

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 418 146**

51 Int. Cl.:

C23C 14/06 (2006.01)

C23C 30/00 (2006.01)

C23C 28/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.03.2006 E 06705417 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.04.2013 EP 1863946**

54 Título: **Revestimiento duro multicapas para herramientas**

30 Prioridad:

01.04.2005 CH 598052005

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

12.08.2013

73 Titular/es:

**OERLIKON TRADING AG, TRÜBBACH (100.0%)
HAUPTSTRASSE
9477 TRÜBBACH, CH**

72 Inventor/es:

DERFLINGER, VOLKER

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 418 146 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

Revestimiento duro multicapas para herramientas.

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a un revestimiento duro multicapas para herramientas (metal duro y acero rápido) para aplicaciones con desprendimiento de virutas, en particular aplicaciones de taladrado.

1 a) herramientas con revestimiento duro con una sucesión de múltiples capas diferentes de nitruro o carbonitruro de aluminio-cromo y nitruro o carbonitruro de titanio-silicio.

10 1 b) herramientas, en particular herramientas de corte y de conformación (brocas, fresas, roscadoras, machos roscadores, fresas roscadoras, fresas helicoidales, punzones, matrices, machos de embutir, etc.) con una secuencia de múltiples diferentes capas de nitruro o carbonitruro de aluminio-cromo y nitruro o carbonitruro de titanio-silicio.

1 c) un procedimiento para la fabricación de una secuencia de múltiples diferentes capas de nitruro o carbonitruro de aluminio-cromo y nitruro o carbonitruro de titanio-silicio con estructura de capas definida.

Estado actual de la técnica

15 El documento EP 1174528 A2 describe un revestimiento sobre herramientas que se compone de una secuencia de múltiples capas individuales, estando compuesta una primera capa de un nitruro, carburo, carbonitruro, boruro, óxido, etc. de los elementos Ti, Al y/o Cr, y una segunda capa de un nitruro, carburo, carbonitruro, boruro, óxido, etc. de Si y al menos un elemento de los grupos 4a, 5a y 6a de la TPE. La ventaja de este revestimiento consiste en que mediante el Si en la capa superior se mejora sensiblemente la resistencia al desgaste y la resistencia a la oxidación. Ante todo, las capas de cubierta sobre la base de Cr-Si muestran mejoramientos del avance durante la vida útil de la herramienta. Como capa inferior se han elegido capas de TiAlN, CrAlN y TiN.

25 En el documento EP 1422311 A2 se describen capas de material duro sobre la base de Al-Cr-(Si)-O que pueden estar conformadas como nitruros, carburos, óxidos, boruros, etc. Es válido para todas las capas que en las capas esté contenida una pequeña fracción de oxígeno (1-25 %at). Adicionalmente, se menciona que puede estar aplicada otra capa de material duro sobre el revestimiento mencionado en la invención. Como ejemplos se indican aquí, entre otros, Ti-Si-N, Ti-B-N, BN, Cr-Si-N, etc. Como ventaja de esta invención se indican aquí, ante todo, la inclusión de pequeñas cantidades de oxígeno o silicio y oxígeno, porque esto proporciona una mayor dureza así como a una mayor resistencia al desgaste y a la oxidación por alta temperatura.

30 En el documento EP 1219723 A2 se presenta un revestimiento sobre la base de Ti-Al-Cr-X-N, pudiendo la X ser Si, B y/o C. La ventaja de este revestimiento se indica como mejoramiento de la resistencia al desgaste respecto de revestimientos convencionales. Además, en la invención se describe un target que al menos debe estar compuesto de Ti, Al y Cr.

Desventajas del actual estado de la técnica

35 Las herramientas con capas de material duro de acuerdo con el estado actual de la técnica (revestimientos basados en Ti-Al-N) presentan menor avance durante la vida útil que los nuevos optimizados revestimiento duros de $(Al_{1-x}Cr_xX)-(Ti_{1-y}Si_y)$ X donde X = N o CN.

40 Las desventajas del estado actual de la técnica muestran, además, que en revestimiento de Al-Cr-N a elevadas temperaturas bajo atmósfera inerte (por ejemplo, atmósfera de argón) ya a alrededor de 900° C comienza una descomposición del revestimiento. Si se realiza este tratamiento térmico bajo atmósfera de oxígeno, este proceso de disgregación se desplaza a un intervalo de temperatura mayor. Si ahora en el desprendimiento de viruta se observa un corte continuo, en la superficie de contacto entre la superficie de herramienta y la pieza de trabajo se produce, localmente, temperaturas muy elevadas (en parte encima de 1000° C). Ahora, si dicha superficie de contacto es suficientemente grande para que poco/ningún oxígeno pueda actuar de manera estabilizante en la superficie del revestimiento, el CrN cúbico se descompone en Cr₂N hexagonal y como resultado de una temperatura aún mayor, en Cr metálico. En el uso, este proceso de descomposición del revestimiento conduce a un desgaste prematuro del revestimiento que se configura, particularmente, como desgaste por erosión.

