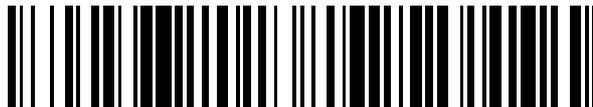


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 561 044**

51 Int. Cl.:

**C23C 14/08** (2006.01)

**C23C 28/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.05.2009 E 09753774 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.12.2015 EP 2281072**

54 Título: **Herramienta con recubrimiento de óxido metálico**

30 Prioridad:

**31.05.2008 DE 102008026358**

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

**24.02.2016**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**SCHIER, VEIT y  
ENGELHART, WOLFGANG**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 561 044 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 óxido metálico

La invención se refiere a una herramienta de corte con un cuerpo base y un recubrimiento multicapa aplicado sobre él.

## 5 Estado de la técnica

Las herramientas de corte consisten en un cuerpo base, que por ejemplo, está fabricado de metal duro, cermet, acero o acero rápido. Para alargar los tiempos de vida o también para mejorar las propiedades de corte, frecuentemente se aplica sobre el cuerpo base un recubrimiento mono o multicapa. Este recubrimiento incluye por ejemplo, capas de material duro metálicas, capas de óxido y similares. Para aplicar el recubrimiento se utilizan procedimientos CVD (deposición química de vapor; chemical vapour deposition) y/o procedimientos PVD (deposición física de vapor; physical vapour deposition). Dentro de un recubrimiento pueden aplicarse varias capas por medio de procedimientos CVD exclusivamente, por medio de procedimientos PVD exclusivamente o por medio de una combinación de estos procedimientos.

En los procedimientos PVD se distingue entre diferentes variantes del procedimiento, como pulverización catódica con magnetrón, deposición por arco catódico (Arc-PVD), deposición iónica, deposición por haz de electrones y ablación láser. La pulverización catódica con magnetrón y la deposición por arco catódico se cuentan entre los procedimientos PVD más utilizados para el recubrimiento de herramientas. Entre las variantes de procedimientos PVD individuales hay nuevamente diferentes modificaciones, como por ejemplo, pulverización catódica con magnetrón no pulsada o pulsada o deposición por arco catódico no pulsada o pulsada, etc.

El objetivo en procedimientos PVD puede consistir en un metal puro o en una combinación de dos o más metales. Si el objetivo comprende varios metales, todos estos metales se introducen simultáneamente en la capa construida por el procedimiento PVD de un recubrimiento. La proporción cuantitativa de los metales entre sí en la capa construida dependerá de la proporción cuantitativa de los metales en el objetivo, pero también de las condiciones en el procedimiento PVD, ya que ciertos metales, bajo ciertas condiciones, se liberan del objetivo en cantidades mayores y/o se depositan sobre el sustrato en cantidades mayores que otros metales.

Para generar compuestos metálicos determinados se suministran gases reactivos al espacio de reacción del procedimiento PVD, como por ejemplo, nitrógeno para la generación de nitruros, oxígeno para la generación de óxidos, compuestos con contenido de carbono para la generación de carburos, carbonitruros, etc., o mezclas de estos gases para la generación de compuestos mixtos correspondientes.

En el procedimiento PVD, normalmente se aplica a los sustratos que van a ser recubiertos, un denominado potencial bias, para alcanzar la energía de superficie necesaria para el proceso de crecimiento y con ello la movilidad atómica. La energía es necesaria para conseguir estructuras cristalinas en el caso de una capa en crecimiento. Al aplicar capas aislantes en el procedimiento PVD, lo cual es el caso de numerosos compuestos de óxidos metálicos, el potencial bias aplicado de manera efectiva se reduce debido a las propiedades aislantes del material de la capa durante el proceso de crecimiento, al aumentar el grosor de la capa, lo cual empeora las condiciones de crecimiento en la superficie de la capa y luego, finalmente, conduce al crecimiento de exclusivamente o principalmente estructuras amorfas. Al separar materiales de capa aislantes debido a la utilización de un potencial bias continuo (DC-Bias) o un potencial de bias continuo pulsado, estas estructuras amorfas son inevitables, pero no deseadas, porque tienen peores propiedades materiales que las capas cristalinas, como, entre otras, peor estabilidad a la alta temperatura, peor estabilidad termodinámica, menor dureza, etc.

