

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 706 981**

51 Int. Cl.:

<b>C23C 14/06</b>	(2006.01)
<b>C23C 14/00</b>	(2006.01)
<b>C23C 30/00</b>	(2006.01)
<b>C23C 14/02</b>	(2006.01)
<b>C23C 14/58</b>	(2006.01)
<b>C23C 14/32</b>	(2006.01)
<b>C23C 28/04</b>	(2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.03.2004 PCT/CH2004/000180**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **15.07.2004 WO04059030**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.03.2004 E 04722780 (6)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.10.2018 EP 1627094**

54 Título: **Pieza de trabajo que comprende una capa de material duro que contiene AlCr**

30 Prioridad:

**28.04.2003 US 465995 P**  
**17.10.2003 US 512590 P**  
**13.11.2003 WO PCT/CH03/00746**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**02.04.2019**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**DERFLINGER, VOLKER;**  
**REITER, ANDREAS y**  
**GEY, CHRISTOPH**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 706 981 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

Pieza de trabajo que comprende una capa de material duro que contiene AlCr

- 5 El campo técnico al que se refiere la invención son las piezas de trabajo revestidas con un sistema de capas que consiste en al menos una capa de la composición  $(Al_yCr_{1-y})X$  de acuerdo con la reivindicación 1 y 2.

En particular, la invención comprende:

- 10 - piezas de trabajo revestidas con material duro, con una capa o una secuencia de varias capas de nitruro de cromo o carbonitruro de aluminio.  
 - herramientas, en particular herramientas de corte y estampación (taladros, fresas, plaquitas de corte, avellanadores, formadores de rosca, fresas en espiral, punzones, troqueles, punzones de dibujo, etc.) y la aplicación de estas herramientas con capas de nitruro de cromo o carbonitruro de aluminio.  
 15 - componentes, en particular componentes del campo de la ingeniería mecánica como, por ejemplo, engranajes, bombas, taqués, anillos de pistón, agujas de inyectores, juegos completos de cojinetes o los elementos y aplicaciones individuales de dichos componentes con capas de AlCrN o AlCrCN.

- 20 Se conocen varias capas de AlCrN del estado de la técnica anterior. Asimismo, el documento JP 09-041127 describe una capa dura resistente al desgaste de la siguiente composición:  $(Al_{1-y}X_y)Z$ , donde  $X = Cr, V$  o  $Mg, Z = N, C, B, CN, BN$  o  $CBN$  y  $0 < Y \leq 0,3$ . Esta capa fue utilizada de manera ventajosa para el aumento de la vida útil de las plaquitas de corte.

- 25 Masahiro y col. mencionan en su publicación científica "Microhardness y lattice parameter of  $Cr_{1-x}Al_xN$  films" en la revista "J. Vac. Sci. Technol.", volumen 20, número 2, marzo de 2012 (2002-03), páginas 569 - 571, que el  $Cr_{1-x}Al_xN$  es uno de los nitruros más prometedores para capas de herramientas de corte y moldes metálicos.

- 30 D. Schulz y R. Wilberg describen en "Multicomponent hard thin films...", Thin films (Proc. 4th int. Sympos. Trends & New Applications of Thin Films 1993) DGM Info.gesellschaft Oberursel, 1993, página 73, un revestimiento de CrAlN, que en el caso de un ensayo de perforación consigue el doble de vida útil que una broca revestida de TiAlN. La deposición de la capa se llevó a cabo mediante un proceso de cátodo hueco, pero debido a un proceso de evaporación discontinua, provoca una fuerte variación de la distribución de cromo / aluminio en la capa de (CrAl)N.

- 35 M. Kawate y col. menciona en "Oxidation resistance of  $Cr_{1-x}Al_xN$  &  $Ti_{1-x}Al_xN$  films", Surf. & Coat. Tech., volumen 165, 2, (2003), páginas 163-167" una capa de  $Cr_{1-x}Al_xN$  que, con un alto contenido de Al y una estructura de wurtzita, presenta una resistencia a la oxidación mejorada con respecto a las capas de TiAlN convencionales.

- 40 E. Lugscheider, K. Bobzin, K. Lackner comparan en "Investigations of Mechanical & Tribol Properties of CrAlN + C Thin Coatings Deposited on Cutting Tools" capas compuestas de CrAlN y capas de CrAlN provistas de una capa superficial adicional mucho más dura que contiene carbono. Todas las capas presentan un coeficiente de fricción que aumenta rápidamente a valores elevados.

- 45 El objeto técnico principal de la presente invención es proporcionar piezas de trabajo revestidas de  $(Al_yCr_{1-y})X$ , tales como, por ejemplo, herramientas de corte, herramientas de mecanización, herramientas de corte y moldeo o componentes para la fabricación de máquinas y moldes y al mismo tiempo, evitar las desventajas del estado de la técnica.

- 50 Esto comprende, por ejemplo, piezas que al menos con respecto a la relación de Al / Cr tienen una composición de capa uniforme, ajustable y modificable y que al menos en ciertas aplicaciones, presentan una mayor resistencia al desgaste que las piezas de trabajo de capas provistas conocidas hasta la fecha.

- 55 Con el fin de investigar la resistencia al desgaste de las capas de  $(Al_yCr_{1-y})N$  o  $(Al_yCr_{1-y})CN$  en diferentes herramientas, se separaron en diferentes piezas de trabajo en una planta de revestimiento industrial del tipo RCS de la empresa Balzers, tal como también se describe, por ejemplo, en el documento EP 1186681 en las Figs. 3 a 6, de la descripción de la página 12, línea 26 a la página 14, línea 9, capas de Cr con diferente contenido en aluminio. Dicho documento se describe detalladamente en la presente memoria como parte integral de esta solicitud. Para ello, las piezas de trabajo depuradas se fijaron en función del diámetro en un soporte de sustrato giratorio doble o para diámetros de menos de 50 mm en soportes de sustrato giratorio triple y se instalaron dos blancos fabricados en titanio y cuatro blancos pulvimetalúrgicos a partir de diferentes aleaciones de AlCr en seis de las fuentes de arco catódico montadas en las paredes de la planta de revestimiento.
- 60

- Posteriormente, las piezas de trabajo se sometieron a una temperatura de aproximadamente 500 °C a través del sistema de calentadores radiantes montado en la planta y la superficie se sometió mediante la aplicación de una tensión de polarización de -100 a -200 V en atmósfera de Ar a una presión de 0,2 Pa, a una limpieza de corrosión por iones de Ar.
- 65

A continuación, a través del funcionamiento de las dos fuentes de Ti con una potencia de 3,5 kW (140 A), en atmósfera de nitrógeno puro, a una presión de 3 Pa y a una tensión de sustrato de -50 V se separó durante un período de 5 minutos, una capa adhesiva de TiN de aproximadamente 0,2 mm de espesor, y seguidamente, mediante el funcionamiento de las cuatro fuentes de AlCr con una potencia de 3 kW durante 120 minutos, se separó una capa de AlCrN. Para lograr una transición de capa optimizada, las fuentes fueron operadas en conjunto durante un periodo de 2 minutos. Luego, se separó una capa nitrídica a base de AlCr en atmósfera de nitrógeno puro, también a una presión de 3 Pa y con una tensión de sustrato de -50 V. En principio, la presión del proceso en cada una de estas etapas se puede establecer en un rango de 0,5 a aproximadamente 8 Pa, preferentemente entre 2,5 y 5 Pa, en donde se puede utilizar una atmósfera de nitrógeno puro o una mezcla de nitrógeno y un gas noble como, por ejemplo, argón para capas nitrídicas o una mezcla de nitrógeno y un gas con contenido de carbono que, según sea necesario, se puede utilizar para capas carbonitrídicas. Por consiguiente, como se conoce, para la deposición de capas que contienen oxígeno o boro, puede mezclarse el oxígeno o un gas que contenga boro.

