

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 672 002**

51 Int. Cl.:

**C23C 28/04** (2006.01)

**C23C 30/00** (2006.01)

**B23B 5/00** (2006.01)

**B23B 27/14** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.05.2008 PCT/EP2008/055455**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.11.2008 WO08138789**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.05.2008 E 08750021 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.04.2018 EP 2152936**

54 Título: **Herramienta de corte**

30 Prioridad:

**16.05.2007 US 749498**

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

**12.06.2018**

73 Titular/es:

**OERLIKON SURFACE SOLUTIONS AG,  
PFÄFFIKON (100.0%)  
Churerstrasse 120  
8808 Pfäffikon SZ, CH**

72 Inventor/es:

**QUINTO, DENNIS;  
WOHLRAB, CHRISTIAN y  
RAMM, JUERGEN**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 672 002 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

5 Campo técnico

La presente invención se refiere al campo de las herramientas de corte de bordes afilados recubiertas hechas de o que comprenden un cuerpo sinterizado que abarca al menos un material duro y un material aglutinante que se ha sinterizado bajo temperatura y presión para formar el cuerpo. Las herramientas de corte comprenden, por ejemplo, herramientas para fresar (herramientas de fresado), herramientas de torneado, insertos indexables, herramientas de corte de engranajes, fresas madre, herramientas de tipo de espiga, herramientas para roscar, herramientas de atornillar.

15 Antecedentes de la invención

Con la tecnología de sinterización anterior y actual de la pulvimetalurgia, se han utilizado herramientas de corte de carburo cementado tanto en condiciones sin recubrimiento como en condiciones de recubrimiento por CVD (deposición química en fase de vapor, CVD por sus siglas en inglés, chemical vapour deposition) y por PVD (deposición física en fase de vapor, PVD por sus siglas en inglés, physical vapour deposition). Los procesos de recubrimiento por CVD, incluidos los procesos de recubrimiento por MT-CVD (CVD a temperatura moderada o CVD a temperatura media) necesitan altas temperaturas, generalmente superiores a 950 °C para la HT-CVD (CVD a alta temperatura) o entre 800 °C y 900 °C para la MT-CVD, y una atmósfera de proceso químicamente agresiva. Esto tiene, entre otros, inconvenientes bien conocidos con referencia a la resistencia a la ruptura transversal (TRS, por sus siglas en inglés, transverse rupture strength) y a la baja resistencia de borde de las herramientas de corte, así como a las grietas térmicas inevitables del recubrimiento.

A continuación debe darse un examen más detenido de los inconvenientes de la HT-CVD con el recubrimiento de carburos cementados tomado como ejemplo:

30 a) Como se ha mencionado anteriormente, la reducción de la TRS del sustrato puede deberse al hecho de que el estado de la superficie antes del recubrimiento es una de las tensiones de compresión residuales inducidas por el proceso de rectificado correcto, que es beneficiosa; este estado se ve alterado por la alta temperatura que atenúa esta tensión de compresión residual beneficiosa. Por lo tanto, independientemente del recubrimiento, el recocido a alta temperatura tiene este efecto sobre el sustrato de carburo. Sin embargo, incluso si el sustrato no se rectifica adecuadamente, por ejemplo, si se somete a un "rectificado abusivo" que deja una tensión de tracción residual o incluso algunas grietas superficiales-el tratamiento a alta temperatura no tiene esencialmente ningún efecto beneficioso.

40 b) Una reducción adicional de la TRS de la herramienta recubierta se origina a partir de la presencia de grietas térmicas inducidas por la falta de coincidencia de la expansión térmica entre el recubrimiento y el sustrato tras el enfriamiento a partir de la alta temperatura de la CVD. Las grietas atraviesan el espesor del recubrimiento y, por lo tanto, pueden iniciar roturas por fatiga bajo ciertas condiciones de corte.

45 c) En el caso de los metales duros WC-Co, también se sabe que el cobalto se difunde hacia la superficie con temperaturas de aproximadamente 850 °C y superiores, lo que también está asociado con la descarburación y la formación de la fase eta durante el proceso de CVD. Dicha fase eta puede formarse, por ejemplo, por la descarburación de la región exterior del sustrato en la formación inicial de la primera capa de TiC CVD o de TiCN CVD, que es la capa subyacente habitual para una capa de recubrimiento CVD-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. La región de fase eta forma una capa fragmentada de alta porosidad, provocando nuevamente sitios de iniciación de microcraqueo así como tendencia a la delaminación del recubrimiento. Al menos este inconveniente de la HT-CVD se ha superado por la MT-CVD, por ejemplo aplicando una primera capa de TiCN a aproximadamente 850 °C, minimizando así la formación de fase eta del sustrato.

55 Por lo tanto, se han tomado diferentes medidas para disminuir tales efectos perjudiciales. La patente de Estados Unidos 4.610.931 sugiere utilizar cuerpos de carburo cementado que tengan un enriquecimiento de aglutinante cerca de la superficie periférica. En las patentes de Estados Unidos 5.266.388 y 5.250.367, se ha sugerido la aplicación de un recubrimiento por CVD en un estado de tensión de tracción residual seguido por un recubrimiento por PVD en un estado de tensión de compresión residual para las herramientas enriquecidas con aglutinante mencionadas.

