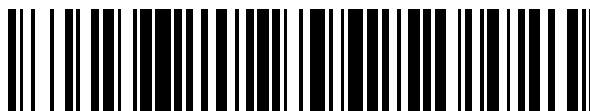


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 657 844**

51 Int. Cl.:

**C23C 14/06** (2006.01)

**C23C 28/04** (2006.01)

**C23C 30/00** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.01.2011 PCT/EP2011/000295**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.08.2011 WO11095292**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.01.2011 E 11702143 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.11.2017 EP 2531633**

54 Título: **Herramientas de corte con recubrimiento multicapa de AL-Cr-B-N / Ti-Al-N**

30 Prioridad:

**04.02.2010 US 301336 P**

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

**07.03.2018**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**LECHTHALER, MARKUS y  
TRITREMMELE, CHRISTIAN**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 657 844 T3**

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

## DESCRIPCIÓN

Herramientas de corte con recubrimiento multicapa de AL-Cr-B-N / Ti-Al-N

5 La presente invención se relaciona con recubrimientos depositados por medio de métodos físicos de deposición en fase de vapor. Estos recubrimientos se basan principalmente en nitruros de aluminio, cromo y boro y poseen una mejor resistencia al desgaste. Además, estos recubrimientos pueden aplicarse particularmente sobre herramientas de corte.

10 De acuerdo con la presente invención, las películas de Al-Cr-B-N son parte de una arquitectura de recubrimiento multicapa.

Estado de la técnica

15 Tanto Ti-Al-N como Cr-Al-N son sistemas bien establecidos de recubrimiento resistentes al desgaste. Por un lado, Ti-Al-N es, por ejemplo ampliamente usado para el mecanizado de acero endurecido. Es estructuralmente estable hasta aproximadamente 900°C en presencia de oxígeno. Sin embargo, Ti-Al-N pierde dureza significativamente a temperaturas superiores a 600°C. Por otro lado, Cr-Al-N tiene, al menos después de aplicaciones de temperatura caliente en atmósfera de oxígeno, una dureza más alta que Ti-Al-N y una resistencia a la oxidación mucho mejor. Cr-Al-N es incluso estructuralmente estable hasta 1100°C en la presencia de oxígeno. Sin embargo, en comparación con otros recubrimientos, Cr-Al-N no mejora esencialmente el rendimiento de las herramientas de corte recubiertas en el mecanizado de aceros endurecidos.

25 Debido a las propiedades muy interesantes de los nitruros de titanio y aluminio y los nitruros de cromo y aluminio, muchos nuevos diseños de sistemas de recubrimiento aún incluyen estos nitruros o se basan en ellos.

El documento WO2006084404 divulga un sistema de recubrimiento diseñado para ser especialmente usado como un recubrimiento duro con una resistencia a la oxidación extremadamente alta para proteger herramientas de corte que también requieren protección contra el desgaste. El sistema de recubrimiento descrito comprende al menos una capa principal sobre una superficie de un sustrato, una capa enterrada y una capa superficial externa, en la que la capa superficial comprende AlCrZ, donde Z puede ser N, C, B, CN, BN, CBN, NO, CO, BO, CNO, BCNO o CBNO.

35 La capa enterrada comprende cualquiera de los siguientes materiales o sus combinaciones: un nitruro metálico, carburo o carbonitruro, un nitruro, carburo o carbonitruro de silicio metálico, en el que el metal es al menos un metal de transición del grupo IVB, VB o VIB o multicapa de los materiales o un material o una combinación o una multicapa de los materiales que comprende al menos un metal o carbono, preferiblemente una capa de carbono tipo diamante. La capa principal comprende un nitruro, carburo o carbonitruro o un material multicapa de nitruro, carburo o carbonitruro. La capa principal puede depositarse sobre la pieza de trabajo directamente o mediante una capa de adhesión interpuesta, que puede ser un metal de transición o nitruro de metal antes mencionado, preferiblemente AlCr, AlTi, Cr, Ti, AlCrN, AlTiN, TiN o CrN.