Planteamiento del problema en la presente invención

50 La presente invención pretende eliminar las desventajas del estado actual de la técnica y sirve, en particular, para un mejoramiento del avance durante la vida útil de piezas revestidas, por ejemplo herramientas para arranque de viruta, útiles de corte y moldeo o componentes para la construcción de máquinas y moldes. Además, el objetivo de la presente invención es poner a disposición un procedimiento para la deposición de estas capas, en particular para la deposición de tales capas sobre las piezas indicadas.

Indicación de la solución o del camino a la solución

Según la invención, el objetivo se consigue mediante un revestimiento duro según la reivindicación 1 o bien una herramienta con un revestimiento de este tipo según la reivindicación 12. Otras conformaciones según la invención se describen en las reivindicaciones secundarias.

- 5 La invención describe una estructura de multicapas especial de un revestimiento que pretende prevenir una disgregación (desgaste) prematura del revestimiento durante el uso. Mediante la estructura multicapas se previenen o al menos se retrasan la disgregación y la posterior difusión del componente CrN dentro del revestimiento de AlCrN.

10 Para la deposición de las capas duras de Al-Cr-(X)-N/Ti-Si-N se ha usado una instalación industrial de revestimientos del modelo RCS de la firma Balzers, como también está descrito en el documento EP 1186681 en las figuras 3 a 6, descripción columna 7, línea 18 hasta columna 9, línea 25. Para ello, las piezas limpias se han fijado según el diámetro sobre dos soportes de sustrato dobles rotativos o bien, en el caso de diámetros menores a 50 mm, sobre tres soportes de sustrato rotativos y se instalan dos targets Ti-Si fabricados por pirometalurgia y cuatro targets de aleaciones de Al-Cr-(X) fabricados por pulvimetalurgia en seis fuentes de arco catódico situadas en las paredes de la instalación de revestimientos. En este caso, la geometría de la disposición de targets está determinada, esencialmente, por el plano octogonal de la instalación RCS en la que dos elementos calefactores opuestos separan dos grupos de tres segmentos consecutivos equipados, cada uno, de un cátodo de arco. Para los presentes ensayos se instaló, en cada caso, un target de SiTi en el elemento central opuesto de cada grupo de tres. Sin embargo, para fabricar tales capas también son posibles otras disposiciones de targets. En principio, tales capas pueden ser depuestas en toda instalación que presente al menos dos cátodos de arco en posición geométrica equivalente, por ejemplo sobre la misma altura de revestimiento de un portasustrato de rotación simple o múltiple. El entendido en la materia sabe, según el tipo de instalación, cómo puede continuar influyendo en el espesor de capa de las diferentes capas o laminados mediante la disposición de los targets o el ajuste del respectivo movimiento o giro del sustrato o de la velocidad angular en una rotación de pieza de trabajo.

15 A continuación, en primer lugar, se han llevado las piezas de trabajo a una temperatura de aproximadamente 500° C mediante calefactores radiantes también montadas en la instalación y, a continuación, la superficie es sometida a una limpieza caustica mediante iones de Ar aplicando un voltaje de polarización de -100 a -200 V en una atmósfera de Ar a una presión de 0,2 Pa.

20 A continuación, una capa adhesiva de Al-Cr-N de aproximadamente 0,2 µm de espesor es depositada mediante la operación de cuatro fuentes de Al-Cr con una capacidad de 3 kW y la aplicación de una polarización de sustrato de -50 V durante un periodo de 5 minutos. A continuación se ha creado selectivamente un revestimiento multicapas en el que primero 2 fuentes de Ti-Si con, en cada caso, también 3 kW adicionales son conectadas a las 4 fuentes de Al-Cr y operados juntos por un periodo de aproximadamente 1 minuto. A continuación se desconectan las 4 fuentes de Al-Cr y una capa pura de Ti-Si-N es depuesta por aproximadamente 3 minutos. Después se conectan nuevamente las 4 fuentes de Al-Cr durante aproximadamente 1 Minuto.

25 Continuando, las fuentes de Ti-Si se desconectan nuevamente y se depone un nuevo revestimiento puro de Al-Cr-N durante otros 5 minutos. En el margen de la invención, dicha secuencia para el paquete de capas se producirá varias veces durante la deposición. Finalmente es aplicada otra capa de cubierta de un espesor aproximado de 0,5 µm, producida exclusivamente con las fuentes de Ti-Si. En este caso, aquí también es posible aplicar una capa de cubierta de AlCrN más gruesa. Todas las capas fueron depuestas en una atmósfera de nitrógeno puro a una presión de más o menos 3 Pa y un voltaje preliminar negativo de sustrato de aproximadamente 50 voltios. Básicamente, la presión de proceso puede ser ajustada en cada uno de estos pasos en un intervalo de 0,5 hasta más o menos 8 Pa, preferentemente, sin embargo, entre 0,8 Pa y 5 Pa, empleando para capas carbonitrídicas una atmósfera de nitrógeno puro o bien una mezcla de nitrógeno y un gas noble, por ejemplo argón, para capas nitrídicas o una mezcla de nitrógeno y un gas con contenido de carbono a la que, en caso de necesidad, puede adicionarse un gas noble. Correspondientemente, para la deposición de capas con contenido de oxígeno o boro puede agregarse, como es conocido, oxígeno o un gas con contenido de boro.

