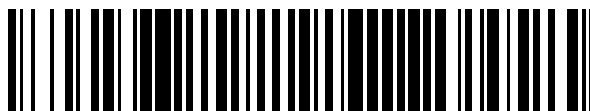


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 702 247**

51 Int. Cl.:

C23C 14/02 (2006.01)
C23C 28/04 (2006.01)
C23C 28/00 (2006.01)
C23C 14/06 (2006.01)
C23C 14/32 (2006.01)
C23C 14/34 (2006.01)
C23C 14/35 (2006.01)
C23C 14/50 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.04.2013 PCT/EP2013/001098**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **24.10.2013 WO13156131**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.04.2013 E 13720781 (7)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.09.2018 EP 2839051**

54 Título: **Herramientas de alto rendimiento que exhiben desgaste del cráter reducido en particular por las operaciones de maquinado en seco**

30 Prioridad:

16.04.2012 US 201261624487 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.02.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**ARNDT, MIRJAM;
LECHTHALER, MARKUS;
STEIN, SEBASTIAN y
ERIKSSON, ANDERS, OLOF**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 702 247 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Herramientas de alto rendimiento que exhiben desgaste del cráter reducido en particular por las operaciones de maquinado en seco

5 La presente invención se relaciona con un sistema de recubrimiento para reducir el desgaste del cráter de las herramientas de corte mediante operaciones de maquinado, particularmente beneficioso en operaciones de maquinado en seco tales como el encofrado, y que se puede retirar de la herramienta de corte utilizando procesos de eliminación de recubrimiento sin complicaciones. Además, la presente invención se relaciona con un método para
10 recubrir superficies con el sistema de recubrimiento de acuerdo con la invención.

Estado de la técnica

15 Las herramientas de corte están sujetas a condiciones de desgaste muy diferentes cuando se utilizan en operaciones de mecanizado en seco o en húmedo.

Por ejemplo, el desgaste del cráter se observa a menudo como un primer signo de desgaste por las operaciones de maquinado en seco a altas velocidades de corte. Particularmente mediante encofrado se ha observado que el
20 desgaste del cráter limita drásticamente el tiempo de vida de la herramienta de corte.

Los recubrimientos con base en AlCrN son hoy en día sistemas de recubrimiento bien establecidos para aumentar el rendimiento de corte y la vida útil de las herramientas de corte utilizadas por las operaciones de maquinado en seco.

25 Sin embargo, a pesar de las mejoras actuales logradas mediante el uso de recubrimientos con base en AlCrN de acuerdo con el estado de la técnica, se crean cada vez más nuevos requisitos que deben cumplirse.

Otra ventaja de los recubrimientos con base en AlCrN consiste en su capacidad de ser retirados de las herramientas de corte por medio de procesos de eliminación de recubrimiento sin complicaciones, que son más fáciles, más baratos y, a menudo, menos perjudiciales para la superficie de la herramienta de corte que, por ejemplo, aquellos
30 que deben usarse para retiro de recubrimientos con base en AlTiN.

Objetivo de la presente invención

35 El objetivo de la presente invención es proporcionar un sistema de recubrimiento con base en AlCrN que, en comparación con el estado de la técnica, permita una reducción significativa del desgaste del cráter y, en consecuencia, del desgaste de los flancos y, por consiguiente, aumente significativamente el rendimiento de corte y la vida útil del corte de herramientas utilizadas en las operaciones de maquinado en seco, en particular mediante encofrado. Además, el sistema de recubrimiento provisto de acuerdo con la presente invención debe poder retirarse de las herramientas de corte por medio de procesos no complicados de eliminación del recubrimiento. Además, un
40 objetivo de la presente invención es proporcionar un método para la producción del sistema de recubrimiento de acuerdo con la presente invención que debería ser aplicable para el recubrimiento de herramientas de corte.

Descripción de la invención.

45 El objetivo de la presente invención se logró proporcionando un sistema de recubrimiento que contiene una película de varias capas formada por nanocapas de nitruro de boro aluminio y cromo (Al-Cr-BN) y nitruro de aluminio y cromo (Al-Cr-N), donde la película de varias capas exhibe una combinación particular de bajo coeficiente de conductividad térmica, bajo coeficiente de desgaste abrasivo, alta dureza y excelente resistencia a la adhesión.

50 Una realización preferida de un sistema de recubrimiento de acuerdo con la presente invención se caracteriza por exhibir un coeficiente de conductividad térmica inferior a 3.0 W/m·K, preferiblemente inferior a 2.5 W/m·K.