En la tabla 1, se mencionan las propiedades de la capa, así como la estructura cristalina de la capa, el espesor de la capa, la dureza de la capa, la resistencia al desgaste y la adherencia de las capas de AlCrN, en función de la composición química y la estructura cristalina, así como la composición de los blancos utilizados. En la tabla 2, se resumen parámetros del proceso tales como la potencia del blanco, la tensión inicial del sustrato y la presión y la temperatura del proceso.

En la Tabla 3, se proporciona una serie de mediciones en las que las capas de AlCrN que utilizan blancos con una relación de Al / Cr igual a 3, se han separado bajo la aplicación de diferentes tensiones de sustrato. En este caso, se determinó la resistencia al desgaste con un probador de desgaste de precisión del Instituto Fraunhofer IST / Braunschweig, en donde se aplicó uno de los procedimientos de rectificado de casquetes modificado a partir de la norma DIN EN 1071-2 para determinar el índice de desgaste. Los detalles sobre el procedimiento se pueden encontrar en Michler, Surf. & Coat. Tech., volumen 163 - 164 (2003), página 547, columna 1 y la Fig. 1. El documento mencionado se describe en la presente memoria como parte integral de esta solicitud.

La invención se explicará ahora con más detalle a continuación, por ejemplo, con referencia a las figuras, en donde:

La Fig. 1 muestra espectros XRD de una AlCrN con estructura B1 y B4.

La Fig. 2 muestra espectros XRD de capas de AlCrN en función de la composición química Al / Cr: A = 75/25, C = 50/50, D = 25/75

Como se puede ver en la tabla 1 y en la figura 1 y como se conoce de Kawate, "Microhardness and lattice parameter of Cr<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>N films" J. Vac. Sci. Technol. A 20 (2), marzo / abril de 2002; páginas 569 - 571, pudo determinarse para concentraciones de Al con una proporción de más del 70 % en contenido de metal en la capa, una estructura de capa hexagonal (B4) y para concentraciones más bajas de Al, se pudo determinar una estructura de capa cúbica (B1). Para capas hexagonales, pudieron medirse valores HV de aproximadamente 2100 HV<sub>0,03</sub>, para estructuras de capa cúbica, sin embargo, se midieron valores de HV más altos de aproximadamente 2800 - 3100 HV<sub>0,03</sub> (véase la tabla 1). A mayores contenidos de Cr (muestra D), se determinó una dureza de aproximadamente 2300 HV<sub>0,03</sub>. En esta composición hay una red cristalina de CrN como en la Fig. 2D, a diferencia de la red cristalina de AlN de las capas con alto contenido de aluminio ilustradas en la Fig. 2A.

Posteriormente, se determinó la vida útil de las brocas de HSS de 6 mm revestidas de AlCrN en un material de acero DIN 1.2080 con una dureza de 230 HB, con un avance de 0,12 mm y una velocidad de corte de 35 m / min de acuerdo con el ejemplo 1 mencionado. En este caso, se demostró que, en contraste con el rango de AlyCr<sub>1-y</sub>N 1 < y ≤ 0,7 descrito como particularmente favorable en el documento JP 09-041127, resulta ventajoso un contenido de cromo superior a 0,3. En el caso de contenidos de Cr mayores o iguales a 0,8, la capacidad de rendimiento disminuye nuevamente debido a la presencia de redes cristalinas de CrN para este campo de aplicación. El aumento de la vida útil de las capas de AlCrN cúbicas con respecto a las hexagonales fue del 235 % en este ensayo.

Para las capas en una región de transición con un contenido de Al de entre el 60 % y el 75 %, no solo se pueden establecer las preferencias, sino también la estructura básica de la red cristalina en los parámetros del proceso. De este modo, al igual que, por ejemplo, en el ensayo B (tabla 2), se genera una estructura hexagonal a una presión baja de 1 Pa y bajo una tensión de sustrato de -50 V, mientras que en un rango de presión de 3 Pa y bajo una tensión de sustrato de -50 V se genera una estructura cúbica. De este modo, la estructura hexagonal se separa bajo una tensión de polarización relativamente más baja y a una baja presión, aunque la estructura cúbica preferida se separa a mayor presión o mediante un mayor aporte de tensión de polarización. En contenidos más altos de Al, resulta imposible generar una estructura en capas.

Por lo tanto, las piezas de trabajo de acuerdo con la invención se caracterizan por un revestimiento de (Al<sub>y</sub>Cr<sub>1-y</sub>)X cúbico con la siguiente composición: X = N e Y = 0,66. La estructura de la capa es en este caso microcristalina con un tamaño de grano medio de aproximadamente 20 a 120 nm.

Los procedimientos se caracterizan por una guía de procedimiento en el que una capa cúbica (Al<sub>y</sub>Cr<sub>1-y</sub>)X se separa

tal como se define en la composición anterior. Para el procedimiento de arco catódico descrito pueden utilizarse de manera ventajosa composiciones de blanco de 75 a 15 % de contenido de aluminio. Para altos contenidos de aluminio, se deben ajustar los parámetros del proceso tal como se ha descrito anteriormente para generar una estructura cristalina cúbica.

5 En este caso, resulta ventajoso el uso de blancos pulvometalúrgicos, producidas en particular mediante prensado en frío, que pueden presentar una mayor resistencia que los blancos de AlCr producidos por fundición o sinterización metalúrgica que en particular en el caso de altos contenidos de Al generalmente contienen fases quebradizas.

10 Estos blancos se prensan en frío mezclando los materiales de partida en polvo y luego se comprimen por estampación repetida, por ejemplo, en una prensa de forjado, a temperaturas inferiores a 660 °C por flujo y soldeo en frío y se conducen a un estado final con una densidad teórica de aproximadamente 96 a 100 %.

15 Además, se pudo comprobar que en un revestimiento de AlCrN que se separó, por ejemplo, con blancos de la composición Al / Cr = 3, la resistencia al desgaste puede verse afectada por la tensión inicial del sustrato. A medida que aumenta la tensión inicial del sustrato, disminuye la resistencia al desgaste abrasivo (véase la tabla 3). Incluso con una tensión de sustrato negativa muy pequeña que no se menciona de manera explícita en la tabla, de solo unos pocos voltios (de 3 a 10 V y cualquier valor intermedio), puede lograrse una mejora significativa en relación con el sustrato fluctuante (sin suministro de tensión). A aproximadamente -20 V, la resistencia al desgaste para Al / Cr = 20 3 alcanza un valor máximo y cae nuevamente en el caso de tensiones más altas. De los ensayos para determinar el comportamiento de desgaste se puede deducir un rango óptimo de tensión de sustrato de entre 3 y 150 V, en particular de entre 5 y 40 V, en el que se midió un índice de desgaste muy bajo de entre 0,4 y 1,0, en particular entre 0,4 y 0,8 m<sup>3</sup>m<sup>-1</sup>N<sup>-1</sup>10<sup>-15</sup>. Lo mismo se aplica a las capas de acuerdo con la invención, es decir a las capas cúbicas de diferente composición de Al / Cr en las que no se midieron índices de desgaste superiores a 1,5 m<sup>3</sup>m<sup>-1</sup>N<sup>-1</sup>10<sup>-15</sup>. Sin embargo, hay que tener en cuenta que también la resistencia al desgaste de las capas separadas fluctuantes y con una alta tensión de sustrato es sustancialmente mayor que la resistencia al desgaste de las capas de TiAlN conocidas, cuyo coeficiente de desgaste es significativamente mayor. Por ejemplo, para una capa de TiAlN separada de manera similar a las capas de AlCrN (experimento 2, Al 47 % en at, Ti 53 % en at) se midió un índice de desgaste de 3,47 m<sup>3</sup>m<sup>-1</sup>N<sup>-1</sup>10<sup>-15</sup>.

