar las más diversas estructuras cristalinas, incluyendo estructura cúbica, hexagonal o de espinela. Como ejemplo de una capa oxidica se indica óxido de aluminio-cromo (AlCr)<sub>2</sub>O<sub>3</sub> con estructura de corindón.

El documento DE 10 2007 030 734 A1 da a conocer una herramienta de corte con un sustrato de metal duro, cermet, acero o acero de corte rápido con un revestimiento de varias capas precipitado en el procedimiento PVD, que comprende una capa de dos o más fases como capa funcional resistente al desgaste, que contiene al menos dos fases de óxido metálico diferentes y es eléctricamente conductiva. Produciéndose la capa funcional oxidica de manera eléctricamente conductiva se pueden aplicar también capas oxidicas más gruesas en el procedimiento PVD. Se supone que la conductividad eléctrica de la capa funcional oxidica se obtiene mediante la formación de una fase metaestable de óxido de cromo. Como ejemplo de una capa funcional oxidica se indica una capa de (Al,Cr)<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, que comprende cuatro fases, esto es, una fase de  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> estable, dos fases de óxido de Cr estable (CrO<sub>3</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) y una fase de óxido de Cr metaestable (CrO<sub>x</sub>).

El documento WO 2009/110831 A1 da a conocer una herramienta de corte con un sustrato de metal duro, cermet, cerámica, nitruro de boro cúbico o acero de corte rápido y un revestimiento de una o varias capas, que comprende una capa de (Al,Cr)<sub>2</sub>O<sub>3</sub> precipitada en el procedimiento PVD con una determinada textura fibrosa y con estructura de corindón. Entre el sustrato y la capa de (Al,Cr)<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pueden estar previstas una o varias capas intermedias de carburo o nitruro.

El documento US 2004/0121147 A1 da a conocer revestimientos de material duro para objetos resistentes al desgaste, como por ejemplo herramientas de corte, pero también para otros sustratos. El revestimiento presenta una capa oxidica con estructura de corindón, que puede estar constituida también por (Cr,Al)<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, además de Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y (Fe,Cr)<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Entre el sustrato y la capa oxidica puede estar prevista una capa de TiAlN. Sobre la capa oxidica está dispuesta otra capa de óxido de aluminio con estructura de corindón.

El documento US 2009/0252973 A1 da a conocer un cuerpo con un sustrato y una capa de óxido de Al-Cr-Si aplicada mediante pulverización de magnetron. Mediante una proporción de oxígeno elevada en esta capa, de más de 30 %, mejorará la resistencia a la oxidación de la capa. Bajo la capa de óxido está prevista una capa de unión adhesiva, que contiene Al, Cr, Si y N y está constituida, por ejemplo, por (Al,Cr,Si)N.

El documento JP 2006-198731 A da a conocer una herramienta de corte con un sustrato de metal duro o cermet y un revestimiento de varias capas, que presenta una primera capa de TiAlN, una capa intermedia de Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y una capa externa de (Al,Cr)<sub>2</sub>O<sub>3</sub> con estructura de corindón.

Según los procedimientos conocidos en el estado de la técnica es posible producir óxido de aluminio, óxido mixto de aluminio-cromo, u óxidos mixtos con otros elementos de aleación en la modificación alfa estable. No obstante, estas capas se distinguen por una mala conexión con el sustrato, por ejemplo una capa básica de nitruro, como una capa de TiAlN. No obstante, es deseable la previsión de tal capa básica, ya que las capas de óxido precipitadas sobre la superficie del sustrato son frecuentemente demasiado frágiles para la función como capa resistente al desgaste.

#### Tarea de la invención

Por lo tanto, la tarea de la presente invención consistía en mejorar la conexión de una capa funcional que contiene cromo sobre una capa básica de materiales duros que contienen nitruro o carbonitruro en una herramienta de corte constituida por un sustrato con un revestimiento de varias capas.