45 Asimismo, en el documento WO2008037556 se divulga un sistema de recubrimiento en base a Al-CrN que también contempla una combinación con TiAlN. Más exactamente a continuación se divulga en el documento WO2008037556: un sistema de recubrimiento para mejorar la resistencia al desgaste que consiste en al menos una capa con la siguiente composición:  $(Al_{1-a-b-c}Cr_aB_bZ_c)X$ , donde X es al menos uno de N, C, CN, NO, CO, CNO y Z es al menos uno de W, Mo, Ta, Cb (también referido como Nb) y en el que hay valores válidos  $0.2 \leq a \leq 0.5$ ,  $0.01 \leq b \leq 0.2$  y  $0.001 \leq c \leq 0.04$ . Además, se divulga que la al menos una capa de AlCrBZX direccionada se puede aplicar directamente sobre la superficie del cuerpo de la pieza de trabajo o se puede aplicar para formar la capa más externa del sistema de recubrimiento. Asimismo, se menciona que la al menos una capa de AlCrBZX puede estar incrustada dentro de un sistema multicapa entre un primer subsistema de capa hacia la superficie del cuerpo de la pieza de trabajo y un segundo subsistema de capa hacia la superficie del cuerpo recubierto. Además, se menciona que en un sistema de múltiples capas puede proporcionarse más de una de las capas de AlCrBZX direccionadas de estequiometría y/o composición de material igual o variable. De ese modo, tales capas de tipo AlCrBZX pueden residir directamente una encima de otra con diferente estequiometría y/o composición del material o pueden estar separadas por respectivos subsistemas de capa de recubrimiento. Además, se divulga que el sistema de recubrimiento puede comprender al menos una capa intermedia de  $(Ti_dAl_e)N$  o  $(Cr_fAl_g)N$  entre el sustrato y la capa más externa, donde  $0.4 \leq d \leq 0.6$ ,  $0.4 \leq e \leq 0.6$ ,  $0.4 \leq f \leq 0.7$  y  $0.3 \leq g \leq 0.6$ . De este modo, la capa intercalada dirigida de TiAlN o CrAlN puede proporcionarse de modo que sea una capa de un subsistema de múltiples capas entre la superficie del cuerpo y la capa de AlCrBZX. Además, el sistema de recubrimiento puede comprender una multicapa de capas alternas de al menos una de las capas intermedias direccionadas y de al menos una de las capas AlCrBZX.

65 Además, el documento JP2009012139 divulga una herramienta de corte cuya superficie está recubierta con una capa de recubrimiento de AlCrBN dura que posee un espesor de capa de 0.8 - 5  $\mu$ m. Se menciona que la capa de recubrimiento de AlCrBN descrita proporciona alta dureza, excelente lubricidad y resistencia al desgaste en el corte a alta velocidad de materiales con alta soldabilidad. El recubrimiento de AlCrBN divulgado consiste en una primera

película depositada sobre la superficie del sustrato que tiene una composición de  $(Al_xCr_{1-x}B_y)NZ$  con  $0.5 \leq X \leq 0.7$ ,  $0.001 \leq Y \leq 0.1$ ,  $0.9 \leq Z \leq 1.25$ ,  $X+Y < 0.75$  y una segunda película depositada en la primera película que tiene una composición de  $(Al_aCr_{1-a}B_b)Nc$  con  $0.4 \leq a \leq 0.7$ ,  $1 \leq b \leq 2.5$ ,  $0.25 \leq c \leq 0.68$ . El recubrimiento total tiene una composición promedio de  $Al_\alpha Cr_{1-\alpha} B_\beta N_\gamma$  donde  $0.5 \leq \alpha \leq 0.7$ ,  $0.003 \leq \beta \leq 0.12$ ,  $0.8 \leq \gamma \leq 1.25$ .