60 A pesar del hecho de que los carburos cementados se han usado para ilustrar los inconvenientes de los procesos de recubrimiento por CVD anteriores, se conocen los mismos problemas o al menos similares de otros sustratos que tienen cuerpos sinterizados. Los cermets también tienen aglutinantes de Co, Ni (y otros metales como Mo, Al,...) y se someten a un proceso de sinterización similar a los carburos cementados. Los cermets basados en TiCN, por ejemplo hoy en día no están tan recubiertos por CVD ya que estos sustratos son más reactivos con la especie de gas de recubrimiento, causando una capa de reacción no deseada en la interfaz. Las herramientas de CBN

superduras utilizan técnicas de sinterización a alta presión a alta temperatura diferentes de las utilizadas para carburos y cermets. Sin embargo, también pueden tener aglutinantes metálicos tales como Co, Ni,... que tienden a reacciones a altas temperaturas durante los procesos de recubrimiento por CVD. Estos sustratos a veces están recubiertos con PVD con TiN, TiAlN, CrAlN u otros sistemas de recubrimiento principalmente para indicar el desgaste en los bordes cortantes. Sin embargo, tales recubrimientos solo pueden proporcionar una protección limitada frente a las altas temperaturas y al alto estrés oxidativo provocados por las altas velocidades de corte aplicadas con las máquinas de torneado de última generación, por ejemplo.

Los materiales de herramientas de cerámica basados en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  sólido,  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Tic}$ ; o  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Si}_3\text{N}_4$  (SiAlON) que incorporan fases vítreas como aglutinantes representan otro tipo de herramienta: herramientas que son eléctricamente aislantes y, por lo tanto, difíciles de recubrir también por PVD convencional. Estos materiales se someten a un proceso Sinter-HIP (HIP: prensado isostático en caliente), a diferencia de los carburos sinterizados a baja presión. Dichos insertos cerámicos nuevamente no están recubiertos por CVD porque la alta temperatura puede causar el reblandecimiento del sustrato de  $\text{Si}_3\text{N}_4$  o hacer que pierda algo de tenacidad a medida que la fase de aglutinante vítreo amorfo se vuelve cristalina. Sin embargo, los materiales no recubiertos pueden permitir la interacción durante el corte del metal entre sus fases de aglutinante y el material de la pieza de trabajo y, por lo tanto, son susceptibles al desgaste por formación de cráteres restringiendo el uso de tales herramientas a aplicaciones de nicho limitado.

Por lo tanto, los recubrimientos por PVD han reemplazado parcialmente o completamente a los recubrimientos por CVD para muchas operaciones con altas exigencias de tenacidad de la herramienta o con necesidades especiales de geometría. Ejemplos de tales herramientas son herramientas utilizadas para aplicaciones de corte interrumpido, como las herramientas de fresado o las herramientas de roscado de bordes particularmente afilado y las herramientas de aterrajear. Sin embargo, debido a la excelente resistividad termoquímica y a la excelente dureza en caliente, los recubrimientos-CVD oxidicos tales como, por ejemplo  $\text{Al}_2\text{O}_3$  en la estructura de cristal  $\alpha$  y/o  $\gamma$ , o las capas múltiples gruesas que comprenden tales recubrimientos, siguen siendo de uso generalizado especialmente para aplicaciones de torneado áspero-medio, tronzado y ranurado de todo tipo de materiales y casi exclusivamente con torneado de hierro fundido.

Como bien saben los expertos en la materia, todos los problemas mencionados anteriormente tienden a producirse y se centran en el borde cortante que se hace más agudo cuanto menor es el radio del borde cortante. Por lo tanto, para evitar el astillado o la rotura del borde con herramientas recubiertas por CVD, deben considerarse limitaciones geométricas adicionales para los bordes cortantes y las puntas de las herramientas, con bordes cortantes limitados a un radio mínimo de 40  $\mu\text{m}$  para carburos cementados, por ejemplo. Además, normalmente se usan otras medidas como aplicar un chaflán, una geometría en cascada, una geometría wiper o cualquier otra geometría especial al flanco de separación, a la cara de ataque o a ambas caras del borde cortante, pero añaden otra etapa de producción a menudo compleja para manejar la fabricación de sustratos de herramientas sinterizadas.

El documento JP 2006 192531 A divulga una herramienta de corte que comprende recubrimientos primero y segundo formados por una deposición física en fase de vapor.

#### Sumario de la invención

Por lo tanto, un objetivo de la invención es proporcionar un método para fabricar una herramienta de corte de bordes afilados recubierta por PVD de una sola capa o multicapa, que al mismo tiempo pueda exhibir un desgaste y una resistencia termoquímica satisfactorios así como resistencia al astillado del borde. Un objetivo adicional es proporcionar una herramienta de corte fabricada por el método propuesto. El método para fabricar una herramienta de corte comprende proporcionar un cuerpo sinterizado hecho de un carburo cementado, un CBN, un cermet o un material cerámico que tenga un borde cortante con un radio de borde  $R_e$  menor de 40  $\mu\text{m}$ , una cara de flanco y una cara de ataque, y depositar un recubrimiento de una sola capa o multicapa que consiste en un recubrimiento por PVD que comprende al menos una capa de PVD oxidica en al menos partes de la superficie del cuerpo sinterizado, depositada por evaporación de arco catódico.

