

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 586 479**

51 Int. Cl.:

C23C 16/40 (2006.01)

C23C 16/455 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.01.2014** **E 14153355 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.06.2016** **EP 2902528**

54 Título: **Herramienta de corte recubierta con alúmina con límites de grano de alúmina en zigzag**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
14.10.2016

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

RUPPI, SAKARI y
STIENS, DIRK

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 586 479 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 de corte recubierta con alúmina con límites de grano de alúmina en zigzag

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un elemento de inserción de herramienta de corte recubierta y a un método de fabricación del mismo, consistiendo el elemento de inserción de herramienta de corte recubierta en un sustrato de carburo cementado, cermet, materiales de cerámica, acero o nitruro de boro cúbico al menos parcialmente recubierto con un recubrimiento con un grosor total de un máximo de 60 μm que consiste en una o más capas refractarias que comprenden una capa resistente al desgaste externa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ con un grosor de 2 a 45 μm depositada mediante deposición química en fase de vapor (CVD).

10 Antecedentes de la invención

El control del polimorfo $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ a escala industrial se logró a comienzos de la década de 1990 con productos comerciales basados en la patente estadounidense 5.137.774. Los documentos US 5.654.035, US 5.980.988, US 7.442.431 y US 5.863.640 describen la deposición de recubrimientos de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ con textura de fibra preferida. El documento US 6.333.103 describe un método modificado para controlar la nucleación y el crecimiento de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ sobre el plano (1 0 10). El documento US 6.869.668 describe un método para obtener una fuerte textura (1 0 0) en $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ usando ZrCl_4 como agente de modificación de la textura. Los procedimientos de la técnica anterior comentados anteriormente usan temperaturas de deposición de aproximadamente 1000°C. El documento US 7.094.447 describe una técnica para lograr una textura (0 1 2) pronunciada. Se dan a conocer técnicas de deposición para producir texturas (1 0 4) y (1 1 6) pronunciadas en los documentos US 7.442.432 y US 7.455.900, respectivamente. Los documentos US 7.993.742 y US 7.923.101 dan a conocer capas de alúmina con textura (0 0 1). Se comparan las capas de alúmina con textura (0 1 2), (1 0 4) y (0 0 1) y se encuentra que la textura (0 0 1) es superior con respecto a las otras texturas. En las divulgaciones anteriormente mencionadas, las texturas de las capas de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ se determinaron usando XRD y se cuantificaron calculando los coeficientes de textura (TC) usando la fórmula de Harris. En los documentos US 7.763.346 y US 7.201.956, se ha usado EBSD para definir la textura (0 0 1), y la textura se cuantifica mediante la inclinación del plano basal (0 0 1) con respecto a la superficie de recubrimiento. Las capas de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ texturizadas están compuestas por granos columnares y los granos de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ se terminan en facetas que tienen un ángulo relativamente grande con respecto a la superficie de sustrato dando como resultado una morfología de superficie rugosa.

El documento US 7.923.101 describe cierto grado de aplanamiento de la superficie de una capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ con una textura (0 0 1). El documento US 2012/003452 describe que se han obtenido superficies con la parte superior plana en capas de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ que contienen uno o más elementos seleccionados de un grupo que consiste en Ti, Y, Zr, Cr y B. Estas capas se depositan sobre una capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, que a su vez se deposita sobre una película de Al_2O_3 delgada sometida a tratamiento térmico.

El documento US 7.597.511 da a conocer una herramienta de corte recubierta en superficie que comprende un sustrato de cermet basado en carbonitruro de titanio o carburo cementado con una capa de recubrimiento dura que incluye una capa inferior de un compuesto de Ti con un grosor de capa promedio total de 3 a 20 μm , y formándose una capa de AlZrO superior en un procedimiento de CVD en 2 etapas que requiere ZrCl_4 , describiéndose la capa superior como capa de AlZrO "reformada". Se mostró que la capa de AlZrO "reformada" tenía una estructura con granos de cristal que tenían una forma poligonal uniforme con un tamaño de partícula grande en el plano perpendicular a la dirección de grosor y una forma alargada en la dirección de grosor con una superficie uniforme. Se describe que el recubrimiento muestra un buen rendimiento de corte, sin embargo, se sabe generalmente que la deposición de óxido de Zr además de óxido de Al aumenta el coste de producción e impone altas demandas sobre la seguridad operativa debido a la autoinflamabilidad de Zr recién pulido.

El documento WO2013/038000 A1 da a conocer una herramienta de corte con un recubrimiento de alúmina alfa realizado mediante un método de CVD. El documento enfatiza la importancia de las propiedades de los límites de grano.

Objeto de la invención

Un objeto de la presente invención era proporcionar un elemento de inserción de herramienta de corte recubierta con un recubrimiento que comprendiera $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ que muestre propiedades mecánicas mejoradas, especialmente resistencia al desgaste de cantos y resistencia al desconchado de bordes potenciadas, lo cual es importante en muchas aplicaciones de corte de metales, especialmente en corte de fundiciones.

Descripción de la invención

Según la presente invención se proporciona un elemento de inserción de herramienta de corte recubierta que consiste en un sustrato de carburo cementado, cermet, materiales de cerámica, acero o nitruro de boro cúbico que tiene depositado sobre el mismo un recubrimiento con un grosor total de un máximo de 60 μm que consiste en una o

más capas refractarias que comprenden una capa resistente al desgaste externa de α -Al₂O₃ con un grosor de 2 a 45 μ m depositada mediante deposición química en fase de vapor (CVD), en el que

cuando se observa en una microfotografía de SEM de una sección transversal de la capa de α -Al₂O₃,

la capa de α -Al₂O₃ tiene una estructura de granos α -Al₂O₃ esencialmente columnar, y

- 5 los límites de grano de al menos 1 de cada 25 granos de α -Al₂O₃, preferiblemente al menos 5 de cada 25 granos de α -Al₂O₃, más preferiblemente al menos 15 de cada 25 granos de α -Al₂O₃, a lo largo de la longitud de los límites de grano, experimentan al menos 3, preferiblemente al menos 4, más preferiblemente al menos 5, cambios de dirección, en el que cada cambio de dirección de dos secciones vecinas del mismo límite de grano está a un ángulo de desde 15 hasta 165 grados, preferiblemente desde 30 hasta 150 grados, más preferiblemente desde 45 hasta 135 grados.

10 Según la presente invención también se proporciona un método de fabricación de un elemento de inserción de herramienta de corte recubierta que comprende las etapas de recubrir un sustrato de carburo cementado, cermet, materiales de cerámica, acero o nitruro de boro cúbico con un recubrimiento con un grosor total de un máximo de 60 μ m que consiste en una o más capas refractarias que comprenden una capa resistente al desgaste externa de α -Al₂O₃ con un grosor de 2 a 45 μ m depositada mediante deposición química en fase de vapor (CVD) a partir de una mezcla de gases de reacción que comprende H₂, CO₂, AlCl₃, HCl y X, seleccionándose X de H₂S, SF₆, SO₂ y combinaciones de los mismos, y comprendiendo además opcionalmente la mezcla de gases de reacción adiciones de N₂, Ar, CO o combinaciones de los mismos, en el que

15 el procedimiento de deposición de la capa de α -Al₂O₃ comprende las etapas de cambiar periódicamente las condiciones de procedimiento para depositar α -Al₂O₃ al menos 3 veces, seleccionándose las condiciones de procedimiento de aquellas que, cuando se aplican para depositar una única capa de α -Al₂O₃ con un grosor de al menos 4 μ m, son útiles para depositar una capa de α -Al₂O₃ que tiene un coeficiente de textura TC(h k l) > 3, seleccionándose el coeficiente de textura de TC(0 0 12), TC(1 0 0), TC(1 1 0), TC(1 0 4) y TC(0 1 2) y definiéndose de la siguiente manera:

$$25 \quad TC(h k l) = \frac{I(h k l)}{I_0(h k l)} \left[\frac{1}{n} \sum_{n=1}^n \frac{I(hkl)}{I_0(hkl)} \right]^{-1}$$

en el que

I (h k l) = intensidad medida de la reflexión (hkl)

I₀ (h k l) = intensidad de patrón de los datos de difracción de polvos de patrón según la tarjeta de JCPDF n.º 42-1468

30 n = número de reflexiones usadas en el cálculo, mediante lo cual las reflexiones (hkl) usadas son: (0 1 2), (1 0 4), (1 1 0), (1 1 3), (1 1 6), (3 0 0) y (0 0 12),

en el que un cambio de una condición de procedimiento a otra condición de procedimiento da como resultado un cambio de dirección de la dirección de crecimiento de límites de grano de α -Al₂O₃, en el que cada cambio de dirección de dos secciones vecinas del mismo límite de grano está a un ángulo de desde 15 hasta 165 grados, preferiblemente desde 30 hasta 150 grados, más preferiblemente desde 45 hasta 135 grados, observable en una microfotografía de SEM de una sección transversal de la capa de α -Al₂O₃ para al menos 1 de cada 25 granos de α -Al₂O₃, preferiblemente al menos 5 de cada 25 granos de α -Al₂O₃, más preferiblemente al menos 15 de cada 25 granos de α -Al₂O₃.

Además de la textura de fibra de un recubrimiento de un elemento de inserción de herramienta de corte recubierta, hay propiedades de materiales adicionales, todavía no aprovechadas completamente, que afectan fuertemente a las propiedades de un recubrimiento, tales como las propiedades de los límites de grano. Los límites de grano tienen una influencia significativa sobre las propiedades de materiales, tales como propiedades de crecimiento de granos, fluencia, difusión, eléctricas, ópticas y mecánicas. Propiedades importantes que deben considerarse son, por ejemplo, la densidad de límites de grano en el material, la composición química de la superficie de contacto y la cristalografía, es decir las orientaciones de planos de límites de grano y orientación errónea de granos. La presente invención proporciona un nuevo método para modificar o modificar por ingeniería los límites de grano de recubrimientos de α -Al₂O₃. Los granos de α -Al₂O₃ de la técnica anterior son esencialmente columnares con límites de grano rectos, mientras que la presente invención proporciona límites de grano que cambian su dirección de crecimiento varias veces a lo largo de la longitud de los granos α -Al₂O₃ columnares, denominados en el presente documento límites "en zigzag". Los límites "en zigzag" de la presente invención potencian la resistencia del límite de grano, y por tanto, las propiedades mecánicas del recubrimiento. Según la presente invención los límites "en zigzag" pueden describirse, por ejemplo, mediante formas triangulares, formas de dientes de sierra, formas de ondas cuadradas o formas de ondas sinusoidales y combinaciones de las mismas, mediante lo cual las longitudes de onda

y amplitudes de los límites “en zigzag” son de desde aproximadamente 0,05 μm hasta varios μm . Por tanto, el cambio de dirección de la dirección de crecimiento del límite de grano no tiene que formar necesariamente un ángulo agudo. Queda claro para el experto en la técnica, y queda abarcado en la presente invención, que un cambio de dirección de este tipo también puede producirse de una manera curvada. Independientemente de la forma del cambio de dirección entre dos secciones vecinas del mismo límite de grano, el cambio de dirección define un ángulo entre esas dos secciones vecinas de desde 15 hasta 165 grados. Si el cambio de dirección se produce de una manera curvada, el ángulo del cambio de dirección es el ángulo entre las primeras regiones esencialmente rectas de las dos secciones vecinas junto al punto o la región del cambio de dirección.

La textura de fibra global de la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ de la presente invención se determina habitualmente mediante las primeras condiciones de procedimiento para depositar una capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, aunque las condiciones de procedimiento se cambien periódicamente durante el procedimiento para depositar toda la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$.

Se ha encontrado sorprendentemente que puede obtenerse una morfología de superficie muy lisa mediante el método de deposición de la presente invención. El método de la presente invención de cambiar periódicamente las condiciones de crecimiento para alterar las direcciones de los límites de grano es útil para contribuir a la formación de granos de parte superior plana y alisar la superficie de la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$. Entonces, la superficie de la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ de la presente invención está dominada por granos planos relativamente grandes con rugosidad reducida.

Las capas de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ de la técnica anterior que tienen un grosor de aproximadamente 8-10 μm , sin capas superiores y sin tratamientos posteriores, muestran una rugosidad (R_a) de desde aproximadamente 0,30 hasta 0,35 μm o superior. En contraste con eso, las capas de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ según la presente invención pueden mostrar valores de rugosidad (R_a) mucho menores, de desde aproximadamente 0,05 hasta 0,2 μm , preferiblemente desde aproximadamente 0,05 hasta 0,15 μm o menos, medido con una capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ sin capas superiores y sin tratamientos posteriores. Por consiguiente, según la invención, pueden lograrse valores de rugosidad (R_a) de los recubrimientos que son al menos un 50-60% menores que los de los recubrimientos producidos según la técnica anterior con composición comparable y el mismo grosor. Capas de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ más delgadas con un grosor de desde aproximadamente 4 hasta 8 μm , cuando se producen según la invención, pueden mostrar valores de rugosidad (R_a) incluso inferiores, de desde aproximadamente 0,04 hasta aproximadamente 0,15, preferiblemente desde aproximadamente 0,03 hasta aproximadamente 0,10 μm .