#### Descripción de la invención

Según la invención, esta tarea se soluciona mediante una herramienta de corte con un sustrato de metal duro, cermet, acero o acero de corte rápido (HSS) y un revestimiento de varias capas precipitado sobre éste en el procedimiento PVD, que comprende la siguiente secuencia de capas partiendo del sustrato:

a) Una capa básica constituida por una o varias capas iguales o diferentes superpuestas de un nitruro o carbonitruro, que contiene al menos aluminio (Al) y opcionalmente uno o varios metales ulteriores, seleccionados entre Ti, Cr, Si, Y, Ru y Mo,

b) Una capa intermedia de óxido de aluminio cúbico dispuesta directamente sobre la capa básica,

c) Una capa funcional que contiene cromo dispuesta sobre la capa intermedia con estructura romboédrica, seleccionada entre óxido de cromo ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), oxinitruro de cromo, óxido de aluminio-cromo ( $\text{AlCr}_2\text{O}_3$ ), oxinitruro de aluminio-cromo o un óxido mixto u oxinitruro mixto de aluminio, cromo y otros metales ( $\text{AlCrMe}_1, \dots, \text{Me}_n$ )-óxido o ( $\text{AlCrMe}_1, \dots, \text{Me}_n$ )-oxinitruro, significando  $\text{Me}_1, \dots, \text{Me}_n$  uno o varios metales, seleccionados entre Hf, Y, Zr y Ru. n es un número entero correspondiente a la cantidad de metales ulteriores presentes en el óxido mixto u oxinitruro mixto, además de aluminio y cromo.

En una forma preferente de realización de la presente invención, la capa básica en el revestimiento de la herramienta de corte está constituida por nitruro de titanio-aluminio (TiAlN) o nitruro de titanio-aluminio-silicio (TiAlSiN), de modo especialmente preferente por nitruro de titanio-aluminio (TiAlN). El nitruro de titanio-aluminio (TiAlN) es muy convenientemente apropiado como capa básica, ya que es muy tenaz y dura y posee excelentes propiedades de desgaste, en especial a temperaturas elevadas, que se producen en el procesamiento de metales.

Se pudo mostrar que la previsión de la capa intermedia según la invención sobre la capa básica según la invención, que está constituida preferentemente por TiAlN, mejora considerablemente la conexión y la adherencia de la capa funcional que contiene cromo dispuesta por encima. En ensayos de mecanización por arranque de viruta con herramientas de corte constituidas por un sustrato de metal duro, una capa básica según la invención, una capa intermedia de óxido de aluminio cúbico según la invención, preferentemente de óxido de aluminio gamma cúbico, y una capa funcional según la invención con estructura romboédrica, por ejemplo una capa de óxido de aluminio-cromo, en comparación con una correspondiente herramienta de corte sin la capa intermedia se alcanzaría un desgaste de la herramienta considerablemente menor con el revestimiento según la invención con capa intermedia.

Según la invención, la capa funcional que contiene cromo presenta una estructura cristalina romboédrica. La capa funcional puede ser óxido de cromo puro ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), oxinitruro de cromo, óxido de aluminio-cromo ( $\text{AlCr}_2\text{O}_3$ ), oxinitruro de aluminio-cromo o un óxido mixto de aluminio-cromo, u oxinitruro mixto con otros metales, seleccionados entre Hf, Y, Zr y Ru. De modo especialmente preferente, la capa funcional que contiene cromo está constituida por completo o al menos en un 90 % en volumen por óxido de aluminio-cromo con estructura cristalina romboédrica, es decir, de óxido de aluminio-cromo en la modificación alfa. Si en este caso se trata de óxido de aluminio-cromo ( $\text{AlCr}_2\text{O}_3$ ), esto no significa necesariamente que los elementos aluminio y cromo se presenten en las mismas proporciones estequiométricas. La proporción de cromo puede ser más elevada o más reducida que la proporción de aluminio en la capa de óxido de aluminio-cromo.

En una forma preferente de realización de la presente invención, la proporción de cromo entre los elementos metálicos de la capa funcional asciende al menos a 70 % at. de Cr. En otra forma de realización, la proporción de cromo asciende al menos a 85 % at. de Cr o al menos a 95 % at. de Cr. Una proporción de cromo elevada en la capa funcional tiene la ventaja de favorecer el crecimiento de la capa funcional en la estructura romboédrica deseada.

