

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 732 034**

51 Int. Cl.:

**C23C 28/04** (2006.01)

**C23C 16/02** (2006.01)

**C23C 16/40** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.12.2015** **E 15200771 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2019** **EP 3034653**

54 Título: **Herramientas de corte recubiertas por CVD**

30 Prioridad:

**19.12.2014 EP 14199190**

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

**20.11.2019**

73 Titular/es:

**SANDVIK INTELLECTUAL PROPERTY AB  
(100.0%)  
811 81 Sandviken, SE**

72 Inventor/es:

**LINDAHL, ERIK y  
ENGQVIST, JAN**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 732 034 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

Herramientas de corte recubiertas por CVD

## Campo técnico

- 5 La presente invención se refiere a una herramienta de corte recubierta para máquinas de formación de virutas de metales que comprende un sustrato que tiene una superficie recubierta con un recubrimiento de HKI (CVD). La herramienta de corte recubierta según la presente invención es particularmente útil en aplicaciones con altas demandas de resistencia al desgaste abrasivo en, por ejemplo, torneado, fresado o taladrado de un material metálico tal como acero aleado, acero al carbono o acero templado endurecido.

## Antecedentes de la técnica

- 10 La deposición química en fase de vapor (CVD) de recubrimientos resistentes al desgaste en herramientas de corte de carburo cementada ha existido en la práctica industrial durante muchos años. Recubrimientos tales como el TiCN y  $\text{Al}_2\text{O}_3$  han demostrado mejorar la resistencia al desgaste en insertos de corte en el corte de muchos materiales diferentes. Una combinación de una capa interna de TiCN y una capa externa de  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  puede encontrarse en muchos insertos de corte comerciales diseñados para torneado, por ejemplo, el acero.
- 15 La patente europea EP1905870A2 describe un inserto de corte recubierto que comprende un recubrimiento con al menos una capa de  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  que muestra una textura de crecimiento fuerte a lo largo de  $\langle 0\ 0\ 1 \rangle$ . La tenacidad del inserto se mejoró en el torneado.

- 20 El documento WO 2013/037998 A describe una herramienta de corte recubierta por CVD con un recubrimiento de  $\alpha$ -alúmina de 1 - 25  $\mu\text{m}$  de espesor que tiene un TC (0 0 12) preferiblemente de  $> 6$  calculado a partir de las reflexiones (hkl) (0 1 2), (1 0 4), (1 1 0), (1 1 3), (1 1 6), (3 0 0) y (0 0 12) en relación con las intensidades estándar de ICDD 42-1468. Una capa de MT-CVD, preferiblemente de Ti(C,N) puede estar presente entre la capa de  $\alpha$ -alúmina y el sustrato.

- 25 Es un objeto de la invención proporcionar un inserto de herramienta de corte recubierta de alúmina con un rendimiento mejorado en las operaciones de corte. Es un objeto adicional de la invención proporcionar una herramienta de corte recubierta con resistencia al desgaste mejorada, por ejemplo una mayor resistencia al desgaste del cráter y una resistencia potenciada al desgaste en el flanco del filo de corte. Otro objeto de la invención es proporcionar una herramienta de corte con un alto rendimiento en el torneado de acero, tales como aceros aleados, aceros al carbono, aceros templados endurecidos.

## Descripción de la invención

- 30 Los aspectos mencionados anteriormente son conseguidos mediante una herramienta de corte según la reivindicación 1. Las realizaciones preferidas están descritas en las reivindicaciones dependientes 2 a 8. Un uso de la herramienta de corte está definido en la reivindicación 9.

De acuerdo con la presente invención la herramienta de corte comprende un sustrato recubierto con un recubrimiento que comprende una capa de  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ , en donde el  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  muestra un coeficiente de textura  $\text{TC}(\text{hkl})$ , medido por difracción de rayos-X utilizando radiación  $\text{CuK}\alpha$  y escaneo  $\theta\text{-}2\theta$ , definido según la fórmula de Harris:

$$TC(hkl) = \frac{I(hkl)}{I_0(hkl)} \left[ \frac{1}{n} \sum_{n=1}^n \frac{I(hkl)}{I_0(hkl)} \right]^{-1} \quad (1)$$

- 35 Donde  $I(\text{hkl})$  es la intensidad medida (área integrada) de la reflexión (hkl),  $I_0(\text{hkl})$  es la intensidad estándar según la tarjeta PDF de ICDD n° 00-010-0173, n es el número de reflexiones que se utilizan en el cálculo, y donde las reflexiones (hkl) que se utilizan son (1 0 4), (1 1 0), (1 1 3), (0 2 4), (1 1 6), (2 1 4), (3 0 0) y (0 0 12)

- 40 caracterizados por que  $\text{TC}(0\ 0\ 12) \geq 7,2$ , preferiblemente  $\geq 7,4$ , más preferiblemente  $\geq 7,5$ , más preferiblemente  $\geq 7,6$ , lo más preferiblemente  $\geq 7,7$ , y preferiblemente de  $\leq 8$  y en donde la relación de  $I(0\ 0\ 12)/I(0\ 1\ 14) \geq 1$ , preferiblemente  $\geq 1,5$ , más preferiblemente  $\geq 1,7$ , lo más preferiblemente  $\geq 2$ , en donde  $I(0\ 0\ 12)$  es intensidad medida (área integrada) de la reflexión 0 0 12 y en donde  $I(0\ 1\ 14)$  es la intensidad medida (área integrada) de la reflexión 0 1 14. Se ha mostrado que una capa de  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  con tal alto  $\text{TC}(0\ 0\ 12)$  en combinación con un  $I(0\ 0\ 12)$  igual o mayor que  $I(0\ 1\ 14)$  es tan ventajosa como una capa en las herramientas de corte debido a su inesperada elevada resistencia al desgaste del cráter y del flanco.
- 45

