(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 719 079**

(51) Int. Cl.:

C23C 14/32 (2006.01)
C23C 14/06 (2006.01)
C23C 28/00 (2006.01)
B23B 27/14 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.09.2013** **PCT/EP2013/070165**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **03.04.2014** **WO14049105**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.09.2013** **E 13773660 (9)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.02.2019** **EP 2900842**

(54) Título: **Herramienta con revestimiento PVD de TiAlCrSiN**

(30) Prioridad:

28.09.2012 DE 102012109254

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
08.07.2019

(73) Titular/es:

WALTER AG (100.0%)
Derendinger Strasse 53
72072 Tübingen, DE

(72) Inventor/es:

SCHIER, VEIT

(74) Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 719 079 T3

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

DESCRIPCIÓN

Herramienta con revestimiento PVD de TiAlCrSiN

Objeto de la invención

La invención se refiere a una herramienta con un cuerpo básico de metal duro, cermet, cerámica, acero o acero de corte rápido, y a un revestimiento resistente al desgaste de una o varias capas aplicado en el procedimiento PVD.

Antecedentes de la invención

Las herramientas de corte, en especial herramientas para la elaboración de metal con arranque de viruta, están constituidas por un cuerpo básico, que se fabrica, por ejemplo, a partir de metal duro, cermet, cerámica, acero o acero de corte rápido. Para el aumento de las duraciones o también para la mejora de las propiedades de corte, en el cuerpo básico se aplica preferentemente un revestimiento resistente al desgaste monocapa o multicapa constituido por materiales duros por medio del procedimiento CVD o PVD. En el procedimiento PVD se diferencia entre diversas variantes de procedimiento, como pulverización de magnetrón, evaporación en arco voltaico (Arc-PVD), galvanizado iónico, evaporación por haz de electrones y ablación láser. La pulverización de magnetrón y la evaporación en arco voltaico cuentan entre los procedimientos PVD aplicados con mayor frecuencia para el revestimiento de herramientas. Dentro de algunas variantes de procedimiento PVD existen a su vez diversas modificaciones, como por ejemplo pulverización de magnetrón no pulsada o pulsada, o evaporación en arco voltaico no pulsada o pulsada, etc.

El objetivo en el procedimiento PVD puede estar constituido por un metal puro o una combinación de dos o más metales. Si el objetivo comprende varios metales, todos estos metales se incorporan simultáneamente en la capa de un revestimiento, construida en el procedimiento PVD. En el caso de objetivos metálicos mixtos, la proporción cuantitativa de metales entre sí en la capa construida se determina esencialmente por la proporción cuantitativa de metales en el objetivo.

Para la generación de determinados compuestos metálicos se alimentan gases reactivos al espacio de reacción del procedimiento PVD, como por ejemplo nitrógeno para la generación de nitruros, oxígeno para la generación de óxidos, compuestos que contienen carbono para la generación de carburos, o mezclas de estos gases para la generación de compuestos mixtos correspondientes, como carbonitruros, oxicarburos, etc.

El documento WO 96/23911 A1 describe una capa resistente al desgaste sobre un sustrato, constituida por una capa de material duro aplicada directamente sobre el sustrato, y sobre la misma una secuencia de 10 a 100 capas individuales adicionales, que están constituidas alternantemente por un material duro metálico y un material duro covalente con un grosor de capas individuales entre 1 y 30 nm. Mediante la disposición de capas individuales de materiales duros metálicos y materiales duros covalentes alternante de manera periódica se mejorarán las propiedades mecánicas y químicas de la capa resistente al desgaste.

El documento WO 2006/041367 describe una herramienta de corte revestida constituida por un sustrato de metal duro y un revestimiento precipitado en el procedimiento PVD, que comprende al menos una capa de TiAlN con un grosor de 1,5 a 5 µm y una tensión de compresión residual > 4 a 6 GPa. La capa de TiAlN presentará una adherencia sobre el sustrato mejorada frente a capas conocidas.

El documento EP 2 298 954 A1 describe un procedimiento para la producción de una herramienta de corte revestida, en el que se aplica un revestimiento de material duro, por ejemplo TiAlN, TiAlCrN o TiAlCrSiN, sobre un sustrato por medio del procedimiento PVD, variándose la tensión Bias del sustrato durante el procedimiento de corte. Mediante el procedimiento se obtendrá una resistencia al desgaste mejorada y una mayor duración de la herramienta.

El documento EP 1 992 717 describe un objetivo para la corte de una capa de material duro en el procedimiento PVD, que puede contener Ti, Al, Cr, Si, B, C y N dentro de diferentes intervalos cuantitativos.