30 Mediante el procedimiento descrito anteriormente, en particular mediante el uso de blancos de TiAl producidos por pulvimetalurgia, se pudieron separar capas con una rugosidad baja. Los valores Ra medidos se encuentran entre 0,1 y 0,2 μm y, por lo tanto, oscilan en el mismo rango que las capas de CrN fabricadas de manera similar. Se produjo un alisado adicional de las capas mediante el uso de un dispositivo generador de campo magnético que comprende sistemas magnéticos de dos polos opuestos, diseñados de modo que el componente B<sub>⊥</sub> del campo magnético resultante perpendicular a la superficie sobre una gran parte de la superficie sustancialmente constante presente valores pequeños o iguales a cero. En este caso, se establecieron los valores del componente B<sub>⊥</sub> del campo magnético perpendicular por debajo de 30, preferentemente por debajo de 20, en particular preferentemente por debajo de 10 Gauss. Los valores Ra de las capas X (Al<sub>y</sub>Cr<sub>1-y</sub>) separadas se ubicaron en el rango de 0,05 y 0,15 μm. En este caso, el campo magnético fue generado por dos bobinas polarizadas opuestas dispuestas coaxialmente detrás del blanco.

45 Además, en la deposición de capas (Al<sub>y</sub>Cr<sub>1-y</sub>)X pueden utilizarse también otras capas adhesivas preferentemente altamente conductoras, nitradas o metálicas o puede prescindirse también de dicha capa adhesiva para ciertas aplicaciones. Por ejemplo, para lograr una productividad particularmente alta, puede aplicarse una capa adhesiva de AlCr / AlCrN en lugar de TiN, lo que hace posible que todas las fuentes de arco de una planta de revestimiento estén provistas de blancos de AlCr y aumentar así el índice de revestimiento.

50 Igualmente, también es posible una deposición de capas de gradiente con, por ejemplo, un creciente contenido de Al contra la superficie, cuando se usan dos tipos de blancos con una relación de Al / Cr diferente o que a partir de una capa adhesiva de Cr y / o CrN, por ejemplo, mediante el control continuo o por etapas de los correspondientes rendimientos de blancos de una cámara de revestimiento equipada con blancos de Cr y AlCr, se consiga un cambio en la composición de la capa. Esencialmente, para una aplicación industrial de dichos sistemas de capa, existe la posibilidad de que los parámetros del proceso sean sustancialmente ajustables de manera reproducible a través de todo el proceso de revestimiento y, por lo tanto, sobre todo el espesor de la capa. Pueden emplearse variaciones mínimas en la composición, como la que se efectúa a través del movimiento del sustrato, por ejemplo, en un soporte de sustrato giratorio individual o múltiple, en este caso además en relación con una nanoestructuración formada sobre una parte o sobre todo el espesor de capa, es decir un laminado en el rango nanométrico o micrométrico. En este caso, debido al procedimiento, al usar blancos de cromo y aluminio sin alear, se separa una capa adhesiva de textura más áspera que cuando se usan blancos de AlCr aleados.

55 Sin embargo, son menos adecuados para este propósito, los procesos conocidos del estado de la técnica anterior, en los que, por ejemplo, el proceso de evaporación de al menos un componente es difícil de controlar o es discontinuo, ya que no puede lograrse una calidad de capa reproducible.

60 Por supuesto, también es posible fabricar otras de dichas capas en otros sistemas de revestimiento al vacío o, por

ejemplo, mediante procesos de pulverización, en donde, sin embargo, el principio en los procesos de pulverización se basa en una menor ionización del gas de proceso bajo ciertas circunstancias mediante medidas conocidas, como la compensación con capas adhesivas especiales, la ionización adicional, etc., para lograr una adhesión de capa semejante.

5 En principio, con dichas capas de  $Cr_{1-x}Al_xN$  con estructura cúbica pueden revestirse de manera ventajosa diferentes piezas de trabajo. Los ejemplos incluyen herramientas de corte tales como fresas, fresas en espiral, fresas de cabezal redondo, planas y de perfil, así como taladros, avellanadores, herramientas de brochar, escariadores y  
10 plaquitas de corte para operaciones de fresado o herramientas de estampación tales como, por ejemplo, punzones, troqueles, anillos de estampación, punzones de dibujo, núcleos de expulsión o formadores de rosca. También se pueden proteger de manera ventajosa con dichas capas, herramientas de moldeo por inyección, por ejemplo, para aleaciones metálicas de moldeo por inyección, resinas o materiales sintéticos termoplásticos, en particular  
15 herramientas de moldeo por inyección como las que se utilizan en la fabricación de piezas termomoldeadas o soportes de datos, tales como CD, DVD y similares. Otro campo de aplicación son los componentes para los que hay que establecer altas demandas de resistencia al desgaste en determinadas circunstancias, en combinación con una alta resistencia a la oxidación. Entre los ejemplos de construcción de bombas o motores se encuentran los anillos de sellado, los pistones, los punzones, los engranajes y los mecanismos de válvulas como, por ejemplo, los taqués y los balancines o las agujas para las toberas de inyección, los ejes de compresores, los husillos de bomba o muchos otros componentes en los que se insertan uno o más elementos de engranaje.

20 Además, debido al comportamiento básicamente similar de las capas de  $(Al_yCr_{1-y})X$  se espera también una mejora en el comportamiento de desgaste si en el caso de los siguientes sistemas de capa, se selecciona la composición de blanco y los parámetros de revestimiento, de modo que se consiga una estructura de capa cúbica.

25 Capas de  $(Al_yCr_{1-y})X$ , donde  $X = N$  e  $Y = 0,66$ .

Por lo tanto, se separaron las capas de  $(Al_{66}Cr_{34})NO$  con una relación de N / O diferente y se probaron sus propiedades de capa. Los parámetros de revestimiento se eligieron de manera similar a los anteriores. La presión total se estableció entre 1 a 5 Pa a un flujo de oxígeno de entre 20 y 60 sccm (nitrógeno restante), la tensión del sustrato entre -40 a -150 V, la temperatura a 450 °C y la fuente de alimentación a una corriente de 140 A 3,5 kW. En este caso, se prepararon capas con una relación de O / N de aproximadamente 0,2, 0,6 y 2,2. En diferentes ensayos de fresado, se consideraron las capas con menor contenido de oxígeno. Los resultados en relación con la vida útil superaron a los alcanzados con TiN o TiCN convencionales.

35 A través de las propiedades lubricantes mejoradas de las capas de  $(Al_yCr_{1-y})X$  anteriores, en comparación con las capas de TiAlN conocidas, se crea una opción interesante desde el punto de vista tanto ecológico como económico en relación con la operación de herramientas, en particular de herramientas de corte y herramientas de estampación para prescindir de los lubricantes o utilizar solo cantidades mínimas de lubricante. Desde un punto de vista económico, hay que tener en cuenta que los costes del lubricante de enfriamiento pueden ser mucho mayores, especialmente en las herramientas de corte que en la propia herramienta.

40 Se produce como resultado una posibilidad adicional de mejorar las propiedades de deslizamiento de un sistema de capas de acuerdo con la invención que contiene una capa de  $(Al_yCr_{1-y})X$  cuando se aplica como capa más externa una capa deslizante adicional. Esto resulta ventajoso si la capa deslizante presenta una dureza menor que la capa de  $(Al_yCr_{1-y})X$  y tiene propiedades de rodadura.

45 El sistema de capa deslizante puede consistir, en este caso, en al menos un metal o un carburo de al menos un metal y carbono disperso, MeC/C, en donde el metal es un metal del grupo IVb, Vb y / o VIb y / o silicio. Por ejemplo, una capa superficial de WC / C con una dureza ajustable de entre 1000 y 1500 HV con excelentes propiedades de rodadura resulta particularmente adecuada para este propósito. Las capas de CrC / C muestran también un comportamiento similar, pero con un coeficiente de fricción ligeramente más alto.