Ramm, J. Et al., Pulse enhanced electron emission (P3e™) arc evaporation and the synthesis of wear resistant Al-Cr-O coatings in corundum structure, *Surface & Coatings Technology* 202 (2007), p. 876-883, describen la deposición de capas de óxido de aluminio-óxido de cromo por medio de deposición por arco catódico pulsada (Arc-PVD). Las capas separadas muestran primero una estructura cristalina mixta, la cual se vuelve amorfa al aumentar el grosor de la capa hacia la superficie.

Teixeira, V. et al., Deposition of composite and nanolaminate ceramic coatings by sputtering, *Vacuum* 67 (2002), p. 477-483, describen la deposición de capas delgadas de óxido de circonio/óxido de aluminio en el rango de los nanómetros por pulverización catódica con magnetrón. Las capas muestran proporciones cristalinas de óxido de circonio, pero solo proporciones amorfas de óxido de aluminio. Trinh, D. H. Et al., Radio frequency dual magnetron sputtering deposition and characterization of nanocomposite Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ZrO<sub>2</sub> thin Films, *J. Vac. Sc. Techn. A* 24(2), marzo/abril 2006, p. 309-316, describen la deposición de capas muy delgadas de óxido de circonio/óxido de aluminio en el rango de los nanómetros por medio de pulverización catódica con magnetrón, las cuales muestran proporciones cristalinas de óxido de circonio, pero sin embargo, ninguna proporción cristalina de óxido de aluminio.

El documento WO 2008/043606 A1 divulga un sistema de capas mono o multicapa aplicado en un procedimiento PVD con al menos una capa de cristal mixto de un óxido múltiple, por ejemplo, óxido de aluminio-cromo, sobre un sustrato, donde la capa de cristal mixto presenta una estructura de corindón.

El documento US 2006/263640 A1 describe igualmente un recubrimiento multicapa sobre un sustrato, donde se alternan capas de óxido de aluminio  $\alpha$  con capas con estructura de corindón de una mezcla de óxido de aluminio y otros óxidos metálicos o de capas de óxido metálico que no contienen ningún óxido de aluminio. Por medio de ello se debe restringir el crecimiento cristalino del óxido de aluminio y evitarse la aparición de cristales demasiado grandes, para que la rugosidad de la superficie de la capa de óxido de aluminio no sea demasiado alta, ya que una alta rugosidad de la superficie de óxido de aluminio exterior sobre una herramienta para el procesamiento de metales, puede conducir a diferentes problemas debido al alto rozamiento y la adhesión de la superficie de la capa de óxido de aluminio a la herramienta.

Del documento JP-A-2007 111835 se conoce una herramienta de corte sobre la que se depositó una pila de capas de capas de óxido de aluminio-cromo y capas de óxido de circonio por CVD.

#### Tarea

La tarea de la presente invención consistió en proporcionar herramientas de corte mejoradas respecto al estado de la técnica, en particular con un recubrimiento multicapa con capas de óxido metálico con una proporción cristalina muy alta.

La tarea según la invención se soluciona por medio de una herramienta de corte con un cuerpo base y un recubrimiento multicapa aplicado sobre ella, el cual, dado el caso, comprende junto a otras capas, varias capas principales A y capas intermedias B aplicadas directamente unas sobre otras alternándose,

siendo las capas principales A y las capas intermedias B respectivamente capas de óxido metálico fabricadas con un procedimiento PVD,

el grosor de la capas principales A está en el rango desde 4 nm hasta 1  $\mu\text{m}$  y

el grosor de las capas intermedias B está en el rango desde 2 nm hasta 50 nm,

donde la proporción entre los grosores entre las capas intermedias B con respecto a los grosores de las capas principales A, está en el rango de 1:2 a 1:100 y

donde dentro de una capa principal A, se reduce la proporción de óxido metálico presente de manera cristalina por la totalidad del grosor de la capa principal A respectiva en dirección desde el sustrato hacia fuera, desde una proporción en el rango del 100 al 90% en volumen de óxido metálico cristalino a una proporción de al menos el 80% en volumen de óxido metálico cristalino y

donde las capas principales A están hechas de un óxido mixto AlCr y las capas intermedias B están hechas de óxido de Zr, óxido de Y u óxido mixto de ZrY.