En una realización preferida del sistema de recubrimiento de acuerdo con la presente invención, la película de varias capas se forma por Al-Cr-B-N y las nanocapas de Al-Cr-N que se depositan alternativamente una sobre otra. Las
55 nanocapas de Al-Cr-BN que tienen la composición del elemento $(Al_xCr_{1-x-z}B_z)N$ en la que $x = 50 - 80$ % atómico y $z = 5 - 30$ % atómico y $x + z \leq 90$ % atómico, preferiblemente $x = 50 - 70$ % atómico y $z = 10 - 20$ % atómico y $x + z \leq 80$ % atómico, donde x y z son la concentración de Al y la concentración de B, respectivamente, en porcentaje atómico si la cantidad total de átomos de Al, Cr y B presentes en cada nanocapa de Al-Cr-BN se considera como 100 por ciento atómico. Las nanocapas de Al-Cr-N tienen la composición elemental $(Al_yCr_{1-y})N$ en la que $y = 50 - 80$ % atómico, preferiblemente 60 – 70 % atómico, e y es la concentración de Al en porcentaje atómico, si la cantidad total de los átomos de Al y Cr presentes en cada nanocapa de Al-Cr-N se considera un 100% atómico.
60

En una realización preferida adicional del sistema de recubrimiento de acuerdo con la presente invención, la proporción del espesor de las nanocapas de Al-Cr-N al espesor de las nanocapas de Al-Cr-BN (espesor_{AlCrN}/espesor_{AlCrBN}) en la película de varias capas es ≤ 2 , preferiblemente aproximadamente 1.
65

En una realización preferida adicional del sistema de recubrimiento de acuerdo con la presente invención, el espesor de dos nanocapas Al-Cr-N y Al-Cr-B-N depositadas una sobre otra ($\text{espesor}_{\text{AlCrN}} + \text{espesor}_{\text{AlCrBN}}$) en la película de varias capas es ≤ 200 nm, preferiblemente ≤ 100 , más preferiblemente ≤ 50 nm, particularmente aproximadamente 10 - 30 nm.

5 Una realización más preferida del sistema de recubrimiento de acuerdo con la presente invención incluye una capa base debajo de la película de varias capas, teniendo la capa base la composición del elemento $(\text{Al}_w\text{Cr}_{1-w})\text{N}$ en la que $w = 50-80$ % atómico, preferiblemente 60 - 70 % atómico y siendo w la concentración de Al en porcentaje atómico si la cantidad total de átomos de Al y Cr presentes en la capa base se considera como 100 por ciento atómico. La
10 proporción del espesor de la capa base al espesor de la película de varias capas ($\text{espesor}_{\text{capa base}} / \text{espesor}_{\text{película de varias capas}}$) está preferiblemente entre 2 y 5, más preferiblemente entre 3 y 4.

Los sistemas de recubrimiento de acuerdo con la presente invención se pueden producir particularmente bien por medio de métodos de deposición física de vapor (PVD).

15 Especialmente ventajosos para la producción de sistemas de recubrimiento de acuerdo con la presente invención son los métodos de deposición de chapado de ión de arco (AIP).

Una realización preferida de un método de recubrimiento para la producción de sistemas de recubrimiento de acuerdo con la presente invención es un método de chapado de ión de arco en el que el material para formar el recubrimiento sobre las superficies del sustrato se proporciona mediante la evaporación por arco de los objetivos de Al-Cr y Al-Cr-B en una atmósfera de nitrógeno.

20 Una realización preferida adicional de un método de recubrimiento para la producción de sistemas de recubrimiento de acuerdo con la presente invención incluye un paso de grabado por plasma previa a la deposición de recubrimiento que se lleva a cabo en una atmósfera de nitrógeno, nitrógeno/hidrógeno o nitrógeno/hidrógeno/argón para crear una zona de difusión en el sustrato.

Ejemplos experimentales:

30 Las herramientas de encofrado se recubrieron en una máquina de recubrimiento de chapado de ión de arco de acuerdo con la presente invención. Los sustratos se introdujeron en la cámara de recubrimiento, la cámara de recubrimiento se bombeó a menos de 0.4 Pa, los sustratos se calentaron y grabaron en atmósfera de argón o argón/hidrógeno respectivamente, se depositó un sistema de recubrimiento que consistía en una capa base y una película de varias capas de acuerdo con la presente invención sobre los sustratos. Para la deposición de recubrimiento se utilizaron objetivos de Al-Cr-B y Al-Cr aleados que tenían respectivamente, por ejemplo, las siguientes composiciones de elementos en porcentaje atómico: $\text{Al}_{52}\text{Cr}_{28}\text{B}_{20}$ y $\text{Al}_{50}\text{Cr}_{50}$ o $\text{Al}_{52}\text{Cr}_{28}\text{B}_{20}$ and $\text{Al}_{70}\text{Cr}_{30}$ o $\text{Al}_{70}\text{Cr}_{20}\text{B}_{10}$ y $\text{Al}_{50}\text{Cr}_{50}$ o $\text{Al}_{70}\text{Cr}_{20}\text{B}_{10}$ y $\text{Al}_{70}\text{Cr}_{30}$. En algunos casos se depositó primero la capa base de Al-Cr-N y luego la película de varias capas de Al-Cr-B-N, en otros casos solo la película de varias capas de Al-Cr-B-N. Para la deposición de las capas base solo se evaporó el material de los objetivos de Al-Cr. Los objetivos de Al-Cr-B y Al-Cr aleados se colocaron estratégicamente en la máquina de recubrimiento con el fin de depositar las respectivas nanocapas de Al-Cr-BN y Al-Cr-N alternadas una sobre otra por el movimiento rotacional de los sustratos en la cámara de recubrimiento. La corriente de arco para la evaporación de los objetivos de Al-Cr-BN y Al-Cr-N se seleccionó en consecuencia con el fin de obtener el proceso más eficiente y las relaciones de espesor deseadas con respecto a las diferentes capas y/o respectivamente a las nanocapas y al mismo tiempo a propiedades mecánicas adecuadas.

50 Se ha encontrado que los recubrimientos de Al-Cr-B-N exhiben una tensión de compresión más baja que los recubrimientos de Al-Cr-N y los recubrimientos de Al-Cr-B-N son en cierto grado porosos. Además, al aumentar el contenido de boro en los recubrimientos de Al-Cr-B-N, se observó una reducción de la tensión por compresión. Sin embargo, las tensiones por compresión demasiado bajas también pueden ser desventajosas para aplicaciones en operaciones de mecanizado. Por esta razón, se ha aplicado un voltaje de polarización en el sustrato con el fin de aumentar la tensión por compresión en las películas. Sorprendentemente, los inventores encontraron que al aplicar voltajes de polarización de sustrato de al menos 70 V, pero preferiblemente mayores de 70 V, durante la deposición de las capas de Al-Cr-BN, es posible producir capas de Al-Cr-BN particularmente interesantes que tengan una densidad especialmente alta (evitando la porosidad), un coeficiente de conductividad térmica extraordinariamente bajo y una tensión por compresión adecuada al mismo tiempo. En consecuencia, los inventores podrían depositar capas de Al-Cr-B-N que tienen las propiedades más adecuadas para aplicaciones definidas en cuanto a densidad, coeficiente térmico y tensión por compresión mediante el ajuste del voltaje de polarización y el contenido de boro. Por lo tanto, fue posible, por ejemplo, depositar capas de Al-Cr-BN a partir de objetivos de $\text{Al}_{52}\text{Cr}_{28}\text{B}_{20}$ que exhiben un coeficiente de conductividad térmica muy bajo de aproximadamente 2.0 W/m·K.

65 Los inventores también encontraron que al variar el voltaje de polarización del sustrato de un valor $U_{\text{Polarización baja}}$ más bajo a un valor $U_{\text{Polarización alta}}$ más alto depositando la capa base de Al-Cr-N de acuerdo con la presente invención, se pueden obtener especialmente buenas propiedades mecánicas de recubrimiento y resistencia de adhesión. El voltaje de polarización del sustrato se puede aumentar de forma continua o por pasos.

Una realización adicional de un método de recubrimiento para depositar un sistema de recubrimiento de acuerdo con la presente invención implica una deposición de la capa base que varía el voltaje de polarización del sustrato durante la deposición de un voltaje de polarización inferior al voltaje de polarización superior de forma gradual o escalonada. Por ejemplo, en al menos dos pasos y preferiblemente en los que $U_{\text{Polarización mas baja}} \leq 4 \cdot U_{\text{Polarización mas alta}}$.

5 La mejora muy impresionante en el tiempo de vida de la herramienta de corte que se puede lograr utilizando sistemas de recubrimiento de acuerdo con la presente invención se mostrará adicionalmente presentando los resultados de una prueba de corte a manera de ejemplo.