La capa de  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  se deposita normalmente con CVD térmica. Alternativamente, se pueden utilizar otros procesos de deposición CVD. También es el caso de cualquier otra capa de recubrimiento como se describe a continuación. HTCVD se define en este documento como un proceso de CVD dentro del intervalo de temperatura de 950-1.050 °C y MTCVD dentro del intervalo de 800-950 °C.

La capa de  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  cubre al menos el área de la herramienta de corte que se dedica a cortar en una operación de corte, que cubre al menos las áreas expuestas para el desgaste del cráter y/o desgaste del flanco. Alternativamente toda la herramienta de corte puede estar recubierta con una capa de  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  y/o con cualquier otra capa adicional de recubrimiento.

5 Una textura  $\langle 0\ 0\ 1 \rangle$  fuerte se refiere en este documento a un crecimiento estadísticamente preferido a lo largo de la dirección cristalográfica  $\langle 0\ 0\ 1 \rangle$ , es decir, los granos de  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  crecen con su plano cristalográfico  $(0\ 0\ 1)$  paralelo a la superficie del sustrato con más frecuencia que con otros planos cristalográficos paralelos a la superficie del sustrato. Un medio para expresar el crecimiento preferido a lo largo de una dirección cristalográfica  $\langle hkl \rangle$  es el coeficiente de textura TC  $(hkl)$  que se calcula mediante la fórmula Harris (anterior fórmula (1)) sobre la base de un conjunto definido de reflexiones XRD medidos sobre la muestra respectiva. Las intensidades de las reflexiones XRD se normalizan utilizando una tarjeta JCPDF que indica las intensidades de las reflexiones XRD del mismo material, p. ej.  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ , pero con una orientación aleatoria, tal como en un polvo del material. Un coeficiente de textura TC  $(hkl) > 1$  de una capa de material cristalino es una indicación de que los granos del material cristalino se orientan con su plano cristalográfico  $(hkl)$  paralelo a la superficie del sustrato con más frecuencia que en una distribución aleatoria, al menos comparado con las reflexiones XRD que se utilizan en la fórmula de Harris para determinar el coeficiente de textura TC. El coeficiente de textura TC  $(0\ 0\ 12)$  se utiliza en este documento para indicar el crecimiento del cristal preferido a lo largo de la dirección cristalográfica  $\langle 0\ 0\ 1 \rangle$ . El plano cristalográfico  $(0\ 0\ 1)$  es paralelo a los planos cristalográficos  $(0\ 0\ 6)$  y  $(0\ 0\ 12)$  en el sistema cristalográfico  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ .

En una realización de la presente invención el espesor de la capa de  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  es 2-20  $\mu\text{m}$ , preferiblemente 2-10  $\mu\text{m}$ , lo más preferiblemente 3-7  $\mu\text{m}$ .

En la presente invención el recubrimiento comprende además una capa de TiCN MTCVD situada entre el sustrato y la capa de  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ . Los granos de la capa de TiCN MTCVD son columnares. En una realización de la presente invención el espesor de dicha capa de TiCN MTCVD es 4-20  $\mu\text{m}$ , preferiblemente 4-15  $\mu\text{m}$ , la más preferiblemente 5-12  $\mu\text{m}$ . En este documento TiCN MTCVD se refiere a un  $\text{Ti}(\text{C}_x\text{N}_{1-x})$  en donde  $0,2 \leq x \leq 0,8$ , preferiblemente  $0,3 \leq x \leq 0,7$ , la más preferiblemente  $0,4 \leq x \leq 0,6$ . La relación  $\text{C}/(\text{C}+\text{N})$  del TiCN se puede medir por ejemplo con un análisis de microsonda electrónica.

En una realización de la presente invención el recubrimiento comprende además una capa de unión que comprende un HTCVD que deposita TiN, TiCN, TiCNO y/o TiCO o una combinación de los mismos, preferiblemente de TiN y TiCNO HTCVD, situados lo más alejados de la capa de TiCN MTCVD y adyacentes a la capa de  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ . La capa de unión mejora la adherencia entre la capa de TiCN MTCVD y la capa de  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ . La capa de unión se oxida preferiblemente antes de la deposición de la capa de  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ . La capa de unión comprende granos no-columnares, por ejemplo, granos equiaxiales. El espesor de dicha capa de unión es preferiblemente 0,5-2  $\mu\text{m}$ , la más preferiblemente 1-2  $\mu\text{m}$ .