Como ya se describió en la introducción, en la deposición de muchos óxidos metálicos, en el procedimiento PVD, debido a sus propiedades aislantes, existe el problema de que el potencial bias aplicado descienda al aumentar el grosor de la capa, con lo que simultáneamente también se reduce la cristalinidad de la capa separada y aumenta la proporción amorfa de un recubrimiento de este tipo. Según la invención, este problema se supera al introducir durante la deposición de un material principal de óxido metálico, el cual aquí forma las capas principales A, capas intermedias delgadas B de un material de capas intermedias. El material de las capas principales A perdería debido a sus propiedades aislantes en la deposición por el procedimiento PVD cada vez más cristalinidad al aumentar el grosor de la capa y formaría cada vez más estructura amorfa. El material de las capas intermedias B está elegido de manera que en las condiciones de deposición crece en forma cristalina sobre la capa principal A y con ello potencia el nuevo crecimiento de las capas principales A.

El grosor de la capas principales A está en el rango desde 4 nm hasta 1  $\mu\text{m}$ , y el grosor de las capas intermedias B en el rango desde 2 nm hasta 50 nm. La proporción de los grosores de las capas intermedias B con respecto a los grosores de las capas principales A, está en el rango desde 1:2 hasta 1:100. Las capas intermedias B son por tanto muy delgadas en proporción con las capas principales A. No se requiere que los grosores de las capas individuales, esto es, los grosores de las capas principales A entre sí, y los grosores de las capas intermedias B entre sí, se mantengan constantes por la totalidad de la capa. Las capas principales A, las cuales están separadas entre sí por medio de capas intermedias B, pueden tener grosores de capa diferentes, al igual que las capas intermedias B individuales pueden tener diferentes grosores. De forma alternativa, obviamente, también las capas principales A pueden tener sistemáticamente grosores iguales y/o las capas intermedias B pueden tener sistemáticamente grosores iguales. Por ejemplo, se pueden alternar de manera alterna capas principales A de 15 nm de grosor, de óxido de aluminio/cromo con capas intermedias B de 3 nm de grosor, de óxido de circonio y ser depositadas hasta un grosor de capa total de más de 5  $\mu\text{m}$  de manera uniformemente cristalina.

En una forma de realización de la invención, las capas principales A consisten en  $(\text{Al,Cr})_2\text{O}_3$ .

Según la invención, las capas intermedias B consisten en óxido de Zr, óxido de Y u óxido mixto de ZrY. Las capas intermedias B de óxido de Zr son muy especialmente preferidas, ya que aún crecen cristalinas también en el caso de un bias bajo.

5 Una cristalinidad completa de las capas principales A no puede garantizarse siempre. También en el caso de capas principales A delgadas, antes de la deposición de una nueva capa intermedia B, puede ocurrir dentro de las capas principales una reducción de la proporción cristalina y un aumento de la amorfa del(los) compuesto(s) depositado(s). La invención comprende también tales herramientas de corte, sin embargo, solo mientras la proporción predominante de las capas principales A se presente de manera cristalina. Preferiblemente se presentan de manera cristalina más del 80 % en volumen de las capas principales A, de manera particularmente preferida se presentan de manera cristalina más del 90 % en volumen de las capas principales A y de manera muy particularmente preferida, se presentan de manera cristalina más del 95 % en volumen de las capas principales A.