Si se deposita una capa superior encima de una capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ lisa de la presente invención, la rugosidad de la capa superior también es muy lisa, aunque la rugosidad (R_a) medida de la capa superior puede ser ligeramente mayor que la rugosidad medida directamente sobre la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ según se deposita. Sin embargo, cuando la capa superior se deposita como una multicapa de subcapas delgadas, los valores de rugosidad pueden ser casi iguales al medido directamente con la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ según se deposita según la invención.

Las capas de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ de la presente invención muestran propiedades mecánicas potenciadas, tales como resistencia al desgaste de cantos y resistencia al desconchado de bordes mejoradas, que son especialmente útiles en el corte interrumpido de aceros y fundiciones. Los recubrimientos de la presente invención reducen la tendencia al desconchado de bordes, especialmente durante los primeros momentos cuando la herramienta está entrando en el material de la pieza de trabajo. La deposición de TiAlN o TiAlCN cúbicos como material de capa superior potencia considerablemente el rendimiento de la herramienta en operaciones de corte interrumpidas con respecto a la técnica anterior. El acabado de superficie y el rendimiento de recubrimientos superiores de TiAlN o TiAlCN cúbicos pueden mejorarse adicionalmente depositando estas capas como multicapas como tales o junto con otros materiales cúbicos, tales como TiN, o fases hexagonales, tales como AlN o TiAlN, formados como resultado de condiciones de deposición o reacciones oscilantes o debido a procedimientos de autoorganización durante la deposición o los tratamientos térmicos.

Una morfología de superficie plana y lisa del recubrimiento de la presente invención proporciona un aspecto atractivo y técnicamente beneficioso del recubrimiento. Los recubrimientos de la presente invención muestran una superficie de herramienta brillante de alta calidad con baja rugosidad de superficie, lo cual, además de los efectos ópticos, permiten una detección del desgaste más fácil que recubrimientos de la técnica anterior.

Definiciones:

Las siguientes definiciones definirán términos usados en la presente descripción y reivindicaciones para describir la presente invención.

El término “textura de fibra”, o denominado de manera abreviada “textura”, tal como se usa en el presente documento y tal como se usa generalmente en relación con películas delgadas producidas mediante deposición en fase de vapor, distingue la orientación de los granos en crecimiento de la orientación al azar. Habitualmente se distinguen tres tipos de texturas en las películas y los recubrimientos delgados: textura al azar, cuando los granos no tienen ninguna orientación preferida; textura de fibra, en la que los granos en el recubrimiento están orientados de tal manera que se encuentra que un conjunto de planos cristalográficos geoméricamente equivalentes $\{h\ k\ l\}$ están orientados de manera preferencial en paralelo al sustrato, mientras que hay un grado de libertad de rotación de los

5 granos alrededor del eje de fibra que es perpendicular a este plano, y por tanto orientado de manera preferencial en perpendicular al sustrato; y alineación epitaxial (o textura en plano) en sustratos monocristalinos, en la que una alineación en plano fija los tres ejes del grano con respecto al sustrato. Se enfatiza que todos los recubrimientos comentados en la bibliografía de patentes anteriores así como en el presente documento muestran una textura de fibra, y por tanto el término “textura (h k l)” significa una textura de fibra con los planos {h k l} orientados de manera preferencial en paralelo a la superficie de sustrato.

10 El plano cristalográfico de un cristal se define por los índices de Miller-Bravais, h, k, i y l, expresados en la notación de 3 índices omitiendo el índice i [$i = -(h+k)$], es decir plano cristalográfico {h k l}. Un crecimiento “preferido” a lo largo de la dirección cristalográfica <h k l> significa que el crecimiento a lo largo de la dirección cristalográfica <h k l> se produce con mayor frecuencia que el crecimiento a lo largo de otras direcciones cristalográficas. Debe indicarse que la terminología “crecimiento a lo largo de la dirección cristalográfica <h k l>”, con respecto a una textura de fibra (h k l) con orientación preferida de planos {h k l} en paralelo al sustrato, sólo es apropiada cuando la dirección <h k l> es perpendicular a los planos {h k l}. Esto no es generalmente válido para todas las direcciones cristalográficas y planos en el sistema cristalino trigonal-hexagonal al que pertenece $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, sin embargo, sí es cierto para los pares correspondientes de direcciones y planos <1 0 0> y {1 0 0}, <1 1 0> y {1 1 0}, y <0 0 1> y {0 0 1}, respectivamente. Las direcciones y planos <0 1 2> y {0 1 2}, y <1 0 4> y {1 0 4}, respectivamente, no son perpendiculares entre sí. Por tanto, para la definición de orientación cristalográfica preferida de capas de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ depositadas y para las condiciones de crecimiento, en la presente solicitud, se hace referencia a la textura, definida por el coeficiente de textura TC, en vez de la dirección cristalográfica del crecimiento.

20 El coeficiente de textura TC se calcula usando la fórmula de Harris basándose en un conjunto definido de reflexiones de XRD medidas en la muestra respectiva. Las intensidades de las reflexiones de XRD se normalizan usando una tarjeta de JCPDF que indica las intensidades de las reflexiones de XRD del mismo material, por ejemplo $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, pero con orientación al azar, tal como en un polvo del material. Un coeficiente de textura TC (h k l) > 1 de una capa de material cristalino es una indicación de que los granos del material cristalino están orientados con su plano cristalográfico {h k l} en paralelo a la superficie de sustrato de manera más frecuente que en una distribución al azar, al menos en comparación con las reflexiones de XRD usadas en la fórmula de Harris para determinar el coeficiente de textura TC.

30 En la presente solicitud, se describe que los recubrimientos de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ tienen texturas (0 0 1), (1 0 0), (1 1 0), (1 0 4) y (0 1 2), respectivamente. Esto significa que los granos de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ de los recubrimientos están orientados con sus planos cristalográficos {0 0 1}, {1 0 0}, {1 1 0}, {1 0 4} o {0 1 2}, respectivamente, casi en paralelo a la superficie de sustrato de manera más frecuente que en una distribución al azar.

35 El plano cristalográfico {0 0 1} es paralelo a los planos cristalográficos {0 0 6} y {0 0 12} en el sistema cristalográfico de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$. El TC (0 0 1) se representa en el presente documento mediante TC (0 0 12). Se usa TC (0 0 12) en lugar de TC (0 0 6) ya que la reflexión de (0 0 6) a partir de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ se solapa parcialmente con una reflexión a partir de TiCN que se aplica con frecuencia como capa en el sistema de recubrimiento. El TC(1 0 0) se determina usando la reflexión de XRD de (3 0 0) de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$.

Por “condiciones de procedimiento de (h k l)” o “etapa de (h k l)” quiere decirse que, si se usa tal condición de procedimiento para depositar una única capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ que tiene un grosor de más de aproximadamente 4 μm , se obtendrá un recubrimiento con $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ que tiene un coeficiente de textura TC(h k l) > 3.

40 La frase “plano de textura” se refiere al plano que será paralelo al sustrato según la textura definida determinada por XRD.

45 Las condiciones de procedimiento de CVD, que son generalmente adecuadas para producir capas de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ que tienen texturas (0 0 1), (1 0 0), (1 1 0), (1 0 4) y (0 1 2), se conocen generalmente en la técnica y se describen en la bibliografía científica y de patentes (véase por ejemplo las referencias de la técnica anterior citadas anteriormente). La presente memoria descriptiva proporciona ejemplos adicionales de condiciones de procedimiento adecuadas. Con respecto a esto, debe indicarse que las condiciones de procedimiento de CVD para producir los recubrimientos texturizados mencionados anteriormente pueden variar dentro de un amplio intervalo. Por tanto, el alcance de la invención y la definición del objeto reivindicado para solucionar el problema subyacente no deberán limitarse a parámetros de procedimiento de CVD y composiciones de gases de reacción específicos. En vez de eso, la presente invención se basa en el sorprendente hallazgo de que se logran propiedades mejoradas de elementos de inserción de herramienta de corte recubierta mediante el método de la presente invención depositando la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ mediante las condiciones de procedimiento, tal como se define en el presente documento, especialmente un cambio en las condiciones de procedimiento para lograr un cambio en el límite de crecimiento de granos. Al conocer la presente invención y el concepto detrás de la misma, el experto encontrará fácilmente los parámetros de condiciones de procedimiento de CVD para obtener un crecimiento de cristales específico de este tipo de la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, tal como se define según la presente invención. Tal como se mencionó anteriormente, las condiciones de procedimiento para producir texturas de fibras o direcciones de crecimiento preferidas, respectivamente, de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ se conocen en la técnica y se encuentran en la bibliografía. Sin embargo, aplicar las secuencias específicas de condiciones de procedimiento, tal como se define en el presente documento, para obtener límites de grano en

zigzag, acabado de superficie mejorado, rugosidad de superficie reducida y propiedades mecánicas mejoradas resultó sorprendente y no se ha descrito nunca con anterioridad.

5 En una realización preferida del elemento de inserción de herramienta de corte recubierta de la presente invención la distancia de pico a pico, medida a lo largo de la normal con respecto a la superficie de sustrato, desde un cambio de dirección hasta el siguiente cambio de dirección del mismo límite de grano es de desde 0,05 hasta 4 μm , preferiblemente desde 0,1 hasta 3 μm , más preferiblemente desde 0,2 hasta 2 μm , y/o

la distancia de pico a pico, medida en paralelo a la superficie de sustrato, desde un cambio de dirección hasta el siguiente cambio de dirección del mismo límite de grano es de desde 0,05 hasta 4 μm , preferiblemente desde 0,1 hasta 3 μm , más preferiblemente desde 0,2 hasta 2 μm .

10 En otra realización del elemento de inserción de herramienta de corte recubierta de la presente invención al menos el 70%, preferiblemente al menos el 80%, más preferiblemente al menos el 90%, de los cristales de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ que se extienden hacia la superficie exterior de la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ se terminan en facetas perpendiculares a un eje dentro del intervalo de 0 a 35 grados, preferiblemente dentro del intervalo de 0 a 20 grados, más preferiblemente dentro del intervalo de 0 a 10 grados con respecto a la normal de la superficie de sustrato, preferiblemente estas facetas que
15 terminan los cristales de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ son planos cristalográficos $\{0\ 0\ 1\}$. La orientación de las facetas que terminan los cristales de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ en la superficie exterior de la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ puede determinarse mediante EBSD o mediante microfotografía de SEM de una sección transversal de la capa.

En aún otra realización preferida de la presente invención la superficie exterior de la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ en el estado según se deposita y sin pulir tiene las siguientes características de rugosidad de superficie:

20 i) una rugosidad de superficie R_a de desde 0,05 hasta 0,2 μm , preferiblemente desde 0,05 hasta 0,15 μm , cuando la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ tiene un grosor de 8 μm o más;

ii) una rugosidad de superficie R_a de desde 0,03 hasta 0,2 μm , preferiblemente desde 0,03 hasta 0,10 μm , cuando la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ tiene un grosor de menos de 8 μm ,

25 mediante lo cual la rugosidad de superficie se mide en la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ en el estado según se deposita sin capas superiores y sin tratamiento posterior.

En aún otra realización preferida del elemento de inserción de herramienta de corte recubierta de la presente invención la textura de fibra global de toda la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ se caracteriza por

un coeficiente de textura $TC(0\ 0\ 12) > 3$, definiéndose el $TC(0\ 0\ 12)$ de la siguiente manera:

$$TC(0012) = \frac{I(0012)}{I_0(0012)} \left[\frac{1}{n} \sum_{n=1}^n \frac{I(hkl)}{I_0(hkl)} \right]^{-1},$$

30 un coeficiente de textura $TC(3\ 0\ 0) > 3$, definiéndose el $TC(3\ 0\ 0)$ de la siguiente manera:

$$TC(300) = \frac{I(300)}{I_0(300)} \left[\frac{1}{n} \sum_{n=1}^n \frac{I(hkl)}{I_0(hkl)} \right]^{-1},$$

un coeficiente de textura $TC(1\ 1\ 0) > 3$, definiéndose el $TC(1\ 1\ 0)$ de la siguiente manera:

$$TC(110) = \frac{I(110)}{I_0(110)} \left[\frac{1}{n} \sum_{n=1}^n \frac{I(hkl)}{I_0(hkl)} \right]^{-1},$$

un coeficiente de textura $TC(1\ 0\ 4) > 3$, definiéndose el $TC(1\ 0\ 4)$ de la siguiente manera:

$$TC(104) = \frac{I(104)}{I_0(104)} \left[\frac{1}{n} \sum_{n=1}^n \frac{I(hkl)}{I_0(hkl)} \right]^{-1},$$

35

un coeficiente de textura $TC(0\ 1\ 2) > 3$, definiéndose el $TC(0\ 1\ 2)$ de la siguiente manera:

$$TC(012) = \frac{I(012)}{I_0(012)} \left[\frac{1}{n} \sum_{n=1}^n \frac{I(hkl)}{I_0(hkl)} \right]^{-1},$$

en el que

$I(hkl)$ = intensidad medida de la reflexión (hkl)

$I_0(hkl)$ = intensidad de patrón de los datos de difracción de polvos de patrón según la tarjeta de JCPDF n.º 42-1468

5 n = número de reflexiones usadas en el cálculo, mediante lo cual las reflexiones (hkl) usadas son: (0 1 2), (1 0 4), (1 1 0), (1 1 3), (1 1 6), (3 0 0) y (0 0 12).