El documento EP 1 174 528 describe una herramienta de corte con un revestimiento resistente al desgaste multicapa, que comprende una primera capa de material duro y una segunda capa de material duro, conteniendo la primera capa de material duro uno o varios de los metales Ti, Al y Cr y uno o varios de los no metales N, B, C y O, y conteniendo la segunda capa de material duro Si y uno o varios de los metales de los grupos 4a, 5a y 6a del sistema periódico, y Al y uno o varios de los no metales N, B, C y O.

El documento WO2012/005275 A1 describe una herramienta de corte revestida.

Para determinados procesos de elaboración de metal, tales como, por ejemplo, el fresado y el torneado, se plantean requisitos especialmente elevados en la herramienta. Son parámetros importantes para tales herramientas la estabilidad a alta temperatura, la dureza elevada, la tenacidad de rotura elevada, y un módulo de elasticidad elevado (módulo E, módulo de Young).

Las herramientas de corte y sus revestimientos resistente al desgaste están diseñadas generalmente para determinadas aplicaciones, pudiéndose llegar habitualmente a compromisos respecto a las propiedades citadas anteriormente, en tanto éstas sean esenciales para la aplicación, ya que no se pueden optimizar al mismo tiempo todas las propiedades deseadas. Por lo tanto, existe una necesidad de mejorar adicionalmente propiedades de revestimientos resistente al desgaste importantes para determinadas aplicaciones.

Las capas de $Ti_{85}Si_{15}N$ conocidas en revestimientos resistente al desgaste poseen, por ejemplo, durezas muy elevadas, así como módulos E muy elevados, pero propiedades tribométricas relativamente deficientes a altas temperaturas. Se considera algo similar en capas de $Al_{70}Cr_{30}N$. Por el contrario, las capas de $Ti_{50}Al_{50}N$ muestran ciertamente un mejor comportamiento tribológico a altas temperaturas, pero poseen una menor dureza y módulos E más reducidos.

Tarea

Por lo tanto, la tarea de la presente invención consistía en poner a disposición una herramienta para el procesamiento con arranque de virutas de materiales, en especial aceros, con un revestimiento mejorado frente al estado de la técnica, con dureza elevada, tenacidad de rotura elevada, módulo de elasticidad elevado y buena estabilidad a alta temperatura, en especial para el fresado, la perforación y el torneado de aceros.

Descripción de la invención

Esta tarea se soluciona mediante una herramienta con un cuerpo básico constituido por metal duro, cermet, cerámica, acero o acero de corte rápido, y un revestimiento resistente al desgaste multicapa aplicado sobre el cuerpo básico en el procedimiento PVD, comprendiendo el revestimiento resistente al desgaste al menos una capa

(A) $Ti_aAl_{(1-a)}N$ con $0,33 \leq a \leq 1$ y con un espesor de capa de 20 nm a 3 µm,

Y al menos una capa

(B) constituida por una secuencia de al menos 4 subcapas apiladas alternantemente de $Ti_bSi_{(1-b)}N$ y $Al_cCr_{(1-c)}N$ con $0,70 \leq b \leq 0,98$ y $0,3 \leq c \leq 0,75$, y con un grosor de capa de subcapas de 0,5 nm a 15 nm,

Y opcionalmente además al menos una capa

(C) $Ti_dSi_{(i-d)}N$ con $0,70 \leq d \leq 0,98$ y con un espesor de capa de 50 nm a 1 µm,

Pudiendo presentar el revestimiento resistente al desgaste otras capas de material duro, y pudiendo contener las capas (A), (B) y (C) hasta 10 % at. de otros metales, B, C y/u O por capa debido al procedimiento.

Sorprendentemente, se ha mostrado que las herramientas del tipo según la invención, debido al nuevo revestimiento resistente al desgaste, muestran resultados de corte de metales mejorados y menor desgaste que las herramientas conocidas según el estado de la técnica. El revestimiento resistente al desgaste según la invención posee dureza elevada, tenacidad de rotura elevada, un módulo de elasticidad elevado y buena estabilidad a alta temperatura, lo que es ventajoso en especial para el fresado, la perforación y el torneado de aceros.

Los revestimientos resistentes al desgaste según la invención con la combinación de capas de TiAlN (A) y capas (B) con subcapas de TiSiN y AlCrN, y de manera opcional capas de TiSiN (C) apiladas alternantemente, se distinguen por una resistencia al desgaste más elevada y mayores duraciones, en especial por menos descascarillado del revestimiento del borde de corte.

Sin que los inventores pretendan vincularse a una teoría de este modo, se supone que, en la capa (B), el cambio de las composiciones de capa en las subcapas apiladas de TiSiN y AlCrN, de escasos nanometros de espesor, debido a las diferentes constantes reticulares en el retículo, que es un retículo de caras centradas cúbicamente, conduce a una variación de las proporciones de tensión residual de la capa (B), que favorece las propiedades ventajosas del revestimiento resistente al desgaste según la invención.