5

#### Objetivo de la invención

Los inventores observaron que efectivamente los recubrimientos de capa única de Al-Cr-B-N exhiben una dureza y un comportamiento tribológico mejorados en comparación con los recubrimientos de Al-Cr-N bien establecidos. Sin embargo, todavía hay una necesidad de mejoras adicionales. Los recubrimientos de Al-Cr-B-N exhiben a pesar de sus propiedades interesantes también una tensión residual muy alta. Esto empeora el rendimiento de corte de las herramientas recubiertas con estas prometedoras películas de recubrimiento. Esto es especialmente desventajoso en aplicaciones que requieren altos espesores de recubrimiento donde se requieren tensiones residuales particularmente bajas en los recubrimientos para evitar la deslaminación del recubrimiento.

10

15

Es un objetivo de la presente invención proporcionar recubrimientos que exhiban una baja tensión residual, una dureza mejorada y coeficientes de desgaste mejorados en comparación con los recubrimientos de monocapas de Al-Cr-N y Al-Cr-B-N.

20

#### Descripción de la invención

Con el fin de alcanzar tensiones residuales reducidas en recubrimientos de Al-Cr-B-N se sintetizaron diferentes estructuras de múltiples capas por medio de procesos de deposición de vapor físicos, preferiblemente usando métodos de deposición de chapado de iones de arco catódico reactivo.

25

Los inventores observaron sorprendentemente que las estructuras de recubrimiento multicapa que combinan particularmente de manera alterna capas individuales de Al-Cr-BN y Ti-Al-N, especialmente cuando el espesor de las capas individuales de Al-Cr-BN es más grueso que el espesor de las capas individuales de Ti-Al-N, predominantemente que mantienen básicamente una proporción de 2:1 con respecto al espesor de las capas individuales de Al-Cr-BN relacionadas con el espesor de las capas individuales de Ti-Al-N exhiben un tensión residual increíblemente baja y una dureza increíblemente alta al mismo tiempo. Mediante la adición de capas individuales de Ti-Al-N fue posible mejorar considerablemente la elasticidad del recubrimiento. En consecuencia, la fuerza de adhesión del recubrimiento, la resistencia y la tenacidad del recubrimiento podrían mejorarse considerablemente de forma general.

30

35

Por lo tanto, los inventores divulgan un recubrimiento con baja tensión residual en combinación con dureza mejorada y buenas propiedades tribológicas.

40

De acuerdo con una realización de la presente invención, se realiza una combinación de Al-Cr-BN y Ti-Al-N en una arquitectura multicapa con al menos dos capas de Ti-Al-N y al menos dos capas de Al-Cr-BN depositadas alternativamente y donde la capa individual que está más cerca de la superficie del sustrato es una capa de Ti-Al-N, y la capa individual que está más cerca de la superficie del recubrimiento es una capa de Al-Cr-BN. Más preferiblemente, al menos tres capas de Ti-Al-N y al menos tres capas de Al-Cr-BN se depositan alternativamente. La primera capa de Ti-Al-N puede tener un espesor de capa diferente en comparación con las otras capas individuales de Ti-Al-N y también puede depositarse directamente sobre la superficie del sustrato con el fin de usarse como capa de adhesión. La última capa de Al-Cr-BN puede tener un espesor diferente en comparación con las otras capas individuales de Al-Cr-BN y también puede depositarse como la capa más externa.

45

50

De acuerdo con una realización preferida de la presente invención, los recubrimientos multicapa de Al-Cr-B-N / Ti-Al-N se sintetizan por evaporación de arco catódico en atmósfera de  $N_2$  a 3.5 Pa y 500°C en un sistema de deposición INNOVA de Oerlikon Balzers a escala industrial. Con el fin de formar la arquitectura multicapa, las capas de Al-Cr-BN se depositan desde al menos un objetivo de material fuente aleado que contiene aluminio, cromo y boro con la siguiente composición de elementos:  $Al_xCr_yB_z$ , donde  $x + y + z = 1$ ,  $x = 1.8 \cdot y$ , e  $0.1 \leq z \leq 0.3$  (los valores x, y e z se dan aquí en fracciones atómicas). Las capas de Ti-Al-N se depositan desde al menos un objetivo de material fuente aleado que contiene aluminio y titanio. En esta realización preferida, se usaron objetivos de TiAl con una composición de elementos de 50:50 en porcentaje atómico. Además, el diseño del recubrimiento multicapa de acuerdo con esta realización consiste en una primera capa de Ti-Al-N de 0.3 µm de espesor depositada sobre la superficie del sustrato, seguida de ocho iteraciones de 0.2 µm de Al-Cr-BN y capas individuales de Ti-Al-N de 0.1 µm depositadas alternadas (espesor del período bicapa de la multicapa: 0.3 µm) y que concluye con una capa de Al-Cr-BN de 0.8 µm como capa más externa, que resulta en un espesor total de recubrimiento de aproximadamente 3.5 µm.