10 Prueba de corte a manera de ejemplo:

Las placas PM-HSS s390 Böhler para fresado sincronizado con módulo $m_n = 2.557$ mm, ángulo de presión $\alpha_{n0} = 17.5^\circ$ y diámetro $d_{a0} = 110$ mm se recubrieron con tres sistemas de recubrimiento diferentes:

- 15 - un recubrimiento 1 comparativo: sistema de recubrimiento de acuerdo con el estado de la técnica que consiste fundamentalmente en $(Al_{70}Cr_{30})N$,
 - un recubrimiento 2 comparativo: sistema de recubrimiento de acuerdo con el estado de la técnica que consiste en un recubrimiento de varias capas que contiene $(Al_{70}Cr_{30})N$ y capas de Al-Cr-Si-W-N, y
 20 - un sistema de recubrimiento: recubrimiento de acuerdo con la presente invención que tiene una capa base esencialmente de Al-Cr-N depositada a partir de objetivos de $Al_{70}Cr_{30}$ en una atmósfera que comprende esencialmente nitrógeno, y una película de varias capas formada esencialmente de nanocapas de Al-Cr-N y Al-Cr-B-N alternadas depositadas una sobre otra, las nanocapas de Al-Cr-N depositadas a partir de objetivos de $Al_{70}Cr_{30}$ y las capas de Al-Cr-B-N depositadas a partir de objetivos de $Al_{70}Cr_{20}B_{10}$ en una atmósfera que comprende esencialmente nitrógeno, para la deposición de las capas Al-Cr-B-N. Para la deposición de las capas de Al-Cr B-N,
 25 se aplicó un voltaje de polarización superior a 70 V en el sustrato.

Las herramientas de corte recubiertas con el recubrimiento 1 comparativo, el recubrimiento 2 comparativo y el recubrimiento de la invención descrito anteriormente se probaron mediante encofrado con mosca de 16MnCr5 (dureza: 160 HB) mediante las siguientes condiciones de corte:

- 30 - seco
 - $V_c = 240$ m/min
 35 - $f_a = 4.8$ mm
 - H_{cu} , máx. de acuerdo con SPARTA = 0.25 mm.
 - Criterio de vida útil de la herramienta: profundidad de desgaste del cráter (KT) o desgaste del flanco $VB_{max} \geq 150$
 40 μm

Como se muestra en la figura 1, al usar recubrimientos de acuerdo con la presente invención, es posible mejorar significativamente el rendimiento de corte y alcanzar un formidable incremento de la vida útil de la herramienta en comparación con los recubrimientos establecidos del estado de la técnica.

45 Conductividad térmica, resistencia al desgaste abrasivo y dureza:

Dentro del alcance de la presente invención, los coeficientes de conductividad térmica de diferentes capas de recubrimiento se midieron de acuerdo con la técnica de medición propuesta y descrita por el Prof. David G. Cahill en su artículo titulado "Analysis of heat flow in layered structures for time-domain thermoreflectance" publicado en Rev. Sci. Instrum 75, 5119 (2004).

Además, los coeficientes de desgaste abrasivo de las mismas capas de recubrimiento se determinaron utilizando un probador de desgaste abrasivo del tipo kaloMAX NT de acuerdo con el documento DIN V ENV 1071. De acuerdo con este método, una bola es impulsada por un eje con ruedas de goma y guías a lo largo de la muestra. El ángulo del soporte de la muestra con respecto al eje horizontal y el tamaño de la bola determinan la carga aplicada entre la bola y la superficie de la muestra. Una pasta se alimenta en el centro de la bola y se mueve hacia el área de contacto y la bola tritura un cráter en la muestra. La cantidad de material eliminado se calcula midiendo el diámetro de los cráteres y el coeficiente de desgaste se calcula a partir de la carga, la distancia de deslizamiento y el volumen del cráter de desgaste. Dado que esta técnica de medición es extremadamente dependiente de la humedad y la temperatura, la prueba se llevó a cabo en una sala con clima controlado a una temperatura ambiente de 20°C y una humedad del 39% utilizando una bola de 30 mm de diámetro, conteniendo una pasta partículas de óxido de aluminio que tienen un tamaño de grano de 1 μm , a una velocidad de deslizamiento de 100 rpm.

65 En la tabla 1 se muestran los coeficientes de conductividad térmica, los valores de dureza Vickers y los coeficientes de desgaste abrasivo del recubrimiento 1 comparativo, el recubrimiento 2 comparativo, el recubrimiento de la

invención, un recubrimiento de monocapa de Al-Cr-BN y un recubrimiento de monocapa de Ti-Al-N. El recubrimiento de monocapa de Al-Cr-BN se depositó a partir de objetivos de Al-Cr-B que tienen una composición elemental en porcentaje atómico 52:28:20 en una atmósfera que comprende esencialmente nitrógeno y que utiliza un voltaje de polarización mayor que 70 V. El recubrimiento de monocapa de dTi-Al-N se depositó a partir de objetivos de Ti-Al que tienen una composición de elementos en porcentaje atómico 50:50 en una atmósfera que comprende esencialmente nitrógeno.