En presente invención la capa de TiCN, situada entre la capa de  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  y el sustrato, muestra un coeficiente de textura TC $(hkl)$ , medido por difracción de rayos-X utilizando radiación  $\text{CuK}\alpha$  y escaneado de  $\theta$ - $2\theta$ , definido según la fórmula de Harris (1) donde  $I(hkl)$  es la intensidad medida (área integrada) de la reflexión  $(hkl)$ ,  $I_0(hkl)$  es la intensidad estándar según la tarjeta PDF de ICDD n° 42-1489,  $n$  es el número de reflexiones, las reflexiones que utilizadas en el cálculo son  $(1\ 1\ 1)$ ,  $(2\ 0\ 0)$ ,  $(2\ 2\ 0)$ ,  $(3\ 1\ 1)$ ,  $(3\ 3\ 1)$ ,  $(4\ 2\ 0)$ ,  $(4\ 2\ 2)$  y  $(5\ 1\ 1)$ , en donde  $\text{TC}(2\ 2\ 0)$  es  $\leq 0,5$ , preferiblemente  $\leq 0,3$ , más preferiblemente  $\leq 0,2$ , lo preferiblemente  $\leq 0,1$ . Una baja intensidad de  $(2\ 2\ 0)$  ha demostrado ser ventajosa por el hecho de que parece promover una fuerte textura  $\langle 0\ 0\ 1 \rangle$  de la capa posterior de  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ . Una forma de lograr un TC bajo  $(220)$  es ajustar la relación de volumen de  $\text{TiCl}_4/\text{CH}_3\text{CN}$  en una parte inicial, preferiblemente al comienzo, de la deposición de TiCN MTCVD a un nivel relativamente alto.

En una realización de la presente invención la capa de TiCN muestra un  $\text{TC}(4\ 2\ 2) \geq 3$ , preferiblemente  $\geq 3,5$ . En una realización de la presente invención la capa de TiCN muestra un  $\text{TC}(3\ 1\ 1) + \text{TC}(4\ 2\ 2) \geq 4$ , preferiblemente  $\geq 5$ , más preferiblemente  $\geq 6$ , lo más preferiblemente  $\geq 7$ . Estos valores de TC son calculados utilizando la fórmula de Harris (1), la tarjeta PDF de ICDD n° 42-1489 y las reflexiones  $(1\ 1\ 1)$ ,  $(2\ 0\ 0)$ ,  $(2\ 2\ 0)$ ,  $(3\ 1\ 1)$ ,  $(3\ 3\ 1)$ ,  $(4\ 2\ 0)$ ,  $(4\ 2\ 2)$  y  $(5\ 1\ 1)$ .

En una realización de la presente invención el sustrato es carburo cementado, cermet o cerámica. Estos sustratos tienen una dureza y tenacidad que se ajustan al recubrimiento de la presente invención.

50 En una realización de la presente invención el sustrato de la herramienta de corte recubierta consiste en carburo cementado que comprende 4-12 % en peso de Co, preferiblemente 6-8 % en peso de Co, opcionalmente 0,1-10 % en peso de carburos cúbicos, nitruros o carbonitruros de metales de los grupos IVb, Vb y VIb de la tabla periódica, preferiblemente de Ti, Nb, Ta o combinaciones de los mismos, y el resto de WC.

En una realización de la presente invención el sustrato consiste en carburo cementado con una zona de superficie enriquecida con una fase aglutinante. El espesor de la zona de superficie enriquecida con una fase aglutinante es preferiblemente de 5-35  $\mu\text{m}$  medido desde la superficie del sustrato y hacia el núcleo del sustrato. La zona enriquecida con una fase aglutinante tiene en promedio un contenido de fase aglutinante de al menos un 50% más alto que el contenido de la fase aglutinante en el núcleo del sustrato. Una zona de superficie enriquecida con una fase aglutinante

mejora la tenacidad del sustrato. Se prefiere un sustrato con una alta tenacidad en las operaciones de corte, tales como el torneado de acero.

5 En una realización de la presente invención el sustrato consiste en carburo cementado con una zona de superficie esencialmente libre de carburos cúbicos. El espesor de la zona de superficie esencialmente libre de carburos cúbicos es preferiblemente de 5-35  $\mu\text{m}$  medido desde la superficie del sustrato y hacia el núcleo del sustrato. La expresión "esencialmente libre" significa que los carburos cúbicos no son visibles en un análisis ocular de una sección transversal en un microscópico óptico de luz.

10 En una realización de la presente invención el sustrato consiste en un carburo cementado con una zona de superficie enriquecida con una fase aglutinante como se ha descrito anteriormente en combinación con una zona de superficie esencialmente libre de carburos cúbicos como se describe anteriormente.

15 En una realización de la presente invención la capa de  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  es la capa más externa del recubrimiento. Alternativamente, una o más capas adicionales pueden cubrir la capa de  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ , tales como las capas de TiN, TiC,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y/o combinaciones de las mismas. En una realización de la presente invención una o más capas adicionales que cubren la capa de  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  es/son eliminadas de la cara del flanco o la cara inclinada o el borde de corte o combinaciones de los mismos.

En una realización de la presente invención el recubrimiento se trata posteriormente mediante chorreado o cepillado para liberar tensiones de tracción de las capas recubiertas con CVD y para reducir la rugosidad de la superficie.

20 La presente invención también se refiere al uso de una herramienta de corte recubierta como se describe en este documento en una operación de torneado de acero, preferiblemente de acero aleado, acero al carbono o acero templado endurecido. Dichas herramientas de corte han mostrado un rendimiento específicamente mejorado en operaciones exigentes de desgaste de cráter y flanco.