10 Con una reducción de la proporción cristalina y con un aumento de la amorfa del(los) compuesto(s) de óxido metálico depositados se origina con ello un gradiente con cristalinidad en reducción. Preferiblemente en este caso, al empezar la deposición de una capa principal A, esto es, por ejemplo, directamente en contacto con una capa intermedia B, el óxido metálico depositado debe presentarse casi completamente cristalino. Al aumentar el grosor de la capa de una capa principal A, la cristalinidad puede reducirse en el transcurso de la deposición, sin embargo, la reducción de la cristalinidad no debería bajar a por debajo del 80 % en volumen, preferiblemente no a por debajo del 85 % en volumen de óxido metálico cristalino. Si la cristalinidad bajase más fuertemente habría que mantener más reducido el grosor de la capa y separarse antes una capa intermedia B.

20 En una forma de realización preferida, la invención comprende por tanto una herramienta de corte del tipo mencionado anteriormente, donde dentro de una capa principal A se reduce la proporción de óxido metálico presente de forma cristalina de la correspondiente capa principal A por el grosor completo de la capa principal A en dirección desde el sustrato hacia fuera, de una proporción en el rango de un 100 a 95 % en volumen de óxido metálico cristalino a una proporción de al menos un 80 % en volumen de óxido metálico cristalino, preferiblemente de al menos un 85 % en volumen de óxido metálico cristalino.

25 La proporción en volumen de óxido metálico cristalino en las capas depositadas se determina por medio de mediciones de rayos X, en el presente caso mediante medición por rayos X en incidencia rasante (Grating Incidence X-Ray Diffraction = GIXRD). Este procedimiento estándar proporciona informaciones semicuantitativas sobre la cristalinidad de la muestra, la cual se correlaciona con la intensidad del pico de rayos X. Además, puede realizarse según este procedimiento, en disposiciones de medición determinadas y mediante la variación del ángulo de irradiación, un reconocimiento de la estructura de rayos X dependiente de la profundidad.

30 En otra forma de realización preferida de la invención, el grosor de las capas principales A está en el rango de 5 nm a 50 nm, preferiblemente en el rango de 10 nm hasta 30 nm, y/o el grosor de las capas intermedias B en el rango de 3 nm hasta 15 nm, preferiblemente en el rango de 3 nm a 8 nm.

35 El problema que hay que solucionar con la invención, del material de óxido metálico de las capas principales A, consiste en que el material pierde cristalinidad durante la deposición PVD al aumentar el grosor de capa y contiene una proporción amorfa mayor. Cuándo la proporción amorfa en la deposición de un recubrimiento aumenta en qué medida, depende de diferentes parámetros, como por ejemplo, del material de capa depositado en sí y de los diferentes requisitos en el procedimiento de deposición por PVD. Por ello no se puede fijar por anticipado para cada material y para cada método de deposición a partir de qué grosor de capa debe aplicarse de nuevo una capa intermedia B sobre una capa principal A depositada, para retrasar o evitar la formación de estructuras amorfas y seguir favoreciendo el crecimiento cristalino. La elección del grosor de las capas principales A también depende particularmente, de hasta qué punto ha de permitirse la desviación de un crecimiento cristalino puro de las capas principales A. En el caso de un material de capas principales, en el cual se inicia la modificación hacia estructuras amorfas ya en caso de un grosor de deposición reducido, la aplicación de una capa intermedia B ya será necesaria en el caso de un grosor reducido de la capa principal A, a diferencia de un material, que crece en la forma cristalina hasta un grosor de capa mayor. Los requisitos y grosores de capa ideales requeridos para esto pueden ser determinados sin embargo por el experto en el ámbito para determinadas combinaciones de materiales y procedimientos PVD por medio de experimentos sencillos. Como regla general es válido que el material de las capas principales obtenga una cristalinidad mayor por la totalidad de la capa, cuando las capas principales A individuales tengan un grosor menor, antes de que siga la capa intermedia B y con ello favorezca el nuevo crecimiento cristalino del material de las capas principales A sobre ellas. El grosor de las capas principales A no debería elegirse sin embargo demasiado bajo, para que la proporción del material de las capas intermedias B, que esencialmente debe servir para el mantenimiento de la estructura cristalina al crecer el material de las capas principales A, no sea demasiado alta ni parte determinante de la capa completa.

55 Preferiblemente la proporción de los grosores de las capas intermedias B con respecto a los grosores de las capas principales A se encuentra en el rango de 1:3 hasta 1:20, de manera particularmente preferida en el rango de 1:4 hasta 1:8.