En una realización, el radio de borde  $R_e$  es menor o igual a 30  $\mu\text{m}$ . Las partes cubiertas de la superficie comprenden al menos algunas partes del borde afilado del cuerpo sinterizado. Debe mencionarse que si después del afilado de la herramienta no hay ningún tratamiento posterior como esmerilado, embotamiento o similar, pueden fabricarse herramientas sinterizadas con un radio de borde  $R_e$  igual o incluso menor a 20  $\mu\text{m}$ . Además, estas herramientas pueden recubrirse de forma beneficiosa con recubrimientos de PVD oxidicos ya que no existe ninguna influencia nociva del proceso de recubrimiento, y no se produce un debilitamiento del borde cortante.

El recubrimiento está libre de grietas térmicas y no contiene halogenuros u otras contaminaciones derivadas de los gases de proceso de CVD. Adicionalmente, el recubrimiento o al menos la capa de PVD oxidica puede estar libre de elementos inertes como He, Ar, Kr y similares. Esto se efectúa por deposición por arco en vacío en una atmósfera de gas reactivo puro. Como ejemplo para un recubrimiento multicapa, puede iniciarse la deposición de una capa de adhesión y/o de una capa dura de protección contra el desgaste en una atmósfera de nitrógeno seguida por una etapa del proceso caracterizada por un flujo de oxígeno creciente para producir un gradiente hacia el recubrimiento

oxídico acompañado o seguido por una disminución o cierre del flujo de nitrógeno. La aplicación de un pequeño campo magnético vertical sobre un área superficial del arco catódico objetivo puede ser beneficiosa en el caso de superficies objetivo altamente aislantes formadas, por ejemplo por procesos de arco en atmósfera de oxígeno puro. En las solicitudes WO 2006-099758, WO 2006-099760, WO 2006-099754, así como en la CH 1166/03 que se incorporan aquí por referencia para ser parte de la divulgación real, pueden encontrarse instrucciones detalladas sobre cómo llevar a cabo dichos procesos de recubrimiento.

La capa oxídica preferentemente incorporará un óxido eléctricamente aislante que comprende al menos un elemento seleccionado del grupo de los metales de transición del grupo IV, V, VI del sistema periódico y Al, Si, Fe, Co, Ni, Y, La.  $(Al_{1-x}Cr_x)_2O_3$  y  $Al_2O_3$  son dos ejemplos importantes de tales materiales. La estructura cristalina de tales óxidos puede variar y puede comprender una red cúbica o hexagonal como una fase alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ), gamma ( $\gamma$ ), delta ( $\delta$ ) o una estructura de espinela. Por ejemplo, pueden aplicarse a la herramienta capas de óxido que comprenden películas de diferentes óxidos. A pesar del hecho de que los recubrimientos multicapa pueden comprender nitruros, carbonitruros, oxinitruros, boruros y similares de los elementos mencionados que tienen zonas de transferencia definidas o graduadas entre capas definidas de diferentes composiciones elementales o estequiométricas, debe mencionarse que la mejor protección contra altas temperaturas y/o alto estrés oxidativo solo puede garantizarse mediante un recubrimiento que comprende al menos una capa que consiste en óxidos esencialmente puros.

Formando una fase termodinámicamente estable, la estructura de tipo corindón que, por ejemplo, puede ser del tipo  $Al_2O_3$ ,  $(AlCr)_2O_3$ ,  $(AlV)_2O_3$  o más generalmente del tipo  $(Me_{1-x}Me_{2x})_2O_3$ , con  $0,2 \leq x \leq 0,98$  y Me1 y Me2 que son elementos diferentes del grupo Al, Cr, Fe, Li, Mg, Mn, Nb, Ti, Sb, V, será una realización preferida de la capa oxídica. En la solicitud CH 01614/06, que se incorpora aquí como referencia, pueden encontrarse instrucciones detalladas sobre cómo crear dichas estructuras de tipo corindón de una sola capa o de capas múltiples.

En una realización de la invención, el recubrimiento comprende una capa de adhesión situada directamente sobre la superficie del cuerpo, y/o al menos una capa dura de protección contra el desgaste situada entre el cuerpo y la capa oxídica o entre dos o más capas oxídicas consecutivas y/o sobre parte superior de las capas de recubrimiento. La capa de adhesión así como la capa de protección contra el desgaste comprenden preferentemente al menos un elemento del grupo de un metal de transición del grupo IV, V, VI del sistema periódico de los elementos y de Al, Si, Fe, Ni, Co, Y, La. Los compuestos de la capa de protección contra el desgaste comprenderán además N, C, O, B o una mezcla de los mismos, en los que se prefieren N, C y CN. Ejemplos de tales capas de protección contra el desgaste son TiN, TiC, CrN, CrC, TiAlN, CrAlN, TiCrAlN así como TiCN, CrCN, TiAlCN, CrAlCN, TiCrAlCN.