60

65

La difracción de rayos X reveló que todos los recubrimientos exhiben una estructura cúbica centrada en la cara en el estado depositado. La espectroscopía de fotoelectrones de rayos X mostró picos que indican la formación de una fase de  $B_xN_y$  en la capa más externa de Al-Cr-BN.

También se observó que el aumento del contenido de B resulta en un refinamiento del grano.

Después del examen de las propiedades mecánicas y tribológicas de diferentes recubrimientos de Al-Cr-BN depositados como recubrimientos simples monocapa por composiciones de elementos variados y espesor, se pudo determinar que los recubrimientos monocapas de Al-Cr-BN exhiben una dureza máxima de aproximadamente 43 GPa básicamente por tensiones residuales de aproximadamente -1.5 GPa, y buena resistencia al desgaste.

También se llevaron a cabo exámenes similares de propiedades mecánicas y tribológicas en recubrimientos sintetizados de acuerdo con la presente invención. Con el fin de obtener conclusiones representativas sobre las ventajas de los recubrimientos multicapa de Al-Cr-BN/Ti-Al-N sintetizados de acuerdo con la presente invención en comparación con los recubrimientos monocapa de Al-Cr-BN, las capas individuales de Al-Cr-BN de los recubrimientos multicapa se sintetizaron mediante parámetros de recubrimiento analógico como los usados por la deposición de los recubrimientos monocapa de Al-Cr-BN examinados. Para la comparación, los recubrimientos multicapa de Al-Cr-B-N/Ti-A-N sintetizado de acuerdo con la presente invención se depositaron con un espesor de recubrimiento total similar a los recubrimientos monocapa de Al-Cr-B-N analógico.

En el contexto de esta especificación de patente, la palabra analógico se usa para relacionar recubrimientos monocapa de Al-Cr-B-N y recubrimientos multicapa de Al-Cr-B-N / Ti-Al-N, cuyas:

- respectivas capas de Al-Cr-B-N se depositan mediante los mismos parámetros de recubrimiento y usando el mismo tipo de objetivos de material fuente con composición de elementos de objetivos iguales, y
- el espesor total del recubrimiento es casi igual.

La comparación reveló una mejora significativa de las propiedades mecánicas y tribológicas.

Especialmente sorprendente fue la combinación obtenida de una dureza muy alta y una tensión residual muy baja al mismo tiempo exhibida por los recubrimientos multicapa sintetizados de acuerdo con la presente invención.

Los recubrimientos multicapa sintetizados de acuerdo con la presente invención que usan  $Al_xCr_yB_z$  objetivos de material fuente aleados, con valores de z entre 0.15 y 0.25 para la deposición de las capas individuales de Al-Cr-B-N exhibieron las mejores propiedades mecánicas y tribológicas. Se pudieron medir tensiones residuales muy bajas de aproximadamente -0.25 GPa y una dureza mejorada de aproximadamente 50 GPa, así como propiedades tribológicas mejoradas, que incluyen coeficientes de desgaste en el intervalo de  $4 \times 10^{-16} \text{ m}^3/\text{Nm}$  a  $500^\circ \text{ C}$ .