Las subcapas de TiSiN y AlCrN apiladas de escasos nanómetros de espesor en la capa (B) según la invención, con diferentes composiciones, se pueden identificar y diferenciar en el microscopio electrónico de transmisión (TEM) a pesar de su espesor reducido. La técnica es suficientemente conocida por el especialista en la materia.

En una forma preferente de realización de la invención, la capa (B) presenta una secuencia de al menos 4 subcapas de $Ti_bSi_{(1-b)}$ y 4 subcapas de $Al_cCr_{(1-c)}N$ apiladas alternantemente. Por consiguiente, el número total de subcapas de $Ti_bSi_{(1-b)}$ y $Al_cCr_{(1-c)}N$ asciende al menos a 8 en esta forma de realización. Si el número de subcapas de $Ti_bSi_{(1-b)}$ y $Al_cCr_{(1-c)}N$ es demasiado reducido, se pueden obtener ciertamente durezas más elevadas y módulos E más elevados frente al estado de la técnica, pero un espesor demasiado reducido de la capa (B) influye negativamente sobre la resistencia al desgaste del revestimiento total.

En otra forma preferente de realización de la invención, la capa (B) presenta una secuencia de un máximo de 1500 subcapas de $Ti_bSi_{(1-b)}$ y 1500 subcapas de $Al_cCr_{(1-c)}N$ apiladas alternantemente. Por consiguiente, el número total de subcapas de $Ti_bSi_{(1-b)}$ y $Al_cCr_{(1-c)}N$ asciende como máximo a 3000 en esta forma de realización. Si el número de subcapas de $Ti_bSi_{(1-b)}$ y $Al_cCr_{(1-c)}N$ es demasiado elevado, esto conduce a un espesor total demasiado elevado del revestimiento resistente al desgaste, con la consecuencia de que el revestimiento en la zona de borde de corte falla más rápidamente.

En otra forma preferente de realización de la invención, la capa (B) presenta un espesor de capas total de 40 nm a 3 µm. Si el espesor de capas total de la capa (B) es demasiado reducido, la capa (B) pierde las propiedades mecánicas ventajosas. Si el espesor de capa total de la capa (B) es demasiado elevado, esto conduce a un espesor total demasiado elevado del revestimiento resistente al desgaste, con la consecuencia de que el revestimiento en la zona de borde de corte falla más rápidamente.

En otra forma preferente de realización de la invención, el revestimiento resistente al desgaste presenta una de las siguientes secuencias de capa, siendo m, n, o, p, q y r números enteros > 0:

$[A\text{-}B]_n$ con $1 \leq n \leq 100$, preferentemente $1 \leq n \leq 20$,

$([A\text{-}B]_n\text{-}C)_m$ con $1 \leq n \leq 100$, preferentemente $1 \leq n \leq 20$, preferentemente $1 \leq n \leq 5$,

$A\text{-}[B\text{-}C]_n$ con $1 \leq n \leq 30$,

$[A\text{-}B\text{-}C]_n$ con $2 \leq n \leq 30$,

$\{([A\text{-}B]_o\text{-}C)_q\text{-}(A\text{-}[B\text{-}C]_p)_r\}_m$ con $1 \leq o \leq 30$, $1 \leq p \leq 30$, $1 \leq q \leq 30$, $p+q \geq 2$, $(13\,q + 25\,r)\,m \leq 500$.

La capa de TiAlN (A) es preferentemente la capa más interna del revestimiento resistente al desgaste, y está en contacto directo con la superficie de sustrato del cuerpo básico. La capa de TiAlN (A) contribuye a una muy buena adherencia del revestimiento resistente al desgaste sobre la superficie de sustrato, y de este modo reduce el peligro de descascarillamiento o descortezado del revestimiento resistente al desgaste.

En otra forma preferente de realización de la invención, las subcapas de $Ti_bSi_{(1-b)}N$ y $Al_cCr_{(1-c)}N$ presentan espesores de capa de 1,0 nm a 12 nm, de modo especialmente preferente de 3,0 nm a 9,0 nm.

Las subcapas de $Ti_bSi_{(1-b)}N$ y $Al_cCr_{(1-c)}N$ según la invención, con $0{,}70 \leq b \leq 0{,}98$ y $0{,}3 \leq c \leq 0{,}75$ en la capa (B), presentan ventajosamente estructura cristalina de caras centradas cúbicamente.