50 Con brocas para agujeros profundos revestidas de dicha manera se pudo determinar, tras la realización de uno a tres orificios de perforación, un excelente alisamiento de rodadura de las superficies de deslizamiento, que hasta ahora sólo podría haber sido alcanzado mediante un complejo procesamiento mecánico. Dichas propiedades son también particularmente interesantes para las aplicaciones de componentes con desgaste por deslizamiento, fricción o rodadura, en particular, en condiciones de falta de lubricación o marcha en seco o cuando al mismo tiempo se debe proteger un cuerpo opuesto sin revestimiento.

60 Otra posibilidad para formar una capa deslizante posterior son las capas de carbono similares al diamante libres de metal o las capas de MoSx, WSx o las capas de MoSx o MoWx que contienen titanio.

65 La capa deslizante puede aplicarse en este caso, tal como se ha mencionado, directamente en la capa de  $(Al_yCr_{1-y})X$  o después de aplicar otra capa adhesiva que se forma como una capa metálica, nitrídica, carbídica, carbonitrídica o también como una capa de gradientes con, por ejemplo, una transición continua entre una capa de  $(Al_yCr_{1-y})X$  y una capa deslizante, para propiciar la mejor adherencia posible de la capa compuesta.

Por ejemplo, las capas de WC / C o CrC / C, después de la aplicación de una capa de Cr o Ti pulverizado o arqueado, pueden prepararse de manera ventajosa mediante la pulverización de blancos de WC con la adición de un gas que contiene carbono. En este caso, la proporción de gas que contiene carbono aumenta con el tiempo para conseguir una mayor proporción de carbono libre en la capa.

A continuación, se ilustran otras aplicaciones ventajosas de diferentes herramientas de revestimiento duro de (Al<sub>y</sub>Cr<sub>1-y</sub>)X ejemplares para su uso en diferentes operaciones de corte.

**Ejemplo 1:** Fresado de acero estructural

Herramienta: Fresa de mango metal duro  
 Diámetro D = 8 mm, número de dientes z = 3  
 Material: acero estructural Ck45, DIN 1.1191

Parámetros de fresado:  
 velocidad de corte v<sub>c</sub> = 200/400 m/min  
 velocidad de avance v<sub>f</sub> = 2388/4776 mm/min  
 anchura radial a<sub>e</sub> = 0,5 mm  
 anchura de engranaje axial a<sub>p</sub> = 10 mm

Enfriamiento: emulsión 5 %  
 Proceso: fresado en sentido directo  
 Criterio de desgaste: desgaste de superficie libre VB = 0,12 mm

Experimento n.º	Capa de contenido metálico [% en At]			Vida útil para VB = 0,12 mm en minutos	
	Ti	Al	Cr	v <sub>c</sub> = 200 m/min	v <sub>c</sub> = 400 m/min
1 (TiCN)	100	-	-	71	9
2 (TiAlN)	53	47	-	42	15
3 (AlCrN)B1	-	69,5	30,5	167	40
4 (AlCrN)B4	-	72	28	41	7
5 (AlCrN)B1	-	41,5	58,5	150	12
6 (AlCrN)B1	-	19	81	17	4

El ejemplo 1 muestra una comparación de la vida útil de fresas MD revestidas que se probaron para diferentes parámetros de corte.

En este caso está claro que en comparación con los sistemas de capas industrialmente utilizadas previamente tales como TiCN y TiAlN, las capas de AlCrN mencionadas presentan una vida útil más larga. Además, de acuerdo con los resultados, resulta evidente que ya desde el ejemplo 1 con el aumento del contenido de Al, siempre y cuando se mantenga la estructura cúbica B1, se mejora el aspecto relacionado con la vida útil (experimento comparativo n.º 3, 5, 6). Esto se debe principalmente a una resistencia a la oxidación y una dureza mejoradas que se determinan con el aumento del contenido de Al (véase la tabla 1). Especialmente en el área del mecanizado en seco y de alta velocidad (por ejemplo, v<sub>c</sub> = 400 m / min) se aplica la excelente resistencia a la oxidación del revestimiento de AlCrN. Además, se puede ver en este ensayo que cuando se pliega la red cristalina de B1 a B4 empeora el comportamiento de desgaste (experimento comparativo 3 y 4).

**Ejemplo 2:** Fresado de acero austenítico

Herramienta: fresa de mango metal duro  
 Diámetro D = 8 mm, número de dientes z = 3  
 Material: acero austenítico X 6 CrNiMoTi<sup>17 12 2</sup>, DIN 1.4571

Parámetros de fresado:  
 Velocidad de corte v<sub>c</sub> = 240 m/min  
 Avance del diente f<sub>z</sub> = 0,08 mm  
 anchura de engranaje radial a<sub>e</sub> = 0,5 mm  
 anchura de engranaje axial a<sub>p</sub> = 10 mm  
 Enfriamiento: emulsión 5 %

Proceso: fresado en sentido directo  
 Criterio de desgaste: desgaste de superficie libre VB = 0,1 mm

## ES 2 706 981 T3

Experimento n.º	Capa de contenido metálico [% en At]			Durabilidad $l_f$ para $VB = 0,1$ mm en metros
	Ti	Al	Cr	
7 (TiCN)	100	-	-	33
8 (AlTiN)	35	65	-	45
9 (AlCrN) B1	-	69,5	30,5	54

El ejemplo 2 muestra una comparación de la vida útil de las fresas de MD revestidas. En este caso también podría conseguirse una mejora en el desgaste de la capa de AlCrN en comparación con las capas de material duro utilizadas a nivel industrial. La mejora de la vida útil en AlCrN junto con una mayor dureza podrían lograrse a través de una menor inclinación hasta ahora no demostrada, en comparación con el Ti, en capas de TiAlN, del segundo elemento de aleación Cr para lubricación del material y para otras capas de AlCrN (A, B, D) de acuerdo con la invención que como se puede ver en la tabla 1 muestran una buena resistencia al desgaste.

### Ejemplo 3: Fresado de acero endurecido

Herramienta: fresa de cabezal redondo metal duro

Diámetro  $D = 10$  mm, número de dientes  $z = 2$

Material: K340 (62HRC) corresponde a C 1,1 %, Si 0,9 %, Mn 0,4 %, Cr 8,3 %, Mo 2,1 %, Mo 2,1 %, V 0,5 %.

Parámetros de fresado:

velocidad de corte  $v_c = 0 - 120$  m/min

avance del diente  $f_z = 0,1$  mm

anchura de engranaje radial  $a_e = 0,2$  mm

anchura de engranaje axial  $a_p = 0,2$  mm

Enfriamiento: seco

Proceso: fresado en sentido directo e inverso, acabado

Criterio de desgaste: desgaste de superficie libre  $VB = 0,3$  mm

Experimento n.º	Capa de contenido metálico [% en At]			Durabilidad $l_f$ para $VB = 0,1$ mm en metros
	Ti	Al	Cr	
10 (TiAlN)	53	47	-	70
11 (AlCrN) B1	-	69,5	30,5	90

### Ejemplo 4: Fresado de desbaste de acero para herramientas

Herramienta: fresa de mango metal duro

Diámetro  $D = 10$  mm, número de dientes  $z = 4$

Material: acero para herramientas X 38 CrMoV 5 1, DIN 1.2343 (50HRC)

Parámetros de fresado: velocidad de corte  $v_c = 60$  m/min

avance del diente  $f_z = 0,02$  mm

anchura de engranaje radial  $a_e = 2$  mm

anchura de engranaje axial  $a_p = 10$  mm

Enfriamiento: seco

Proceso: fresado en sentido directo, desbaste

Criterio de desgaste: desgaste de superficie libre  $VB = 0,1$  mm

Experimento n.º	Capa de contenido metálico [% en At]			Durabilidad $l_f$ para $VB = 0,1$ mm en metros
	Ti	Al	Cr	
12 (AlTiN)	35	65	-	90
13 (AlCrN) B1	-	69,5	30,5	130

El ejemplo 3 y el ejemplo 4 muestran una durabilidad mejorada de las capas de AlCrN con respecto a las capas de TiAlN utilizadas a nivel industrial. El AlCrN resultó ser adecuado también en especial para el mecanizado en seco, por las altas exigencias en relación con la resistencia a la oxidación y la resistencia al desgaste.