Como puede observarse en la tabla 1, el recubrimiento de la invención presenta una muy buena combinación de propiedades de la película, que son sorprendentemente muy similares a las propiedades de la película del recubrimiento de monocapa de Al-Cr-B-N a pesar de la constitución del recubrimiento diferente.

Los recubrimientos depositados de acuerdo con la presente invención, que comprenden una película multicapa de Al-Cr-N/Al-Cr-BN y/o que comprenden una película de varias capas de Cr-Al-N/Cr-Al-BN y una capa base de Cr-Al-N exhiben, sin embargo, mejor rendimiento de corte que los recubrimientos de varias capas de Al-Cr-BN.

Tabla 1: Coeficientes de conductividad térmica medidos, valores de dureza Vickers y coeficientes de desgaste abrasivo

	Coeficiente de conductividad térmica λ at T = 50-200 °C [W/m·K]	Dureza HV	Coeficiente de desgaste abrasivo m ³ / (mN)
Recubrimiento 1 comparativo	$2.5 < \lambda_{50-200^{\circ}\text{C}} < 3.2$	2600-3100	$1.10^{-15}-3 \cdot 10^{-15}$
Recubrimiento 2 comparativo	$2.5 < \lambda_{50-200^{\circ}\text{C}} < 3$	2800-3200	$2 \cdot 10^{-15}-3.5 \cdot 10^{-15}$
Recubrimiento inventivo	$\lambda_{50-200^{\circ}\text{C}} < 2.5$	≥ 3300	$1 \cdot 10^{-16}-9 \cdot 10^{-16}$
Recubrimiento de Al-Cr-B-N depositado a partir de objetivos de Al ₅₂ Cr ₂₈ B ₂₀	$\lambda_{50-200^{\circ}\text{C}} \cong 2$	$\cong 3400$	$\cong 3 \cdot 10^{-16}$
Recubrimiento de Ti-Al-N depositado a partir de objetivos de Ti ₅₀ Al ₅₀	$\lambda_{50-200^{\circ}\text{C}} > 6.5$	2500-3000	$4 \cdot 10^{-15}-8 \cdot 10^{-15}$

En el contexto de la presente invención, el espesor de cada nanocapa A y B individual es preferiblemente no mayor que 200 nm, más preferiblemente no mayor que 100 nm.

La concentración más alta de boro en las capas de (Al_xCr_{1-x-z}B_z)N de acuerdo con la presente invención también podría ser menor que 5% atómico y preferiblemente no menor que 2% at.% con el fin de producir capas que contienen boro que tienen un bajo coeficiente de conductividad térmica tanto como sea posible. Un recubrimiento que tiene un bajo coeficiente de conductividad térmica de acuerdo con la presente invención es muy ventajoso para disminuir la carga térmica en herramientas de corte expuestas a altas temperaturas, que son resultados durante los procesos de corte a altas velocidades de corte (Vc > 200 m/min). Este atributo de los recubrimientos producidos de acuerdo con la presente invención es particularmente beneficioso para disminuir el desgaste del cráter en herramientas de corte hechas de acero de alta velocidad, tal como las placas HSS, porque el desgaste del cráter se produce en este tipo de herramientas de corte básicamente debido a cargas térmicas demasiado altas.

En el contexto de la presente invención, las nanocapas de nitruro de boro aluminio y cromo (Al-Cr-BN) se denominarán nanocapas A y las nanocapas de nitruro de aluminio y cromo (Al-Cr-N) se denominarán nanocapas B.

Si las nanocapas A y B que forman la película de varias capas se producen por medio de un proceso reactivo con PVD llevado a cabo de tal manera que las superficies del sustrato que se van a recubrir se giran en la cámara de recubrimiento de tal manera que las superficies están expuestas alternativamente a los objetivos que contienen AlCrB y a los objetivos que contienen AlCr con el fin de producir las nanocapas A y B, respectivamente, se entiende que:

- entre las nanocapas A y B que tienen esencialmente una concentración de elemento que corresponde a las fórmulas (Al_xCr_{1-x-z}B_z)N y (Al_yCr_{1-y})N, como se describió anteriormente, podría haber áreas que contengan boro de

aluminio y cromo y nitrógeno, pero que tienen una menor concentración de boro, lo más probable es que la concentración de boro en estas áreas sea graduada. En estas áreas, la concentración de boro puede ser inferior a 3 % atómico. Pero en estos casos, la condición $z \geq 3\%$ atómico, preferiblemente $z \geq 5\%$ atómico en la fórmula $(Al_xCr_{1-x}zB_z)_N$ se refiere a las áreas de las nanocapas A que tienen el mayor contenido de boro.