A continuación se describe el método para medir el coeficiente de textura TC.

10 En aún otra realización preferida del elemento de inserción de herramienta de corte recubierta de la presente invención el recubrimiento comprende un recubrimiento superior con un grosor de entre 0,1 y 3 μm , preferiblemente entre 0,2 y 2 μm , más preferiblemente entre 0,5 y 1,5 μm , mediante CVD encima de la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, consistiendo el recubrimiento superior en capas de TiN, TiC, TiCN, ZrN, ZrCN, HfN, HfCN, VC, TiAlN, TiAlCN, AlN o combinaciones o multicapas de los mismos.

15 Aunque la capa de alúmina de la presente invención puede ser la capa más superior de todo el recubrimiento, se prefiere proporcionar, al menos parcialmente, un recubrimiento superior encima de la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$. Por tanto, en aún otra realización preferida de la presente invención el recubrimiento comprende un recubrimiento superior con un grosor de entre 0,1 y 3 μm , preferiblemente entre 0,2 y 2 μm , más preferiblemente entre 0,5 y 1,5 μm , depositado mediante CVD encima de la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, consistiendo el recubrimiento superior en capas de TiN, TiC, TiCN, ZrN, ZrCN, HfN, HfCN, VC, TiAlN, TiAlCN, AlN o combinaciones o multicapas de los mismos.

20 La capa de recubrimiento superior encima de la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ puede proporcionarse como un indicador de desgaste y/o como una capa con otras funciones. Para la detección del desgaste, el recubrimiento debe terminarse preferiblemente mediante un material de recubrimiento coloreado, tal como TiN, TiCN o AlN. También pueden producirse colores, tales como azul, verde o violeta, mediante oxidación u oxidación anódica de los recubrimientos mencionados anteriormente. Las técnicas para producir recubrimientos coloreados mediante oxidación u oxidación anódica se conocen y describen en la bibliografía.

25 La presente invención también incluye aquellas realizaciones en las que sólo partes de las áreas de superficie del elemento de inserción de herramienta de corte, preferiblemente la cara de ataque del elemento de inserción de herramienta de corte, comprenderán la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ como la capa más externa mientras que las áreas de superficie restantes se cubrirán con el recubrimiento superior como la capa más externa. Estas realizaciones pueden producirse eliminando el recubrimiento superior depositado mediante pulido o cualquier otro método bien conocido de las áreas en las que la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ será la capa más externa.

30 En aún otra realización preferida de la presente invención el recubrimiento comprende una o más capas refractarias sobre el sustrato y por debajo de la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, en el que la una o más capas refractarias que consisten en carburo, nitruro, carbonitruro, oxicarbonitruro o borocarbonitruro de uno o más de Ti, Al, Zr, V y Hf, o combinaciones de los mismos, se depositan mediante deposición química en fase de vapor (CVD) o deposición química en fase de vapor a temperatura moderada (MT-CVD) y teniendo cada capa refractaria un grosor de desde 0,5 hasta 20 μm , preferiblemente desde 1 hasta 10 μm .

35 En aún otra realización preferida de la presente invención la primera capa refractaria inmediatamente encima de y en contacto con la superficie de sustrato consiste en carburo, nitruro, carbonitruro, oxicarbonitruro, oxinitruro o borocarbonitruro de uno o más de Ti, Al, Zr, V, Hf o combinaciones o multicapas de los mismos, preferiblemente Ti(C,N), TiN, TiC, Ti(B,C,N), HfN, Zr(C,N) o combinaciones o multicapas de los mismos. Más preferiblemente la primera capa refractaria adyacente a la superficie de sustrato consiste en o comprende Ti(C,N). La primera capa refractaria se deposita mediante CVD o MT-CVD, y preferiblemente la primera capa refractaria tiene un grosor de desde 0,5 hasta 20 μm , más preferiblemente desde 1 hasta 10 μm . Se ha encontrado que este tipo de primera capa refractaria en combinación con el tipo de la invención de capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ proporciona una buena resistencia global al desgaste.

40 Una primera capa refractaria particularmente adecuada comprende o consiste en óxidos, nitruros, carbonitruros u oxicarbonitruros de Ti y/o Al como capas individuales o multicapas, tales como fases de TiN, Ti(C,N), AlN hexagonal, TiAlN cúbico o hexagonal, TiAlON, TiAlCN, TiAlOCN, Al_2O_3 metaestable o estable o combinaciones de las mismas, preferiblemente $\text{Ti}_{1-x}\text{Al}_x\text{N}$ o $\text{Ti}_{1-x}\text{Al}_x\text{C}_y\text{N}_z$ cúbico con $x > 0,7$ depositado por medio de deposición química en fase de vapor a baja presión a temperatura moderada (LPMT-CVD). El $\text{Ti}_{1-x}\text{Al}_x\text{N}$ o $\text{Ti}_{1-x}\text{Al}_x\text{C}_y\text{N}_z$ cúbico puede depositarse conjuntamente junto con capas de AlN hexagonal, TiAlN o TiAlCN. Las capas de fase hexagonal deben ser muy delgadas en comparación con las capas cúbicas, preferiblemente de menos de aproximadamente 50 nm, más

preferiblemente menos de 20 nm. Las capas de LP-MT-CVD se depositan a una temperatura de 600-850°C, preferiblemente 650-750°C y a una presión en el intervalo de 2 a 50 mbar, preferiblemente menos de 10 mbar.

5 También se prefiere particularmente cuando la primera capa refractaria comprende como capa más baja en contacto directo con el sustrato una capa que consiste en TiN depositado usando CVD o MT-CVD o LP-MT-CVD, y que tiene un grosor de menos de 5 μm , preferiblemente desde 0,3 hasta 3 μm , más preferiblemente desde 0,5 hasta 2 μm . Se ha encontrado que proporcionar este tipo de capa más baja en contacto directo con la superficie de sustrato mejora la adhesión de la primera capa refractaria y, por tanto, también la adhesión de la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ de la presente invención.

10 En aún otra realización preferida de la presente invención la capa refractaria inmediatamente debajo de y en contacto con la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ consiste en (Ti,Al)N cúbico o (Ti,Al)(C,N) cúbico o en una estructura multicapa que consiste en capas alternantes de (Ti,Al)N cúbico o (Ti,Al)(C,N) cúbico y una o más capas refractarias que consisten en carburo, nitruro, carbonitruro, oxicarbonitruro o borocarbonitruro de uno o más de Ti, Zr, V y Hf, o combinaciones de los mismos.

15 El sustrato del elemento de inserción de herramienta de corte de la presente invención consiste en carburo cementado, cermet, materiales de cerámica, acero o nitruro de boro cúbico. Sin embargo, en una realización preferida de la presente invención el sustrato consiste en carburo cementado, preferiblemente en carburo cementado que consiste en del 4 al 12% en peso de Co, opcionalmente el 0,3-10% en peso de carburos cúbicos, nitruros o carbonitruros de los metales de los grupos IVb, Vb y VIb de la tabla periódica, preferiblemente Ti, Nb, Ta o combinaciones de los mismos, y el resto de WC. Para aplicaciones de mecanizado de acero el sustrato de carburo
20 cementado contiene preferiblemente del 7,0 al 9,0% en peso de los carburos cúbicos, y para aplicaciones de mecanizado de fundición el sustrato de carburo cementado contiene preferiblemente del 0,3 al 3,0% en peso de los carburos cúbicos, tal como se definió anteriormente.

25 En otra realización preferida de la presente invención el sustrato consiste en carburo cementado que comprende una zona de superficie enriquecida en fase de aglutinante que tiene un grosor de 5 a 30 μm , preferiblemente de 10 a 25 μm , desde la superficie de sustrato, teniendo la zona de superficie enriquecida en fase de aglutinante un contenido en Co que es al menos 1,5 veces mayor que en el núcleo del sustrato y teniendo un contenido en carburos cúbicos que es de menos de 0,5 veces el contenido en carburos cúbicos en el núcleo del sustrato. El grosor de la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ en esta realización es preferiblemente de aproximadamente 4 a 12 μm , lo más preferiblemente de 4 a 8 μm .

30 Preferiblemente, la zona de superficie enriquecida en fase de aglutinante del cuerpo de carburo cementado está esencialmente libre de carburos cúbicos. Proporcionar una zona de superficie enriquecida en fase de aglutinante potencia la tenacidad del sustrato y aumenta el rango de aplicación de la herramienta de corte recubierta. Se prefieren particularmente sustratos que tienen una zona de superficie enriquecida en aglutinante para elementos de inserción de herramienta de corte para operaciones de corte de metal en acero, mientras que los elementos de
35 inserción de herramienta de corte para operaciones de corte de metal en fundición se producen preferiblemente sin zona de superficie enriquecida en fase de aglutinante.

40 En una realización preferida del método de la presente invención el procedimiento de deposición de la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ comprende las etapas de cambiar periódicamente las condiciones de procedimiento para depositar $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ entre dos condiciones de procedimiento diferentes, seleccionándose la primera condición de procedimiento de una de las condiciones de procedimiento útiles para depositar una capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ que tiene un coeficiente de textura $\text{TC}(h\ k\ l) > 3$, seleccionándose el coeficiente de textura de $\text{TC}(0\ 0\ 12)$, $\text{TC}(1\ 0\ 0)$, $\text{TC}(1\ 1\ 0)$, $\text{TC}(1\ 0\ 4)$ y $\text{TC}(0\ 1\ 2)$, y seleccionándose la segunda condición de procedimiento de una de las condiciones de procedimiento útiles para depositar una capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ que tiene un coeficiente de textura $\text{TC}(h\ k\ l) > 3$, seleccionándose el coeficiente de
45 textura de $\text{TC}(0\ 0\ 12)$, $\text{TC}(1\ 0\ 0)$, $\text{TC}(1\ 1\ 0)$, $\text{TC}(1\ 0\ 4)$ y $\text{TC}(0\ 1\ 2)$, preferiblemente la primera condición de procedimiento es una condición de procedimiento útil para depositar una capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ que tiene un coeficiente de textura $\text{TC}(0\ 0\ 12) > 3$, y la segunda condición de procedimiento es una condición de procedimiento útil para depositar una capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ que tiene un coeficiente de textura $\text{TC}(1\ 1\ 0) > 3$.

50 En otra realización preferida del método de la presente invención el tiempo de deposición para cada condición de procedimiento de deposición está dentro del intervalo de 5 min a 180 min, preferiblemente dentro del intervalo de 10 min a 60 min, y/o durante el procedimiento de deposición de la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ las condiciones de procedimiento se cambian desde 3 hasta 100 veces, preferiblemente desde 4 hasta 80 veces, más preferiblemente desde 5 hasta 60 veces.

55 Las etapas de deposición según la presente invención o bien se siguen inmediatamente una detrás de la otra, o bien pueden estar separadas en el procedimiento por etapas de purga usando H_2 , N_2 o Ar o combinaciones de los mismos. Las condiciones de deposición, las duraciones de las etapas de deposición y el número de los ciclos influyen en la forma de onda de los límites de grano. Los tiempos de deposición para las condiciones de procedimiento alternantes (etapas) no son necesariamente iguales, sino que pueden variarse para optimizar las propiedades de capa. Por ejemplo, la primera etapa tiene preferiblemente una duración más larga que las etapas

siguientes. Además, las etapas de deposición en diferentes condiciones de deposición pueden llevarse a cabo con diferentes duraciones para cada condición. Además, la duración de las etapas de deposición y los ciclos pueden acortarse o alargarse gradualmente a lo largo de toda la deposición de la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$. Se encuentra dentro del alcance del experto en la técnica determinar qué etapas, secuencias y duraciones de recubrimiento proporcionarán las mejores propiedades.

5 Según una realización preferida del método de la invención, los ciclos de deposición están compuestos por etapas de deposición con duraciones iguales que se repiten a lo largo de todo el recubrimiento para producir límites de grano con formas de onda esencialmente regulares. En otra realización preferida las etapas de deposición con diferentes duraciones se repiten a lo largo de todo el recubrimiento para obtener formas de onda irregulares. En otra
10 realización preferida, las etapas de procedimiento alternantes son más cortas hacia la superficie de la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ dando como resultado una amplitud y longitud de onda gradualmente decrecientes de los límites de grano en zigzag hacia la parte superior de la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$. En aún otra realización los tiempos de deposición para las etapas de procedimiento alternantes son más largos hacia la superficie de la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ dando como resultado una amplitud y longitud de onda creciente de los límites de grano en zigzag hacia la parte superior de la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$. En aún otra realización la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ está compuesta por al menos una capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ de la técnica anterior junto con al menos una capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ según la invención.