La composición del target, la estructura cristalina de la capa y adherencia se muestran en la tabla 1. La tabla 2 resume los parámetros de proceso como la capacidad de target, el voltaje negativo preliminar de sustrato, presión de proceso y temperatura.

30 La piezas de trabajo según la invención se destacan porque es depuesto un revestimiento cúbico $(Al_yCr_{1-y})_X$ donde $X = N$ o CN , pero preferentemente N , y $0,2 \leq y < 0,7$, preferentemente $0,3 \leq y \leq 0,5$, alternando con un revestimiento cúbico $(Ti_zSi_{1-z})_X$ donde $X = N$ o CN , pero preferentemente N , y $0,99 \geq z > 0,7$, preferentemente $0,97 \geq z \geq 0,85$ (véase la figura 1a), siendo aplicado al menos un paquete de capas y al menos una capa $(Al_yCr_{1-y})_X$ o $(Ti_zSi_{1-z})_X$ adicional. En este caso, la estructura de capas es microcristalina en ambas capas con un grano promedio de aproximadamente 5 – 150 nm, pero preferentemente aproximadamente 10 – 120 nm. Para el revestimiento son convenientes capas intermedias adicionales entre las capas puras $(Al_yCr_{1-y})_X$ y $(Ti_zSi_{1-z})_X$, en las que corren todas las fuentes de revestimientos y, por lo tanto, se depone una capa $(Al_yCr_{1-y}Ti_zSi_{1-z})_X$ (véase la figura 1b). En caso

necesario, estas capas intermedias, dependiendo de la secuencia o composición y propiedades de los diferentes sistemas de capas, pueden producir una adhesión mejorada entre las diferentes capas. Gracias a la disposición geométrica de targets dentro de la instalación de revestimiento, debido a la rotación de la pieza de trabajo durante la deposición de dicha capa intermedia es depuesta, adicionalmente, una estructura multicapas con capas muy delgadas, ya que, como antes, para el revestimiento se recurre a targets individuales sobre la base de Al-Cr y de Ti-Si. La anchura de las diferentes capas dentro de esta capa intermedia se encuentra en el intervalo de pocos nanómetros.

Otra posibilidad de construir el sistema multicapas deseado puede ser realizado mediante la conexión y desconexión periódica de las fuentes de revestimientos, análogamente a la figura 1c. Aquí, las fuentes de revestimientos corren para un material de revestimiento durante todo el proceso de deposición, mientras que las fuentes de revestimientos con el segundo material de revestimiento son conectadas periódicamente. En este caso, una estructura multicapas como mencionada anteriormente puede ser producida durante la operación conjunta de las fuentes de arco.

Los procedimientos según la invención se destacan porque se selecciona una conducción del procedimiento para deponer el paquete de capas descrito anteriormente. La estructura multicapas se consigue mediante la conexión y desconexión selectiva de las fuentes de revestimientos. La subestructura multicapas se consigue, adicionalmente, mediante la rotación o movimiento de las piezas de trabajo a revestir dentro de la instalación de revestimientos.

En el ejemplo 1 se comparan revestimientos con un número definido de capas o paquetes de capas, estando cada paquete de capas compuesto de una secuencia de capas de una capa de AlCrTiSiN seguida de una capa de TiSiN, una capa de AlCrTiSiN así como de una capa de AlCrN. Se puede observar claramente que respecto de la capa testeada en el experimento 1, depuesta según el estado actual de la técnica es posible conseguir con el revestimiento según la invención un mejoramiento del avance durante la vida útil. También se puede ver que un espesor de capa óptimo de las capas individuales de $Al_yCr_{1-y}N$ und $Ti_zSi_{1-z}N$ es importante para un aumento del avance durante la vida útil. Dicho espesor de capa está en $Al_yCr_{1-y}N$ entre 75 nm y 200 nm, preferentemente entre 120 nm a 170 nm, y en $Ti_zSi_{1-z}N$ entre 50 y 150 nm, preferentemente entre 70 a 120 nm. En el margen de este ejemplo, estos espesores de capa fueron variados por medio del tiempo de deposición que, para todos los experimentos se pudieron conseguir espesores totales comparables de aproximadamente 4 μm . Para estos experimentos se eligió una estructura de capas como se ha descrito en la figura 1b. Las capas en las que estuvieron aplicadas todas las fuentes de revestimientos no se modificaron para los experimentos respectivos y tuvieron, en cada caso, como resultado un espesor de capa individual de más o menos 20 ± 10 nm.