Los compuestos de la capa de adhesión pueden comprender N, C, O o una mezcla de los mismos, en los que se prefieren N y O. Ejemplos de tales capas de adhesión son TiN, CrN, TiAlN, CrAlN, TiCrAlN o TiON, CrON, TiAlON, CrAlON, TiCrAlON. El espesor de la capa de adhesión será preferentemente de entre 0,1 y 1,5  $\mu m$ . Si la capa de adhesión comprende una fina capa metálica situada directamente sobre la superficie del cuerpo, el espesor de la capa metálica debería ser de entre 10 y 200 nm para una unión herramienta-recubrimiento optimizada. Ejemplos de tales intercapas metálicas son Ti, Cr, TiAl o CrAl. El espesor total del recubrimiento será de entre 2 y 30  $\mu m$ , y debido a la economía del proceso de recubrimiento en la mayoría de los casos, más bien de entre 3 y 10  $\mu m$ . Sin embargo, debe mencionarse que, en principio, las herramientas pueden estar provistas con recubrimientos incluso más gruesos si existe la necesidad de algunas aplicaciones especiales que podrían ser el torneado a alta velocidad de hierro fundido, por ejemplo.

Otra realización de la invención puede abarcar una capa de protección contra el desgaste que comprende al menos una película segregada por composición que acoge una fase que tiene una concentración relativamente alta de un elemento específico que fomenta la segregación de fase de estructuras cristalinas como Si o B por ejemplo, y una fase que tiene una concentración relativamente baja de tal elemento específico. En una realización, la fase que tiene una concentración relativamente alta del elemento específico constituye una fase amorfa o microcristalina. Tales películas comprenderán preferentemente un nitruro o carbonitruro de una combinación de Cr y Si o de Ti y Si.

Todas las capas pueden depositarse de acuerdo con las necesidades reales con zonas de transición de capa a capa definidas o en gradiente que forman recubrimientos que muestran una estructura de capa discreta o de gradiente. El espesor de las capas puede elegirse desde varios micrómetros hasta unos pocos nanómetros si tales estructuras deberían ser preferibles para aplicaciones específicas.

Contrariamente a las herramientas de corte que comprenden capas de CVD oxídicas, tales herramientas recubiertas por PVD no necesitan sustratos enriquecidos con aglutinante para minimizar el efecto adverso del proceso de CVD sobre la TRS (resistencia a la ruptura transversal) del cuerpo sinterizado. Las bajas temperaturas del proceso con procesos de PVD y la posibilidad de aplicar recubrimientos o ciertas capas, en particular las capas de protección contra el desgaste mencionadas anteriormente, en un estado de tensión de compresión demostraron ser medidas útiles contra la propagación de grietas y el riesgo de astillado de bordes. Por lo tanto, ya no se utiliza para sustratos enriquecidos con aglutinante para la mayoría de las aplicaciones de corte reales, lo que es una simplificación evidente para la producción de herramientas de carburo.

Sin embargo, bajo ciertas condiciones de corte, podrían ser útiles incluso los grados del carburo enriquecido recubiertos por PVD, por ejemplo, si los parámetros de corte se extendieran de manera que se aplique una mayor fuerza de alimentación y se prefiera una TRS aún mayor.

5 Debido a la TRS potencial más alta de tales grados del metal duro recubiertos por PVD, para aplicaciones especiales de herramientas finas no solo pueden producirse herramientas de corte que tengan un radio de borde muy pequeño, sino también herramientas de corte que tengan un radio de nariz o ángulo de nariz más pequeño. Como ejemplo, en comparación con los insertos de carburo cementado convencionales que tienen radios de nariz comunes de mínimo 0,2 mm (0,008 pulgadas) a 2,4 mm (0,094 pulgadas), podrían recubrirse y ensayarse en las  
10 condiciones habituales de torneado fino sin signos de punta prematura incluso radios como 0,15, 0,10, 0,05 y 0,01 mm podrían recubrirse y probarse con torneado fino habitual condiciones sin signos de astillado prematuro de la punta.

15 Debido a las propiedades "geométricas" inherentes de los procesos de PVD, puede proporcionarse una característica de recubrimiento adicional a ciertos cuerpos sinterizados de geometría simple-como por ejemplo insertos-únicamente mediante el uso de sistemas de fijación definidos, exponiendo así ciertas áreas del cuerpo a un flujo "directo" de iones y/o neutros-en lo sucesivo denominado flujo de partículas-desde la fuente de arco o de pulverización, mientras que otras áreas están golpeadas esencialmente por arañado o incidente indirecto solamente. En este contexto, "directo" significa que una parte esencial o la mayoría de las partículas emitidas por la fuente de  
20 arco golpean la superficie en un ángulo de aproximadamente  $90 \pm 15^\circ$ . Por lo tanto, el crecimiento de la capa en tales áreas es más rápido que el crecimiento en áreas expuestas a un flujo de partículas sustancialmente "indirecto". Este efecto puede usarse para aplicar recubrimientos de espesor variable durante un proceso de recubrimiento por PVD; que es completamente diferente de los procesos de CVD que proporcionan un espesor de recubrimiento uniforme en cada superficie independientemente de los efectos geométricos debido al diferente sustrato/posición de la fuente.