En una realización preferida del método de la presente invención las condiciones de procedimiento en la cámara de reacción de CVD útiles para depositar $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ que tiene la textura de fibra (001) incluyen:

una presión en el intervalo de entre 10 y 100 mbar, preferiblemente entre 30 y 80 mbar,
20 una temperatura en el intervalo de 800°C a 1050°C, preferiblemente de 930°C a 1030°C,
y concentraciones de gases reactivos en los intervalos de
entre el 2% y el 7,5%, preferiblemente entre el 3% y el 5% de CO_2 ,
entre el 0,5% y el 5%, preferiblemente entre el 1,5% y el 4% de HCl,
entre el 0,5% y el 5%, preferiblemente entre el 1,8% y el 4% de AlCl_3 , y
25 entre el 0,2% y el 1,1%, preferiblemente entre el 0,3% y el 0,6% de X.

En una realización preferida del método de la presente invención las condiciones de procedimiento en la cámara de reacción de CVD para depositar $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ que tiene la textura de fibra (100) incluyen:

una presión en el intervalo de entre 200 y 300 mbar, preferiblemente de aproximadamente 250 mbar,
una temperatura en el intervalo de 800°C a 1050°C, preferiblemente de 930°C a 1030°C,
30 y concentraciones de gases reactivos en los intervalos de
más del 6% de CO_2 ,
entre el 5% y el 25%, preferiblemente entre el 5% y el 12% de HCl,
entre el 0,5% y el 3%, preferiblemente entre el 1,0% y el 1,5% de AlCl_3 , y
menos del 0,35%, preferiblemente menos del 0,25% de X.

35 En una realización preferida del método de la presente invención las condiciones de procedimiento en la cámara de reacción de CVD para depositar $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ que tiene la textura de fibra (110) incluyen:

una presión en el intervalo de entre 150 y 200 mbar, preferiblemente de aproximadamente 150 mbar,
una temperatura en el intervalo de 800°C a 1050°C, preferiblemente de 930°C a 1030°C,
y concentraciones de gases reactivos en los intervalos de
40 más del 5% de CO_2 ,
entre el 5% y el 25%, preferiblemente entre el 5% y el 10% de HCl,
entre el 0,5% y el 3%, preferiblemente entre el 1,0% y el 1,8% de AlCl_3 , y
menos del 0,35%, preferiblemente menos del 0,25% de X.

En una realización preferida del método de la presente invención las condiciones de procedimiento en la cámara de

reacción de CVD para depositar α -Al₂O₃ que tiene la textura de fibra (104) incluyen:

una presión en el intervalo de entre 50 y 120 mbar, preferiblemente entre aproximadamente 100 y 120 mbar,

una temperatura en el intervalo de 800°C a 1050°C, preferiblemente de 930°C a 1030°C,

y concentraciones de gases reactivos en los intervalos de

5 el 3-5% de CO₂,

entre el 1% y el 5%, preferiblemente entre el 1% y el 3% de HCl,

entre el 0,5% y el 3%, preferiblemente entre el 1,0% y el 1,8% de AlCl₃, y

entre el 0,2% y el 0,9%, preferiblemente entre el 0,3% y el 0,5% de X

el 2-10% en volumen, preferiblemente el 3-5% en volumen de CO.

10 En una realización preferida del método de la presente invención las condiciones de procedimiento en la cámara de reacción de CVD para depositar α -Al₂O₃ que tiene la textura de fibra (012) incluyen:

una presión en el intervalo de entre 50 y 120 mbar, preferiblemente entre aproximadamente 50-80 mbar,

una temperatura en el intervalo de 800°C a 1050°C, preferiblemente de 930°C a 1030°C,

y concentraciones de gases reactivos en los intervalos de

15 el 3-5% de CO₂,

entre el 1% y el 5%, preferiblemente entre el 2% y el 3% de HCl,

entre el 0,5% y el 3%, preferiblemente entre el 1,0% y el 1,8% de AlCl₃, y

menos del 0,35%, preferiblemente menos del 0,25% de X

el 2-10% en volumen, preferiblemente el 3-5% en volumen de CO.

20 En aún otra realización preferida del método de la presente invención, en las condiciones de procedimiento para depositar la capa de α -Al₂O₃ el componente X es una combinación de H₂S y SF₆. Esta combinación de H₂S y SF₆ es particularmente adecuada para producir una textura (1 1 0) o (1 0 0) de la capa de α -Al₂O₃. Preferiblemente la proporción en volumen de SF₆ no supera el 15% de la cantidad en volumen de H₂S.

25 En aún otra realización preferida del método de la presente invención, las condiciones de procedimiento en la cámara de reacción de CVD para depositar la capa de α -Al₂O₃ comprenden la adición de N₂, Ar, CO o combinaciones de los mismos mediante lo cual la suma de las proporciones en volumen de N₂, Ar y CO no supera el 20% de la cantidad en volumen total de H₂ en la mezcla de gases de reacción. Añadiendo N₂, Ar y/o CO es posible modificar las variaciones del grosor de recubrimiento y la velocidad de crecimiento a lo largo del reactor de CVD. Se encuentra dentro del alcance del experto en la técnica ajustar estas adiciones al gas reactivo para lograr los perfiles
30 deseados de velocidad de crecimiento.

Breve descripción de las figuras

La figura 1 muestra una presentación esquemática de un procedimiento de recubrimiento según la presente invención que incluye tres ciclos de deposición de α -Al₂O₃, estando cada ciclo compuesto por una etapa de deposición (0 0 1) y una etapa de deposición (1 1 0) con cambios de dirección del crecimiento de límite de grano en
35 las transiciones de una etapa de deposición a la siguiente etapa de deposición, indicados por la línea en zigzag. La textura global está definida por los parámetros de procedimiento de la primera etapa de deposición, que en este caso es una etapa de deposición (0 0 1). La distancia de pico a pico, medida en paralelo a la superficie de sustrato, desde un cambio de dirección hasta el siguiente cambio de dirección del mismo límite de grano está indicada por la doble flecha (a), y la distancia de pico a pico, medida a lo largo de la normal con respecto a la superficie de sustrato,
40 desde un cambio de dirección hasta el siguiente cambio de dirección del mismo límite de grano está indicada por la doble flecha (b).

La figura 2 muestra una sección transversal de una microfotografía de SEM de un recubrimiento con una capa de α -Al₂O₃ con textura (0 0 1) según la técnica anterior. Los límites de grano de los granos de Al₂O₃ columnares son esencialmente rectos y no muestran una tendencia a la formación de límites en zigzag en el sentido de la presente invención.
45

La figura 3 muestra una sección transversal de una microfotografía de SEM de un recubrimiento con una capa de α -Al₂O₃ con textura (0 0 1) según la presente invención. Los límites de grano de los granos Al₂O₃ columnares muestran

claramente la formación de límites en zigzag en el sentido de la presente invención.

5 La figura 4 muestra una sección transversal de una microfotografía de SEM de un recubrimiento con una capa de α - Al_2O_3 con textura (0 0 1) según la presente invención, depositada alternando condiciones de procedimiento (0 0 1) y condiciones de procedimiento (1 1 0). La deposición se inició aplicando condiciones de procedimiento (0 0 1) durante 45 min, todas las etapas posteriores se llevaron a cabo durante una duración de 30 min. La deposición se terminó mediante una etapa de condiciones de procedimiento (0 0 1).

10 La figura 5 muestra una sección transversal de una microfotografía de SEM de un recubrimiento con una capa de α - Al_2O_3 con textura (0 1 2) según la presente invención. Los límites de grano en zigzag pueden verse a lo largo de toda la capa. Los cambios de dirección pueden relacionarse claramente con el cambio de condiciones de procedimiento.

La figura 6 muestra el borde de corte de un elemento de inserción de herramienta de corte recubierto según la técnica anterior en una vista desde arriba (figura 6, parte izquierda) y en una vista lateral (figura 6, parte derecha).

15 La figura 7 muestra el borde de corte de un elemento de inserción de herramienta de corte recubierto según la presente invención en una vista desde arriba (figura 7, parte izquierda) y en una vista lateral (figura 7, parte derecha). Una comparación de las figuras 6 y 7 revela que el recubrimiento según la presente invención mostró claramente menos desgaste de cantos y menos desgaste de cráter que el recubrimiento según la técnica anterior.

MÉTODOS

Mediciones de difracción de rayos X (XRD) y determinación de TC

20 Se realizaron mediciones de difracción de rayos X con un difractómetro XRD3003PTS de GE Sensing and Inspection Technologies usando radiación K_{α} de Cu. Se sometió el tubo de rayos X a 40 kV y 40 mA enfocados en un punto. Se usó un componente óptico de haces paralelos que usaba una lente de colimación policapilar con una apertura de medición de tamaño fijo en el lado primario, mediante lo cual se seleccionó el área irradiada de la muestra para evitar un rebasamiento del haz de rayos X más allá de la cara recubierta de la muestra. En el lado secundario se usaron una rendija de Soller con una divergencia de $0,4^{\circ}$ y un filtro de K_{β} de Ni con un grosor de 0,25 mm. Se realizaron barridos de θ - 2θ dentro del intervalo de ángulo de $20^{\circ} < 2\theta < 100^{\circ}$ con incrementos de $0,25^{\circ}$. Se realizaron las mediciones sobre una cara plana del elemento de inserción recubierto, preferiblemente sobre la cara de canto. Se realizaron las mediciones directamente sobre la capa de alúmina como la capa más externa. Cualquier capa presente en el recubrimiento por encima de la capa de alúmina que va a medirse, si la hay, se retira mediante un método que no influye sustancialmente sobre los resultados de medición de XRD, por ejemplo ataque químico. Para el cálculo del coeficiente de textura TC se usaron intensidades de altura de pico. Se aplicaron la sustracción del fondo y un ajuste de picos parabólico con 5 puntos de medición a los datos sin procesar de XRD. No se realizó ninguna corrección adicional tal como separación de $K_{\alpha 2}$ o corrección de película delgada.

Preparación de muestras para microscopía electrónica de barrido (SEM)

35 Se cortaron elementos de inserción en sección transversal, se montaron en un soporte y después se trataron de la siguiente manera:

1. Trituración con un disco Struers Piano220 con agua durante 6 min
2. Pulido con suspensión de diamante MD-Largo de $9 \mu\text{m}$ durante 3 min
3. Pulido con suspensión de diamante MD-Dac de $3 \mu\text{m}$ durante 3:40 min
4. Pulido con suspensión de diamante MD-Nap de $1 \mu\text{m}$ durante 2 min
- 40 5. Pulido/ataque químico con suspensión de sílice coloidal OP-S durante 12 min (tamaño de grano promedio de la sílice coloidal = $0,04 \mu\text{m}$)

45 Se limpiaron las muestras mediante ultrasonidos antes del examen mediante SEM. Se observaron los cambios de dirección de los límites de grano de los granos de α - Al_2O_3 y se determinaron con un aumento de 5000 a 35000 veces. Para determinar el número granos que mostraban límites de grano en zigzag en una microfotografía de SEM, se dibujó una línea recta a una distancia de $1/3$ del grosor de la capa de α - Al_2O_3 desde la parte superior de la superficie de la capa de α - Al_2O_3 y en paralelo a la misma, y se contó el número de granos de α - Al_2O_3 con y sin límites de grano en zigzag.

Recubrimientos mediante CVD

50 Se prepararon recubrimientos mediante CVD en un reactor de flujo radial, tipo Bernex BPX 325S, que tenía 1250 mm de altura y 325 mm de diámetro exterior. El flujo de gas sobre las bandejas de carga fue radial desde un tubo de gas central.

Mediciones de la rugosidad

Se realizaron mediciones de la rugosidad según las normas ISO 4287, DIN 4768.