5 En una realización preferida adicional de un sistema de recubrimiento de acuerdo con la presente invención, la proporción del contenido de aluminio al contenido de cromo en porcentaje atómico se mantiene constante a lo largo del espesor de la película de varias capas formada por nanocapas A y B alternadas que contienen esencialmente nitruro de aluminio, cromo, boro y nitruro de aluminio, cromo, respectivamente. Si el sistema de recubrimiento de
10 acuerdo con la presente realización de la presente invención comprende también una capa base que contiene también aluminio y cromo, la capa base se produce con el fin de tener la misma proporción de contenido de aluminio al contenido de cromo como en la película de varias capas.

15 Para algunas operaciones de corte, también se puede lograr un rendimiento de corte muy bueno utilizando herramientas de corte recubiertas con un sistema de recubrimiento de acuerdo con la presente invención que tiene una proporción del espesor de la capa base al espesor de la película de varias capas ($\text{espesor}_{\text{capa base}} / \text{espesor}_{\text{película de varias capas}}$) de aproximadamente 0.25 o superior, preferiblemente de aproximadamente 0.5 o superior.

20 Una realización preferida adicional de un sistema de recubrimiento de acuerdo con la presente invención comprende más de una película de varias capas hecha de nanocapas A y B a lo largo del espesor total del sistema de recubrimiento.

25 En una variante preferida de esta realización preferida que comprende más de una película de varias capas, el sistema de recubrimiento se deposita sobre una superficie de una herramienta de corte, donde el sistema de recubrimiento comprende una capa base hecha de nitruro de aluminio y cromo que se deposita sobre la superficie del sustrato y una película con estructura de varias capas depositada sobre la capa base, en la que la película con estructura de varias capas está formada por capas C y D alternadas depositadas una sobre otra, en la que las capas C son capas de AlCrN que no contienen boro y las capas D son películas de varias capas hechas de nanocapas A y B alternadas.

30 En una variante más preferida de esta realización preferida, la superficie de la herramienta de corte sobre la que se deposita el sistema de recubrimiento es una zona enriquecida con nitrógeno.

35 La creación de una zona enriquecida con nitrógeno en la superficie del sustrato de la herramienta que se va a recubrir de acuerdo con la presente invención contribuye significativamente a reducir el desgaste del cráter de las herramientas.

40 Un método preferido para producir sistemas de recubrimiento de acuerdo con la presente invención es un método de PVD en el que los elementos aluminio, cromo y boro para la producción de las nanocapas A y B provienen de objetivos que tienen una composición de elementos en porcentaje atómico $(Al_iCr_{1-i}B_j)$ y (Al_iCr_{1-i}) , respectivamente, y donde:

45 - i es preferiblemente no inferior a 50% % atómico y no mayor a 80 % atómico, más preferiblemente i es 70 % atómico.

- j es preferiblemente no inferior a 2 en % atómico y no mayor a 30 % atómico

50 Para recubrir sustratos con un sistema de recubrimiento de acuerdo con la presente invención, también son técnicas adecuadas procesos de pulverización catódica con magnetrón, que incluyen particularmente de pulverización catódica por magnetrón de impulso de alta potencia (HIPIMS). Además, los objetivos hechos por metalurgia en polvo son particularmente adecuados para la producción de sistemas de recubrimiento de acuerdo con la presente invención