La capa intermedia según la invención, que está dispuesta directamente sobre la capa básica, está constituida por óxido de aluminio y presenta una estructura cúbica. En una forma preferente de realización de la presente invención, la capa intermedia está constituida por óxido de aluminio gamma cúbico ( $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ ).

La mejora de la adherencia, o bien conexión de la capa funcional en la capa básica mediante la previsión de la capa intermedia con estructura cúbica según la invención era sorprendente. Hasta la fecha tampoco hay un motivo demostrado por el que precisamente tal capa intermedia cúbica mejore de tal manera la adherencia, o bien la conexión de la capa funcional en la capa básica. Los inventores de la presente invención han llevado a cabo medidas por XPS (espectroscopía fotoelectrónica de rayos X) en las capas según la invención (capa básica, capa intermedia y capa funcional). En medidas por XPS en la capa funcional de un revestimiento concapa intermedia según la invención, en la superficie de la capa funcional que está orientada a la capa intermedia se halló una proporción metálica de cromo elevada en comparación con un revestimiento sin la capa intermedia según la invención. Sin vincularse a esta teoría, los inventores sospechan que la formación de una zona de transición con una proporción más elevada de enlaces metálicos entre la capa intermedia cúbica y la capa funcional romboédrica podría contribuir a la conexión mejorada de la capa funcional u ocasionar ésta.

La capa intermedia del revestimiento según la invención se puede precipitar esencialmente mediante cualquier procedimiento PVD apropiado a tal efecto. No obstante, son preferentes pulverización de magnetrón, pulverización de magnetrón reactiva, pulverización de magnetrón dual, pulverización de magnetrón por impulsos de potencia elevada (HIPIMS), o la aplicación simultánea de pulverización catódica (precipitación por pulverización) y evaporación en arco voltaico (Acr-PVD), también llamados procedimientos híbridos PVD.

También la capa funcional se puede precipitar mediante cualquier procedimiento PVD apropiado. Son preferentes evaporación en arco voltaico (Arc-PVD), pulverización de magnetrón, pulverización de magnetrón reactiva, pulverización de magnetrón dual, pulverización de magnetrón por impulsos de potencia elevada (HIPIMS), o aplicación simultánea de pulverización catódica (precipitación por pulverización) y evaporación en arco voltaico (Acr-PVD), o bien procedimientos híbridos PVD.

En una forma preferente de realización de la herramienta de corte según la invención, la capa básica tiene un grosor de capa de 50 nm a 8  $\mu\text{m}$ , preferentemente de 500 nm a 5  $\mu\text{m}$ , de modo especialmente preferente de 2  $\mu\text{m}$  a 4  $\mu\text{m}$ .

En otra forma de realización de la herramienta de corte según la invención, la capa intermedia tiene un grosor de capa de 1 nm a 2  $\mu\text{m}$ , preferentemente de 5 nm a 750 nm, de modo especialmente preferente de 10 nm a 50 nm.

En otra forma preferente de realización de la herramienta de corte según la invención, la capa funcional tiene un grosor de capa de 100 nm a 10  $\mu\text{m}$ , preferentemente de 500 nm a 5  $\mu\text{m}$ , de modo especialmente preferente de 750 nm a 2  $\mu\text{m}$ .

En otra forma preferente de realización de la herramienta de corte según la invención, la capa funcional presenta tensiones compresivas en la superficie de menos de 2 GPa, preferentemente menos de 1 GPa. De manera sorprendente se verificó que, precisamente con mayores grosores de capa de la capa funcional, existe un menor peligro de deslaminación si las tensiones compresivas en la superficie se sitúan por debajo de 2 GPa. Se observó una mejora ulterior con tensiones compresivas en la superficie de menos de 1 GPa.

En otra forma preferente de realización de la herramienta de corte según la invención, la capa intermedia contiene 0,1 a 5 % at., preferentemente 0,5 a 4 % at., de modo especialmente preferente 1,0 a 3 % at. de argón. La proporción de argón procede del gas reactivo de la precipitación PVD, y en algunos casos influye ventajosamente sobre la conexión de la capa funcional con la capa intermedia situada por debajo.