En una forma de realización preferida de la invención, las capas principales A consisten predominantemente en  $(Al,Cr)_2O_3$  mixto cristalino con estructura de corindón y/o las capas intermedias B, predominantemente en  $ZrO_2$  cristalino. Muchos otros óxidos metálicos o combinaciones de óxidos metálicos como recubrimientos, han resultado ser demasiado blandos para el corte de metal.

- 5 Para la deposición de los recubrimientos de la herramienta de corte según la invención, son adecuados todos los procedimientos PVD conocidos. Preferiblemente los procedimientos PVD para la fabricación de las capas principales A y las capas intermedias B se eligen de entre pulverización catódica con magnetrón, deposición por arco catódico (Arc-PVD), deposición iónica, deposición por haz de electrones y ablación láser.

- 10 La herramienta de corte de la presente invención presenta en una forma de realización, un recubrimiento que solo consiste en las capas principales A y capas intermedias B aplicadas directamente unas sobre otras de manera alterna sobre el cuerpo base. De forma alternativa, el recubrimiento comprende además otras capas sobre y/o bajo la pluralidad de las capas principales A y capas intermedias B aplicadas unas directamente sobre otras de manera alterna, eligiéndose estas capas adicionales del recubrimiento entre carburos, nitruros, óxidos, carbonitruros, oxinitruros, oxicarburos, oxi-carbonitruros, boruros, nitruros de boro, carburos de boro, carbonitruros de boro, oxinitruros de boro, oxocarburos de boro, oxocarbonitruros de boro, oxonitruros de boro de los elementos de los grupos IVa hasta VIIa del sistema periódico y/o del aluminio y/o del silicio, incluyendo fases metálicas mixtas, así como mezclas de fases de los compuestos mencionados previamente. Ejemplos de capas adicionales adecuadas en el recubrimiento según la invención son capas de TiAlN, capas de TiN o capas de TiC.

- 20 En otra forma de realización de la invención, la capa de la pluralidad de capas principales A y capas intermedias B aplicadas directamente unas sobre otras de manera alterna, presenta un grosor total de 1  $\mu m$  a 20  $\mu m$ , preferiblemente de 2  $\mu m$  a 15  $\mu m$ , de manera particularmente preferida de 3  $\mu m$  a 10  $\mu m$ , de manera muy particularmente preferida de 4  $\mu m$  a 7  $\mu m$ . En el caso de grosores de capa demasiado altos, existe el peligro del desprendimiento debido a tensiones mecánicas demasiado altas en la capa.

- 25 En otra forma de realización de la invención, el recubrimiento presenta una dureza Vickers (Hv) de 1000 a 4000, preferiblemente de más de 1500, de manera particularmente preferida de más de 2000.

El cuerpo base de la herramienta de corte según la invención, está fabricado convenientemente a partir de metal duro, cermet, acero o acero rápido (HSS).

En otra forma de realización de la invención, los óxidos metálicos de las capas principales A y las capas intermedias B dispuestas directamente unas sobre otras de manera alterna, tienen la misma estructura cristalina.

- 30 El recubrimiento novedoso de la presente invención abre un amplio espectro de posibilidades para la mejora y/o adaptación de la resistencia al desgaste, de los tiempos de vida y/o de las propiedades de corte de herramientas de corte, ya que según la invención se pueden depositar capas de óxido metálico con estructura cristalina, que hasta ahora, por los motivos arriba mencionados, tenían una proporción de estructura amorfa alta y por ello otras propiedades materiales que el recubrimiento de la presente invención.