## Métodos

### Deposición de recubrimiento CVD

25 Los recubrimientos de CVD en los ejemplos que se dan a continuación se depositaron en un equipo de CVD del tipo 530 de enlace iónico radial de tamaño capaz de albergar 10.000 insertos de corte de tamaño de media pulgada.

### Medición de difracción de rayos X

30 A fin de investigar la textura de la(s) capa(s), se realizó la difracción de rayos X en la cara del flanco utilizando un difractómetro PANalytical CubiX3 equipado con un detector PIXcel. Las herramientas de corte recubiertas se montaron en soportes de muestra para asegurarse de que la cara del flanco de las muestras sea paralela a la superficie de referencia del soporte de muestra y también que la cara del flanco esté a la altura adecuada. Para las mediciones se utilizó radiación de  $\text{Cu-K}\alpha$ , con un voltaje de 45 kV y una corriente de 40 mA. Se utilizaron ranuras anti-dispersión de  $\frac{1}{2}$  grado y ranuras de divergencia de  $\frac{1}{4}$  grado. La intensidad difractada de la herramienta de corte recubierta se midió en el intervalo de  $20^\circ$  a  $140^\circ$   $2\theta$ , es decir, en un ángulo de incidencia  $\theta$  que oscila entre  $10^\circ$  y  $70^\circ$ .

35 El análisis de los datos, incluida la substracción de fondo, la desconexión de  $\text{Cu-K}\alpha_2$  y el ajuste del perfil de los datos, se realizó utilizando el software PANalytical X'Pert HighScore Plus. La salida (áreas de picos integrados para la curva ajustada de perfil) de este programa se utilizó posteriormente para calcular los coeficientes de textura de la capa comparando la relación de los datos de intensidad estándar medidos con los datos de intensidad estándar según una tarjeta PDF de la capa específica (tal como una capa de TiCN, o  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ ), utilizando la fórmula de Harris (1) como se describe anteriormente. Dado que la capa era una película de espesor finito, las intensidades relativas de un par de picos en diferentes ángulos  $2\theta$  son diferentes a las de un conjunto de muestras, debido a las diferencias en la longitud de la trayectoria a través de la capa. Por lo tanto, la corrección de película delgada se aplicó a las intensidades de áreas de picos integradas para la curva ajustada al perfil, teniendo en cuenta además el coeficiente de absorción lineal de capa, al calcular los valores de CT. Dado que es posible que capas adicionales anteriores, por ejemplo, la capa de  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  afecte a las intensidades de rayos X que entren en la capa de  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  y salgan de todo el recubrimiento, también se deben hacer correcciones para estas, teniendo en cuenta el coeficiente de absorción lineal para el compuesto respectivo en una capa. Lo mismo se aplica para las mediciones de difracción de rayos X de una capa de TiCN si la capa de TiCN se encuentra debajo, por ejemplo, una capa de  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ . Alternativamente, una capa adicional, tal como TiN, sobre una capa de alúmina puede eliminarse mediante un método que no influye sustancialmente en los resultados de la medición de XDR, por ejemplo, grabado químico.

50 Con el fin de investigar la textura de la capa de  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ , se llevó a cabo la difracción de rayos X utilizando radiación de  $\text{CuK}\alpha$  y se calcularon los coeficientes de textura TC (hkl) para diferentes direcciones de crecimiento de los granos columnares de la capa de  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  según la fórmula de Harris (1) como se describió anteriormente, donde  $I(hkl)$  = la intensidad medida (área integrada) de la reflexión (hkl),  $I_0(hkl)$  = intensidad estándar según la tarjeta PDF de ICDD nº 00-010-0173, n = número de reflexiones que se utilizará en el cálculo. En este caso la reflexiones (hkl) utilizadas son: (1 0 4), (1 1 0), (1 1 3), (0 2 4), (1 1 6), (2 1 4), (3 0 0) y (0 0 12). En el cálculo de la relación  $I(0 0 12) / I(0 1 14)$  la intensidad del área del pico integrado del pico (0 0 12) y el pico (0 1 14) se dividieron, independientemente de cualquier

tarjeta PDF. El área de pico integrado medida es una película delgada corregida y corregida para cualquiera otra capa superior (es decir, encima de) de la capa de  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> antes de calcular dicha relación.

Los coeficientes de textura TC (hkl) para diferentes direcciones de crecimiento de los granos columnares de la capa de TiCN se calcularon según la fórmula de Harris (1) como se ha descrito anteriormente, donde I(hkl) es la intensidad medida (área integrada) de la reflexión (hkl), I<sub>0</sub>(hkl) es la intensidad estándar según la tarjeta PDF de ICDD n° 42-1489, n es el número de reflexiones que se van a utilizar en el cálculo. En este caso las reflexiones (hkl) utilizadas son (1 1 1), (2 0 0), (2 2 0), (3 1 1), (3 3 1), (4 2 0), (4 2 2) y (5 1 1).

Debe observarse que la superposición de picos es un fenómeno que puede ocurrir en análisis de difracción de rayos X de recubrimientos que comprenden, por ejemplo, varias capas cristalinas y/o que se depositan sobre un sustrato que comprende fases cristalinas, y esto tiene que ser considerado y compensado por la persona experta. Una superposición máxima de picos de la capa  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> con los picos de capa de TiCN puede influir en la medición y necesita ser considerado. También debe notarse que por ejemplo, WC en el sustrato puede tener picos de difracción cercanos a los picos relevantes de la presente invención.