Particularmente debido a las tensiones residuales extremadamente bajas y por consiguiente a la fuerza de la adherencia del recubrimiento y resistencia totales mejoradas observadas por los recubrimientos multicapa de Al-Cr-BN/Ti-Al-N sintetizados de acuerdo con la presente invención, una realización preferida adicional de la invención es la síntesis de recubrimientos multicapa de Al-Cr-BN/T-Al-N con un espesor de recubrimiento relativamente grueso en comparación con procesos de deposición de vapor físicos convencionales depositados por medio de, por ejemplo, métodos de pulverización y evaporación por arco. De acuerdo con esta realización de la presente invención, los recubrimientos multicapa de Al-Cr-B-N/Ti-Al-N se depositan teniendo un espesor de recubrimiento total igual o superior a 3  $\mu\text{m}$ , preferiblemente igual o más grueso que 5  $\mu\text{m}$ . Se pueden realizar espesores recubrimiento de capa más gruesos de 10  $\mu\text{m}$ , 20  $\mu\text{m}$  e incluso hasta 30  $\mu\text{m}$  y los recubrimientos aún conservan sus excelentes propiedades como se describió anteriormente. En algunas aplicaciones, tales espesores son preferidos ya que incluso pueden aumentar aún más el tiempo de vida. Incluso se pueden realizar espesores mayores de 30  $\mu\text{m}$ .

De acuerdo con una realización preferida adicional de la presente invención, el recubrimiento multicapa de Al-Cr-B-N/Ti-Al-N, se sintetiza por evaporación reactiva de arco catódico. Debido a la deposición que usa la evaporación por arco, las macropartículas de materiales metálicos del objetivo están presentes en el recubrimiento, lo que desvía significativamente en su composición y propiedades del resto del recubrimiento. Esto es el resultado de la producción típica de gotas que no reaccionaron completamente con el gas reactivo durante la evaporación del arco.

Estas macropartículas (gotas) pueden mantenerse lo suficientemente pequeñas para que no empeoren las propiedades mecánicas, térmicas, químicas y tribológicas de los recubrimientos multicapa de Al-Cr-B-N/Ti-Al-N sintetizados de acuerdo con la presente invención. Sin embargo, al mismo tiempo, estas macropartículas contribuyen a mejorar la resistencia global de la resistencia del recubrimiento añadiendo plasticidad.

De acuerdo con una realización preferida adicional de la presente invención, el recubrimiento multicapa de Al-Cr-BN/Ti-Al-N es un recubrimiento nanoliminado, cuyas capas individuales de Al-Cr-BN tienen un espesor  $\leq 100 \text{ nm}$ , preferiblemente con un período de bicapa de las nanocapas de Al-Cr-BN y Ti-Al-N entre 75 y 15 nm.

De acuerdo con una realización preferida adicional de la presente invención, el recubrimiento multicapa de Al-Cr-BN/Ti-Al-N, el recubrimiento contiene una capa de adhesión adicional para una mejora adicional de la adhesión del recubrimiento al sustrato y/o una capa más externa o capa superior adicional que puede ser, por ejemplo, una capa decorativa o una capa que se está ejecutando.

De acuerdo con una realización preferida adicional de la presente invención, el recubrimiento multicapa de Al-Cr-BN/Ti-Al-N, donde el recubrimiento tiene en la dirección del espesor del recubrimiento al menos un área con un espesor de al menos 1  $\mu\text{m}$  donde la arquitectura multicapa de Al-Cr-B-N/Ti-Al-N se caracteriza porque el período bicapa de las capas individuales de Al-Cr-BN y Ti-Al-N es constante.

De acuerdo con una realización preferida adicional de la presente invención, el recubrimiento multicapa de Al-Cr-BN/Ti-Al-N, donde el recubrimiento tiene en la dirección del espesor del recubrimiento al menos un área de arquitectura multicapa de Al-Cr-BN/Ti-Al-N con un período de bicapa constante como se define en la realización anterior y que tiene además al menos una capa de Ti-Al-N con diferentes espesores como las capas individuales de Ti-Al-N contenidas en al menos un área de arquitectura multicapa con período de bicapa constante.