- 35 La resistencia al desgaste, la estabilidad y las propiedades de corte de un recubrimiento sobre una herramienta de corte dependen de diversos factores, como por ejemplo, del material del cuerpo base de la herramienta de corte, de la secuencia, tipo y composición de las capas existentes en el recubrimiento, del grosor de las diferentes capas y en particular del tipo de operación de corte realizada con la herramienta de corte. Para una y la misma herramienta de corte pueden resultar diferentes estabilidades de desgaste dependiendo del tipo de pieza que se va a procesar, del procedimiento de procesado correspondiente y de los demás requisitos durante el procesado, como por ejemplo, el desarrollo de altas temperaturas o la utilización de líquidos refrigerantes corrosivos. Además de ello, se diferencia entre diferentes tipos de desgaste, que según el procedimiento de procesado pueden influenciar más o menos el tiempo útil de una herramienta, esto es, su tiempo de vida. El desarrollo y la mejora de herramientas de corte han de observarse por lo tanto siempre en lo que se refiere a qué propiedades de la herramienta deben mejorarse, y juzgarse en condiciones comparables frente al estado de la técnica.

- 45 Una propiedad esencial de las herramientas de corte, que se mejora por medio del recubrimiento según la invención frente al estado de la técnica con recubrimientos de los mismos materiales, es la dureza de un recubrimiento de este tipo. La dureza claramente mayor del recubrimiento según la invención debe atribuirse a la alta proporción de cristalinidad que se alcanza en el recubrimiento según la invención. Los recubrimientos de óxido metálico aplicados por medio de procedimientos PVD según el estado de la técnica con grosores de capa comparables presentan en general una proporción amorfa de la estructura claramente mayor, lo cual influye negativamente en las propiedades del material, en particular en la dureza.

- 50 Otro efecto sorprendente que se observó en los recubrimientos según la invención, es una reducción de la conductividad térmica de la totalidad del recubrimiento. Esta reducción de la conductividad térmica del recubrimiento conseguida sorprendentemente actúa de forma muy positiva en el uso de tales herramientas de corte durante el corte de metales y materiales compuestos. La conductividad térmica reducida lleva a una estabilidad al choque térmico mejorada y con ello a una resistencia a la rotura de cresta más elevada.

5 El motivo para la conducción térmica reducida en los recubrimientos según la invención frente a los recubrimientos del estado de la técnica no queda aclarado exactamente. Se supone que la conductividad térmica reducida podría atribuirse a las capas intermedias B integradas en el recubrimiento. Otros experimentos con diferentes materiales de recubrimiento, que actualmente están en curso, deben ofrecer informaciones más concretas sobre los mecanismos conducentes a una conductividad térmica reducida.

10 Se entiende por sí mismo, que todas las características individuales, como se describen aquí para determinadas formas de realización según la invención, siempre y cuando esto tenga sentido técnicamente y sea posible, son combinables con todas las demás características descritas de las formas de realización según la invención y tales combinaciones se consideran como divulgadas en el marco de esta descripción. Aquí se renuncia a la enumeración individual de todas las combinaciones posibles solo por motivos de una mejor lectura.

Otras ventajas, características y formas de realización de la invención presente se explican de la mano de los siguientes ejemplos.

### Ejemplos

15 En una instalación de recubrimiento por PVD (Flexicoat; Hauzer Techno Coating) los sustratos de metal duro de la composición fueron provistos de un recubrimiento de PVD multicapa. La geometría del sustrato fue SEHW120408 o ADMT160608-F56 (según norma DIN-ISO 1832). Antes de la deposición de las capas, la instalación fue evacuada a  $1 \times 10^{-5}$  mbar y la superficie de metal duro fue limpiada por ataque iónico a 170 V de tensión bias.

#### Ejemplo 1

Capas principales A:  $(Al,Cr)_2O_3$

- 20
- Procedimiento PVD: Deposición por arco catódico (Arc-PVD)
  - Objetivo: Al/Cr (70/30 % At.) fuente circular (diámetro 63 mm),
  - Deposición: Temperatura: 600°C; Corriente del evaporador 80 amperios;  
Presión de  $O_2$  1 Pa,  
100 voltios de tensión bias en sustrato, pulsado DC a 70 kHz

25 Capas intermedias B:  $ZrO_2$

- Procedimiento PVD: Deposición por arco catódico (Arc-PVD)
- Objetivo: Zr fuente circular (diámetro 63 mm),
- Deposición: Temperatura: 600°C; Corriente del evaporador 80 amperios;  
Presión de  $O_2$  1 Pa,  
100 voltios de tensión bias en sustrato, pulsado DC a 70 kHz

- 30
- Grosos de capa: Capas principales A: 150 nm  $(Al,Cr)_2O_3$   
Capas intermedias B: 10 nm  $ZrO_2$   
Capa total de capas principales A y capas intermedias B: 5  $\mu m$ .