### Ejemplos

Las realizaciones ejemplarizantes de la presente invención se describen a continuación con más detalle y se comparan con realizaciones de referencia. Se fabricaron, analizaron y evaluaron las herramientas de corte recubierto (insertos) en un ensayo de corte.

#### Ejemplo 1 (Invención)

Sustratos de carburo cementado de tipo ISO- CNMG120408 para torneado (muestras E13C-1, E13C-2, E29C-1, E29C-2, E30C-1, E30C-2, E35C-1 y E35C-2) fueron fabricados desde 7,2 % en peso de Co, 2,7 % en peso de Ta, 1,8 % en peso de Ti, 0,4 % en peso de Nb, 0,1 % en peso de N y el resto de WC, que comprende una zona de superficie enriquecida con Co de aproximadamente unos 25  $\mu$ m desde la superficie del sustrato y hasta una profundidad en el cuerpo que está esencialmente libre de carburos cúbicos. La composición del carburo cementado es, por tanto, aproximadamente 7,2 % en peso de Co, 2,9 % en peso de TaC, 1,9 % en peso de TiC, 0,4% en peso de TiN, 0,4 % en peso de NbC y 86,9 % en peso de WC. También se fabricaron sustratos de carburo cementado del tipo ISO SNMA120408 (muestras E13S y E29S y E30S y E35S) con la composición y la zona de superficie correspondientes.

Los insertos se recubrieron primero con una capa delgada de TiN de aproximadamente 0,4  $\mu$ m, a continuación con una capa de TiCN de aproximadamente 7  $\mu$ m empleando la bien conocida técnica MTCVD que utiliza TiCl<sub>4</sub>, CH<sub>3</sub>CN, N<sub>2</sub>, HCl y H<sub>2</sub> a 885 °C. La relación de volumen de TiCl<sub>4</sub>/CH<sub>3</sub>CN en una parte inicial de la deposición de MTCVD de la capa de TiCN fue de 6,6, seguido por un período que utiliza una relación de TiCl<sub>4</sub>/CH<sub>3</sub>CN de 3,7. Los detalles de la deposición de TiN y TiCN se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1 (MTCVD de TiN y TiCN)

MT CVD de TiN y TiCN (885°C):	Presión [mbar]	H <sub>2</sub> [vol%]	N <sub>2</sub> [vol%]	HCl [vol%]	TiCl <sub>4</sub> [vol%]	CH <sub>3</sub> CN [vol%]
TiN	400	48,8	48,8	-	2,44	-
TiCN interno	55	59	37,6	-	2,95	0,45
TiCN externo	55	81,5	7,8	7,8	2,38	0,65

Por encima de la capa de TiCN MTCVD se depositó una capa de unión de 1- 2  $\mu$ m de espesor a 1000 °C mediante un proceso que consiste en cuatro etapas de reacción separadas. Primero, una etapa de TiCN HTCVD que utiliza TiCl<sub>4</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>, HCl y H<sub>2</sub> a 400 mbar, luego una segunda etapa (TiCNO-1) que utiliza TiCl<sub>4</sub>, CH<sub>3</sub>CN, CO, N<sub>2</sub> y H<sub>2</sub> a 70 mbar, luego una tercera etapa (TiCNO-2) que utiliza TiCl<sub>4</sub>, CH<sub>3</sub>CN, CO, N<sub>2</sub> y H<sub>2</sub> a 70 mbar y finalmente una cuarta etapa (TiCNO-3) que utiliza TiCl<sub>4</sub>, CO, N<sub>2</sub> y H<sub>2</sub> a 70 mbar. Durante la tercera y cuarta etapa de deposición algunos de los gases se cambiaron continuamente, como se indica por un primer nivel de inicio y un segundo nivel de parada presentados en la Tabla 2. Antes del inicio de la posterior nucleación de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, la capa de unión se oxidó durante 4 minutos en una mezcla de CO<sub>2</sub>, CO, N<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>. Los detalles de la deposición de la capa de unión se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2 (Deposición de la capa de unión)

Capa de unión (1000°C):	Presión [mbar]	H <sub>2</sub> [vol%]	N <sub>2</sub> [vol%]	CH <sub>4</sub> [vol%]	HCl [vol%]	CO [vol%]	TiCl <sub>4</sub> [vol%]	CH <sub>3</sub> CN [vol%]	CO <sub>2</sub> [vol%]
HTCVD TiCN	400	67,9	25,5	3,4	1,7	-	1,56	-	-
TiCNO-1	70	83,7	12	-	1,2	1,2	1,5	0,4	-
TiCNO-2	70	63,1 - 61,7	31,5 - 30,9	-	-	1,6 - 3,7	3,15 - 3,09	0,66 - 0,64	-
TiCNO-3	70	62,1 - 61,5	31,1 - 30,8	-	-	3,7 - 4,6	3,11 - 3,08	-	-
Oxidación	55	53,8	30	-	-	12,5	-	-	3,7

5 Sobre la capa de unión se depositó una capa de  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ . Todas las capas de  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  se depositaron a 1000 °C y 55 mbar en dos etapas. La primera etapa que utiliza 1,2% en volumen de  $\text{AlCl}_3$ , 4,7% en volumen de  $\text{CO}_2$ , 1,8 % en volumen de  $\text{HCl}$  y el resto de  $\text{H}_2$  que proporciona aproximadamente 0,1  $\mu\text{m}$  de  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  y una segunda etapa como se describe a continuación que proporciona un espesor total de la capa de  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  de aproximadamente 5  $\mu\text{m}$ . Es solo la segunda etapa de  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  que difiere entre los recubrimientos EI3, E29, E30 y E35, ver la Tabla 3.