25 Por ejemplo, utilizando un eje rotativo triple para fijar insertos cuadrados con centro perforado de 13x13x5 mm alternados con espaciadores de 8 mm, una relación del espesor de la cara de flanco ( $d_{Flank}$ ) y el espesor de la cara de ataque ( $d_{Rake}$ ) de aproximadamente  $2 \pm 0,5$  podría ajustarse para los insertos en toda la longitud del carrusel de sustrato de aproximadamente 500 mm en una unidad comercial de recubrimiento Oerlikon del tipo RCS, o de una  
30 longitud de aproximadamente 900 mm en una unidad de recubrimiento Oerlikon BAI 1200 disponible comercialmente. Las medidas de espesor se realizaron en el centro de la cara de flanco y, para la cara de ataque, en la línea de bisección que conecta dos narices opuestas del inserto a 2 mm de distancia de los bordes cortantes que definen el ángulo de punta de la nariz.

35 Dichos insertos tienen un cociente  $Q_{R/F} = d_{Rake}/d_{Flank} < 1$ , donde  $d_{Rake}$  es el espesor total del recubrimiento en la cara de ataque y  $d_{Flank}$  el espesor total del recubrimiento en la cara de flanco, son particularmente convenientes para las herramientas de fresado que, debido a la tensión de impacto durante las operaciones de fresado, se benefician de un mayor espesor de recubrimiento por PVD en la cara de flanco. Este efecto se intensifica mediante recubrimientos por PVD que tienen una alta tensión residual que puede controlarse mediante parámetros de proceso como  
40 polarización del sustrato, presión total y similares.

Contrariamente al fresado, la resistencia al desgaste de las operaciones de torneado se beneficia de un mayor espesor de recubrimiento en la cara de ataque debido al alto desgaste abrasivo y termoquímico causado por la viruta que pasa. Por lo tanto, en este caso, el cociente  $Q_{R/F}$  debe ser mayor que uno:  $Q_{R/F} = d_{Rake}/d_{Flank} > 1$ . En cuanto a  
45 los insertos, una distribución de recubrimiento de este tipo puede producirse mediante accesorios que expongan la fase de ataque al flujo directo de partículas de la fuente de arco o de pulverización. Por ejemplo, pueden usarse accesorios magnéticos giratorios dobles para exponer una cara de ataque de insertos de carburo cementado directamente a la fuente. Este accesorio magnético da como resultado una mejora adicional del espesor en el borde cortante, que puede verse influida por parámetros de proceso como la polarización del sustrato y puede utilizarse para mejorar el rendimiento de la herramienta. Para placas de corte no magnéticas, pueden usarse dispositivos de sujeción o de enganche según sea necesario. Además, para herramientas de torneado, un diseño de recubrimiento que comprende una capa de protección contra el desgaste hecha de TiN, TiC o TiCN, TiAlN o TiAlCN, AlCrN o AlCrCN situada entre el cuerpo y la capa oxidica ha demostrado ser particularmente eficaz.

55 Las herramientas de corte de acuerdo con la invención son aplicables a una gran variedad de diferentes materiales de piezas de trabajo como, por ejemplo, todos los tipos de metales, como metales no ferrosos, pero especialmente metales ferrosos, hierro fundido y similares. Las herramientas especiales para fresar o torner tales materiales pueden optimizarse como se ha mencionado anteriormente. Esto hace que los recubrimientos por PVD sean un serio competidor de los recubrimientos por CVD actualizados, incluso en campos de CVD intactos como las  
60 operaciones de torneado, especialmente el desbaste y el acabado a alta velocidad de aceros y hierros fundidos. En muchas aplicaciones de corte, las herramientas que tienen una capa oxidica como capa más externa del sistema de recubrimiento demostraron ser la mejor solución. Esto se refiere especialmente a las herramientas de corte de engranajes, fresas madre o diferentes tipos de herramientas de tipo de espiga, incluidas las herramientas de tipo de espiga indexable.

65

Los siguientes ejemplos-que están fuera del alcance de la invención reivindicada, ya que tienen radios de borde cortante mayores que los de la invención-pretenden demostrar los efectos beneficiosos de algunos aspectos de la invención con algunas herramientas y recubrimientos especiales y no pretenden en ningún caso limitar el alcance de la invención a tales ejemplos especiales. Debe mencionarse que se han realizado varios ensayos en comparación con aplicaciones bien conocidas en las que se sabe que las herramientas recubiertas por PVD superan a los recubrimientos por CVD durante un largo tiempo, como por ejemplo con aterrajado y taladrado en diferentes tipos de materiales metálicos, para el fresado en seco y en húmedo de materiales no ferrosos, así como para ciertas aplicaciones de fresado y torneado en acero o en superaleaciones. Para tal fresado de acero, se ha aplicado una velocidad baja o media de hasta 100 m/min, pero se han aplicado velocidades de avance altas desde 0,2 hasta 0,4 mm/diente. En la mayoría de los casos, las herramientas de acuerdo con la invención funcionan tan bien o incluso mejor que las herramientas recubiertas por PVD basadas en TiCN o TiAlN bien conocidas. Sin embargo, un enfoque de la invención fue sustituir los recubrimientos por CVD en aplicaciones de alto desgaste termoquímico y/o abrasivo como por ejemplo con el fresado de hierro, acero y materiales endurecidos a alta velocidad, así como con el torneado de acero, hierro, como por ejemplo hierro fundido, superaleaciones y materiales endurecidos.