#### Ejemplo comparativo 1

35 Como el ejemplo 1, pero sin deposición de las capas intermedias B.

Según el ejemplo 1 según la invención, se depositaron alternativamente capas principales A con un grosor de 150 nm y entre ellas capas intermedias B con un grosor de 10 nm hasta un grosor de capa total de unas 5  $\mu m$  sobre el cuerpo del sustrato. Las investigaciones mostraron que el recubrimiento completo presentó en todas las capas una alta cristalinidad uniforme por la totalidad del grosor de capa, de por encima del 95% en volumen.

40 En un ejemplo comparativo (ejemplo comparativo 1) se depositó solo material de las capas principales A  $(Al,Cr)_2O_3$  sin capas intermedias según el mismo procedimiento que en el ejemplo 1. El recubrimiento crece primeramente cristalino en un cristal mixto en estructura de corindón. A partir de un grosor de capa de aproximadamente 2  $\mu m$  la capa se vuelve crecientemente amorfa y tras unas 4  $\mu m$  es amorfa por rayos X y permanece a partir de ahí sin estructura.

## ES 2 561 044 T3

La dureza Vickers medida de la capa cristalina depositada según la invención en el ejemplo 1 fue de unos 2.000 Hv, mientras que por el contrario, la capa aplicada en el ejemplo comparativo 1 con una proporción amorfa alta presentó solo una dureza de apenas 1.000 Hv.

- 5 Además de ello, la capa aplicada según el ejemplo 1 según la invención presentó una conductividad térmica claramente menor que la capa depositada según el ejemplo comparativo 1 sin capas intermedias B.

- 10 En un experimento de fresado en una pieza de trabajo de acero 42CrMoV4 (resistencia 850 MPa) se compararon las herramientas de corte del ejemplo 1 y del ejemplo comparativo 1. Para estos experimentos, los sustratos fueron provistos primeramente de un recubrimiento con un grosor de 3  $\mu\text{m}$  de TiAlN, antes de que se depositaran los materiales oxídicos de las capas principales e intermedias. Se fresó a velocidad constante sin lubricante refrigerante a una velocidad de corte  $v_c = 236$  m/min y un avance de los dientes  $f_z = 0,2$  mm.

El desgaste se midió sobre la superficie libre como ancho de las marcas de desgaste VB medio en mm (en el filo principal) tras un tramo de fresado de 4800 mm. Se determinaron los siguientes anchos de las marcas de desgaste VB:

Ancho de las marcas de desgaste VB

- |    |                        |         |
|----|------------------------|---------|
| 15 | Ejemplo 1:             | 0,12 mm |
|    | Ejemplo comparativo 1: | 0,20 mm |