55 En particular, las realizaciones de sistemas de recubrimiento, sustratos recubiertos y métodos para recubrir sustratos con sistemas de recubrimiento de acuerdo con la presente invención se describen en las siguientes reivindicaciones 1 a 15.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de recubrimiento depositado sobre una superficie de un sustrato que comprende al menos una película de varias capas formada de nanocapas A y B alternadas depositadas una sobre otra, en el que las nanocapas A contienen nitruro de boro aluminio y cromo y las nanocapas B contienen nitruro de aluminio y cromo, pero no contienen boro, caracterizado porque las nanocapas A tienen una región con el mayor contenido de boro y una región con un menor contenido de boro, en el que la región que tiene menor contenido de boro es la región adyacente a las nanocapas B, en la que la suma del espesor de una nanocapa A y el espesor de una nanocapa B depositadas una sobre otra en la película de varias capas no es superior a 200 nm, y la proporción entre el espesor de una nanocapa B y el espesor de una nanocapa A depositada una sobre otra en la película de varias capas no es mayor que 2, y en el que la composición del elemento de las nanocapas A, o si se da en la región de las nanocapas A que tiene mayor contenido de boro, se define por la fórmula $(Al_xCr_{1-x}B_z)N$ con x y z siendo respectivamente la concentración de Al y la concentración de B en porcentaje atómico cuando solo los elementos Al, Cr y B se consideran para el cálculo, con $x = 50 - 80$ % atómico y $z = 3 - 30$ % atómico y $x + z \leq 90$ % atómico, y en el que la composición del elemento de las nanocapas B se define por la fórmula $(Al_yCr_{1-y})N$ con y siendo la concentración de Al en porcentaje atómico cuando solo se consideran los elementos Al y Cr para el cálculo, con $y = 50 - 80$ % atómico.
2. Sistema de recubrimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque
- $x = 50 - 70$ % atómico y $z = 10 - 20$ % atómico y $x + z \leq 80$ % atómico, y/o
 - $y = 60 - 70$ % atómico.
3. Sistema de recubrimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 2, caracterizado porque el sistema de recubrimiento exhibe un coeficiente de conductividad térmica inferior a 3.0 W/m.K, preferiblemente inferior a 2.5 W/m.K.
4. Sistema de recubrimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 3, caracterizado porque la suma del espesor de una nanocapa A y el espesor de una nanocapa B depositadas una sobre otra en la película de varias capas no es mayor que 100 nm, preferiblemente no es mayor que 50 nm, más preferiblemente no es mayor que 30 nm.
5. Sistema de recubrimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 4, caracterizado porque la proporción del espesor de una nanocapa B al espesor de una nanocapa A depositada una sobre la otra en la película de varias capas es 1.
6. Sistema de recubrimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 5, caracterizado porque el sistema de recubrimiento comprende una capa base depositada entre la superficie del sustrato y la película de varias capas.
7. Sistema de recubrimiento de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizado porque la composición del elemento de la capa base se define esencialmente por la fórmula $(Al_wCr_{1-w})N$ en la que:
- w es la concentración de Al en porcentaje atómico si solo se consideran los elementos Al y Cr para el cálculo, con
 - $w = 50 - 80$ % atómico, preferiblemente 60 - 70 % atómico.
8. Sistema de recubrimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 6 a 7, caracterizado porque el sistema de recubrimiento comprende una película estructurada de varias capas depositada sobre la capa base, en el que la película estructurada de varias capas está formada por capas C y D depositadas una sobre la otra alternadas, en el que las capas C son capas de AlCrN que no contienen boro, y las capas D son películas de varias capas formadas por nanocapas A y B alternadas.
9. Sistema de recubrimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 8, caracterizado por tener una proporción constante de contenido de aluminio a contenido de cromo al menos a lo largo del espesor de la película de varias capas o al menos si se da a lo largo del espesor de la capa base.
10. Sustrato recubierto con un sistema de recubrimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 9, caracterizado porque el sustrato comprende una zona de difusión enriquecida con nitrógeno en la interfaz con el sistema de recubrimiento.
11. Método para recubrir una superficie de un sustrato con un sistema de recubrimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 9, caracterizado porque al menos la película de varias capas se deposita por medio de técnicas físicas de deposición de vapor, tal como el arco catódico y/o técnicas de pulverización con magnetrón, en particular técnicas de pulverización catódica con magnetrón de impulso de alta potencia, preferiblemente el material para formar la película de varias capas se proporciona mediante evaporación con chapado de ión de arco catódico de al menos un objetivo, preferiblemente un objetivo hecho de polvo de metalurgia,

que contiene aluminio cromo y boro para producir las nanocapas A y al menos un objetivo, preferiblemente un metalúrgico en polvo hecho objetivo, que contiene aluminio y cromo para producir las nanocapas B en una atmósfera que contiene nitrógeno, y al menos depositando las capas que contienen B se aplica un voltaje de polarización negativo en el sustrato que preferiblemente no es inferior a 70 V en valor absoluto.

5 12. Método de acuerdo con la reivindicación 11, caracterizado porque al menos un objetivo se usa para formar las nanocapas A y este objetivo tiene una composición de elementos en porcentaje atómico dada por la fórmula $(Al_iCr_{1-i})_{1-j}B_j$, y al menos un objetivo se utiliza para formar las nanocapas B y este objetivo tiene una composición de elementos en porcentaje atómico dada por la fórmula (Al_iCr_{1-i}) , donde:

10 - i es preferiblemente no inferior a 50% % atómico y no mayor a 80 % atómico, más preferiblemente i es 70 % atómico.