Análisis mediante EBSD

- 5 Se realizó un análisis mediante EBSD del recubrimiento 2 en un microscopio electrónico de barrido (SEM) Zeiss SUPRA40VP con cátodo de emisión de campo usando una apertura de 60 μm y una tensión de aceleración de 15 kV funcionando en modo de alta corriente con un ángulo de incidencia de 70° del haz de electrones con respecto a la superficie de muestras pulidas a una distancia de trabajo de aproximadamente 12 mm. El sistema de EBSD fue un dispositivo EDAX (cámara de Digiview), y se usaron los paquetes de software TSL OIM Data Collection 6 y TSL OIM Analysis 6.2 para la recogida de datos y el análisis, respectivamente.
- 10 Para determinar la planeidad y orientación de las facetas que terminaban los granos de capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ que se extendían hasta la superficie de la capa, deben medirse recubrimientos con $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ como la capa más superior, es decir sin ninguna capa más superior encima de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, en el estado según se recubre, es decir sin ningún pulido u otra preparación de superficie, sobre una parte plana de la superficie de la herramienta. Los parámetros de adquisición y procesamiento típicos para los mapas de EBSD son los siguientes: El tamaño de mapa es de al menos
- 15 50 x 30 μm con un tamaño de etapa $\leq 0,15 \mu\text{m}$ y una rejilla hexagonal de puntos de medición. Se realiza una agrupamiento 4x4 y una sustracción de fondo con la imagen de la cámara, usando tiempos de exposición correspondientes a de 20 a 100 fotogramas por segundo. Se realiza la indexación del patrón de difracción mediante transformada de Hough. Los puntos de datos así registrados deben indexarse de manera ideal con un índice de confianza promedio (CI) de $> 0,2$. El CI se calcula mediante el software TSL OIM Analysis 6.2 durante la indexación automatizada del patrón de difracción. Para un patrón de difracción dado pueden encontrarse varias orientaciones posibles que satisfacen las bandas de difracción detectadas por las rutinas de análisis de imágenes. El software clasifica estas orientaciones (o soluciones) usando un esquema de votaciones. El índice de confianza se basa en el
- 20 esquema de votaciones y se facilita como $CI = (V_1 - V_2)/V_{IDEAL}$ donde V_1 y V_2 son el número de votos para las soluciones primera y segunda y V_{IDEAL} es el número de votos posibles total a partir de las bandas detectadas. El índice de confianza oscila entre 0 y 1. Aunque hay casos en los que todavía puede indexarse correctamente un patrón incluso con un índice de confianza de 0, el CI puede considerarse como una medida estadística de la calidad del patrón, que depende en gran medida de la rugosidad de superficie. Se pulieron muestras con superficies rugosas hasta obtener una rugosidad extremadamente baja con el fin de obtener una calidad de patrón e indexación satisfactorias para EBSD. Un valor de CI mayor de 0,3 corresponde a una precisión del 99% de la indexación de patrón automatizada, se considera que patrones generales indexados con un CI $> 0,1$ son correctos. Para una indexación correcta, es decir para obtener mapas de EBSD con un CI promedio mayor de 0,1, se necesita un pulido
- 25 prolongado con agentes abrasivos / de ataque químico con un tamaño de grano de normalmente 0,05 μm , por tanto hasta obtener valores de R_a muy por debajo de 0,05 μm [M. M. Nowell *et al.*, Microscopy Today 2005, 44-48]. Por tanto, si una fracción considerable de los puntos registrados sobre la superficie según se deposita, no pulida, de la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ se indexan con un CI $> 0,1$, puede concluirse que estas fracciones de la superficie que están indexándose con CI $> 0,1$ consisten en granos dentro de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ que se terminan por facetas muy lisas, que sólo están ligeramente inclinadas, es decir en aproximadamente menos de 35°, con respecto a la superficie de la muestra, y que los granos vecinos sobresalen menos de aproximadamente 0,05 μm , ya que de lo contrario el patrón de difracción de electrones se vería alterado por la formación de sobras del haz de electrones y por tanto no se
- 30 habría indexado apropiadamente. En los recubrimientos según la presente invención que tienen una superficie lisa con $R_a < 0,2 \mu\text{m}$, más del 50%, preferiblemente más del 70% de todos los puntos de datos se indexaron con un índice de confianza CI $> 0,1$, mientras que para recubrimientos convencionales con $R_a > 0,3 \mu\text{m}$ la fracción de puntos de datos indexados con CI $> 0,1$ es siempre muy inferior al 50%.

Ejemplos

- 45 Los sustratos para el elemento de inserción de prueba usado en los ejemplos en el presente documento fueron elementos de inserción de herramienta de corte de carburo cementado que consistían en el 6,0% en peso de Co y el resto de WC con una zona de superficie enriquecida en fase de aglutinante. Se midió que la dureza de Vickers de los sustratos era de aproximadamente 1600 HV.

Recubrimiento previo:

- 50 Se recubrieron previamente los sustratos para la deposición del recubrimiento de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ según los ejemplos en el presente documento mediante los siguientes procedimientos.

Para garantizar una buena adhesión de los recubrimientos al sustrato, en todos los procedimientos de recubrimiento el procedimiento inició aplicando una capa de TiN de 0,3 μm de grosor sobre la superficie de sustrato mediante CVD a una temperatura de 850°C y una presión de 150 mbar. La composición de gases de reacción era del 2,0% en volumen de TiCl_4 , el 43% en volumen de N_2 , y el resto de H_2 a una temperatura de 880°C.

55

Se recubrieron elementos de inserción, previamente recubiertos con TiN, con una capa de Ti(C,N) de 5 μm de grosor mediante MT-CVD usando una composición de gases de reacción del 0,6% en volumen de CH_3CN , el 3,8%

en volumen de TiCl₄, el 20% en volumen de N₂ y el resto de H₂ a una temperatura de 880°C.

Tras completarse el procedimiento de MT-CVD, se aumentó la temperatura hasta 1000°C, y a esta temperatura se depositó mediante CVD otra capa de TiCN rica en N durante 20 min usando una composición de gases de reacción del 2,5% en volumen de TiCl₄, el 3,5% en volumen de CH₄, el 30% en volumen de N₂ y el resto de H₂ a una presión de 500 mbar sobre la capa de MT-CVD hasta obtener un grosor de aproximadamente 0,3 μm.

Después, se depositó una capa de unión de (Ti,Al)(C,N,O) de aproximadamente 0,5 - 1 μm de grosor encima de la capa de TiCN de MT-CVD usando una composición de gases de reacción del 3% en volumen de TiCl₄, el 0,5% en volumen de AlCl₃, el 4,5% en volumen de CO, el 30% en volumen de N₂ y el resto de H₂ durante aproximadamente 30 min a una temperatura de aproximadamente 1000°C y una presión de 80 mbar. El procedimiento de deposición fue seguido por una purga usando H₂ durante 10 min antes de iniciar la siguiente etapa.

Antes de la deposición de la capa de α-Al₂O₃, se llevó a cabo una etapa de nucleación (oxidación) tratando la capa de unión de (Ti,Al)(C,N,O) con una mezcla de gases del 4% en volumen de CO₂, el 9% en volumen de CO, el 25% en volumen de N₂ y el resto de H₂ durante 2 - 10 min a una temperatura de aproximadamente 1000 a 1020°C y a una presión de aproximadamente 80 a 100 mbar. La etapa de nucleación fue seguida por una purga usando Ar durante 10 min.

Ejemplo 1: Capas de alúmina según la técnica anterior (ejemplos comparativos)

La deposición de alúmina sobre los sustratos previamente recubiertos, tal como se describió anteriormente, se inició introduciendo los componentes de gases de reacción en las cantidades indicadas en la siguiente tabla 1 y a las temperaturas y presiones también indicadas. También se indica el tipo de condiciones de procedimiento (h k l). Se introdujeron los componentes de gases de reacción simultáneamente, excepto por HCl y H₂S o SF₆, respectivamente. Tras 2 min, se añadió HCl a la mezcla de gases de reacción que fluía al interior del reactor. Tras otros 8 min se añadieron H₂S o SF₆ a la mezcla de gases de reacción que fluía al interior del reactor.

Se mantuvieron las condiciones de deposición durante aproximadamente 8 horas para obtener capas de α-Al₂O₃ de aproximadamente 8 μm de grosor. En la inspección visual las capas de α-Al₂O₃ parecían oscuras y mate. Se analizaron los recubrimientos mediante mediciones de rugosidad, pruebas de corte, microscopía óptica, SEM y XRD.

Tabla 1

N.º de recubrimiento	Condición	CO ₂	AlCl ₃	H ₂ S	SF ₆	HCl	CO	H ₂	T (°C)	P (mbar)
1	(1 0 0)	6,5	1,2	0,05	---	9,8	---	resto	1000	250
2	(1 1 0)	5,6	1,5	0,10	---	7,1	---	resto	1000	150
3	(0 1 2)	4,9	1,6	0,22	---	3,1	2,5	resto	990	75
4	(0 0 1)	4,0	2,4	0,32	---	1,4	0	resto	1010	65
5	(0 0 1)	4,0	2,0	---	0,9	2,4	0	resto	1000	50

Basándose en los datos de XRD se determinaron los coeficientes de textura TC(h k l) de los recubrimientos n.^{os} 1 - 5, y los coeficientes de textura se facilitan en la tabla 2. Los recubrimientos tenían texturas globales muy claras, y los granos de todos estos recubrimientos según la técnica anterior mostraron límites de grano rectos, prácticamente no pudo encontrarse ningún límite en zigzag. Aunque es posible encontrar límites de grano que muestran alguna clase de característica de tipo onda en los recubrimientos texturizados de la técnica anterior, sin embargo no se consideran límites en zigzag y no pueden relacionarse con los parámetros de procedimiento.

Tabla 2

N.º de recubrimiento	TC
1	TC(100) = 6,2
2	TC(110) = 6,6
3	TC(012) = 5,7
4	TC(001) = 6,1
5	TC(001) = 6,9

Ejemplo 2: Capas de alúmina según la presente invención (recubrimiento 2)

5 Se llevó a cabo la deposición de alúmina según la presente invención sobre los sustratos previamente recubiertos aplicando una etapa inicial (etapa 1) en las primeras condiciones de procedimiento tal como se describió para el inicio de las deposiciones en el ejemplo 1, es decir en la primera etapa de procedimiento se introdujeron los componentes de gases de reacción simultáneamente, excepto por HCl y H₂S, tras 2 min, se añadió HCl a la mezcla de gases de reacción que fluía al interior del reactor, y tras otros 8 min se añadió H₂S a la mezcla de gases de reacción que fluía al interior del reactor. El tiempo de deposición en las condiciones de etapa inicial fue de 45 min.

10 Después, se cambiaron periódicamente las condiciones de procedimiento entre las condiciones de procedimiento de la etapa 1 y la etapa 2, tal como se indica en la tabla 3. Un ciclo consiste en 2 etapas de deposición. La tabla 3 indica el número de ciclos, los tiempos de etapa y la etapa de terminación para depositar las capas de α -Al₂O₃. Tal como se mencionó anteriormente, los tiempos de etapa indicados se aplican para las etapas de deposición posteriores a la etapa inicial, mientras que la etapa inicial se realizó durante 45 min.

15 Se analizaron los recubrimientos mediante mediciones de rugosidad, pruebas de corte, microscopía óptica, SEM y XRD. La tabla 4 indica los coeficientes de textura y el número (I_{zz}) de granos observados con límites de grano en zigzag de 25 granos de α -Al₂O₃, según la definición de la presente invención. Se confirmó claramente que las texturas de los recubrimientos estaban determinadas por las condiciones de deposición de la etapa inicial.

Tabla 3

N.º de recubrimiento	Etapa 1	Etapa 2	N.º de ciclos	Etapa de terminación	Tiempo de etapa 1 [min]	Tiempo de etapa 2 [min]
6	(0 0 1)	(1 1 0)	6,5	(0 0 1)	30	30
7	(0 1 2)	(0 0 1)	6	(0 0 1)	30	30
8	(0 0 1)	(0 1 2)	9	(0 1 2)	5	20
9	(0 0 1)	(0 1 2)	4	(0 1 2)	75	45
10	(0 1 2)	(1 1 0)	4	(1 1 0)	5	20
11	(0 0 1)	(1 1 0)	6,5	(0 0 1)	30	30
12	(1 1 0)	(0 1 2)	6	(0 1 2)	30	30
13	(1 0 0)	(0 0 1)	6	(0 0 1)	30	30
14	(0 0 1)	(1 1 0)	6,5	(0 0 1)	30	30

Tabla 4

N.º de recubrimiento	TC	I_{zz}
6	TC(001) = 6,4	14
7	TC(012) = 5,7	9
8	TC(001) = 6,6	16
9	TC(001) = 6,5	8
10	TC(012) = 5,9	9
11	TC(001) = 4,5	23
12	TC(110) = 4,0	18
13	TC(100) = 4,0	8
14	TC(001) = 6,2	25

Ejemplo 3:

Se tomaron microfotografías de sección transversal de SEM de los recubrimientos de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ de los ejemplos 1 y 2.

La figura 2 muestra las imágenes de sección transversal del recubrimiento n.º 4 (técnica anterior), la figura 3 muestra las imágenes de sección transversal del recubrimiento n.º 6 (invención), y la figura 4 muestra las imágenes de sección transversal del recubrimiento n.º 14 (invención).

Los límites de grano entre los granos columnares en el recubrimiento 4 son rectos y no puede observarse ninguna tendencia a la formación de los límites en zigzag. Los recubrimientos 6 y 14 muestran claramente límites de grano en zigzag en 14 (recubrimiento 6) y 25 (recubrimiento 14) de 25 granos de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$. Tal como se observa en la figura 4 del recubrimiento 14, resulta bastante poco frecuente que los límites en zigzag completos sean visibles a lo largo de toda la capa de recubrimiento. El motivo es que los granos de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ están inclinados y rotados (textura de fibra) con respecto a la sección transversal bidimensional y con frecuencia sólo puede intersectarse y revelarse una parte de un límite de grano. Limitaciones físicas adicionales durante el crecimiento de granos en competencia contribuirán al hecho de que no todos los granos están libres para completar el crecimiento en zigzag.