De acuerdo con una realización preferida adicional de la presente invención, el recubrimiento multicapa de Al-Cr-BN/Ti-Al-N, donde el recubrimiento tiene en la dirección del espesor del recubrimiento al menos un área de arquitectura multicapa de Al-Cr-BN / Ti-Al-N con un período de bicapa constante como se define en la realización anterior y que tiene además al menos una capa de Al-Cr-BN con diferentes espesores como las capas individuales de Al-Cr-BN contenidas en al menos un área de arquitectura multicapa con período de bicapa constante.

Se divulga un sistema de recubrimiento multicapa depositado sobre al menos una parte de una superficie corporal sólida y que contiene en la arquitectura multicapa, capas individuales de Al-Cr-BN depositadas mediante un método físico de deposición de vapor caracterizado porque en al menos una parte del espesor total del sistema de recubrimiento multicapa, las capas individuales de Al-Cr-BN se combinan con capas individuales de Ti-Al-N, en el que las capas individuales de Al-Cr-BN y Ti-Al-N se depositan alternativamente una sobre otra, y en el que el espesor de las capas individuales de Al-Cr-BN es más grueso que el espesor de las capas individuales de Ti-Al-N, y por lo tanto la tensión residual del sistema de recubrimiento de múltiples capas es considerablemente menor en comparación con la tensión residual del sistema de recubrimiento monocapa de Al-Cr-B-N analógico correspondiente, y preferiblemente, la dureza del sistema de recubrimiento multicapa es mayor o igual a la dureza del recubrimiento monocapa de Al-Cr-B-N analógico correspondiente.

En el sistema de recubrimiento multicapa como se menciona anteriormente, la proporción de espesor de las capas individuales de Al-Cr-BN relacionada con las capas individuales de Ti-Al-N en la parte de recubrimiento donde las capas individuales de Al-Cr-BN y Ti-Al-N son depositadas alternativamente una sobre otra, puede ser básicamente 2: 1.

En el sistema de recubrimiento multicapa como se menciona anteriormente, la composición de la capa de las capas de Al-Cr-BN contenida en una parte de recubrimiento donde las capas individuales de Al-Cr-BN y Ti-Al-N se depositan alternativamente una sobre otra, puede ser  $\text{Al}_a\text{Cr}_b\text{B}_c\text{N}_d$  con  $a+b+c = 1$ ,  $a = 9/5 \cdot y$ ,  $0.1 \leq c \leq 0.3$  donde a, b y c son las fracciones atómicas específicas determinadas después del análisis de elementos teniendo en cuenta únicamente los elementos Al, Cr y B para el balance del elemento.

En el sistema de recubrimiento multicapa como se mencionó anteriormente, c la parte de recubrimiento donde las capas individuales de Al-Cr-BN y T-Al-N se depositan alternativamente una sobre otra puede contener al menos dos capas individuales de Ti-Al-N y dos de Al-Cr- BN, más preferiblemente al menos tres capas individuales de Ti-Al-N y tres de Al-Cr-BN.

En el sistema de recubrimiento multicapa como se mencionó anteriormente, el espesor de las capas individuales de Ti-Al-N y Al-Cr-BN en la parte de recubrimiento donde las capas individuales de Al-Cr-BN y Ti-Al-N se depositan alternativamente una sobre otra, preferiblemente permanece constante.

En el sistema de recubrimiento multicapa como se menciona anteriormente, la composición del elemento de las capas individuales de Al-Cr-B-N en la parte del recubrimiento donde las capas individuales de Al-Cr-B-N y Ti-Al-N se depositan alternativamente una sobre otra, es preferiblemente constante.

En el sistema de recubrimiento multicapa como se mencionó anteriormente, las capas individuales de Al-Cr-BN y Ti-Al-N en la parte de recubrimiento donde las capas individuales de Al-Cr-BN y Ti-Al-N se depositan alternativamente una sobre otra, pueden ser nanocapas cuyos espesores individuales correspondientes son cada uno  $\leq 100$  nm, preferiblemente el período de bicapa definido como la suma de los espesores correspondientes para una nanocapa individual de Al-Cr-BN y de Ti-Al-N es  $\leq 100$  nm, preferiblemente es el período bicapa entre 75 y 15 nm.