**Ejemplo 5:** Taladrado en acero para herramientas

Herramienta: broca HSS (S 6-5-2), diámetro D = 6 mm  
 Material: acero para herramientas X 210 Cr 12, DIN 1.2080 (230HB)  
 5 Parámetro de perforación:  
 velocidad de corte  $v_c = 35$  m/min  
 avance  $f = 0,12$  mm  
 profundidad del orificio de perforación  $z = 15$  mm, orificio ciego  
 Enfriamiento: emulsión 5 %  
 10 Criterio de desgaste: desconexión de par (corresponde a un desgaste excéntrico de  $\geq 0,3$  mm)

Experimento n.º	Capa de contenido metálico [% en At]		Durabilidad [número de orificios / $\mu$ m espesor de la capa]
	Al	Cr	
14 (AlCrN) B1	19	81	21
15 (AlCrN) B1	41,5	58,5	52
16 (AlCrCN) B1	41,5	58,5	65
17 (AlCrN) B1	69,5	30,5	108
18 (AlCrN) B4	72	28	46

El ejemplo 6 muestra una comparación del número de orificios establecido según el espesor de capa de perforaciones HSS con capas de AlyCrI-yN / AlyCrI-yCN con diferente contenido de Al.

15 Las capas se prepararon con los parámetros correspondientes a la tabla 2. En este caso, se observa un aumento de la vida útil con el aumento del contenido de aluminio hasta una proporción de casi el 70 % de aluminio en el contenido del metal. Sin embargo, en el caso de un aumento adicional y por lo tanto la separación de una capa con una estructura cristalina hexagonal, el rendimiento disminuye claramente. En el rango entre 41,5 y 69,5 % de Al (experimento 15, 17) se pudo determinar de este modo para esta aplicación el aumento evidente del rendimiento con respecto al estado de la técnica (experimento 18).

**Ejemplo 6:** taladrado profundo 5xD en Ck45

25 Herramienta: taladro metal duro, diámetro D = 6,8 mm  
 Material: acero estructural 1.1191 (Ck45)  
 Parámetros de perforación:  
 velocidad de corte  $v_c = 120$  m/min  
 avance  $f = 0,2$  mm  
 30 profundidad del orificio de perforación  $z = 34$  mm, orificio ciego  
 Enfriamiento: emulsión 5 %  
 Criterio de desgaste: desgaste de esquina VB = 0,3 mm

Experimento n.º	Capa de contenido metálico [% en At]			Durabilidad para VB = 0,3 mm en número de orificios de perforación
	Ti	Al	Cr	
18 (TiAlN)	70	30	-	890
19 (TiAlN)	53	47		1135
20 (AlCrN)B1	-	69,5	30,5	2128

35 El ejemplo 6 muestra una durabilidad mejorada de la capa de AlCrN con respecto a las capas de TiAlN utilizadas a nivel industrial en el caso de su aplicación en la perforación. En este caso, debe considerarse la resistencia al desgaste abrasivo mejorada del revestimiento de AlCrN de acuerdo con la invención.

40 Además, como en el experimento n.º 20, se proporcionaron brocas revestidas después de la aplicación de una capa adhesiva de Cr con una capa deslizante de WC / carbono, en donde, en condiciones de prueba por lo demás idénticas, pudo lograrse de manera parcial una mejora significativa de la durabilidad. Las mediciones simultáneas de par de torsión mostraron un par de torsión significativamente menor que sin capa deslizante. Además, en los orificios de perforación pudo determinarse una mejor calidad superficial y no se detectó ninguna decoloración por carga

térmica excesiva hasta poco antes del final de la vida útil.

**Ejemplo 7:** Avellanador 2xD en acero austenítico

- 5 Herramienta: avellanador HSS, tamaño de rosca M8  
Material: acero austenítico 1.4571 (X6CrNiMoTi17/12/2)  
Parámetros de corte:  
velocidad de corte  $v_c = 3$  m/min
- 10 profundidad de rosca: 2xD  
tipo de rosca: orificio ciego  
número de roscas: 64  
enfriamiento: emulsión 5 %  
Criterio de desgaste: paso de par de torsión a través de número de roscas, evaluación visual de desgaste después de 64 roscas.

Experimento n.º	Capa de contenido metálico [% en At]			Ø par de corte máx. [Nm]	desgaste visual (1)
	Ti	Al	Cr		
21 (TiCN)	100	-	-	4,72	+
22 (AlCrN)B1	-	69,5	30,5	4,05	++
23 (AlCrN)B1	-	41,5	58,5	4,23	+++
24 (AlCrN)B1	-	19	81	4,27	+
Explicación de (1) + comportamiento de desgaste satisfactorio en el avellanado ++ buen comportamiento de desgaste en el avellanado +++ muy buen comportamiento de desgaste en el avellanado					

20 En todas las capas de AlCrN se puede lograr una reducción del par de corte máximo promedio con respecto al estado de la técnica (TiCN). Además, debido a la muy buena resistencia al desgaste de las capas con mayor contenido de aluminio, se obtuvo un mejor comportamiento al desgaste en comparación con TiCN. Sin embargo, esto se debe en este ejemplo probablemente a la tendencia adhesiva del aluminio, que conduce a la lubricación del material y seguidamente a la activación de la capa para una mejor imagen de desgaste de la capa del experimento n.º 23.

25 Además, los avellanadores revestidos como en el experimento n.º 22 y n.º 23, después de la aplicación de una capa adhesiva de AlCr fueron provistos de una capa deslizante de WC / carbono o después de la aplicación de una capa adhesiva de Ti fueron provistos de una capa de MoS2 que contiene Ti, en donde también, bajo condiciones de prueba idénticas, se pudo lograr mejorar la vida útil y la calidad superficial del material mecanizado.

**Ejemplo 8:** Fresado por generación en acero Cr-Mo

- 30 Herramienta: fresa generadora  
Material DIN S6-7-7-10 (ASP60)  
Diámetro D = 80 mm, longitud L = 240 mm, módulo m = 1,5  
25 ranuras de fijación
- 35 ángulo de engranaje  $\alpha = 20^\circ$ ,  
perfil de referencia 2, número de dientes 50, anchura de paso 25 mm  
Material: acero Cr-Mo DIN 34CrMo4

- 40 Parámetros de corte:  
velocidad de corte  $v_c = 260$  m/min  
avance 2 mm/U  
cantidad de piezas: 300  
enfriamiento: corte en seco, aire comprimido para eliminar las virutas

Experimento n.º	Capa de contenido metálico [% en At]			Anchura de marca de desgaste en [mm]	
	Ti	Al	Cr	Desgaste superficial libre	Desgaste de craterizaciones

## ES 2 706 981 T3

25 (TiCN)	100	-	-	0,32	0,062
26 (TiAlN)	53	47	-	0,25	0,042
27 (AlCrN)B4		72	28	0,29	0,053
28 (AlCrN)B1	-	19	81	0,26	0,051
29 (AlCrN)B1	-	41,5	58,5	0,13	0,022
30 (AlCrN)B1	-	69,5	30,5	0,14	0,018

5 En los ensayos del 25 al 30, se probaron diferentes fresas generadoras fabricadas en acero de polvo metalúrgico de alta velocidad (HSS) con diferentes sistemas de capa mediante corte en seco. En este caso, se logró proporcionar, con herramientas revestidas (experimento 29 y 30) mejoras significativas en comparación con fresas revestidas de TiCN o TiAlN conocidas. También se puede ver que las capas de AlCrN con bajo (n.º 28) o con alto contenido de Al en presencia de una estructura cristalina hexagonal (n.º 27), proporcionan menor protección contra el desgaste.