Ejemplo 4: Pruebas de corte de metal 1

Se sometieron a prueba los elementos de inserción de herramienta de corte con los recubrimientos 2, 3 y 4 según la técnica anterior y 6, 8 y 9 según la invención con respecto al desconchado de bordes (exfoliación) en el área de contacto en torneado longitudinal en fundición sin refrigerante en las siguientes condiciones:

Pieza de trabajo: Barra cilíndrica
 Material: SS0130
 Tipo de elemento de inserción: SNUN120412
 Velocidad de corte: 400 m/min
 Alimentación: 0,4 mm/rev
 Profundidad de corte: 2,0 mm

Se inspeccionaron los elementos de inserción tras un tiempo de corte de 2 minutos y 6 minutos, respectivamente, y los resultados se muestran en la tabla 5.

Tabla 5

N.º de recubrimiento	Exfoliación tras 2 min [%]	Exfoliación tras 6 min [%]
2 (técnica anterior)	8	22
3 (técnica anterior)	8	18
4 (técnica anterior)	4	12
6 (invención)	0	6
8 (invención)	0	6
9 (invención)	0	3

Ejemplo 5: Pruebas de corte de metal 2

Se sometieron a prueba los elementos de inserción de herramienta de corte con los recubrimientos 4 según la técnica anterior y 9 según la invención con respecto al desgaste de cantos y desgaste de cráter en torneado longitudinal de acero C45 sin refrigerante (torneado en seco) según las siguientes condiciones:

Pieza de trabajo: Barra cilíndrica
 Material: C45
 Tipo de elemento de inserción: CNMA 120412
 Velocidad de corte: 240 m/min

Alimentación: 0,32 mm/rev

Profundidad de corte: 2,5 mm

- 5 Las vidas útiles de la herramienta fueron de 22 min para el recubrimiento 4 según la técnica anterior y 27 min para el recubrimiento 9 según la invención. La figura 6 muestra el borde de corte del elemento de inserción con el recubrimiento 4 según la técnica anterior y la figura 7 muestra el borde de corte del elemento de inserción con el recubrimiento 9 según la invención. Tal como resulta evidente a partir de las figuras 6 y 7, la capa según la invención mostró claramente menos desgaste de cantos y algo menos de desgaste de cráter que la capa de la técnica anterior.

Ejemplo 6: Mediciones de rugosidad

Se realizaron mediciones de rugosidad (R_a) con los recubrimientos 4, 6 y 11. En la tabla 6 se muestran los resultados de un promedio de 5 mediciones con cada muestra.

- 10 Tabla 6

N.º de recubrimiento	R_a [μm]
4 (técnica anterior)	0,35
6 (invención)	0,12
11 (invención)	0,05

Ejemplo 7

Con el fin de estudiar la textura de los recubrimientos obtenidos según la invención con más detalle, se midieron figuras de polos invertidos con los recubrimientos 4 (técnica anterior), 6 (invención) y 8 (invención).

- 15 Las figuras de polos revelaron que en los recubrimientos según la presente invención, aunque las condiciones de crecimiento se habían alterado periódicamente en los recubrimientos 6 y 8, no había componentes de textura adicionales presentes en los recubrimientos.

REIVINDICACIONES

1. Elemento de inserción de herramienta de corte recubierta que consiste en un sustrato de carburo cementado, cermet, materiales de cerámica, acero o nitruro de boro cúbico que tiene depositado sobre el mismo un recubrimiento con un grosor total de un máximo de 60 μm que consiste en una o más capas refractarias que comprenden una capa resistente al desgaste externa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ con un grosor de 2 a 45 μm depositada mediante deposición química en fase de vapor (CVD),

5 caracterizado porque

cuando se observa en una microfotografía de SEM de una sección transversal de la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$,

la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ tiene una estructura de granos $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ esencialmente columnar, y

10 los límites de grano de al menos 1 de cada 25 granos de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, preferiblemente al menos 5 de cada 25 granos de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, más preferiblemente al menos 15 de cada 25 granos de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, a lo largo de la longitud de los límites de grano, experimentan al menos 3, preferiblemente al menos 4, más preferiblemente al menos 5, cambios de dirección, en el que cada cambio de dirección de dos secciones vecinas del mismo límite de grano está a un ángulo de desde 15 hasta 165 grados, preferiblemente desde 30 hasta 150 grados, más preferiblemente desde 45 hasta 135 grados.

2. Elemento de inserción de herramienta de corte recubierta según la reivindicación 1, en el que la distancia de pico a pico, medida a lo largo de la normal con respecto a la superficie de sustrato, desde un cambio de dirección hasta el siguiente cambio de dirección del mismo límite de grano es de desde 0,05 hasta 4 μm , preferiblemente desde 0,1 hasta 3 μm , más preferiblemente desde 0,2 hasta 2 μm , y/o

20 la distancia de pico a pico, medida en paralelo a la superficie de sustrato, desde un cambio de dirección hasta el siguiente cambio de dirección del mismo límite de grano es de desde 0,05 hasta 4 μm , preferiblemente desde 0,1 hasta 3 μm , más preferiblemente desde 0,2 hasta 2 μm .

3. Elemento de inserción de herramienta de corte recubierta según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos el 70%, preferiblemente al menos el 80%, más preferiblemente al menos el 90%, de los cristales de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ que se extienden hacia la superficie exterior de la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ se terminan en facetas perpendiculares a un eje dentro del intervalo de 0 a 35 grados, preferiblemente dentro del intervalo de 0 a 20 grados, más preferiblemente dentro del intervalo de 0 a 10 grados con respecto a la normal de la superficie de sustrato, preferiblemente estas facetas que terminan los cristales de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ son planos cristalográficos $\{0\ 0\ 1\}$.

4. Elemento de inserción de herramienta de corte recubierta según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la superficie exterior de la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ en el estado según se deposita y sin pulir tiene las siguientes características de rugosidad de superficie:

i) una rugosidad de superficie R_a de desde 0,05 hasta 0,2 μm , preferiblemente desde 0,05 hasta 0,15 μm , cuando la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ tiene un grosor de 8 μm o más;

35 ii) una rugosidad de superficie R_a de desde 0,03 hasta 0,2 μm , preferiblemente desde 0,03 hasta 0,10 μm , cuando la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ tiene un grosor de menos de 8 μm ,

mediante lo cual la rugosidad de superficie se mide en la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ en el estado según se deposita sin capas superiores y sin tratamiento posterior.

5. Elemento de inserción de herramienta de corte recubierta según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la textura de fibra global de toda la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ se caracteriza por

40 un coeficiente de textura $TC(0\ 0\ 12) > 3$, definiéndose el $TC(0\ 0\ 12)$ de la siguiente manera:

$$TC(0012) = \frac{I(0\ 0\ 12)}{I_0(0\ 0\ 12)} \left[\frac{1}{n} \sum_{n=1}^n \frac{I(hkl)}{I_0(hkl)} \right]^{-1},$$

un coeficiente de textura $TC(3\ 0\ 0) > 3$, definiéndose el $TC(3\ 0\ 0)$ de la siguiente manera:

$$TC(300) = \frac{I(3\ 0\ 0)}{I_0(3\ 0\ 0)} \left[\frac{1}{n} \sum_{n=1}^n \frac{I(hkl)}{I_0(hkl)} \right]^{-1},$$

un coeficiente de textura TC (1 1 0) > 3, definiéndose el TC (1 1 0) de la siguiente manera:

$$TC(110) = \frac{I(110)}{I_0(110)} \left[\frac{1}{n} \sum_{n=1}^n \frac{I(hkl)}{I_0(hkl)} \right]^{-1},$$

un coeficiente de textura TC (1 0 4) > 3, definiéndose el TC (1 0 4) de la siguiente manera:

$$TC(104) = \frac{I(104)}{I_0(104)} \left[\frac{1}{n} \sum_{n=1}^n \frac{I(hkl)}{I_0(hkl)} \right]^{-1},$$

5 un coeficiente de textura TC (0 1 2) > 3, definiéndose el TC (0 1 2) de la siguiente manera:

$$TC(012) = \frac{I(012)}{I_0(012)} \left[\frac{1}{n} \sum_{n=1}^n \frac{I(hkl)}{I_0(hkl)} \right]^{-1},$$

en el que

I (h k l) = intensidad medida de la reflexión (hkl)

I₀ (h k l) = intensidad de patrón de los datos de difracción de polvos de patrón según la tarjeta de JCPDF n.º 42-1468

10 n = número de reflexiones usadas en el cálculo, mediante lo cual las reflexiones (hkl) usadas son: (0 1 2), (1 0 4), (1 1 0), (1 1 3), (1 1 6), (3 0 0) y (0 0 12).

6. Elemento de inserción de herramienta de corte recubierta según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el recubrimiento comprende un recubrimiento superior con un grosor de entre 0,1 y 3 μm, preferiblemente entre 0,2 y 2 μm, más preferiblemente entre 0,5 y 1,5 μm, mediante CVD encima de la capa de α-Al₂O₃, consistiendo el recubrimiento superior en capas de TiN, TiC, TiCN, ZrN, ZrCN, HfN, HfCN, VC, TiAlN, TiAlCN, AlN o combinaciones o multicapas de los mismos.

7. Elemento de inserción de herramienta de corte recubierta según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el recubrimiento comprende una o más capas refractarias sobre el sustrato y por debajo de la capa de α-Al₂O₃, en el que la una o más capas refractarias que consisten en carburo, nitruro, carbonitruro, oxicarbonitruro o borocarbonitruro de uno o más de Ti, Al, Zr, V y Hf, o combinaciones de los mismos, se deposita mediante deposición química en fase de vapor (CVD) o deposición química en fase de vapor a temperatura moderada (MT-CVD) y teniendo cada capa refractaria un grosor de desde 0,5 hasta 20 μm, preferiblemente desde 1 hasta 10 μm.

8. Elemento de inserción de herramienta de corte recubierta según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la primera capa refractaria inmediatamente encima de y en contacto con la superficie de sustrato consiste en Ti(C,N), TiN, TiC, Ti(B,C,N), HfN, Zr(C,N) o combinaciones de los mismos, preferiblemente la primera capa refractaria adyacente a la superficie de sustrato consiste en Ti(C,N).

9. Elemento de inserción de herramienta de corte recubierta según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la capa refractaria inmediatamente debajo de y en contacto con la capa de α-Al₂O₃ consiste en (Ti,Al)N cúbico o (Ti,Al)(C,N) cúbico o en una estructura multicapa que consiste en capas de (Ti,Al)N cúbico o (Ti,Al)(C,N) cúbico alternantes y una o más capas refractarias que consisten en carburo, nitruro, carbonitruro, oxicarbonitruro o borocarbonitruro de uno o más de Ti, Zr, V y Hf, o combinaciones de los mismos.

10. Elemento de inserción de herramienta de corte recubierta según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el sustrato consiste en carburo cementado, preferiblemente de carburo cementado que consiste en del 4 al 12% en peso de Co, opcionalmente el 0,3-10% en peso de carburos, nitruros o carbonitruros cúbicos de los metales de los grupos IVb, Vb y VIb de la tabla periódica, preferiblemente Ti, Nb, Ta o combinaciones de los mismos, y el resto de WC.

11. Elemento de inserción de herramienta de corte recubierta según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el sustrato consiste en carburo cementado que comprende una zona de superficie enriquecida en fase de aglutinante que tiene un grosor de 5 a 30 μm, preferiblemente de 10 a 25 μm, desde la superficie de sustrato, teniendo la zona de superficie enriquecida en fase de aglutinante un contenido en Co que es al menos 1,5 veces mayor que en el núcleo del sustrato y que tiene un contenido en carburos cúbicos que es menos de 0,5 veces el contenido en carburos cúbicos en el núcleo del sustrato.