En el sistema de recubrimiento multicapa como se mencionó anteriormente, se puede depositar una capa individual de Ti-Al-N adicional entre la parte de recubrimiento donde las capas individuales de Al-Cr-BN y Ti-Al-N se depositan alternativamente una sobre otra y la superficie del sustrato, y cuyos valores de concentración de espesores y elementos son iguales o diferentes a los valores correspondientes de las capas individuales de Ti-Al-N contenidas en la parte de recubrimiento donde las capas individuales de Al-Cr-BN y Ti-Al-N se depositan alternativamente una sobre otra.

En el sistema de recubrimiento multicapa como se mencionó anteriormente, se puede depositar una capa individual de Al-Cr-BN adicional entre la parte de recubrimiento donde las capas individuales de Al-Cr-BN y Ti-Al-N se depositan alternativamente una sobre otra y la superficie de recubrimiento, y cuyos valores de concentración de espesor y elementos son iguales o diferentes a los valores correspondientes de las capas individuales de Al-Cr-BN contenidas en la parte de recubrimiento donde las capas individuales de Al-Cr-BN y Ti-Al-N se depositan alternativamente una sobre otra.

En el sistema de recubrimiento multicapa como se mencionó anteriormente, la capa individual de Ti-Al-N adicional puede depositarse directamente sobre la superficie del sustrato y/o la capa individual de Al-Cr-B-N adicional se deposita como capa más externa.

En el sistema de recubrimiento multicapa como se mencionó anteriormente, una capa de adhesión adicional que no consiste en T-Al-N puede depositarse directamente sobre la superficie del sustrato para mejorar la adhesión del recubrimiento al sustrato y/o una capa externa adicional que no consiste en Al-Cr-BN se deposita en la superficie de recubrimiento como capa superior, esta capa puede ser, por ejemplo, una capa decorativa delgada o una capa en ejecución.

En el sistema de recubrimiento multicapa como se menciona anteriormente, el espesor total del recubrimiento del sistema de recubrimiento multicapa puede elegirse para que sea igual o más grueso que 3  $\mu\text{m}$ , preferiblemente igual o más grueso que 5  $\mu\text{m}$ . Además, el espesor total del recubrimiento se puede elegir para que sea igual o más grueso que 10  $\mu\text{m}$ , 20  $\mu\text{m}$  e incluso hasta 30  $\mu\text{m}$  o más grueso de acuerdo con los requisitos de la aplicación.

En el sistema de recubrimiento multicapa como se mencionó anteriormente, al menos la parte de recubrimiento donde las capas individuales de Al-Cr-B-N y Ti-Al-N se depositan alternativamente una sobre otra preferiblemente se sintetiza por evaporación de arco catódico reactivo. Debido a la deposición que usa la evaporación por arco, se encuentran macropartículas en el recubrimiento de materiales metálicos del objetivo, que se desvían significativamente en su composición y propiedades del resto del recubrimiento. Estas macropartículas contribuyen a mejorar la resistencia total del recubrimiento al agregar elasticidad y no empeoran las propiedades mecánicas, térmicas, químicas y tribológicas de los recubrimientos multicapa de Al-Cr-B-N/Ti-Al-N.

En el sistema de recubrimiento multicapa mencionado anteriormente, al menos la parte de recubrimiento donde las capas individuales de Al-Cr-B-N y Ti-Al-N se depositan preferiblemente alternativamente una sobre otra exhibe una estructura cúbica centrada en la cara en el estado depositado.

En el sistema de recubrimiento multicapa como se menciona antes, la capa más externa puede ser una capa de Al-Cr-B-N que exhibe la formación de  $B_xN_y$ .

De acuerdo con la invención, un cuerpo sólido puede recubrirse al menos parcialmente con una variante de sistema de recubrimiento multicapa de las descritas anteriormente. El cuerpo sólido puede ser, por ejemplo, una herramienta de corte o una herramienta de conformado o molde o matriz o un componente de precisión o un componente de automoción, o un componente para ser usado en la industria automotriz o en la industria aeroespacial, como por ejemplo un componente de turbina.