Básicamente, con multicapas de $Al_yCr_{1-y}N/Ti_zSi_{1-z}N$ se pueden revestir ventajosamente herramientas completamente diferentes. Ejemplo de ello son herramientas de corte como fresas, fresas helicoidales, fresas de punta esférica, fresas planares y perfiladas, así como brocas o machos roscadores, herramientas de brochar, escariadores y plaquitas reversibles para mecanizados torneados y fresados o herramientas de conformación como, por ejemplo, punzones, matrices, anillos de embutir, núcleos eyectores o formadores de roscas. También los moldes de inyección, por ejemplo para aleaciones metálicas para moldeo por inyección, resinas sintéticas o termoplásticos, en particular moldes de inyección como se usan para la fabricación de piezas moldeadas de plástico o soportes de datos como CD, DVD y similares, pueden ser protegidos ventajosamente con capas de este tipo. Si bien no siempre se consiguen mejores resultados mediante los revestimientos según la invención para todas las aplicaciones sobre diferentes útiles, al menos en determinadas aplicaciones, como también se indica en los ejemplos, se consigue una considerablemente mayor resistencia al desgaste que con las capas conocidas hasta ahora.

Además, debido al comportamiento en principio similar de capas multicapas de $Al_yCr_{1-y}X/Ti_zSi_{1-z}X$ también cabe esperar un mejoramiento del comportamiento de desgaste cuando en los siguientes sistemas de capas se eligen composiciones de target y parámetros de revestimiento de manera que $X = N, C, B, CN, BN, CBN, NO, CO, BO, CNO, BNO, CBNO$, pero preferentemente N o CN y $0,2 \leq y \leq 0,7$, preferentemente $0,40 \leq y \leq 0,68$, y $0,99 \geq z > 0,7$, preferentemente $0,95 \geq z \geq 0,85$.

Una posibilidad de mejorar las propiedades de la deposición de las multicapas $Al_yCr_{1-y}N/Ti_zSi_{1-z}N$ consiste en la adición por aleación de otros elementos químicos de uno o varios grupos de los grupos IVb, Vb y/o Vib de la TPE o de silicio. Particularmente preferente puede ser la adición por aleación dentro del paquete de capas de la capa de $Al_yCr_{1-y-m}M_mN$ con $0 \leq m \leq 0,25$, preferentemente $0 \leq m \leq 0,15$. Han demostrado ser ventajosos, ante nada, los elementos para $M = W, V, Mo, Nb$ y Si (para ello, véase el ejemplo 5).

Otra posibilidad de mejorar las propiedades de capas del sistema de capas consiste en la aplicación adicional de una capa antifricción sobre el paquete de capas o sobre la capa de cubierta que cierra hacia fuera la capa de material duro. En este caso, el sistema de capa antifricción puede estar estructurado de al menos un metal o un carburo de al menos un metal y carbono disperso, MeC/C, siendo el metal un metal de los grupos IVb, VB y/o VIB y/o silicio. Por ejemplo, para ello es particularmente apta una capa de cubierta de WC/C con una dureza ajustable entre 1000 y 1500 HV, que tiene excelentes propiedades de rodaje. También las capas de CrC/C muestran un comportamiento similar, si bien con un coeficiente de fricción algo más elevado.

5 En brocas para agujeros profundos se pudo determinar, ya después de la producción de un taladro, un alisado adicional de las superficies de desprendimiento de virutas que, hasta ahora, sólo es conseguida mediante un tratamiento mecánico costoso. La misma conduce a un mejoramiento de la evacuación de virutas a lo largo de la ranura de virutas y a una minimización del momento de fricción durante el proceso de taladrado. Tales propiedades son particularmente importantes también para aplicación en componentes con sollicitaciones al deslizamiento, a la fricción y rodadura, en particular ante falta de lubricación o marcha en seco o cuando, simultáneamente, deba ser protegida una contraparte sin revestir.

Otras posibilidades para la formación de una capa antifricción de terminación son capas de carbono similares al diamante libres de metales o bien capas de MoS_x , WS_x o capas de MoS_x o bien WS_x con contenido de titanio.

10 En este caso, como se ha mencionado, la capa antifricción puede ser aplicada directamente sobre el sistema de multicapas o después de aplicar otra capa adhesiva, para conseguir una adherencia a ser posible buena del compuesto de capas. En este caso, la capa adhesiva puede estar realizada metálica, nitrídica, carbídica, carbonitrídica o también como capa de gradientes.

15 Por ejemplo, las capas de WC/C o bien CrC/C, después de una aplicación por pulverización catódica o por arco de una capa adhesiva de Cr o bien Ti, pueden ser fabricadas mediante pulverización catódica de targets de WC mediante la adición de un gas con contenido de carbono. En este caso se aumenta con el tiempo la parte de gas con contenido de carbono, para conseguir en la capa una mayor participación de carbono libre.

Otros efectos ventajosos de la invención

20 A continuación se representan, a modo de ejemplos, aplicaciones ventajosas de la invención en el uso en diferentes operaciones de corte.