En las muestras de EI3C-1, EI3C-2 y EI3S, la segunda etapa de la capa de  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  se depositó utilizando 1,2 % de  $\text{AlCl}_3$ , 4,7 % de  $\text{CO}_2$ , 2,9 % de  $\text{HCl}$ , 0,58 % de  $\text{H}_2\text{S}$  y el resto con  $\text{H}_2$ .

En las muestras de E29C-1, E29C -2 y E29S, la segunda etapa de la capa de  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  se depositó utilizando 1,2 % de  $\text{AlCl}_3$ , 4,7 % de  $\text{CO}_2$ , 2,8 % de  $\text{HCl}$ , 0,35 % de  $\text{H}_2\text{S}$  y el resto con  $\text{H}_2$ .

10 En las muestras de E30C-1, E30C -2 y E30S, la segunda etapa de la capa de  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  se depositó utilizando 2,3 % de  $\text{AlCl}_3$ , 4,5 % de  $\text{CO}_2$ , 2,8 % de  $\text{HCl}$ , 0,34 % de  $\text{H}_2\text{S}$  y el resto con  $\text{H}_2$ .

En las muestras de E35C-1, E35C -2 y E35S, la segunda etapa de la capa de  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  se depositó utilizando 2,2 % de  $\text{AlCl}_3$ , 4,5 % de  $\text{CO}_2$ , 4,2 % de  $\text{HCl}$ , 0,34 % de  $\text{H}_2\text{S}$  y el resto con  $\text{H}_2$ .

Tabla 3 (Segunda etapa de deposición  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ )

Segundo paso de deposición de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (resto $\text{H}_2$ ):	HCl [vol%]	$\text{CO}_2$ [vol%]	$\text{H}_2\text{S}$ [vol%]	$\text{AlCl}_3$ [vol%]
EI3	2,9	4,7	0,58	1,2
E29	2,8	4,7	0,35	1,2
E30	2,8	4,5	0,34	2,3
E35	4,2	4,5	0,34	2,2

15 Ejemplo 2 (Referencias)

Sustratos de carburo cementado del tipo ISO CNMG120408 para tornearse fueron fabricados a partir de 7,2 % en peso de Co, 2,7 % en peso de Ta, 1,8 % en peso de Ti, 0,4 % en peso de Nb, 0,1 % en peso de N y el resto con WC, que comprende una zona de superficie enriquecida con Co de aproximadamente 25  $\mu\text{m}$  desde la superficie del sustrato y hasta una profundidad en el cuerpo que está esencialmente libre de carburos cúbicos.

20 Los insertos se recubrieron primero con una capa delgada de TiN de aproximadamente 0,4  $\mu\text{m}$ , posteriormente con una capa de TiCN de aproximadamente 8  $\mu\text{m}$  empleando la bien conocida técnica MTCVD que utiliza  $\text{TiCl}_4$ ,  $\text{CH}_3\text{CN}$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{HCl}$  y  $\text{H}_2$  a 885 °C. La relación de volumen de  $\text{TiCl}_4/\text{CH}_3\text{CN}$  de la deposición MTCVD de la capa de TiCN fue de 2,2 para el recubrimiento R10. Para el recubrimiento R25, la relación de volumen de  $\text{TiCl}_4/\text{CH}_3\text{CN}$  en una etapa inicial de la deposición MTCVD de la capa de TiCN fue 3,7, seguida de un periodo que utiliza una relación de  $\text{TiCl}_4/\text{CH}_3\text{CN}$  de 2,2.

25 En la parte superior de la capa de TiCN MTCVD había una capa de unión de 1- 2  $\mu\text{m}$  de espesor depositada a 1000 °C mediante un proceso que consiste en tres etapas de reacción separadas. Primero una etapa de TiCN HTCVD que utiliza  $\text{TiCl}_4$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{HCl}$  y  $\text{H}_2$  a 400 mbar, a continuación una segunda etapa que utiliza  $\text{TiCl}_4$ ,  $\text{CH}_3\text{CN}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{HCl}$  y  $\text{H}_2$  a 70 mbar y finalmente una tercera etapa que utiliza  $\text{TiCl}_4$ ,  $\text{CH}_3\text{CN}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{N}_2$  y  $\text{H}_2$  en 70 mbar y de ese modo produce una capa de unión permanente. Antes del inicio de la nucleación de  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ , la capa de unión fue oxidada durante 4 minutos en una mezcla de  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$  y  $\text{H}_2$ .

30 Posteriormente se depositó una capa de  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  a 1000°C (HTCVD) y 55 mbar en dos etapas. La primera etapa que utiliza 1,2 % en volumen de  $\text{AlCl}_3$ , 4,7% en volumen de  $\text{CO}_2$ , 1,8 % en volumen de  $\text{HCl}$  y el resto de  $\text{H}_2$  que proporciona aproximadamente 0,1  $\mu\text{m}$  de  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  y una segunda etapa que utiliza 1,16 % de  $\text{AlCl}_3$ , 4,7 % de  $\text{CO}_2$ , 2,9 % de  $\text{HCl}$ , 0,58 % de  $\text{H}_2\text{S}$  y el resto de  $\text{H}_2$  proporcionando a la capa de  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  un espesor total de aproximadamente 5  $\mu\text{m}$ .