Los recubrimientos por PVD de los siguientes ejemplos se han depositado mediante un proceso de arco catódico; la temperatura de deposición estuvo entre 500 °C con recubrimientos de TiCN comparativos y 550 °C para recubrimientos oxidicos. Para recubrimientos por PVD oxidicos, se ha pulsado la polarización del sustrato y se ha aplicado un pequeño campo magnético vertical que tiene un componente de campo vertical de 3 a 50 Gauss y un componente horizontal esencialmente más pequeño. Con los experimentos 25, 28, 35, 37 se ha superpuesto una señal de pulso adicional a la corriente CC de las fuentes de arco  $Al_{0,6}Cr_{0,4}(Al_{0,6}V_{0,4})$ . En el documento WO 2006-099758 y en los otros documentos mencionados anteriormente incorporados por referencia pueden encontrarse detalles de tales o de similares procesos de recubrimiento de óxido aplicables. El espesor de capa de las intercapas de TiN y TiCN entre el sustrato y una capa oxidica superior estaba entre 0,5 y 1,5  $\mu m$ .

Los recubrimientos por CVD comparativos se han depositado por MT-CVD y a temperaturas de deposición de 850 °C.

Ejemplo A) Fresado de acero aleado AISI 4140 (DIN 1.7225)

Herramienta: fresadora de cara indexable, un inserto z=1  
 Diámetro de herramienta: d=98 mm  
 Velocidad de corte:  $v_c=152$  m/min  
 Velocidad de alimentación:  $f_z=0,25$  mm/diente  
 Profundidad del corte:  $d_c=2,5$  mm  
 Proceso: fresado hacia abajo con refrigerante  
 Tipo de inserto: Kennametal SEHW 1204 AFTN, 12 % en peso de Co; bordes cortantes achaflanados para recubrimiento por PVD, achaflanados y esmerilados a un ligero radio de 40  $\mu m$  para el recubrimiento por CVD.

Tabla 1)

Ej. N°	Tipo	d [ $\mu m$ ]	Capas de recubrimiento			Vida útil de la herramienta [mm de corte]
1	MTCVD	5,0	-	TiCN	-	5,050±500
2	PVD	3,5	-	TiCN	-	4,300±50
3	PVD	3,5	-	TiAlN	-	4,550±80
4	PVD	4,0	-	AlCrN	-	4,600±100
5	PVD	4,5	TiN	(AlCr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	5,100±90
6	PVD	5,0	TiN	TiCN	(AlCr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,300±120

Ejemplo B) Fresado de acero aleado AISI 4140 (DIN 1.7225)

Herramienta: fresadora de cara indexable, un inserto z=1  
 Diámetro de herramienta: d=98 mm  
 Velocidad de corte:  $v_c=213$  m/min  
 Velocidad de alimentación:  $f_z=0,18$  mm/diente  
 Profundidad del corte:  $d_c=2,5$  mm  
 Proceso: fresado hacia abajo sin refrigerante  
 Tipo de inserto: Kennametal SEHW 1204 AFTN, 12 % en peso de Co; Preparación del borde ver ejemplo A

Tabla 2)

Ej. N°	Tipo	d [ $\mu m$ ]	Capas de recubrimiento			Vida útil de la herramienta [mm de corte]
7	MTCVD	5,0	-	TiCN	-	9,300±800
8	PVD	3,5	-	TiCN	-	8,000±150
9	PVD	4,5	TiN	(AlCr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	10,100±90

## ES 2 672 002 T3

Ej. N°	Tipo	d [ $\mu\text{m}$ ]	Capas de recubrimiento			Vida útil de la herramienta [mm de corte]
10	PVD	5,0	TiN	TiCN	(AlCr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,300±100
11	PVD	3,5	TiN	(AlV) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	8,900±50
12	PVD	4,0	TiN	TiCN	(AlV) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,400±80

### Ejemplo C) Fresado de acero aleado AISI 4140 (DIN 1.7225)

5	Herramienta:	fresadora de cara indexable, un inserto z=1
	Diámetro de herramienta:	d=98 mm
	Velocidad de corte:	v <sub>c</sub> =260 m/min
	Velocidad de alimentación:	f <sub>z</sub> =0,20 mm/diente
	Profundidad del corte:	d <sub>c</sub> =3,125 mm
10	Proceso:	fresado hacia abajo
	Tipo de inserto:	Kennametal SEHW 1204 AFTN, Ej. 13, 15, 17, 19 Co al 6,0 % en peso con grado de carburo enriquecido, 10,4 % en peso de carburos cúbicos Ej. 14, 16, 18, 20 Co al 6,0 % en peso con grado de carburo no enriquecido, 10,4 % en peso de carburos cúbicos. Preparación del borde ver ejemplo A

15

Tabla 3)