Ejemplo 1:

Taladrado con brocas de metal duro, enfriadas interiormente, en acero de construcción

Herramienta: broca de metal duro de un diámetro $D = 6,8$ mm con canales de enfriamiento

Pieza de trabajo: acero estructural DIN 1.1191 (Ck45)

25 Parámetros de taladrado: velocidad de corte $V_c = 120$ m/min
 avance por diente $f_z = 0,2$ mm/revolución
 profundidad de taladro $z = 34$ mm ($5 \times D$)

Enfriamiento: emulsión al 5%

Proceso: agujero ciego

30 Criterio de desgaste: desgaste angular $VB = 0,2$ mm

Experimento Nro.	Espesor de capa [μ m]	Avance durante vida útil ** [m]
1 AlCrN + TiSiN	3.9	54.3
2 AlCrN + 2 x paquete de capas 1* + TiSiN	4.2	43.9
3 AlCrN + 4 x paquete de capas 1* + TiSiN	3.9	65.2
4 AlCrN + 8 x paquete de capas 1* + TiSiN	4.0	76.2
5 AlCrN + 12 x paquete de capas 1* + TiSiN	4.0	54.3
6 AlCrN + 15 x paquete de capas 1* + TiSiN	3.9	43.9

* En este caso, un (1x) paquete corresponde a una sucesión única de "AlCrTi-SiN+TiSiN+AlCrTiSiN+AlCrN".
 ** en la que se alcanzó una anchura de marcas de desgaste $VB = 0,2$ mm.

ES 2 418 146 T3

5 El ejemplo 1 muestra una comparación de los avances durante la vida útil de brocas de metal duro revestidas sobre las cuales se han aplicado diferente cantidad de paquetes de capas con, en cada caso, igual capa adhesiva, concretamente AlCrN, y capa de cubierta, concretamente TiSiN. El tiempo de deposición de las capas de TiSiN y de AlCrN se ha adaptado, en cada caso, de manera que, finalmente, se ha conseguido un espesor total comparable. Un óptimo en el avance total durante la vida útil se ha encontrado en el experimento nro. 4 con el número total de 37 capas, que muestra un claro perfeccionamiento respecto del estado actual de la técnica del experimento nro. 1.

Ejemplo 2:

Taladrado en acero de construcción con brocas de metal duro enfriadas interiormente

10 Herramienta: broca metal duro con canales de enfriamiento
diámetro D = 6,8 mm

Pieza de trabajo: acero de construcción DIN 1.1191 (Ck45)

Parámetros de taladrado: velocidad de corte $v_c = 120$ m/min
avance por diente $f_z = 0,2$ mm/revolución
profundidad de taladro $z = 34$ mm (5xD)

15 Enfriamiento: emulsión al 5%

Proceso: agujero ciego

Criterio de desgaste: desgaste angular VP = 0,2 mm

Experimento	avance durante vida útil VB = 0,2 mm en metros
6 (capa múltiple de TiAlN/TiN)	32.3
8 (capa simple de TiAlN)	32.3
9 (capa simple de AlCrN)	65.9
10 AlCrN + 8 x paquete de capas 1* + TiSiN	76.2

20 El ejemplo 2 muestra una comparación de los avances durante la vida útil de brocas de metal duro revestidas. Aquí también, mediante la multicapa de AlCrN/TiSiN se pudo conseguir una mejora del avance durante la vida útil de la herramienta respecto de capas de material duro de uso industrial de multicapas de TiAlN/TiN y revestimientos multicapas de TiAlN.

Ejemplo 3:

Taladrado en acero de construcción con brocas de metal duro con enfriamiento exterior

25 Herramienta: broca de metal duro con canales de enfriamiento Diámetro D = 6,8 mm

Pieza de trabajo: acero de construcción DIN 1.1191 (Ck45)

Parámetros de taladrado: velocidad de corte $v_c = 120$ m/min
avance por diente $f_z = 0,2$ mm/revolución
profundidad de taladro $z = 23.8$ mm (3,5xD)

30 Enfriamiento: emulsión al 5%

Proceso: agujero ciego

Criterio de desgaste: desgaste angular VB = 0,15 mm

ES 2 418 146 T3

Experimento nro.	Avance durante vida útil VB – 0,15 mm en metros
11 (multicapas de TiAlN/TiN)	46.1
12 (monocapa simple de TiAlN)	42.3
13 (AlCrN)	22.6
14 AlCrN + 8 x paquete de capas 1* + TiSiN	61.5

El ejemplo 3 muestra una comparación de los avances en vida útil de brocas revestidas de metal duro. Aquí la multicapas de AlCrN/TiSiN pudo conseguir un mejoramiento del avance durante la vida útil respecto de capas de material duro usadas industrialmente sobre base de Ti-Al-N.

5 Ejemplo 4:

Taladrado hierro fundido (GGG-50) con brocas de metal duro con enfriamiento interior

Herramienta: broca de metal duro con canales de enfriamiento
diámetro D = 6,8 mm

Pieza de trabajo: hierro fundido con grafito esferoidal GGG-50

- 10 Parámetros de taladrado: velocidad de corte $v_c = 200$ m/min
avance por diente $f_z = 0,3$ mm/revolución
profundidad de taladro $z = 34$ mm (3,5xD)

Enfriamiento: emulsión al 5%

Proceso: agujero ciego

- 15 Criterio de desgaste: desgaste angular VB = 0,1 mm

Experimento nro.	avance durante vida útil VB – 0,1 mm en metros
15 (multicapas TiAlN/TiN)	57.1
16 (monocapa TiAlN)	142.8
17 (AlCrN)	185.6
18 AlCrN + 8 x paquete de capas 1* + TiSiN	199.9

- 20 El ejemplo 4 muestra una comparación de los avances durante la vida útil de brocas revestidas de metal duro. Aquí también, mediante el revestimiento multicapas de AlCrN/TiSiN se pudo conseguir una mejora del avance durante la vida útil de la herramienta respecto de capas de material duro de uso industrial de revestimientos multicapas de TiAlN/TiN y revestimientos monocapa de TiAlN.