## REIVINDICACIONES

1. Herramienta de corte con un cuerpo base y un recubrimiento multicapas aplicado sobre él, el cual comprende, dado el caso junto a otras capas, varias capas principales A y capas intermedias B depositadas alternativamente directamente unas sobre otras,
- 5 donde las capas principales A y las capas intermedias B son correspondientemente capas de óxido metálico fabricadas por procedimiento PVD,  
el grosor de las capas principales A está en el rango desde 4 nm hasta 1  $\mu\text{m}$  y  
el grosor de las capas intermedias B está en el rango desde 2 nm hasta 50 nm,  
donde la proporción de los grosores de las capas intermedias B con respecto a los grosores de las capas principales A se encuentra en el rango de 1:2 a 1:100, y
- 10 donde dentro de una capa principal A se reduce en dirección desde el sustrato hacia fuera, la proporción de óxido metálico presente en forma cristalina por la totalidad del grosor de la correspondiente capa principal A, de una proporción en el rango del 100 a 90 % en volumen de óxido metálico cristalino a una proporción de al menos 80 % en volumen de óxido metálico cristalino y
- 15 donde las capas principales A consisten en óxido mixto AlCr y las capas intermedias B consisten en óxido de Zr, óxido de Y u óxido mixto de ZrY.
2. Herramienta de corte según la reivindicación 1, caracterizada por que las capas principales A consisten en  $(\text{Al,Cr})_2\text{O}_3$ .
3. Herramienta de corte según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que la proporción predominante de las capas principales A se presenta de manera cristalina, preferiblemente se presenta de manera cristalina más del 80 % en volumen de las capas principales A, de manera particularmente preferida se presenta de manera cristalina más del 90 % en volumen de las capas principales A y de manera muy particularmente preferida se presenta de manera cristalina más del 95 % en volumen de las capas principales A.
- 20 4. Herramienta de corte según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que dentro de una capa principal A, la proporción de óxido metálico presente de manera cristalina se reduce por la totalidad del grosor de la correspondiente capa principal A, en dirección desde el sustrato hacia fuera, de una proporción en el rango del 100 hasta el 95 % en volumen de óxido metálico cristalino a una proporción de al menos 80 % en volumen de óxido metálico cristalino, preferiblemente de al menos 85 % en volumen de óxido metálico cristalino.
5. Herramienta de corte según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que el grosor de las capas principales A está en el rango desde 5 nm hasta 50 nm, preferiblemente en el rango desde 10 nm hasta 30 nm, y/o el grosor de las capas intermedias B está en el rango desde 3 nm hasta 15 nm, preferiblemente en el rango de 3 nm hasta 8 nm.
- 30 6. Herramienta de corte según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que la proporción de los grosores de las capas intermedias B con respecto a los grosores de las capas principales A está en el rango desde 1:3 a 1:20, preferiblemente en el rango de 1:4 a 1:8.
- 35 7. Herramienta de corte según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que las capas principales A consisten predominantemente en  $(\text{Al,Cr})_2\text{O}_3$  cristalino mixto con estructura de corindón y/o las capas intermedias B consisten predominantemente en  $\text{ZrO}_2$  cristalino.
8. Herramienta de corte según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que los procesos PVD para la fabricación de las capas principales A y de las capas intermedias B se eligen entre i) rMS, ii) deposición por arco catódico (Arc-PVD), iii) deposición iónica, iv) deposición por haz de electrones y v) ablación láser.
- 40 9. Herramienta de corte según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que el recubrimiento, junto a las múltiples capas principales A y capas intermedias B aplicadas de manera alterna directamente unas sobre otras, comprende otras capas, elegidas entre carburos, nitruros, óxidos, carbonitruros, oxinitruros, oxocarburos, oxi carbonitruros, boruros, nitruros de boro, carburos de boro, carbonitruros de boro, oxinitruros de boro, oxocarburos de boro, oxocarbonitruros de boro, oxonitruros de boro de los elementos de los grupos IVa hasta VIIa del sistema periódico y/o del aluminio y/o del silicio, incluyendo fases metálicas mixtas, así como mezclas de fases de los compuestos mencionados previamente.
- 45 10. Herramienta de corte según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que en el recubrimiento la pluralidad de capas principales A y capas intermedias B aplicadas de manera alterna directamente unas sobre otras, presentan un grosor total de 1  $\mu\text{m}$  a 20  $\mu\text{m}$ , preferiblemente de 2  $\mu\text{m}$  a 15  $\mu\text{m}$ , de manera particularmente preferida de 3  $\mu\text{m}$  a 10  $\mu\text{m}$ , de manera muy particularmente preferida de 4  $\mu\text{m}$  a 7  $\mu\text{m}$ .
- 50

11. Herramienta de corte según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que el recubrimiento tiene una dureza Vickers (Hv) desde 1000 hasta 4000, preferiblemente de más de 1500, de manera particularmente preferida de más de 2000.
- 5 12. Herramienta de corte según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que el cuerpo base está fabricado de metal duro, cermet, acero o acero rápido (HSS).
13. Herramienta de corte según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que los óxidos metálicos de las capas principales A y capas intermedias B aplicadas de manera alterna directamente unas sobre otras tienen la misma estructura cristalina.