Si el contenido en Si en la capa de $Ti_bSi_{(1-b)}N$ es demasiado elevado, existe el peligro de que la capa se vuelva amorfa. La capa de $Ti_bSi_{(1-b)}N$ tendría entonces una dureza demasiado reducida para el fin según la invención. Se determinó que la dureza de la capa de $Ti_bSi_{(1-b)}N$ aumenta hasta un contenido en Si de aproximadamente 15 % at., es decir, $b > 0{,}85$, y después se produce una disminución de la dureza. Dentro del intervalo de concentración según la invención, la capa de $Ti_bSi_{(1-b)}N$ presenta una dureza elevada y un módulo E elevado.

Si el contenido en Al en la capa de $Al_cCr_{(1-c)}N$ es demasiado elevado, es decir, mayor que 75 % at., existe el peligro de que la capa adopte la estructura cristalina hexagonal, que posee una dureza demasiado reducida para el fin según la invención, y no es resistente al calor.

En otra forma preferente de realización de la invención, el revestimiento resistente al desgaste presenta un grosor total de 0,5 µm a 10 µm, preferentemente de 0,7 µm a 5 µm, de modo especialmente preferente 1,0 µm a 3,0 µm, de modo muy especialmente preferente 1,5 µm a 2,5 µm. Si el espesor total del revestimiento resistente al desgaste es demasiado reducido se produce desgaste prematuro en el borde de canto debido al desgaste abrasivo y/o triboquímico demasiado elevado, y/o debido al fallo del sustrato a causa de entrada de temperatura demasiado elevada. Si el espesor de capas total del revestimiento resistente al desgaste es demasiado elevado, la tensión compresiva total de la capa en la zona de borde de corte aumenta demasiado, y el revestimiento resistente al desgaste falla en adhesión o cohesión, o se produce el fallo mecánico del sustrato, en especial en el caso de sustratos metálicos duros.

En otra forma de realización, el revestimiento resistente al desgaste de la herramienta según la invención puede presentar capas de material duro adicionales. Entre el sustrato y la secuencia de capas según la invención, que comprende las capas (A), (B), y opcionalmente (C), pueden estar presentes capas de material duro adicionales o combinaciones de las mismas, por ejemplo TiAlN, TiN, AlCrN, TiCN, etc. Por lo demás, sobre la secuencia de capas según la invención pueden estar presentes capas de indicador de desgaste, capas metálicas puras, por ejemplo Al, Zr o Nb, o también capas de óxido metálico, por ejemplo Al_2O_3, $[AlCr]_2O_3$, ZrO_2 o Cr_2O_3, como capas externas, en tanto estas capas adicionales no reduzcan sensiblemente las propiedades de la herramienta según la invención.

En una forma de realización preferente, el revestimiento resistente al desgaste según la invención presenta, al menos por zonas, una capa de identificación de desgaste delgada dispuesta como capa externa, preferentemente una capa de TiN o ZrN, con un espesor de 0,1 a 1,5 µm. Las capas de identificación de desgaste del tipo citado

anteriormente son conocidas en sí, y sirven en primer término como capas decorativas y/o indican si la herramienta se utilizó ya y en que medida, y la intensidad del desgaste producido en el transcurso de la utilización. La capa de identificación de desgaste delgada se desgasta de manera evidente en la utilización de la herramienta y, en el caso de identificación más intensa, la capa resistente al desgaste subyacente, casi siempre de otro color, se vuelve visible.

El revestimiento resistente al desgaste según la invención presenta convenientemente una dureza de Vickers HV de 2500 a 4000, preferentemente de 3000 a 3500. La dureza elevada del revestimiento resistente al desgaste según la invención tiene ventajas especiales en el procesamiento de metales, en especial en el torneado y el fresado, ya que estos procedimientos de procesamiento de metales son aquellos con las mayores exigencias en el material de corte respecto a dureza, tenacidad, resistencia al desgaste y resistencia a la temperatura, entre los procedimientos de separación con corte determinado geométricamente. Una dureza demasiado reducida tiene el inconveniente de que la resistencia al desgaste del revestimiento disminuye. Una dureza demasiado elevada tiene el inconveniente de que la tensión compresiva del revestimiento que acompaña a la misma se hace excesiva, y el revestimiento tiende al descascarillamiento en el borde de corte. Vista la presente invención, para el especialista es posible ajustar sin problema valores apropiados de dureza del revestimiento resistente al desgaste mediante variación de las composiciones de capas y/o de la secuencia de capas y/o de los espesores de capa.