La presente invención se explica ahora más detalladamente por medio de ejemplos de realización y las correspondientes figuras.

#### 1. Producción de herramientas de corte con y sin capa intermedia

Sobre un sustrato de metal duro con un tamaño de grano medio de aproximadamente 1  $\mu\text{m}$  y un contenido en Co de aproximadamente 10 % en peso se aplica primeramente una capa básica de TiAlN con un grosor de 4,6  $\mu\text{m}$  mediante evaporación en arco voltaico (Arc-PVD) bajo aplicación de los siguientes parámetros:

#### 45 Capa básica

Objetivo (Arc-PVD):	TiAl (33 % at./67 % at.)-metal
Diámetro de objetivo [mm]:	63
$U_{\text{bias}}$ [-V]:	40 (DC)
Presión parcial de $\text{N}_2$ [Pa]:	3,2
50 $I_{\text{Arc-PVD}}$ [A]:	65

Para la producción de herramientas de corte según la invención se precipitó por encima una capa intermedia de óxido de aluminio gamma con un grosor de 14 nm mediante pulverización de magnetrón dual (DMS) con los siguientes parámetros:

Capa intermedia

5	Objetivos (DMS):	2 x Al-metal
	Tamaño de objetivo [mm x mm]:	160 x 820
	Rendimiento (DMS) [kW]:	20
	Ubias [V]:	60 (por pulsos unipolares, 70 Hz)
	Tiempo [min]:	6
	Presión parcial de Ar [Pa]:	0,5

10 A continuación se precipitó sobre herramientas con la capa intermedia según la invención (invención) y sin una capa intermedia (comparación) una capa de óxido de aluminio-cromo alfa romboédrica de 1,5  $\mu\text{m}$  de grosor en un procedimiento híbrido PVD bajo aplicación simultánea de pulverización de magnetrón dual (DMS) y evaporación en arco voltaico (Arc-PVD) con los siguientes parámetros:

Capa funcional

15	Objetivos (DMS):	2 x Al-metal
	Tamaño de objetivo [mm x mm]:	160 x 820
	Rendimiento (DMS) [kW]:	20
	Objetivos (Arc-PVD):	8 x Cr-metal
	IArc-PVD [A]:	65
	Ubias [-V]:	60 (por pulsos unipolares, 70 Hz)
	Tiempo [min]:	6

20 2. Ensayos de mecanización por arranque de viruta

25 Con las herramientas de corte con y sin capa intermedia producidas previamente según 1 se fresó una herramienta de 42 CrMo4 con una velocidad de corte  $v_c = 235 \text{ m/min}$  y un avance  $f_z = 0,2 \text{ mm}$ . Los resultados se reflejan en el diagrama según la Figura 1, donde se representa el desgaste [mm] en dependencia de diferentes vías de fresado [mm]. Los resultados muestran que el desgaste con las herramientas de corte producidas con la capa intermedia frente a herramientas de corte sin la capa intermedia es considerablemente menor. En el caso de una vía de fresado de 800  $\mu\text{m}$  no se determinó desgaste en absoluto con las herramientas de corte con capa intermedia según la invención. En el caso de una vía de fresado de 1600  $\mu\text{m}$ , el desgaste con la herramienta de corte sin capa intermedia es más del doble que en el caso de la herramienta de corte según la invención con capa intermedia según la invención.

30 Mediante la adherencia, o bien la conexión claramente mejorada de la capa de función se obtienen herramientas de corte con desgaste considerablemente menor, y con ello se pueden alcanzar duraciones considerablemente más elevadas que hasta la fecha. Esto significa un ahorro de herramientas de corte, un cambio menos frecuente de las herramientas de corte, y con ello un menor fallo y menores tiempos de parada de las máquinas, una productividad más elevada y costes menores.