- j es preferiblemente no inferior a 2 % atómico y no mayor a 30 % atómico

15 13. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 11 a 12 para recubrir una superficie de un sustrato con un sistema de recubrimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 6 a 9, caracterizado porque la capa base se deposita mediante técnicas físicas de deposición de vapor, preferiblemente por medio de técnicas de chapado de iones de arco catódico reactivo y aplicando un voltaje de polarización negativo en el sustrato durante al menos una parte del tiempo de deposición.

20 14. Método de acuerdo con la reivindicación 13, caracterizado porque el voltaje de polarización negativa aplicado durante la deposición de la capa base se varía durante la deposición y se incrementa desde un valor más bajo de $U_{\text{Polarización mas baja}}$ hasta un valor más alto de $U_{\text{Polarización mas alta}}$, preferiblemente $U_{\text{Polarización mas baja}}$ no es mayor que 4 veces $U_{\text{Polarización mas alta}}$ en valor absoluto.

25 15. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 11 a 14 anteriores para producir un sustrato recubierto de acuerdo con la reivindicación 10, caracterizado porque la zona de difusión se produce al realizar un paso de grabado por plasma antes de la deposición del recubrimiento que se lleva a cabo en una atmósfera de nitrógeno o una de nitrógeno/hidrógeno, o una de nitrógeno/hidrógeno/argón.

30

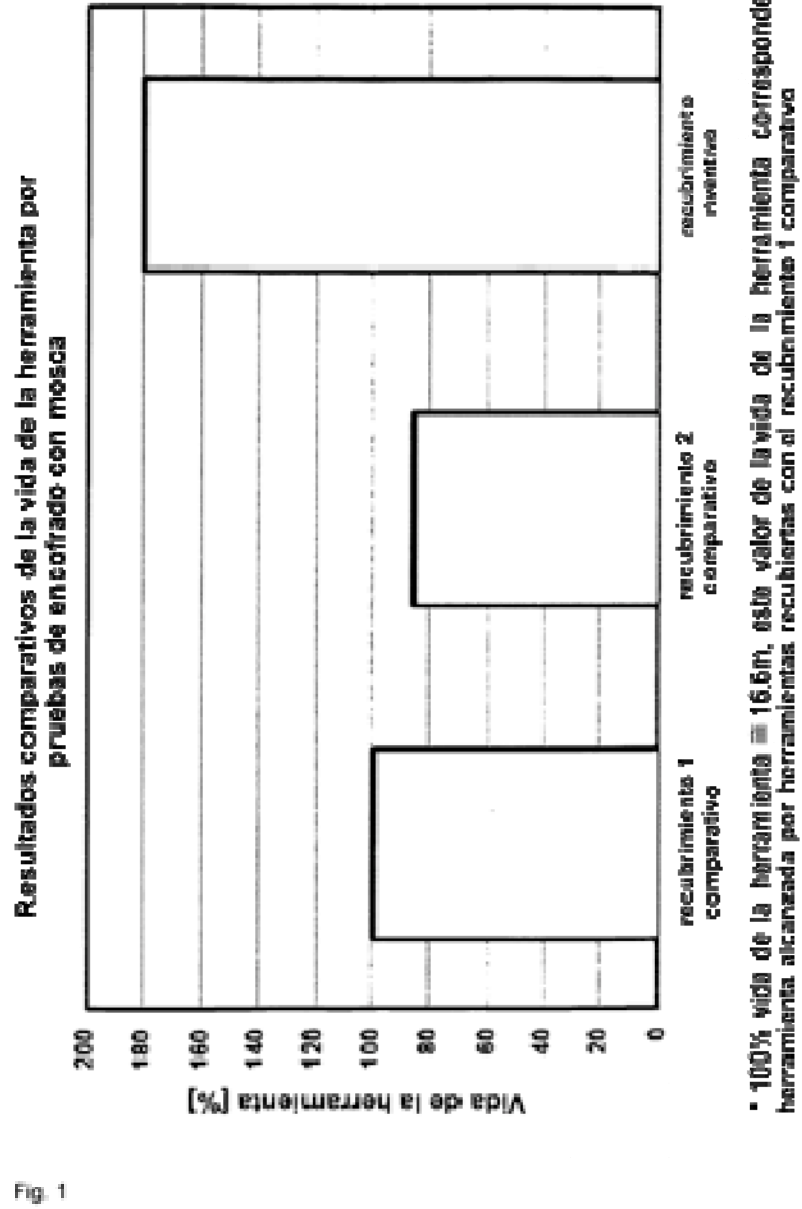


Fig. 1