10 Los siguientes ejemplos n.º 31 a n.º 33 de acuerdo con la invención muestran la evidente superioridad de una capa de AlCrN de acuerdo con la invención con una red cristalina cúbica, con una porción de nitrógeno sustancialmente estequiométrico y un contenido de Al del 66 %. En este caso, se utilizaron fresas generadoras fabricadas en PM HSS o metal duro probadas tanto para cortes en seco como mediante lubricación por emulsión.

### Experimento n.º 31: Fresado por generación

15 Herramienta: PM HSS  
 Diámetro D = 80 mm, longitud L = 240 mm  
 Material: 16 Mn Cr 5  
 Velocidad de corte: 180 m/min, seco

20 (Al<sub>0,42</sub>Ti<sub>0,58</sub>)N, Balinit NANO: 1809 piezas  
 (Al<sub>0,63</sub>Ti<sub>0,37</sub>)N, Balinit X.CEED: 2985 piezas  
 (Al<sub>0,66</sub>Cr<sub>0,34</sub>)N: 5370 piezas

### Experimento n.º 32: Fresado por generación

25 Herramienta: metal duro (MD)  
 Diámetro D = 60 mm, longitud L = 245 mm  
 Módulo: 1.5  
 Ángulo de engranaje a = 20º  
 30 Material: 42 CrMo4  
 Velocidad de corte: 350 m/min, seco

35 (Al<sub>0,41</sub>Ti<sub>0,59</sub>)N, Balinit X.TREME: 1722 piezas  
 (Al<sub>0,63</sub>Ti<sub>0,37</sub>)N, Balinit X.CEED: 2791 piezas  
 (Al<sub>0,66</sub>Cr<sub>0,34</sub>)N: > 3400 piezas

### Experimento n.º 33: Fresado por generación

40 Herramienta: PM HSS  
 Módulo 2.5  
 Material: 16MnCr5  
 Velocidad de corte 140 m/min, emulsión  
 TiCN, BALINIT B: 1406 piezas  
 (Al<sub>0,42</sub>Ti<sub>0,58</sub>)N, Balinit NANO: 1331 piezas  
 45 (Al<sub>0,66</sub>Cr<sub>0,34</sub>)N: 1969 piezas

50 Además, ensayos no especificados en el presente documento mostraron incluso a mayores rangos de velocidad de corte de hasta v<sub>c</sub> = 450 m / min una buena estabilidad. También pudo incrementarse considerablemente la vida útil de las fresas generadoras de metal duro revestidas tanto por mecanizado en húmedo en particular como también por mecanizado en seco.

### Ejemplo 9: Fresado de desbaste de acero para herramientas

55 Herramienta: fresa de mango HSS  
 Diámetro D = 10 mm, número de dientes z = 4  
 Material: acero para herramientas X 40 CrMoV 5 1, DIN 1.2344 (36HRC)

Parámetros de fresado:

velocidad de corte  $v_c = 60$  m/min

avance del diente  $f_z = 0,05$  mm

anchura de engranaje radial  $a_e = 3$  mm

5 anchura de engranaje axial  $a_p = 5$  mm

Enfriamiento: emulsión 5 %

Proceso: fresado en sentido directo, desbaste

Criterio de desgaste: desgaste de superficie libre  $VB = 0,1$  mm

Experimento n.º	Capa de contenido metálico [% en At]			Durabilidad de corte $l_f$ para $VB = 0,1$ mm en metros
	Ti	Al	Cr	
34 (AlTi)N	35	65	-	6 - 8
35 (AlTi)N	58	42	-	3 - 4
36 (AlTi)CN	50	50	-	3 - 4
37 TiCN	100	-	-	8 - 11
38 (AlCr)N	HS	64	36	12 - 21
39 (AlCr)N	puls	66	34	21 - 28
40 (AlCr)N	-	66	34	12 - 18

10

HS: capa adhesiva de TiN

puls: polarización pulsada

**Ejemplo 10:** Torneado longitudinal exterior de acero cementado endurecido:

15

Herramienta: cuchilla giratoria con puntas de CBN soldadas

Material: acero cementado 16 MnCr 5, DIN 1.7131 (49 - 62 HRC)

Parámetros de torneado: mecanizado duro - blando con corte interrumpido y espesor de pared parcialmente delgado

Enfriamiento: seco

20

Criterio de desgaste: número de piezas hasta alcanzar un desgaste superficial libre de  $VB = 0,1$  mm

Experimento n.º	Capa de contenido metálico [% en At]			Durabilidad para $VB = 0,1$ mm
	Ti	Al	Cr	
41 (AlTi)N	35	65	-	90
42 (AlCr)N		66	34	144

25

Se obtuvieron también resultados similares con cermets fabricados por pulvimetalurgia que consisten en un TiN, TiC o una fase dura de Ti(CN), que, en casos concretos, se agregó molibdeno y / o tantalio. Como fase aglutinante se usó en este caso Ni o Ni / Co.

**Ejemplo 11:** Formado de roscas en chapa galvanizada

**Experimento n.º 43:**

30

Herramienta: formador de roscas HSS M9

Material: DC01 corresponde a DIN 1.0330, St 12 ZE

Diámetro de agujero para roscar: 8,34 mm

Parámetros de corte: 55 m/s

35

Velocidad de corte: 2000 rpm

Velocidad de retorno: 3600 rpm

Lubricación: S26 CA

TiN: 3200 roscas

TiCN: 3200 roscas

40

TiAlN: 3500 roscas

(Al<sub>0,66</sub>Cr<sub>0,34</sub>)N: 8800 roscas

5 Ensayos con CBN revestido (nitruro de boro cúbico) o herramientas de cermet: las plaquitas de corte fueron revestidas con varios materiales sinterizados de CBN con un contenido de CBN entre 30 y 99 % en volumen, el aglutinante restante se revistió, por un lado, con capas de TiAlN conocidas según el experimento 8 y por otro lado, con capas de AlCrN según los experimentos 3, 5 y 6. Sin embargo, debido a la naturaleza no conductora del material sinterizado de CBN para el proceso de grabado y revestimiento, se aplicó una polarización de sustrato pulsada en el rango de frecuencia media, preferentemente en un rango de frecuencia de 20 a 250 kHz.

10 Para materiales con un contenido de CBN de hasta el 90 %, se usó un polvo aglutinante que consiste en al menos uno de los elementos del siguiente grupo: nitruro, carburo, boruro y óxido del grupo Ti, V o Cr, es decir elementos IVa, Va y VIa, así como compuestos de aluminio o Al.

15 Para materiales con un contenido de CBN de hasta el 95 %, se usó un polvo aglutinante que consiste en nitruro de titanio y en al menos uno de los elementos del siguiente grupo: cobalto, níquel, carburo de tungsteno, aluminio o un compuesto de aluminio.

Para materiales con un contenido de CBN de hasta el 90 %, se usó un polvo aglutinante que consiste en nitruro de titanio y en al menos uno de los elementos del siguiente grupo: boruro o nitruro de boro de los metales alcalinos o alcalinotérreos.

20 En el caso de ensayos de torneado y fresado posteriores, en la mayoría de los casos, se pudo determinar un comportamiento de desgaste significativamente mejorado en comparación con las capas de TiAlN. Lo mismo se aplica a un ensayo de torneado longitudinal externo particularmente complejo en el que una onda parcialmente endurecida de geometría compleja se mecanizó por secciones en un corte interrumpido.