Ej. N°	Tipo	d [ $\mu\text{m}$ ]	Capas de recubrimiento			Vida útil de la herramienta [minutos]
13	MTCVD	8,0	TiN	TiCN	TiN	12,1±2,0
14	MTCVD	8,0	TiN	TiCN	TiN	6,0±4,0
15	PVD	4,0	-	TiN	-	6,2±2,0
16	PVD	4,0	-	TiN	-	5,5±2,0
17	PVD	4,5	TiN	(AlCr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	13,3±1,5
18	PVD	5,0	TiN	(AlCr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	12,1±2,0
19	PVD	3,5	TiN	TiCN	(AlV) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,6±2,0
20	PVD	4,0	TiN	TiCN	(AlV) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,8±3,0

20 En el Ejemplo C, el experimento 14 muestra claramente la influencia perjudicial del proceso de CVD sobre los grados de carburo no enriquecido, que se debe a los efectos de proceso mencionados. Por otro lado, la influencia beneficiosa de una zona de superficie enriquecida en Co muestra solo efectos limitados con los recubrimientos de PVD. La ventaja de los recubrimientos de PVD que comprenden una capa oxidica es obviamente como es con los ejemplos A y B.

### Ejemplo D) Torneado de acero inoxidable AISI 430F (DIN 1.4104)

25	Velocidad de corte:	v <sub>c</sub> =200 m/min
	Velocidad de alimentación:	f <sub>z</sub> =0,20 mm/diente
	Profundidad del corte:	d <sub>c</sub> =1,0 mm
30	Proceso:	torneado continuo del diámetro externo
	Tipo de inserto:	Grado cermet, ISO VNMG 160408All, bordes cortantes afilados para recubrimiento de PVD, achaflanados y esmerilados a un ligero radio de 60 $\mu\text{m}$ antes del recubrimiento por CVD.

Tabla 4)

Ej. N°	Tipo	d [ $\mu\text{m}$ ]	Capas de recubrimiento			Vida útil de la herramienta [piezas por borde]
22	MTCVD	8,0	-	TiCN	-	350±55
22	PVD	5,0	-	Estaño	-	275±10
23	PVD	4,5	-	(AlCr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	340±15
24	PVD	6,0	TiN	(AlCr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	420±25
25	PVD	6,5	TiN	TiCN	(AlCr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	450±30
26	PVD	5,5	-	(AlV) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	360±20
27	PVD	7,0	TiN	(AlV) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	385±20
28	PVD	7,5	Estaño	TiCN	(AlV) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	410±135
29	PVD	3,0	-	(AlZr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	335±20
30	PVD	5,5	TiN	(AlZr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	380±30
31	PVD	6,0	TiN	TiCN	(AlZr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	380±25

35

Además de la influencia del tipo de recubrimiento y del material, puede observarse una clara influencia beneficiosa del espesor de capa con recubrimientos por PVD oxidicos. Sin embargo, incluso la mayoría de los recubrimientos finos por PVD oxidicos muestran un mejor rendimiento que el recubrimiento grueso MT-CVD del experimento 22.

## ES 2 672 002 T3

### Ejemplo E) Torneado de hierro fundido gris

- 5 Velocidad de corte:  $v_c=550$  m/min  
 Velocidad de alimentación:  $f_z=0,65$  mm/diente  
 Profundidad del corte:  $d_c=5,0$  mm  
 Proceso: torneado continuo del diámetro externo  
 Tipo de inserto: Cerámica,  $Al_2O_3$ -TiC 20 %, ISO RNGN 120400T, bordes cortantes afilados para recubrimiento por PVD, achaflanados y esmerilados a un ligero radio de 50  $\mu$ m antes del recubrimiento por CVD.

10

Tabla 5)

Ej. N°	Tipo	d [ $\mu$ m]	Capas de recubrimiento			Vida útil de la herramienta [piezas por borde]
32	MTCVD	8,0	TiCN	$Al_2O_3$	-	23 $\pm$ 5
33	PVD	3,5	-	TiCN	-	8 $\pm$ 1
34	PVD	6,0	TiN	$(AlCr)_2O_3$	-	30 $\pm$ 2
35	PVD	6,5	TiN	TiCN	$(AlCr)_2O_3$	34 $\pm$ 3
36	PVD	7,0	TiN	$(AlV)_2O_3$	-	32 $\pm$ 3
37	PVD	7,5	TiN	TiCN	$(AlV)_2O_3$	36 $\pm$ 3

### Ejemplo F) Torneado de acero para forja \_AISI 4137H (DIN 1.7225)

- 15 Velocidad de corte:  $v_c=100$  m/min  
 Velocidad de alimentación:  $f_z=0,8$  mm/diente  
 Profundidad del corte:  $d_c=5-15$  mm  
 Proceso: torneado continuo del diámetro externo  
 Tipo de inserto: Carburo cementado, 6 % no enriquecido, ISO TNMG 330924.
- 20 Bordes cortantes afilados para recubrimiento por PVD, achaflanados y esmerilados a un ligero radio de 50  $\mu$ m antes del recubrimiento por CVD.