12. Método de fabricación de un elemento de inserción de herramienta de corte recubierta, preferiblemente según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende las etapas de recubrir un sustrato de carburo cementado, cermet, materiales de cerámica, acero o nitruro de boro cúbico con un recubrimiento con un grosor total de un máximo de 60 μm que consiste en una o más capas refractarias que comprenden una capa resistente al desgaste externa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ con un grosor de 2 a 45 μm depositada mediante deposición química en fase de vapor (CVD) a partir de una mezcla de gases de reacción que comprende H_2 , CO_2 , AlCl_3 , HCl y X, seleccionándose X de H_2S , SF_6 , SO_2 y combinaciones de los mismos, y comprendiendo además opcionalmente la mezcla de gases de reacción adiciones de N_2 , Ar , CO o combinaciones de los mismos,

caracterizado porque

10 el procedimiento de deposición de la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ comprende las etapas de cambiar periódicamente las condiciones de procedimiento para depositar $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ al menos 3 veces, seleccionándose las condiciones de procedimiento de aquellas que, cuando se aplican para depositar una única capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ con un grosor de al menos 4 μm , son útiles para depositar una capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ que tiene un coeficiente de textura $\text{TC}(h\ k\ l) > 3$, seleccionándose el coeficiente de textura de $\text{TC}(0\ 0\ 12)$, $\text{TC}(1\ 0\ 0)$, $\text{TC}(1\ 1\ 0)$, $\text{TC}(1\ 0\ 4)$ y $\text{TC}(0\ 1\ 2)$ y definiéndose de la siguiente manera:

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

en el que

$I(h\ k\ l)$ = intensidad medida de la reflexión (hkl)

$I_0(h\ k\ l)$ = intensidad de patrón de los datos de difracción de polvos de patrón según la tarjeta de JCPDF n.º 42-1468

20 n = número de reflexiones usadas en el cálculo, mediante lo cual las reflexiones (hkl) usadas son: (0 1 2), (1 0 4), (1 1 0), (1 1 3), (1 1 6), (3 0 0) y (0 0 12),

en el que un cambio de una condición de procedimiento a otra condición de procedimiento da como resultado un cambio de dirección de la dirección de crecimiento de límites de grano de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, en el que cada cambio de dirección de dos secciones vecinas del mismo límite de grano está a un ángulo de desde 15 hasta 165 grados, preferiblemente desde 30 hasta 150 grados, más preferiblemente desde 45 hasta 135 grados, observable en una microfotografía de SEM de una sección transversal de la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ para al menos 1 de cada 25 granos de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, preferiblemente al menos 5 de cada 25 granos de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, más preferiblemente al menos 15 de cada 25 granos de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$.

13. Método según la reivindicación 12, en el que el procedimiento de deposición de la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ comprende las etapas de cambiar periódicamente las condiciones de procedimiento para depositar $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ entre dos condiciones de procedimiento diferentes, seleccionándose la primera condición de procedimiento de una de las condiciones de procedimiento útiles para depositar una capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ que tiene un coeficiente de textura $\text{TC}(h\ k\ l) > 3$, seleccionándose el coeficiente de textura de $\text{TC}(0\ 0\ 12)$, $\text{TC}(1\ 0\ 0)$, $\text{TC}(1\ 1\ 0)$, $\text{TC}(1\ 0\ 4)$ y $\text{TC}(0\ 1\ 2)$, y seleccionándose la segunda condición de procedimiento de una de las condiciones de procedimiento útiles para depositar una capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ que tiene un coeficiente de textura $\text{TC}(h\ k\ l) > 3$, seleccionándose el coeficiente de textura de $\text{TC}(0\ 0\ 12)$, $\text{TC}(1\ 0\ 0)$, $\text{TC}(1\ 1\ 0)$, $\text{TC}(1\ 0\ 4)$ y $\text{TC}(0\ 1\ 2)$, preferiblemente la primera condición de procedimiento es una condición de procedimiento útil para depositar una capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ que tiene un coeficiente de textura $\text{TC}(0\ 0\ 12) > 3$, y la segunda condición de procedimiento es una condición de procedimiento útil para depositar una capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ que tiene un coeficiente de textura $\text{TC}(1\ 1\ 0) > 3$.

40 14. Método según cualquiera de las reivindicaciones 12 a 13, en el que el tiempo de deposición para cada condición de procedimiento de deposición está dentro del intervalo de 5 min a 180 min, preferiblemente dentro del intervalo de 10 min a 60 min, y/o durante el procedimiento de deposición de la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ las condiciones de procedimiento se cambian desde 3 hasta 100 veces, preferiblemente desde 4 hasta 80 veces, más preferiblemente desde 5 hasta 60 veces.