Por lo demás, el revestimiento resistente al desgaste según la invención presenta convenientemente un módulo de elasticidad (módulo E) de > 380 Gpa, preferentemente de > 400 Gpa. En el caso de carga externa de la herramienta en el proceso de corte, en el revestimiento y en el sustrato se generan tensiones mecánicas, cuya magnitud a través del módulo de elasticidad está vinculada a la deformación elástica introducida. Si el módulo de elasticidad del revestimiento es demasiado reducido, dentro del revestimiento se producen tensiones reducidas en el caso de deformación mecánica de la herramienta en uso, lo que está vinculado al inconveniente de que el revestimiento también puede absorber solo una parte reducida de las fuerzas de corte. No obstante, si el módulo de elasticidad es demasiado elevado, esto tiene el inconveniente de que, en el caso de deformación mecánica, se derivan fuerzas demasiado elevadas a través del revestimiento, con lo cual éste se puede destruir prematuramente.

Como ya se explicó, para determinadas aplicaciones de procesamiento de metales, en especial torneado y fresado, muy especialmente en aplicaciones de procesamiento de metales con corte interrumpido, es especialmente ventajosa la combinación de dureza elevada y módulo de elasticidad elevado. La dureza elevada asegura una elevada resistencia al desgaste. No obstante, una dureza elevada va acompañada habitualmente de una fragilidad acrecentada. El módulo de elasticidad elevado asegura simultáneamente que el material presente una menor fragilidad, y que se puedan compensar fuertes cargas mecánicas alternas, por ejemplo en el caso de corte interrumpido. Mediante la secuencia de capas según la invención, el revestimiento resistente al desgaste de la herramienta obtiene estas propiedades ventajosas.

Los valores de dureza y módulo de elasticidad del revestimiento resistente al desgaste según la invención, citados anteriormente para formas preferentes de realización de la invención, se miden en la unión de capas del revestimiento resistente al desgaste y se refieren a la misma, pero sin una capa de indicador de desgaste, en caso dado presente como capa externa. Una capa de indicador de desgaste puede cumplir una función diferente a la de las capas del revestimiento resistente al desgaste, como se describe anteriormente, y por lo tanto ser más blanda y/o presentar un módulo de elasticidad diferente. Por lo tanto, una medida de valores de dureza y módulo de elasticidad del revestimiento resistente al desgaste se debía llevar a cabo sin una capa de indicador de desgaste dispuesta sobre el mismo, si es de esperar que la capa de indicador de desgaste influya sensiblemente en los resultados de medición debido a su espesor y/o composición.

La herramienta según la invención puede estar configurada como herramienta de metal duro macizo o como plaquita de corte inversor, siendo la herramienta según la invención preferentemente una plaquita de corte inversor. La herramienta según la invención muestra propiedades especialmente sorprendentes en el caso de empleo como plaquita de acabado de copia para el fresado de aceros.

En otra forma preferente de realización de la herramienta según la invención, el revestimiento presenta una rugosidad superficial media Ra, medida sobre una longitud de 10 µm, de ≤ 1,0 µm, preferentemente ≤ 0,5 µm.

Para el alisamiento de la superficie de la herramienta tras el corte del revestimiento son apropiados procedimientos de chorreo conocidos, esmerilado o cepillado, con materiales correspondientemente duros y finos. Un procedimiento apropiado para el alisamiento de la superficie de la herramienta es, por ejemplo, chorreo en húmedo con perlas de vidrio a una presión de aproximadamente 2,5 bar con un medio de chorreo constituido por 50 % de perlas de vidrio con un diámetro de 70-110 µm y 50 % de perlas de vidrio con un diámetro de 40-70 µm. La duración del tratamiento de chorreo apropiada se puede determinar mediante examen de la lisura superficial deseada.

Un procedimiento apropiado para el alisamiento de la superficie de la herramienta es el esmerilado por arrastre. Un medio de esmerilado apropiado es, por ejemplo, un granulado de cáscaras de coco con polvo de diamante fino como medio de esmerilado y aceite adhesivo. También el chorreo en húmedo con corindón, por ejemplo de

la granulación 280/320 y una concentración de medio de chorreo en el líquido de aproximadamente 18 %, es especialmente apropiado para un tratamiento subsiguiente. En este caso se aplica convenientemente una presión de chorreo de aproximadamente 1,5 a 2 bar, debiéndose ajustar la dirección de chorreo y el ángulo de chorreo en función del tipo de herramienta y del tamaño de la herramienta.

Para los fines de la invención se midió la rugosidad superficial en plaquitas de corte inversor de ensayo pulidas con un aparato de medición Hommel-ETAMIC TURBO WAVE V7.32 de la firma HOMMEL-ETAMIC GmbH, Schwenningen, Alemania (Pulsador: TKU300 – 96625_TKU300/TS1; intervalo de medición: 80 µm; recorrido de ensayo: 4,8 mm; velocidad: 0,5 mm/s).