35 3. Investigaciones por microscopía óptica de las herramientas de corte con y sin capa intermedia

40 En el revestimiento de las herramientas de corte producidas según 1 con y sin la capa intermedia según la invención se introdujo una rectificación de calota. En este caso, con ayuda de una bola se rectifica una cavidad que llega hasta el sustrato de metal duro en el centro. En el microscopio óptico se puede identificar entonces el sustrato metálico duro, la capa básica de TiAlN y la capa de óxido de aluminio-cromo. La capa intermedia de pocos nanómetros de grosor no se observa en el microscopio óptico y, por lo tanto, no se puede identificar como una capa discreta. Las imágenes de microscopía óptica de las herramientas de corte rectificadas se reproducen en la Figura 2.

45 En el caso de la herramienta de corte sin la capa intermedia según la invención, en la transición entre la capa básica de TiAlN y la capa funcional de óxido de aluminio-cromo se identifica claramente un anillo intermedio oscuro, desgastado, de los denominados desprendimientos, que son un indicio de una mala conexión de capa entre dos capas. Se presenta una buena adherencia entre dos capas si la transición entre ambas capas muestra un borde agudo. Esto se puede identificar claramente en la herramienta de corte según la invención con la capa intermedia cúbica según la invención.

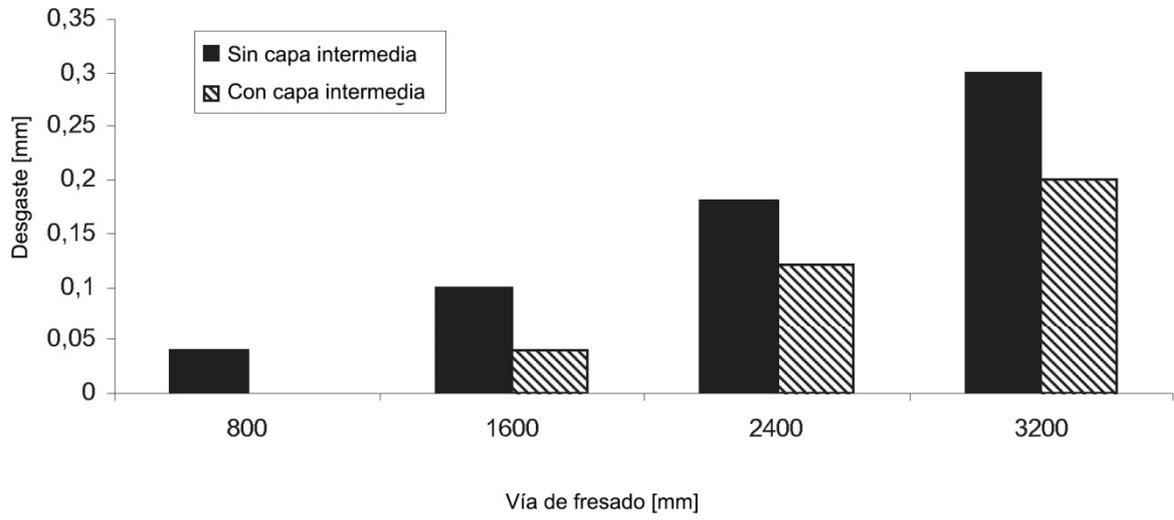
4. XPS (espectroscopía electrónica de rayos X) de la capa funcional de herramientas de corte con y sin capa intermedia según la invención

5 Mediante espectros de XPS de la capa funcional en el lado orientado al sustrato de las herramientas de corte producidas según 1 sin capa intermedia, o bien con capa intermedia, se pudo mostrar que la capa funcional de la herramienta de corte con la capa intermedia según la invención presenta una mayor proporción metálica de  $\text{Co}$  en la interfase que la herramienta de corte sin la capa intermedia según la invención. Como ya se ha indicado, los inventores sospechan que la conexión mejorada de la capa funcional se efectúa mediante formación de una zona de transición con una mayor proporción de enlaces metálicos entre la capa intermedia cúbica y la capa funcional romboédrica.