Ejemplo 5:

Taladrado en acero de construcción con brocas HM enfriadas interiormente,

Herramienta: broca de metal duro con canales de enfriamiento
diámetro D = 6,8 mm

ES 2 418 146 T3

Pieza de trabajo: acero de construcción DIN 1.1191 (Ck45)

Parámetros de taladrado: velocidad de corte $v_c = 120$ m/min
 avance por diente $f_z = 0,2$ mm/revolución
 profundidad de taladro $z = 34$ mm (5xD)

5 Enfriamiento: emulsión al 5%

Proceso: agujero ciego

Criterio de desgaste: desgaste angular VP = 0,2 mm

Experimento nro.	Al %at	Cr %at	M %at	Espesor de capa [μm]	avance durante vida útil VB = 0,2 mm en metros
19 AlCrWN + 8 x paquete de capas 2* + TiSiN	70	28	2	3.8	65.8
20 AlCrWN + 8 x paquete de capas 2* + TiSiN	70	25	5	3.4	59.3
21 AlCrNbN + 8 x paquete de capas 2* + TiSiN	70	25	5	3.8	57.8
22 AlCrMoN + 8 x paquete de capas 2* + TiSiN	70	25	5	4.8	61.2
23 AlCrVN + 8 x paquete de capas 2* + TiSiN	70	25	5	4.2	68.0
24 AlCrSiN + 8 x paquete de capas 2* + TiSiN	70	25	5	4.0	54.4

* Un (1x) paquete de capas 2* corresponde a una secuencia única de "AlCrMTi-SiN+TiSiN+AlCrMTiSiN+AlCrMN", siendo M en cada caso uno de los elemento W, nb, Mo, V o Si.

10 El ejemplo 5 muestra una comparación de los avances durante la vida útil de brocas revestidas de metal duro según la invención sobre las que se han depuesto sistemas multicapas con diferente composición química pero igual capa de cubierta (TiSiN). Como composición química se ha variado la composición de target, manteniendo constante el Al, y el Cr ha sido reemplazado, en parte, por un tercer elemento. Los parámetros de proceso en la deposición de capas se mantuvieron iguales, análogamente a los demás experimentos.

15 Otra posibilidad de fabricar un paquete de capas correspondiente resulta cuando, de manera análoga a la figura 1c, las fuentes de AlCr o AlCrM o bien la fuente o las fuentes de TiSi es/son operada/s continuamente y la/s respectiva/s otra/s fuente o fuentes es/son, de ser necesario, conectada/s también. En particular, en operación continua de las 4 fuentes de AlCr o AlCrM mencionadas anteriormente se puede aumentar con esto la tasa de deposición y, por ejemplo, deponer el sistema de capas siguiente:

- una capa de mezcla de (AlCrTiSi) X
- 20 • seguida de otra capa (Al_yCr_{1-y}) X
- seguida de otra capa de mezcla de (AlCrTiSi) X
- seguida de otra capa (Al_yCr_{1-y}) X.

Descripción de las figuras

La figura 1 muestra diferentes variantes de capas. En las figuras 1a-c se discuten tres variantes de cómo puede ser estructurado un revestimiento multicapas.

5 En la figura 1a se representa una secuencia de capas con transiciones afiladas. Un sistema de capas (2) es depuesto directamente sobre un segundo sistema de capas (1). Este proceso es repetido las veces necesarias hasta alcanzar el espesor de capas deseado. Como última capa puede deponerse una capa de cubierta (3) con espesor de capa mayor.

10 En la figura 1b se deponen entre las capas individuales otras capas de mezcla (4) en las cuales se aplican ambos sistemas de capas simultáneamente. También en este caso pueden aplicarse, adicionalmente, una capa de cubierta como última capa individual. La capa de mezcla puede ser realizada delgada como capa de transición deslizante o bien más gruesa con un sector de composición de capa constante. Una capa de este tipo puede presentar, por ejemplo, la composición siguiente: Al = 40,7 %at, Cr = 21,2 %at, Ti = 32,8 %at y Si = 5,3 %at. Esta composición resulta cuando se operan, simultáneamente, targets de AlCr con una composición de Al=70 %at y Cr=30 %at y targets de TiSi con una composición de Ti=85 %at y Si= 15 %at. En este caso, en general se ajusta, ventajosamente, la composición de una capa de mezcla con composición constante dentro del intervalo siguiente:

$(Al_{1-a-b-c}Cr_aTi_bSi_c) X$ donde $0,18 \leq a \leq 0,48$; $0,28 \leq b \leq 0,4$; $0,004 \leq c \leq 0,12$. En este caso, el contenido de Al es mantenido, ventajosamente, encima de 10 %at. Si se adicionan además, como descrito anteriormente, otros elementos para conseguir un efecto correspondiente, se deberían adicionar, según el elemento, una concentración mínima de 0,5 a 1 %at y una concentración máxima de 15 a 20 %at.