Producción del revestimiento resistente al desgaste según la invención

La producción de las capas de material duro según la invención se efectúa en el procedimiento PVD, seleccionado entre procedimientos de arco voltaico, procedimientos de magnetrón, magnetrón dual o HIPIMS, pudiéndose emplear también combinaciones de los procedimientos citados anteriormente. Para el corte de las capas de material duro según la invención se empleó una instalación de revestimiento de tipo Innova de la firma Balzers con soporte de sustrato rotatorio. Como objetivos se emplearon objetivos de Ti-Al pirometalúrgicos o pulvimetalúrgicos para la producción de las capas (A), y objetivos de Ti-Si, así como objetivos de Al-Cr, para la producción de las capas (B), y objetivos de Ti-Si para la producción de las capas (C), con las proporciones cuantitativas de los respectivos metales apropiadas en cada caso.

Se puede influir sobre el espesor de las capas individuales, entre otras maneras, mediante el ajuste de parámetros de corte, como temperatura, tensión Bias, presiones parciales de los gases introducidos, etc, así como mediante la disposición de objetivos y el ajuste del respectivo movimiento, o bien torsión de sustrato, en la instalación de revestimiento. No obstante, el especialista sabe como debe efectuar los correspondientes ajustes según tipo de instalación. Antes del revestimiento, los sustratos se someten a una limpieza por corrosión mediante iones Ar, lo que es igualmente común para el especialista.

La dureza y el módulo E (más exactamente el denominado módulo E reducido) se miden por medio de nanoindentación. En este caso se presiona en la capa un cuerpo de ensayo de diamante según Vickers, y se registra la curva de fuerza-recorrido durante la medida. A partir de esta curva se pueden calcular entonces los valores característicos mecánicos del cuerpo de ensayo, entre otros dureza y módulo E (reducido). Para las determinaciones de dureza y de módulo E de la capa según la invención se empleó un Fischerscope® H100 XYp de la firma Helmut Fischer GmbH, Sindelfingen, Alemania. Se debe considerar que la profundidad de impresión no debe ascender a más de 10 % del espesor de capa, ya que, de lo contrario, propiedades del sustrato pueden falsear las mediciones.

Las tensiones residuales en la capa según la invención se pueden comprobar mediante difracción de rayos X. En este caso se pueden diferenciar tensiones residuales de primer, segundo y tercer orden, que se diferencian en su alcance, y con ello en su efecto sobre la adherencia de capa. Para la adherencia del revestimiento resistente al desgaste sobre el cuerpo básico ha demostrado ser ventajoso que las tensiones residuales de primer y segundo orden no aumenten demasiado, convenientemente no por encima de – 5 GPa (tensión compresiva), en el revestimiento.

En otra forma preferente de realización de la invención, la herramienta presenta además un canto de corte redondeado con un radio de canto en el intervalo de 3 a 10 µm, preferentemente de 5 a 7 µm. En el caso de un radio de canto de corte demasiado reducido existe el peligro de que el canto se rompa rápidamente. Un radio de canto de corte demasiado elevado tiene por consecuencia fuerzas de corte muy elevadas, que ejercen un efecto desfavorable sobre la duración de la herramienta y las formas de viruta.

Por medio de los siguientes ejemplos se explican adicionalmente otras ventajas, características y formas de realización de la presente invención.

Ejemplos

Ejemplo 1 – Plaquitas de corte inversor para fresador de acabado de copia

Se dotaron plaquitas de corte inversor para fresador de acabado de copia de la denominación de molde de placa P3204-D16 de Walter AG, Tübingen, Alemania, a partir de un tipo de metal duro de grano fino con un 7 % en peso de Co y un tamaño de grano WC de aproximadamente 1 µm, de revestimientos según la invención y un revestimiento comparativo según el estado de la técnica, y se compararon las herramientas revestidas en ensayos de arranque de viruta. Las composiciones de objetivos mixtos indicadas en este caso designan proporciones en % atómico de los metales contenidos.