25 **Ejemplo 12:** Forjado en caliente

Herramienta: mordazas de forja 4 piezas, 220 x 43 x 30 mm, Böhler W360, dureza 54 HRC, 4 herramientas acopladas simultáneamente

Pieza de trabajo: material redondo, diámetro 22 mm, material 42CrMo4

30 Procedimiento:

temperatura de la pieza de trabajo antes de la estampación 1050 °C

Fuerza de prensado 57 t/por mordaza

Enfriamiento: Mollicote + grafito

Experimento n.º	Capa de contenido metálico [% en At]				Extensión vida útil (número de piezas)
	Ti	Al	Cr	Nb/Si V/W	
43 sin revest.	-	-	-	-	500
44 TiAlN	58	42	-	-	900
45 AlCrN	-	64	36	-	1900
46 AlCrVN	-	63	31	6	1500
47 AlCrSiN	HS	65	26	9	1800
48 AlCrNbN	-	62	31	7	1550
49 AlCrWN	-	65	26	9	1630
50 AlCrYN	-	62	31	7	1730
51 AlCrMoN	-	62	31	7	1460

35 HS capa adhesiva de TiN

**Ejemplo 13:** Rebordeado en caliente

40 Herramienta: HM flujo de perforación diámetro 10 mm

Pieza de trabajo: 1.0338

Procedimiento: la herramienta se presiona contra la pieza de trabajo con una rotación de aproximadamente 2800 rpm, 3000 N. A través de la energía cinética, la pieza de trabajo se pone al rojo vivo, es decir se calienta a aproximadamente 1000 °C y se estampa.

45

## ES 2 706 981 T3

Experimento n.º	Capa de contenido metálico [% en At]				Extensión de vida útil (número de piezas)
	Ti	Al	Cr	Nb/Si V/W	
52 sin revest.	-	-	-	-	500
53 TiAlN	58	42	-	-	900
54 AlCrN	-	64	36	-	1700
55 AlCrVN	-	63	31	6	1530
56 AlCrSiN	HS	65	26	9	1650
57 AlCrNbN	-	62	31	7	1450
58 AlCrWN	-	65	26	9	1390
59 AlCrYN	-	62	31	7	1660
60 AlCrMoN	-	62	31	7	1340

HS capa adhesiva de TiN

### 5 Ejemplo 14: Punzonado

Herramienta: 1.2379, punzón de orificio oblongo 20mm x 10 mm

Pieza de trabajo: TRIP 700, 1.2 mm de espesor

Procedimiento: corte por cizallamiento, separación de corte 10 %, 500 golpes / min, fuerza de corte 20kN.

10

Experimento n.º	Capa de contenido metálico [% en At]				Extensión de vida útil (número de piezas)
	Ti	Al	Cr	Nb/Si V/W	
61 sin revest.	-	-	-	-	100000
62 TiAlN	58	42	-	-	200000
63 AlCrN	-	64	36	-	350000
64 AlCrVN	-	63	31	6	370000
65 AlCrSiN	HS	65	26	9	280000
66 AlCrNbN	-	62	31	7	300000
67 AlCrWN	-	65	26	9	340000
68 AlCrYN	-	62	31	7	320000
69 AlCrMoN	-	62	31	7	290000

HS capa adhesiva de TiN

Tabla 1

Denom. ensayo	Relación de Al/Cr en el blanco	Estructura cristalina	Al % en At	Cr % en At	Espesor de capa [µm]	HV 0.03	AV [m³m⁻¹N⁻¹ 10⁻¹⁵]	Adherencia
A	3	B1	69,5	30,5	3,2	3100	0,8	HF1
B	3	B4	72	18	4,2	2100	1,0	HF1
C	1	B1	41,5	58,5	3,8	2800	1,5	HF1
D	0,33	B1	19	81	4,1	2300	2,5	HF1

15

Tabla 2

Denom. ensayo	Relación de Al/Cr en el blanco	P <sub>blanco</sub> [kW]	U <sub>sustrato</sub> [V]	P <sub>N<sub>2</sub></sub> [Pa]	Temp. [°C]
A	3	3	-50	3	450
B	3	3	-50	1	450
C	1	3	-50	3	450
D	0,33	3	-50	3	450

Tabla 3

Tensión inicial del sustrato [V]	AV [m <sup>3</sup> m <sup>-1</sup> N10 <sup>-15</sup> ]
0	1,23
-20	0,47
-40	0,76
-100	0,83
-150	1,0
-200	1,36

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Pieza de trabajo con un sistema de capas que contiene al menos una capa de la composición  $(Al_yCr_{1-y})X$ , con  $X = N$ , con red cristalina cúbica, contenido de nitrógeno sustancialmente estequiométrico y un contenido de Al del 66 % o  $y = 0,66$ , en donde la composición de capa dentro de la capa es sustancialmente constante o cambia continuamente o por etapas sobre el espesor de la capa y la pieza de trabajo es una de las siguientes herramientas, a saber, una fresa, en particular una fresa generadora, de cabezal redondo, plana o de perfil, una herramienta de brochar, una plaquita de corte para torneary y fresar, un molde o una herramienta de moldeo por inyección.
- 10 2. Herramienta de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada porque** la herramienta es una herramienta de estampación, en particular un punzón, un troquel, un anillo de trefilado, un punzón de dibujo, un formador de roscas o una herramienta de perforación.
- 15 3. Herramienta de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada porque** la herramienta es una herramienta de estampación en caliente, en particular una forja, una herramienta de rebordeado o una herramienta de perforación.
4. Herramienta de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada porque** la herramienta es una herramienta de moldeo por inyección para la fabricación de una pieza moldeada de plástico o un soporte de datos.
- 20 5. Herramienta de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada porque** la herramienta comprende un cuerpo de CBN o base de cermet, o porque es una plaquita de corte de CBN o cermet.
- 25 6. Pieza de trabajo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** el índice de desgaste de la capa de  $(Al_yCr_{1-y})X$  es menor o igual a  $1,5 \text{ m}^3\text{m}^{-1}\text{N}^{-1}10^{-15}$ .
7. Pieza de trabajo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** la dureza Vickers de la capa de  $(Al_yCr_{1-y})X$  es de 2300 a 3100.
- 30 8. Pieza de trabajo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** la estructura de capa de la capa de  $(Al_yCr_{1-y})X$  es microcristalina y tiene un tamaño medio de grano de 20 a 120 nm.
9. Pieza de trabajo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** entre la pieza de trabajo y la capa de  $(Al_yCr_{1-y})X$  se aplica una capa adhesiva
- 35 10. Pieza de trabajo de acuerdo con la reivindicación 9, **caracterizada porque** la capa adhesiva comprende al menos uno de los metales del subgrupo IV, V o VI, o aluminio.
- 40 11. Pieza de trabajo de acuerdo con la reivindicación 10, **caracterizada porque** la capa adhesiva comprende al menos un nitruro, carburo o carbonitruro de uno o más metales del subgrupo IV, V o VI.
- 45 12. Pieza de trabajo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** en al menos una capa de  $(Al_yCr_{1-y})X$  se deposita una capa deslizante adicional
13. Pieza de trabajo de acuerdo con la reivindicación 12, **caracterizada porque** la capa deslizante comprende un carburo de al menos un metal con carbono disperso MeC / C, una capa de carbono tipo diamante, una capa de carbono tipo diamante que contiene Si o metal, un MoSx, un WSx o una capa de MoSx o MoWx que contiene titanio.
- 50 14. Procedimiento de mecanización de un material, **caracterizado porque** se utiliza una herramienta de acuerdo con la reivindicación 1.
15. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 14, **caracterizado porque** el mecanizado se realiza sin la adición de lubricantes o refrigerantes.
- 55 16. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 14 o 15, **caracterizado porque** la herramienta es una fresa generadora de metal duro o HSS y la velocidad de corte es de 60 a 450 m / min.