20 En la figura 1c se depone un revestimiento multicapas de tal manera que un sistema de capas (5) es aplicado durante todo el tiempo de deposición y el segundo sistema de capas es adicionado, periódicamente, mediante la conexión de la fuente de revestimiento correspondiente.

La figura 2 muestra en representación modificada la estructura de los paquetes de capas de la figura 1.

Tabla 1

Ensayo	Estructura cristalina	Composición de target					Espesor de capa [μ m]	Adherencia
		COMENTARIO 1:			Target 2			
		Al %at	Cr %at	M %at	Ti %at	Si %at		
A	B1	70	30	-	85	15	4.0	HF1
B	B1	70	28	W=2	85	15	3.8	HF1
C	B1	70	25	W=5	85	15	3.4	HF1
D	B1	70	25	Nb=5	85	15	3.8	HF1
E	B1	70	25	V=5	85	15	4.8	HF1
F	B1	70	25	Mo=5	85	15	4.2	HF1
G	B1	70	25	Si=5	85	15	4.0	HF1

25

Tabla 2

<i>Ensayo</i>	<i>P_{Target} Al-Cr-M [kW]</i>	<i>P_{Target} Ti-Si [kW]</i>	<i>U_{substrat} [V]</i>	<i>P_{N2} [Pa]</i>	<i>Temp. [°C]</i>
<i>A</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>-50</i>	<i>3</i>	<i>500</i>
<i>B</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>-50</i>	<i>3</i>	<i>500</i>
<i>C</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>-50</i>	<i>3</i>	<i>500</i>
<i>D</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>-50</i>	<i>3</i>	<i>500</i>
<i>E</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>-50</i>	<i>3</i>	<i>500</i>
<i>F</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>-50</i>	<i>3</i>	<i>500</i>
<i>G</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>-50</i>	<i>3</i>	<i>500</i>

REIVINDICACIONES

1. Capa de material duro con estructura multicapas para el mejoramiento de la resistencia al desgaste de piezas de trabajo, comprendiendo:
- 5 - al menos una capa (Al_yCr_{1-y}) X donde $0.2 \leq y \leq 0.7$ y X es uno de los elementos siguientes N, C, B, CN, BN, CBN, NO, CO, BO, CNO, BNO, CBNO, pero preferentemente N o CN, y/o una capa de (Ti_zSi_{1-z}) X donde $0.99 \geq z > 0.7$, caracterizada porque la capa de material duro comprende adicionalmente
- al menos un paquete de capas con la estructura siguiente:
- una capa de mezcla de (AlCrTiSi) X
- seguida de otra capa de (Ti_zSi_{1-z}) X
- 10 seguida de otra capa de mezcla de (AlCrTiSi) X
- seguida de otra capa de (Al_yCr_{1-y}) X.
2. Capa de material duro según la reivindicación 1, caracterizada porque la al menos una capa de (Al_yCr_{1-y}) X, la otra capa (Al_yCr_{1-y}) X así como las capas de mezcla (AlCrTiSi) X contienen al menos otro elemento del grupo IVb, Vb y/o Vib de la tabla periódica de elementos, o silicio.
- 15 3. Capa de material duro según las reivindicaciones 1 y/o 2, caracterizada porque la al menos una capa (Al_yCr_{1-y}) X así como la otra capa (Al_yCr_{1-y}) X contienen 0,5 a 25 %at del otro elemento o silicio, estando determinada la concentración de los elementos y del silicio en las demás capas de mezcla (AlCrTiSi) X.
4. Capa de material duro según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque las capas del paquete de capas presentan los espesores de capa siguientes:
- 20 - $Al_yCr_{1-y}N$ entre 75 nm y 200 nm
- $Ti_zSi_{1-z}N$ entre 50 y 150 nm
- capas de mezcla (AlCrTiSi) X 20 ± 10 nm.
5. Capa de material duro según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque la capa comprende múltiples paquetes de capas sucesivos.
- 25 6. Capa de material duro según la reivindicación 5, caracterizada porque el paquete de capas comprende 4, 8 o 12, pero preferentemente 8 paquetes de capas.
7. Capa de material duro según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque al menos una capa de (Al_yCr_{1-y}) X está depuesta directamente sobre la pieza de trabajo o sobre una capa adhesiva.
- 30 8. Capa de material duro según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque una capa de cubierta (Al_yCr_{1-y}) X o una capa de cubierta de (Ti_zSi_{1-z}) X cierran la capa de material duro.
9. Capa de material duro según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque sobre la capa de material duro está depuesta una capa antifricción.
10. Capa de material duro según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque el al menos un paquete de capas comprende la estructura siguiente:
- 35 - una capa de mezcla de (AlCrTiSi) X
- seguida de otra capa de (Al_yCr_{1-y}) X
- seguida de otra capa de mezcla de (AlCrTiSi) X
- seguida de otra capa de (Al_yCr_{1-y}) X.
- 40 11. Capa de material duro según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque las capas de mezcla comprenden una estructura multicapas.
12. Pieza de trabajo, caracterizada porque la herramienta comprende un revestimiento según una de las reivindicaciones precedentes.