Tabla 6)

Ej. N°	Tipo	d [ $\mu$ m]	Capas de recubrimiento			Vida útil de la herramienta [piezas por borde]
32	CVD	8,0	TiC	TiCN	TiN	7 $\pm$ 2
33	PVD	3,5	-	TiCN	-	3 $\pm$ 1
34	PVD	6,0	TiN	$(AlCr)_2O_3$	-	14 $\pm$ 1
35	PVD	6,5	TiN	TiCN	$(AlCr)_2O_3$	15 $\pm$ 2
36	PVD	7,0	TiN	$(AlV)_2O_3$	-	14 $\pm$ 2
37	PVD	7,5	TiN	TiCN	$(AlV)_2O_3$	16 $\pm$ 3

- 25 Los ejemplos A a F podrían demostrar que los recubrimientos oxidicos pueden aplicarse beneficiosamente en herramientas de bordes afilados mediante procesos de recubrimiento por PVD. Es deseable un borde afilado porque reduce las fuerzas de corte, reduce las temperaturas de la punta de la herramienta hasta un acabado más fino de la superficie de la pieza de trabajo y mejora la vida útil de la herramienta.

## REIVINDICACIONES

1. Un método para fabricar una herramienta de corte, comprendiendo dicho método:
- 5           - proporcionar un cuerpo sinterizado de carburo cementado, CBN, cermet o cerámica que tiene un borde cortante con un radio de borde  $R_e$  inferior a  $40\ \mu\text{m}$ , un cara de flanco y una cara de ataque, y  
           - depositar un recubrimiento de PVD de una sola capa o multicapa sobre al menos algunas partes del borde cortante y que comprende al menos una capa oxidica aplicada por deposición por arco en vacío.
- 10       2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que el radio del borde  $R_e$  es menor o igual a  $30\ \mu\text{m}$ .
3. El método de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que la capa oxidica comprende una estructura cristalina cúbica o hexagonal.
- 15       4. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que la capa oxidica comprende un compuesto  $(\text{Al}_{1-x}\text{Cr}_x)_2\text{O}_3$ .
5. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que la capa oxidica comprende una estructura de tipo corindón.
- 20       6. El método de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado por que la estructura de tipo corindón es corindón o un óxido múltiple que tiene la siguiente composición:
- 25            $(\text{Me}_1_{1-x}\text{Me}_2_x)_2\text{O}_3$ , con  $0,2 \leq x \leq 0,98$ ,  
           donde  $\text{Me}_1$  y  $\text{Me}_2$  son elementos diferentes del grupo Al, Cr, Fe, Li, Mg, Mn, Nb, Ti, Sb, V.
7. El método de acuerdo con la reivindicación 5 o la reivindicación 6, caracterizado por que la estructura de tipo corindón es  $(\text{AlCr})_2\text{O}_3$  o  $(\text{AlV})_2\text{O}_3$ .
- 30       8. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que el recubrimiento por PVD es multicapa.
9. El método de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizado por que la capa oxidica comprende películas de diferentes óxidos.
- 35       10. El método de acuerdo con la reivindicación 9, caracterizado por que el recubrimiento por PVD comprende
- 40           - una capa de adhesión situada directamente sobre la superficie del cuerpo sinterizado y/o  
           - al menos una capa dura de protección contra el desgaste situada entre el cuerpo sinterizado y la capa oxidica, o entre dos o más capas oxidicas consecutivas y/o es la más externa de las capas de recubrimiento por PVD,
- en el que la capa de adhesión y la capa dura de protección, respectivamente, comprenden preferentemente al menos un elemento del grupo de un metal de transición del grupo IV, V, VI del sistema periódico de los elementos y
- 45           de Al, Si, Fe, Ni, Co, Y, La.
11. El método de acuerdo con la reivindicación 10, caracterizado por que dicho al menos un elemento de la capa de protección contra el desgaste está comprendido en un compuesto junto con N, C, O, B o con una mezcla de los mismos, en el que se prefieren N, C y CN.
- 50       12. El método de acuerdo con la reivindicación 10 u 11, caracterizado por que al menos una capa de protección contra el desgaste comprende al menos una película segregada por composición.
13. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones 10 a 12, caracterizado por que dicho al menos un elemento de la capa de adhesión está comprendido en un compuesto junto con N, C, O o con una mezcla de los mismos, en el que se prefieren N y O.
- 55       14. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones 10 a 13, caracterizado por que la capa de adhesión tiene un espesor de  $0,1$  a  $1,5\ \mu\text{m}$ .
- 60       15. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones 10 a 14, caracterizado por que la capa de adhesión comprende una fina capa metálica situada directamente sobre la superficie del cuerpo sinterizado.
- 65       16. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 15, caracterizado por que el espesor total del recubrimiento es de  $2$  a  $30\ \mu\text{m}$ , preferentemente de  $3$  a  $10\ \mu\text{m}$ .

17. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 16, caracterizado por que el espesor del recubrimiento de la cara de flanco es diferente del espesor del recubrimiento de la cara de ataque.

5 18. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones 10 a 15, caracterizado por que la herramienta es una herramienta de corte de engranajes o una fresa madre o una herramienta de tipo de espiga, que tiene la capa oxídica como la capa más externa del sistema de recubrimiento.

10 19. El método de acuerdo con la reivindicación 18, caracterizado por que la capa de protección contra el desgaste es una capa de tipo TiN, TiC o TiCN, TiAlN o TiAlCN, AlCrN o AlCrCN, y está situada entre el cuerpo sinterizado y la capa oxídica.