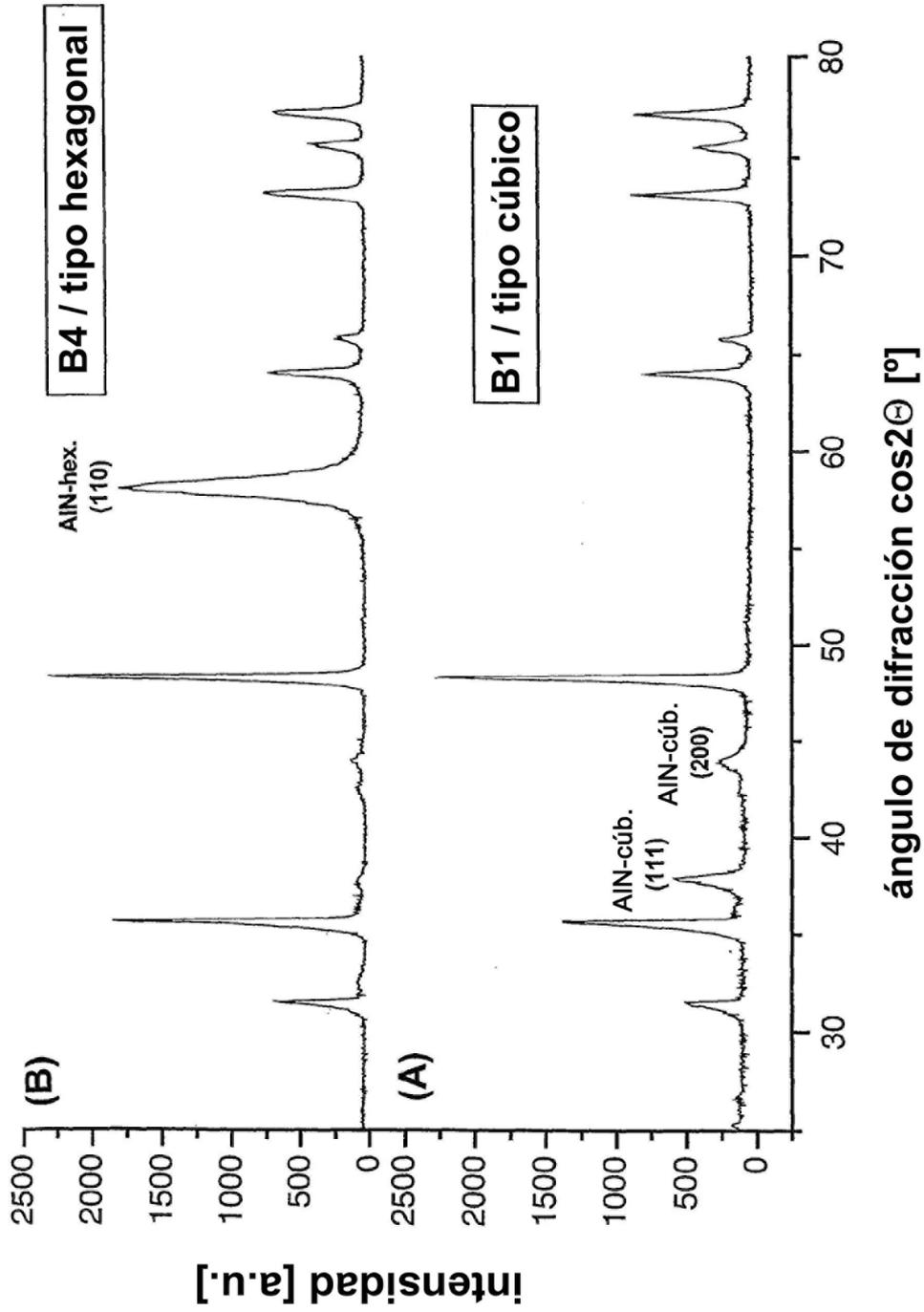


Fig. 1 eje X: ángulo de difracción  $\cos 2\theta$  (2 zeta), unidad: grados

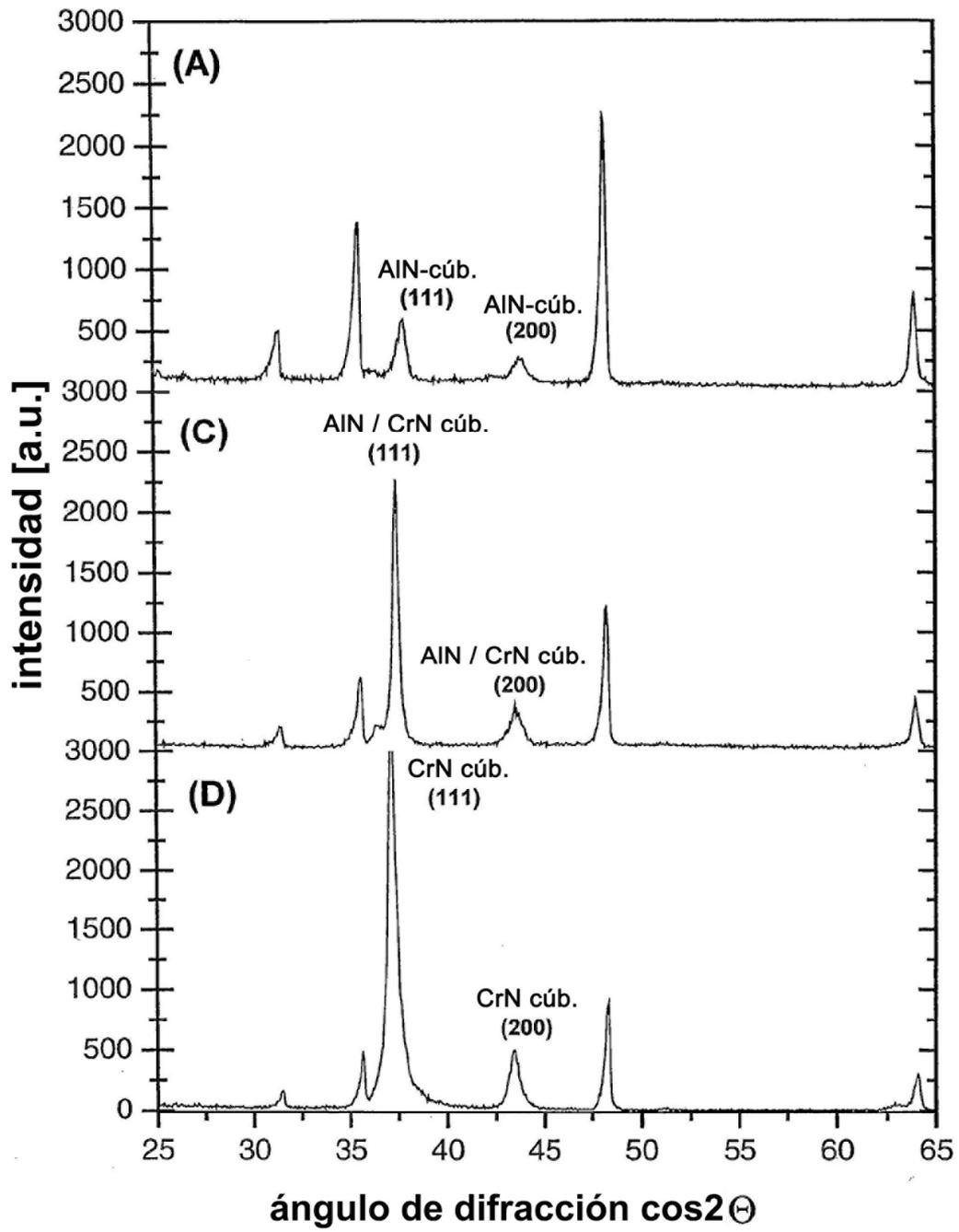


Fig. 2 eje X: ángulo de difracción  $\cos(2\zeta)$ , unidad: grados