En particular, la invención se puede usar para las siguientes aplicaciones:

En particular, la invención se puede usar para las siguientes aplicaciones:

#### 1. Herramientas:

- insertos desechables a base de metal duro, cermet, nitruro de boro, nitruro de silicio o carburo de silicio para molienda, torneado o taladrado
- fresadoras como cortadores con cabeza de bola y fresadoras de extremo
- fresadoras de rosca
- fresadoras de placa
- cortadores de forma
- cuchillas rectas
- taladros
- taparoscas
- barrenadores
- herramientas de grabado
- escariadores

2. Herramientas de formación y estampado:

- formas para fundición a presión de aluminio
- formas para recubrimiento de plástico
- 5 - troqueles para extrusión
- herramientas para formar láminas
- sellos para estampado de metales
- mandíbulas de Smith, especialmente para la forja en caliente
- herramientas para prensar en caliente

10

3. Componentes y partes especialmente en la industria del motor:

- válvulas
- taqués clave
- 15 - agujas de buje
- balancines de válvula
- taqués
- husillos de rodillos
- dedos de balancín
- 20 - seguidores de leva
- árboles de levas
- cojinetes del árbol de levas
- taqués de válvula
- palancas inclinadas
- 25 - anillos de pistón
- pasadores de pistón
- inyectores y partes de inyectores
- aspas de turbina
- partes de la bomba
- 30 - bomba de alta presión
- engranajes
- engranaje de las ruedas
- arandela de empuje
- componentes del control eléctrico y sistema de aceleración
- 35 - componentes en el sistema ABS
- cojinetes
- cojinetes de bolas
- cojinetes de rodillos
- cojinetes del árbol de levas

40

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Sistema de recubrimiento multicapa depositado sobre al menos una parte de una superficie sólida del cuerpo y que contiene en las arquitectura multicapa, capas individuales de Al-Cr-BN depositadas por medio de un método físico de deposición de vapor caracterizado porque en al menos una parte del espesor total del sistema de recubrimiento multicapa, las capas individuales de Al-Cr-BN se combinan con capas individuales de Ti-Al-N, en el que las capas individuales de Al-Cr-BN y Ti-Al-N se depositan alternativamente una sobre otra, y en el que el espesor de las capas individuales de Al-Cr-BN son más gruesas que el espesor de las capas individuales de Ti-Al-N, y por lo tanto la tensión residual del sistema de recubrimiento multicapa es considerablemente menor en comparación con la tensión residual del sistema de recubrimiento monocapa Al-Cr-B-N analógico correspondiente y, preferiblemente, la dureza del sistema de recubrimiento multicapa es mayor o igual a la dureza del recubrimiento monocapa de Al-Cr-B-N analógico correspondiente.
- 10
- 15 2. Sistema de recubrimiento multicapa de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la proporción de espesor de las capas individuales de Al-Cr-BN relacionada con las capas individuales de Ti-Al-N en la parte de recubrimiento donde las capas individuales Al-Cr-BN y Ti-Al-N se depositan alternativamente una sobre la otra, es básicamente 2: 1.
- 20 3. Sistema de recubrimiento multicapa de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, caracterizado porque la composición de capas de las capas de Al-Cr-BN contenidas en la parte de recubrimiento donde las capas individuales de Al-Cr-BN y Ti-Al-N se depositan alternativamente una sobre otra es  $Al_aCr_bB_cN_d$  con  $a+b+c = 1$ ,  $a = 9/5 \cdot y$ ,  $0.1 \leq c \leq 0.3$  donde a, b y c son las fracciones atómicas determinadas después del análisis de elementos teniendo en cuenta únicamente los elementos Al, Cr y B para el balance del elemento.
- 25 4. Sistema de recubrimiento multicapa de acuerdo con las reivindicaciones 1-3, caracterizado porque la parte de recubrimiento donde las capas individuales de Al-Cr-BN y Ti-Al-N están depositadas alternativamente una sobre otra contiene al menos dos capas individuales de Ti-Al-N y dos Al-Cr-BN, más preferiblemente al menos tres capas individuales de Ti-Al-N y tres de Al-Cr-BN.