13. Pieza de trabajo según la reivindicación 12, caracterizada porque la pieza de trabajo es un componente para la construcción de máquinas y moldes, una herramienta, una herramienta para el arranque de virutas, una herramienta de corte o de conformación, pero preferentemente una broca.

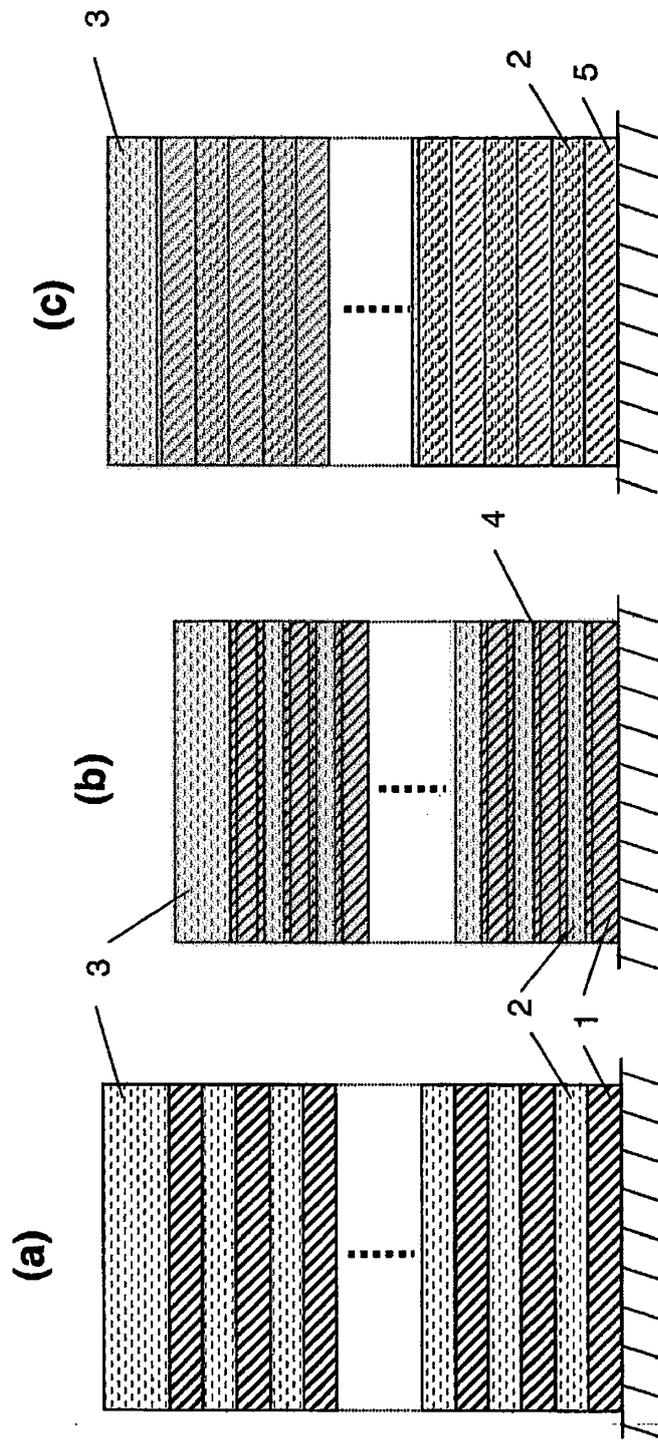


Fig. 1

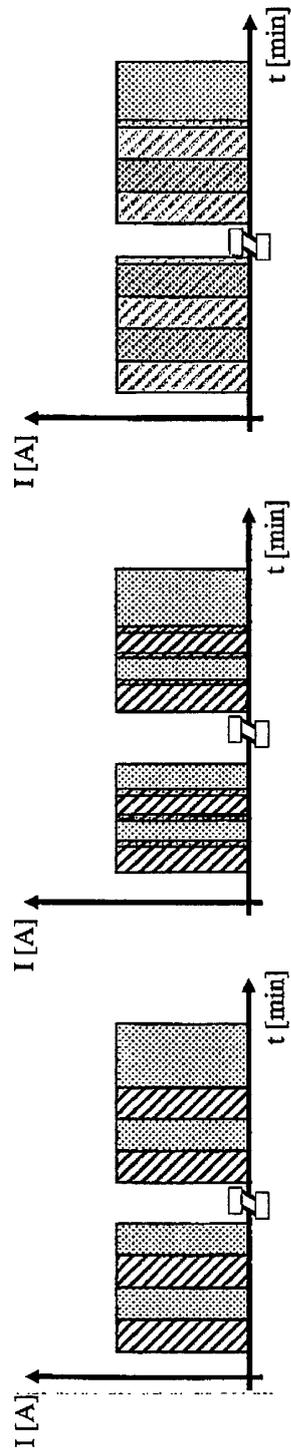


Fig. 2