35 Los recubrimientos R10 y R25 (es decir, los recubrimientos sobre muestras R10C-1, R10C-2, R25C-1, R25C-2) comprenden además una capa exterior de aproximadamente 1  $\mu\text{m}$  de espesor de TiN.

Ejemplo 3 (Análisis de textura)

Se utilizó la difracción de los rayos X (XRD) para analizar los valores de TC del  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  y del TiCN según el método descrito anteriormente. Se analizaron dos muestras individuales del sustrato recubierto CNMG120408 por textura y posteriormente se sometieron a pruebas de desgaste, mientras que para el sustrato recubierto SNMA120408 se analizó solo la textura. El espesor de la capa fue analizado en un microscopio óptico de luz mediante el estudio de una sección transversal de cada recubrimiento con una magnificación de 1000x y tanto la capa de unión como la capa inicial de TiN están incluidas en el espesor de la capa de TiCN que se proporciona en la Tabla 2. Los resultados se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. (Datos de espesor y de difracción)

Muestra	Espesor de la capa TiCN [ $\mu\text{m}$ ]	Espesor de la capa $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ [ $\mu\text{m}$ ]	TC(0 0 12) de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$	I(0 0 12)/I(0 1 14) de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$	TC(4 2 2) de TiCN	TC(3 1 1) de TiCN	TC(2 2 0) de TiCN
E13C-1	9,6	4,6	7,6	1,5	3,69	2,04	0,5
E13C-2			7,7	1,7	4,08	2,07	0,10
E13S			7,7	3,8	5,64	1,67	0,04
E29C-1	9,9	5,2	7,6	1,3	4,04	2,07	0,14
E29C-2			7,6	1,4	4,12	2,05	0,11
E29S			7,6	2,0	4,73	2,06	0,10
E30C-1	9,3	4,3	7,6	1,7	4,21	2,02	0,14
E30C-2			7,5	1,6	4,37	2,08	0,12
E30S			7,6	2,1	4,89	2,02	0,09
E35C-1	8,3	4,5	7,3	1,1	3,79	1,93	0,22
E35C-2			7,3	1,2	3,87	1,97	0,20
E35S			7,2	1,4	4,80	1,95	0,15
R10C-1	7,9	5,2	6,4	0,6	1,63	1,34	1,74
R10C-2			7,0	0,7	2,07	1,40	1,32
R25C-1	8,3	4,7	6,7	0,7	2,26	1,72	0,71
R25C-2			6,9	0,8	2,30	1,64	0,83

Ejemplo 4 (Ensayo de corte)

5 Antes de los ensayos de desgaste de corte, los insertos fueron sometidos a un decapado sobre las caras inclinadas en un equipo de decapado en húmedo que utiliza una suspensión de alúmina en agua y el ángulo entre la cara inclinada del inserto de corte y la dirección de la mezcla decapada fue aproximadamente de 90°. Las granallas de alúmina fueron F220, la presión de la suspensión a la pistola fue de 1,8 bar, la presión de aire a la pistola fue de 2,2 bar, el tiempo medio de chorreado por unidad de superficie fue de 4,4 segundos y la distancia desde la boquilla de la pistola a la superficie del inserto fue de unos 145 mm. El objetivo del decapado es influir en la tensión residual en el recubrimiento y la rugosidad de la superficie y mejorar así las propiedades de los insertos en la siguiente prueba de torneado.

10 Las herramientas de corte recubiertas decapadas del tipo ISO CNMG120408 se ensayaron en el torneado longitudinal en acero para rodamientos (100CrMo7-3) utilizando los siguientes datos de corte;

Velocidad de corte  $v_c$ : 220 m/min

Alimentación de corte,  $f$ : 0,3 mm/ revolución

Profundidad de corte,  $a_p$ : 2 mm

15 Se utilizó un fluido de trabajo metálico miscible en agua.

Se evaluó un filo cortante por herramienta de corte.

Al analizar el desgaste del cráter, se midió el área del sustrato expuesto utilizando un microscopio óptico de luz. Cuando el área superficial del sustrato expuesto excedió 0,2 mm<sup>2</sup> se consideró que se había alcanzado el tiempo de vida útil de la herramienta. El desgaste de cada herramienta de corte se evaluó después de 2 minutos de corte en el microscopio óptico de luz. El proceso de corte se continuó con una medición después de cada ciclo de 2 minutos, hasta que se alcanzó el criterio de vida útil de la herramienta. Cuando el tamaño del área del cráter excedió 0,2 mm<sup>2</sup> se estimó el tiempo hasta que se cumplió el criterio de vida útil de la herramienta en base a una supuesta tasa de desgaste constante entre las dos últimas mediciones. Además del desgaste del cráter, se observó también el desgaste del flanco, pero no influyó en esta prueba la vida útil de la herramienta. Se realizaron dos ensayos paralelos para cada tipo de recubrimiento, por ejemplo, la muestra E13C-1 se ensayó en la prueba de desgaste 1 y las muestras E13C-2 se probaron en la prueba de desgaste 2. Las muestras con geometría SNMA120408 no se evaluaron en ninguna prueba de corte. Los resultados se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5 (Rendimiento de desgaste)

Recubrimiento	Ensayo de desgaste de cráter1 [min]	Ensayo de desgaste de cráter 2 [min]
E13	51,3	55,6
E29	41,3	46
E30	40,7	46
E35	35,3	31,3
R10	24,5	29,6
R25	27,2	28

30 Mientras que la invención ha sido descrita en relación con varias realizaciones ejemplares, debe entenderse que la invención no se limita a lo descrito en las realizaciones ejemplares; por el contrario, se pretende cubrir diversas modificaciones y disposiciones equivalentes dentro de las reivindicaciones adjuntas.