45

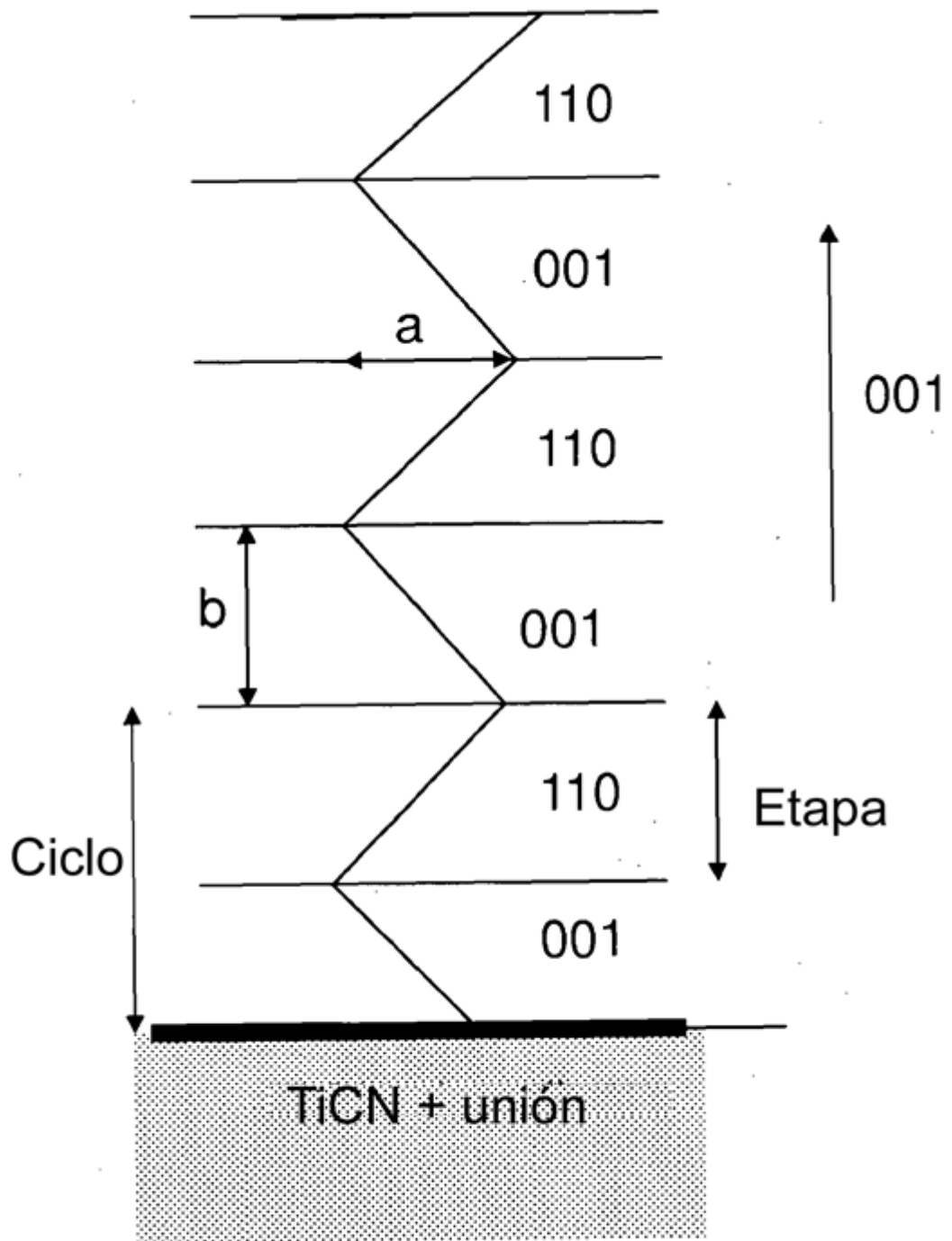


Figura 1

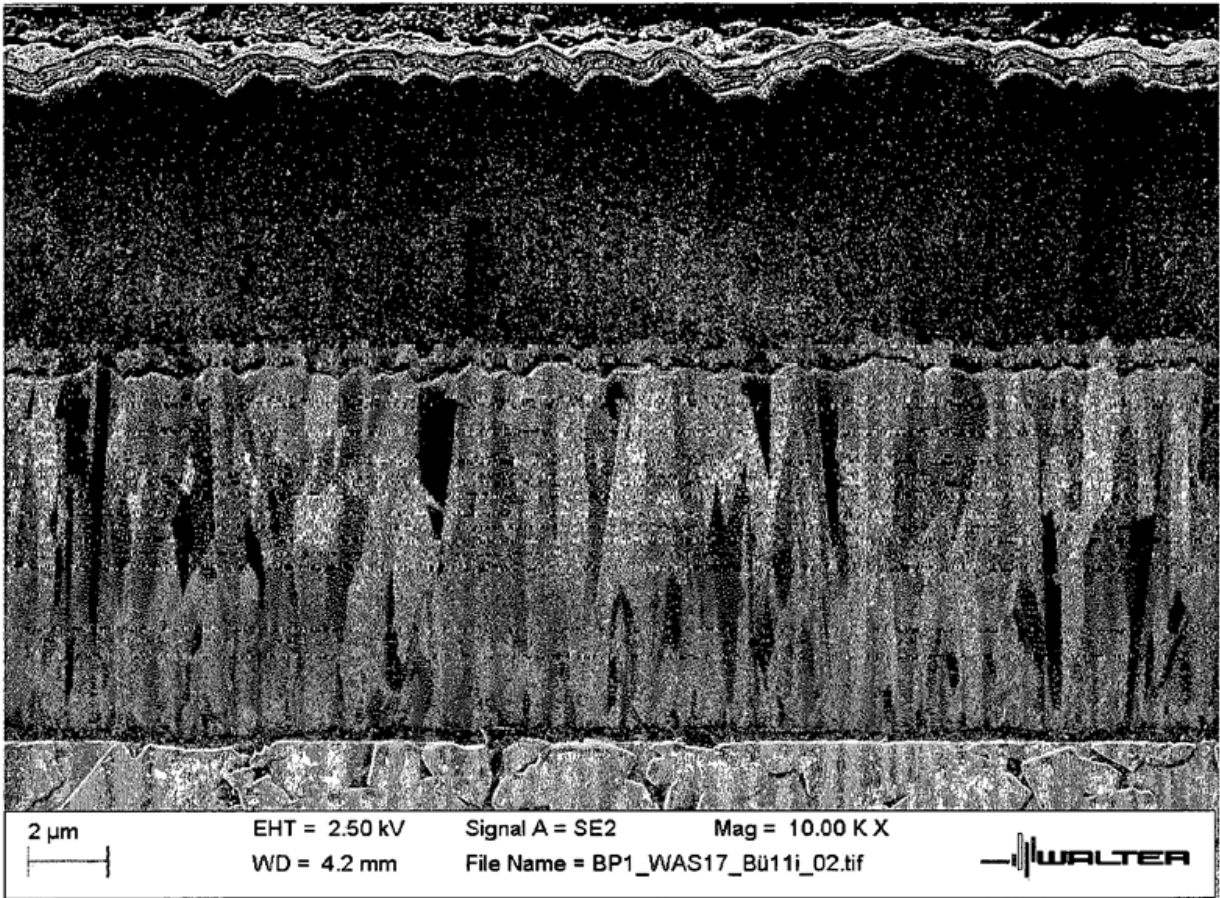


Figura 2

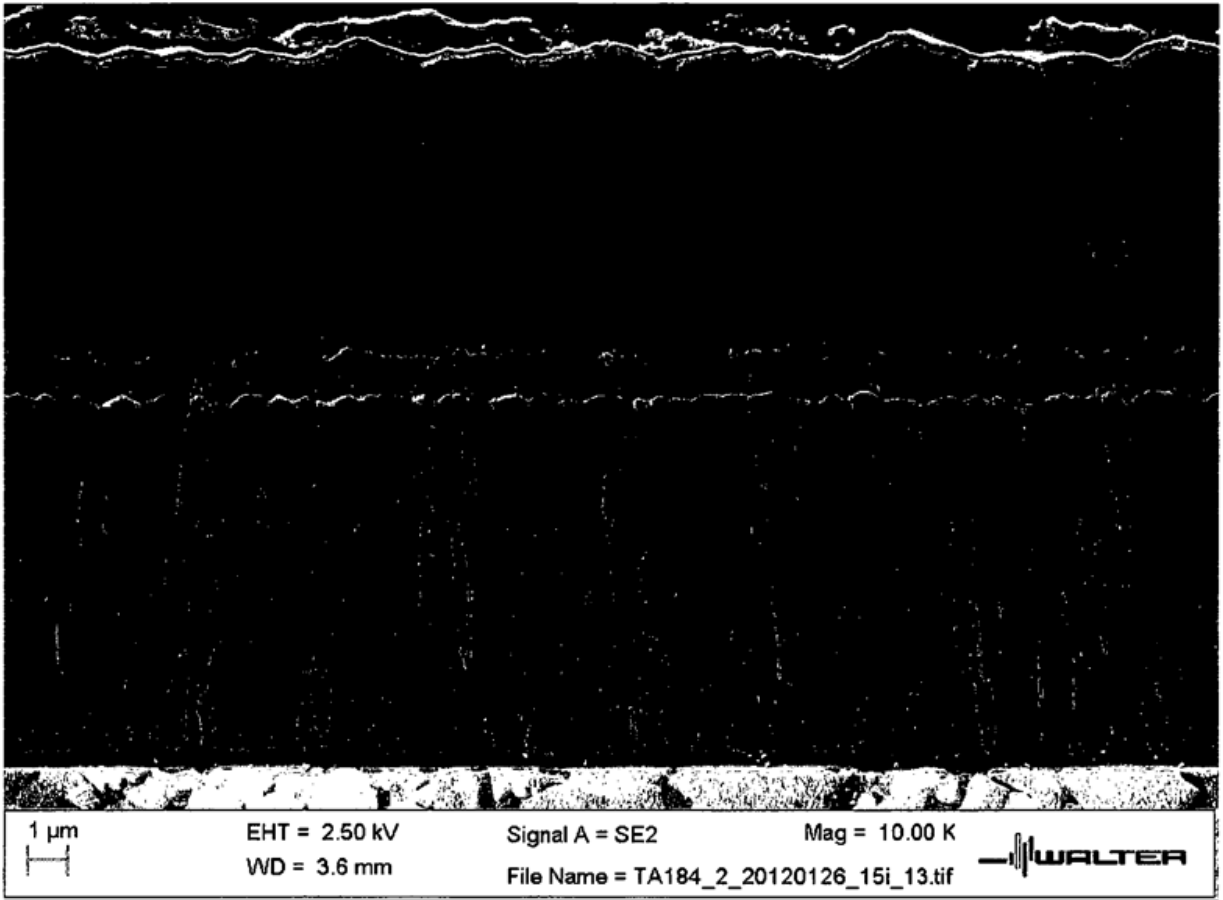


Figura 3

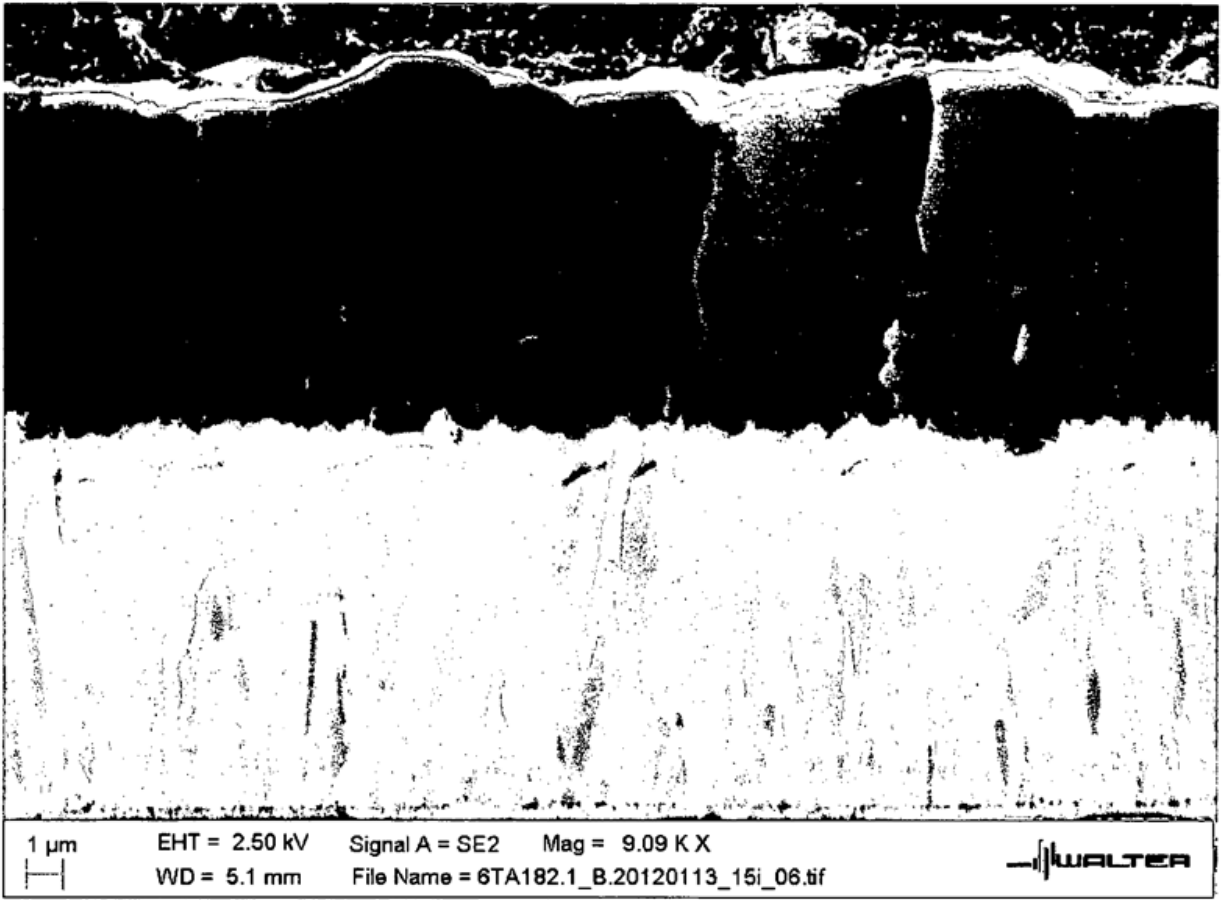


Figura 4

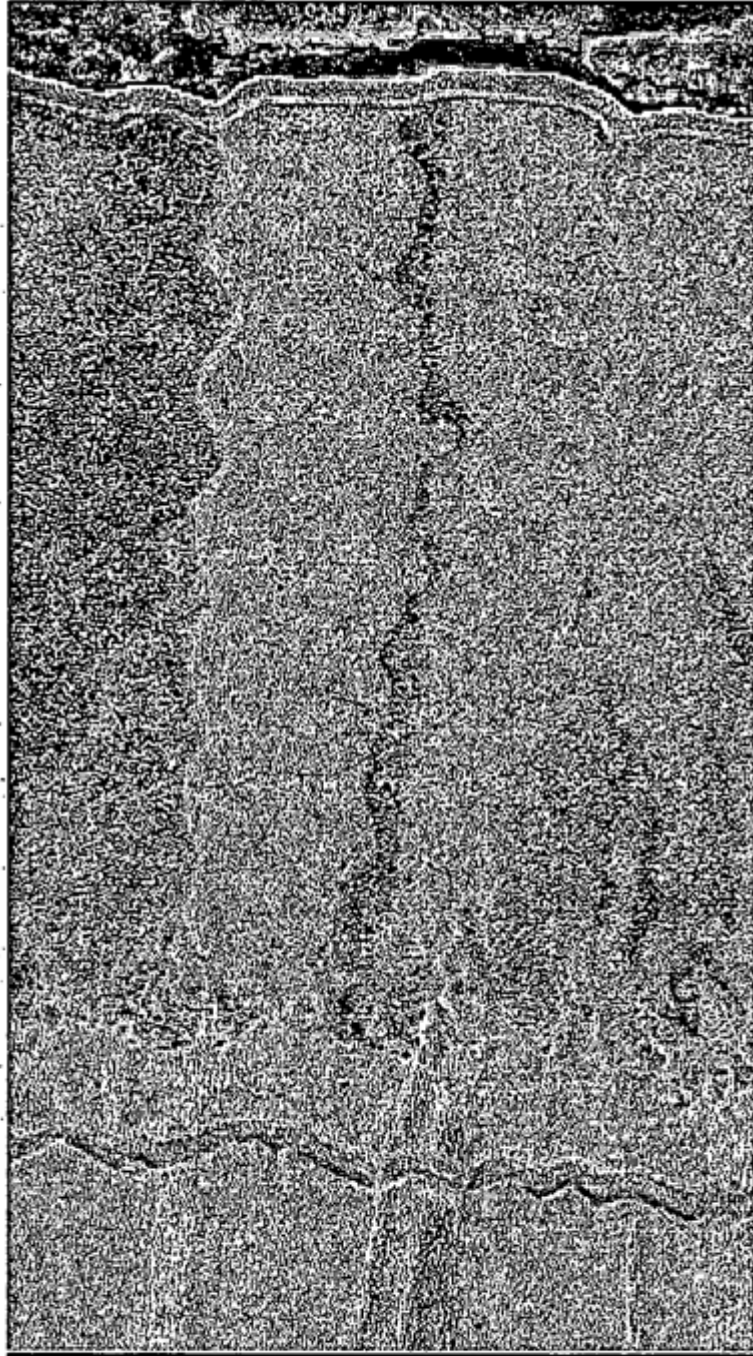


Figura 5

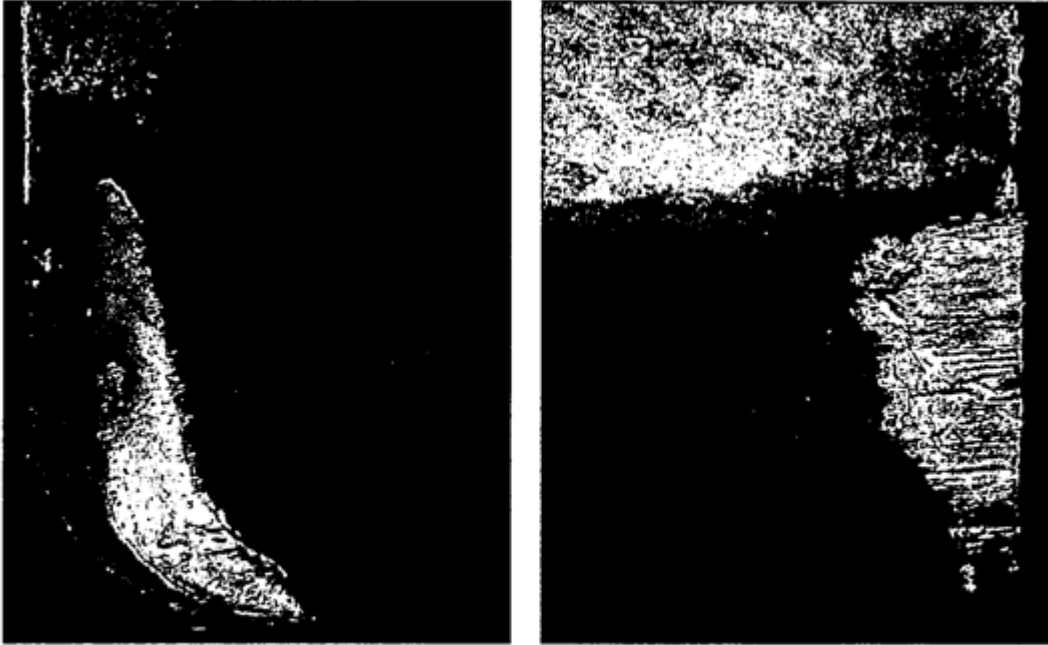


Figura 6

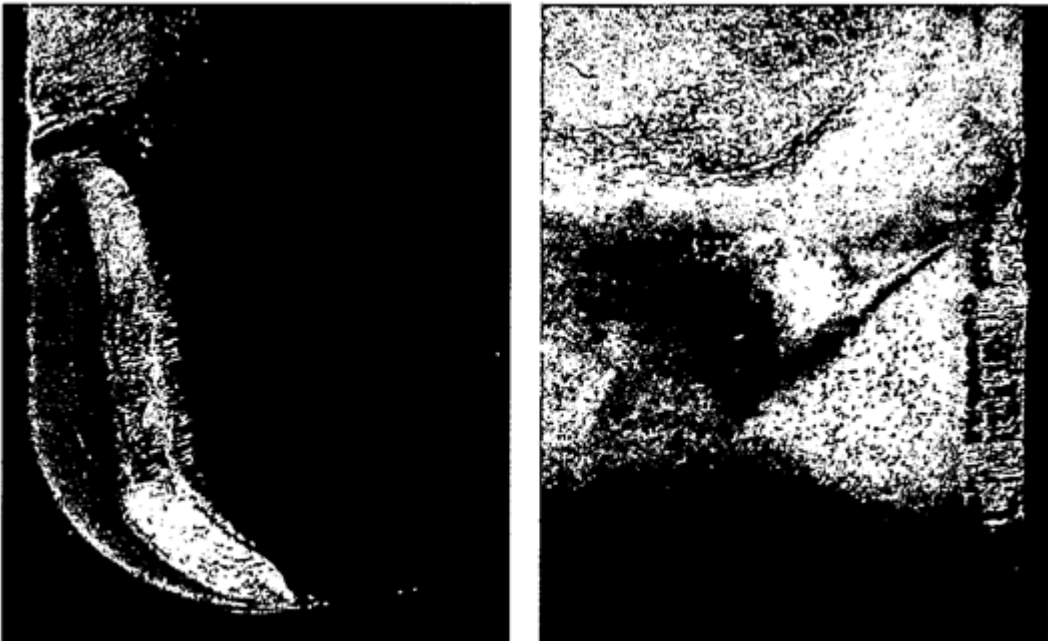


Figura 7