Ejemplo 1 a (Invención)

Sucesión de capas: $[A\text{-}B]_1$

Producción:

Capa (A): Evaporación en arco voltaico; objetivo mixto de Ti-Al (Ti : Al = 50 : 50); Bias: 120 V DC; 4 Pa de N_2; 160 A de corriente de evaporador; temperatura de corte: 550ºC;

Espesor de capa: 150 nm

Capa (B): Evaporación en arco voltaico; objetivo mixto de Ti-Si (Ti : Si = 85 : 15) y objetivo mixto de Al-Cr (Al : Cr = 70 : 30); Bias: 120 V DC; 4 Pa de N_2; 160 A de corriente de evaporador; temperatura de corte: 550ºC; soporte de sustrato rotatorio

Espesor de capa: 1,85 µm

Espesor de subcapas individuales de TiSiN y AlCrN : aproximadamente 7 nm

Número de subcapas individuales de TiSiN y AlCrN: aproximadamente 132 en cada caso

Espesor total de la capa resistente al desgaste: 2 µm

Dureza: 3700 HV

Módulo E: 420 GPa

Ejemplo 1 b (Invención)

Sucesión de capas: $[A\text{-}B]_{20}$

Producción:

Capa (A): Evaporación en arco voltaico; objetivo mixto de Ti-Al (Ti : Al = 50 : 50); Bias: 120 V DC; 4 Pa de N_2; 160 A de corriente de evaporador; temperatura de corte: 550ºC;

Espesor de capa: 50 nm

Capa (B): Evaporación en arco voltaico; objetivo mixto de Ti-Si (Ti : Si = 85 : 15) y objetivo mixto de Al-Cr (Al : Cr = 70 : 30); Bias: 120 V DC; 4 Pa de N_2; 160 A de corriente de evaporador; temperatura de corte: 550ºC; soporte de sustrato rotatorio

Espesor de capa: 56 nm

Espesor de subcapas individuales de TiSiN y AlCrN : aproximadamente 7 nm

Número de subcapas individuales de TiSiN y AlCrN: aproximadamente 4 en cada caso

Espesor total de la capa resistente al desgaste: 2,2 µm

Dureza: 3450 HV

Módulo E: 420 GPa

Ejemplo 1 c (Invención)

Sucesión de capas: $[A\text{-}B]_{10}$ – C

Producción:

Capa (A): Evaporación en arco voltaico; objetivo mixto de Ti-Al (Ti : Al = 50 : 50); Bias: 120 V DC; 4 Pa de N_2; 160 A de corriente de evaporador; temperatura de corte: 550ºC;

Espesor de capa: 50 nm

Capa (B): Evaporación en arco voltaico; objetivo mixto de Ti-Si (Ti : Si = 85 : 15) y objetivo mixto de Al-Cr (Al : Cr = 70 : 30); Bias: 120 V DC; 4 Pa de N_2; 160 A de corriente de evaporador; temperatura de corte: 550ºC; soporte de sustrato rotatorio

Espesor de capa: 56 nm

Espesor de subcapas individuales de TiSiN y AlCrN : aproximadamente 7 mm

Número de subcapas individuales de TiSiN y AlCrN: aproximadamente 4 en cada caso

Capa (C): Evaporación en arco voltaico; objetivo mixto de Ti-Si (Ti : Si = 85 : 15) y objetivo mixto de Al-Cr (Al : Cr = 70 : 30); Bias: oscilante (0,004 Hz) 60 V, o bien 120 V DC; 4 Pa de N_2; 160 A de corriente de evaporador; temperatura de corte: 550ºC; soporte de sustrato rotatorio

Espesor de capa: 1,0 µm

Espesor total de la capa resistente al desgaste: 2,1 µm

Dureza: 3900 HV

Módulo E: 430 GPa

Ejemplo 1 d (Comparativo)

Producción:

Capa de TiAlN: Evaporación en arco voltaico; objetivo mixto de Ti-Al (Ti : Al = 33 : 67); Bias: 120 V DC; 4 Pa de N_2; 160 A de corriente de evaporador; temperatura de corte: 550ºC;

Espesor de capa: 2,3 µm

Dureza: 3400 HV

Módulo E: 380 GPa

Ensayos de arranque de viruta

Las herramientas descritas se compararon en ensayos de fresado y se determinó el desgaste de superficie abierta máxima V_{bmax} en el caso de 1 a 8 rebabas sobre la superficie de herramienta curvada. Los resultados indicados en la siguiente Tabla 1 son valores medios a partir de dos ensayos para cada herramienta y para cada número de rebabas respectivamente.

Herramienta: Acero 60HRC

Condiciones de arranque de viruta: Velocidad de corte v_c = 250 m/min

Carga de virutas por diente f_z = 0,1 mm

Profundidad de penetración a_p = 0,5 mm

Profundidad de penetración a_e = 0,5 mm

Voladizo x_s = 147,44 mm

Fresado sin refrigeración

Tabla 1

Número de rebabas	1	2	3	4	5	6	7	8
Desgaste V_{bmax} [mm]								
Ej. 1 a (Invención)	0,03	0,04	0,08	0,09	0,11	0,12	0,15	0,18
Ej. 1 b (Invención)	0,03	0,04	0,07	0,08	0,10	0,11	0,13	0,15
Ej. 1 d (Invención)	0,06	0,07	0,1	0,12	0,14	0,2	--	--