## REIVINDICACIONES

1. Una herramienta de corte recubierta que comprende un sustrato recubierto con un recubrimiento que comprende una capa de  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ , en donde dicha capa de  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  muestra un coeficiente de textura  $TC(hkl)$ , medido por difracción de rayos-X utilizando radiación  $\text{CuK}\alpha$  y escaneo  $\theta\text{-}2\theta$ , definido según la fórmula de Harris

$$TC(hkl) = \frac{I(hkl)}{I_0(hkl)} \left[ \frac{1}{n} \sum_{n=1}^n \frac{I(hkl)}{I_0(hkl)} \right]^{-1}$$

5

Donde  $I(hkl)$  es la intensidad medida (área integrada) de la reflexión  $(hkl)$ ,  $I_0(hkl)$  es el intensidad estándar según la tarjeta PDF de ICDD n° 00-010-0173,  $n$  es el número de reflexiones utilizadas en el cálculo, y donde las reflexiones  $(hkl)$  utilizadas son  $(1\ 0\ 4)$ ,  $(1\ 1\ 0)$ ,  $(1\ 1\ 3)$ ,  $(024)$ ,  $(1\ 1\ 6)$ ,  $(2\ 1\ 4)$ ,  $(3\ 0\ 0)$  y  $(0\ 0\ 12)$  caracterizadas en que  $TC(0\ 0\ 12) \geq 7,2$ , preferiblemente  $\geq 7,4$ , más preferiblemente  $\geq 7,5$ , más preferiblemente  $\geq 7,6$ , lo más preferiblemente  $\geq 7,7$ , y en donde la relación de  $I(0\ 0\ 12)/I(0\ 1\ 14) \geq 1$ , preferiblemente  $\geq 1,5$ , más preferiblemente  $\geq 1,7$ , lo más preferiblemente  $\geq 2$ , y en donde el recubrimiento además comprende una capa de TiCN MTCVD situada entre el sustrato y la capa de  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  muestra un coeficiente de textura  $TC(hkl)$ , medida por difracción de rayos-X utilizando radiación  $\text{CuK}\alpha$  y escaneo  $\theta\text{-}2\theta$ , definido según la fórmula de Harris donde  $I(hkl)$  es la intensidad medida (área integrada) de la reflexión  $(hkl)$ ,  $I_0(hkl)$  es la intensidad estándar según la tarjeta PDF de ICDDn° 42-1489,  $n$  es el número de reflexiones, las reflexiones utilizadas en el cálculo son  $(1\ 1\ 1)$ ,  $(2\ 0\ 0)$ ,  $(2\ 2\ 0)$ ,  $(3\ 1\ 1)$ ,  $(3\ 3\ 1)$ ,  $(4\ 2\ 0)$ ,  $(4\ 2\ 2)$  y  $(5\ 1\ 1)$ , en donde la  $TC(2\ 2\ 0) \leq 0,5$ , preferiblemente  $\leq 0,3$ , más preferiblemente  $\leq 0,2$ , lo más preferiblemente de  $\leq 0,1$ .

10

15

2. La herramienta de corte recubierta según la reivindicación 1, en donde el espesor de la capa  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  es 2-20  $\mu\text{m}$ .

3. La herramienta de corte recubierta según la reivindicación 1 ó 2, en donde el espesor de dicha capa de TiCN MTCVD es 4-20  $\mu\text{m}$ .

20

4. La herramienta de corte recubierta según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el recubrimiento comprende además una capa de unión que comprende un TiN, TiCN, TiCNO y/o TiCO depositados de HTCVD o una combinación de los mismos, preferiblemente TiCN y TiCNO de HTCVD, están situados más al exterior de la capa de TiCN MTCVD y adyacente a la capa de  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ .

25

5. La herramienta de corte recubierta según la reivindicación 4, en donde el espesor de la capa de unión es de 0,5-2  $\mu\text{m}$ .

6. La herramienta de corte recubierta según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la capa de TiCN muestra un  $TC(4\ 2\ 2) \geq 3$ , preferiblemente de  $\geq 3,5$ .

7. La herramienta de corte recubierta de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde  $TC(3\ 1\ 1) + TC(4\ 2\ 2)$  de la capa de TiCN es  $\geq 4$ , preferiblemente  $\geq 5$ , más preferiblemente  $\geq 6$ , lo más preferiblemente  $\geq 7$ .

30

8. La herramienta de corte recubierta según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el sustrato es de carburo cementado, cermet, cerámica.

9. El uso de una herramienta de corte recubierta según cualquiera de las reivindicaciones anteriores en una operación de torneado del acero, preferiblemente de acero aleado, acero al carbono o acero templado endurecido.