10

**REIVINDICACIONES**

- 1.- Herramienta de corte con un sustrato de metal duro, cermet, acero o acero de corte rápido (HSS) y un revestimiento de varias capas precipitado sobre éste en el procedimiento PVD, que comprende la siguiente secuencia de capas partiendo del sustrato:
- 5 a) una capa básica constituida por una o varias capas iguales o diferentes superpuestas de un nitruro o carbonitruro, que contiene al menos aluminio (Al) y opcionalmente uno o varios metales ulteriores, seleccionados entre Ti, Cr, Si, Y, Ru y Mo,
- b) una capa intermedia de óxido de aluminio cúbico dispuesta directamente sobre la capa básica,
- 10 c) una capa funcional que contiene cromo dispuesta sobre la capa intermedia con estructura romboédrica, seleccionada entre óxido de cromo ( $Cr_2O_3$ ), oxinitruro de cromo, óxido de aluminio-cromo ( $AlCr$ ) $_2O_3$ , oxinitruro de aluminio-cromo o un óxido mixto u oxinitruro mixto de aluminio, cromo y otros metales ( $AlCrMe_1, \dots, Me_n$ ) $_2$ -óxido o ( $AlCrMe_1, \dots, Me_n$ ) $_2$ -oxinitruro, significando  $Me_1, \dots, Me_n$  uno o varios metales, seleccionados entre Hf, Y, Zr y Ru.
- 15 2.- Herramienta de corte según la reivindicación 1, caracterizada por que la capa intermedia está constituida por óxido de aluminio gamma cúbico ( $\gamma-Al_2O_3$ ).
- 3.- Herramienta de corte según una de las reivindicaciones 1 o 2, caracterizada por que la capa funcional que contiene cromo está constituida completamente o al menos en 90 % en volumen por óxido de aluminio-cromo romboédrico ( $AlCr$ ) $_2O_3$ .
- 20 4.- Herramienta de corte según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizada por que la proporción de cromo entre los elementos metálicos de la capa funcional asciende al menos a 70 % at. de Cr, o al menos 85 % at. de Cr, o al menos 95 % at. de Cr.
- 25 5.- Herramienta de corte según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizada por que la capa intermedia se precipitó mediante pulverización de magnetrón, pulverización de magnetrón reactiva, pulverización de magnetrón dual, pulverización de magnetrón por impulsos de potencia elevada (HIPIMS), o baja aplicación simultánea de pulverización catódica (precipitación por pulverización) y evaporación en arco voltaico (Acr-PVD).
- 30 6.- Herramienta de corte según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizada por que la capa funcional se precipitó mediante evaporación en arco voltaico (Arc-PVD), pulverización de magnetrón, pulverización de magnetrón reactiva, pulverización de magnetrón dual, pulverización de magnetrón por impulsos de potencia elevada (HIPIMS), o bajo aplicación simultánea de pulverización catódica (precipitación por pulverización) y evaporación en arco voltaico (Acr-PVD).
- 7.- Herramienta de corte según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que la capa básica presenta un grosor de capa de 50 nm a 8  $\mu$ m, preferentemente de 500 nm a 5  $\mu$ m, de modo especialmente preferente de 2  $\mu$ m a 4  $\mu$ m.
- 35 8.- Herramienta de corte según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que la capa intermedia presenta un grosor de capa de 1 nm a 2  $\mu$ m, preferentemente de 5 nm a 750 nm, de modo especialmente preferente de 10 nm a 50 nm.
- 9.- Herramienta de corte según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que la capa funcional presenta un grosor de capa de 100 nm a 10  $\mu$ m, preferentemente de 500 nm a 5  $\mu$ m, de modo especialmente preferente de 750 nm a 2  $\mu$ m.
- 40 10.- Herramienta de corte según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que la capa funcional presenta tensiones compresivas en la superficie de menos de 2 GPa, preferentemente menos de 1 GPa.
- 11.- Herramienta de corte según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que la capa básica está constituida por nitruro de titanio-aluminio (TiAlN) o nitruro de titanio-aluminio-silicio (TiAlSiN).
- 45 12.- Herramienta de corte según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que la capa intermedia contiene 0,1 a 5 % at., preferentemente 0,5 a 4 % at., de modo especialmente preferente 1,0 a 3 % at. de argón.



**Fig. 1**