REIVINDICACIONES

1. Herramienta con un cuerpo básico de metal duro, cermet, cerámica, acero o acero de corte rápido, y un revestimiento resistente al desgaste multicapa aplicado sobre el cuerpo básico en el procedimiento PVD, caracterizado por que el revestimiento resistente al desgaste comprende

al menos una capa

(A) $Ti_aAl_{(1-a)}N$ con $0,33 \leq a \leq 1$ y con un espesor de capa de 20 nm a 3 µm,

Y al menos una capa

(B) constituida por una secuencia de al menos 4 subcapas apiladas alternantemente de $Ti_bSi_{(1-b)}N$ y $Al_cCr_{(1-c)}N$ con $0,70 \leq b \leq 0,98$ y $0,3 \leq c \leq 0,75$, y con un grosor de capa de subcapas de 0,5 nm a 15 nm,

y opcionalmente además al menos una capa

(C) $Ti_dSi_{(1-d)}N$ con $0,70 \leq d \leq 0,98$ y con un espesor de capa de 50 nm a 1 µm,

pudiendo presentar el revestimiento resistente al desgaste otras capas de material duro, y pudiendo contener las capas (A), (B) y (C) hasta 10 % at. de otros metales, B, C y/u O por capa debido al procedimiento.

2. Herramienta según la reivindicación 1, caracterizada por que la capa (B) presenta una secuencia de al menos 4 subcapas de $Ti_bSi_{(1-b)}$ y 4 subcapas de $Al_cCr_{(1-c)}N$ apiladas alternantemente, y/o por que la capa (B) presenta una secuencia como máximo de 1500 subcapas de $Ti_bSi_{(1-b)}$ y 1500 subcapas de $Al_cCr_{(1-c)}N$ apiladas alternantemente.

3. Herramienta según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que la capa (B) presenta un grosor de capa total de 40 nm a 3 µm.

4. Herramienta según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que el revestimiento resistente al desgaste presenta una de las siguientes de capa, siendo m, n, o, p, q y r números enteros > 0:

$[A\text{-}B]_n$ con $1 \leq n \leq 100$, preferentemente $1 \leq n \leq 20$,

$([A\text{-}B]_n\text{-}C)_m$ con $1 \leq n \leq 100$, preferentemente $1 \leq n \leq 20$, preferentemente $1 \leq n \leq 5$,

$A\text{-}[B\text{-}C]_n$ con $1 \leq n \leq 30$,

$[A\text{-}B\text{-}C]_n$ con $2 \leq n \leq 30$,

$\{([A\text{-}B]_o\text{-}C)_q\text{-}(A\text{-}[B\text{-}C]_p)_r\}_m$ con $1 \leq o \leq 30$, $1 \leq p \leq 30$, $1 \leq q \leq 30$, $p+q \geq 2$, $(13\,q + 25\,r)\,m \leq 500$.

5. Herramienta según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que las subcapas de $Ti_bSi_{(1-b)}N$ y $Al_cCr_{(1-c)}N$ presentan espesores de capa de 1,0 nm a 12 nm, preferentemente de 3,0 nm a 9,0 nm.

6. Herramienta según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que las subcapas de $Ti_bSi_{(1-b)}N$ y $Al_cCr_{(1-c)}N$ presentan estructura cristalina de caras centradas cúbicamente.

7. Herramienta según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que el revestimiento resistente al desgaste presenta un grosor total de 0,5 µm a 10 µm, preferentemente de 0,7 µm a 5 µm, de modo especialmente preferente 1,0 µm a 3,0 µm, de modo muy especialmente preferente 1,5 µm a 2,5 µm.

8. Herramienta según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que el revestimiento resistente al desgaste presenta capas de material duro adicionales y/o una capa de identificación de desgaste delgada dispuesta como capa externa al menos por zonas, preferentemente una capa de TiN o ZrN, con un espesor de 0,1 a 1,5 µm.

9. Herramienta según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que el revestimiento resistente al desgaste presenta una dureza de Vickers HV de 2500 a 4000, preferentemente de 3000 a 3500.

10. Herramienta según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que el revestimiento resistente al desgaste presenta un módulo de elasticidad (módulo E) de > 380 Gpa, preferentemente de > 400 Gpa.

11. Herramienta según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que es una plaquita de corte inversor, preferentemente una plaquita de acabado de copia para el fresado de aceros y/o por que es una herramienta de metal duro macizo.

12. Herramienta según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que el revestimiento resistente al desgaste presenta una rugosidad superficial media Ra, medida sobre una longitud de 10 µm, de ≤ 1,0 µm, preferentemente ≤ 0,5 µm.