

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 719 804**

51 Int. Cl.:

C23C 28/04 (2006.01)

C23C 28/00 (2006.01)

C23C 30/00 (2006.01)

C23C 14/06 (2006.01)

C23C 14/34 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.07.2013 PCT/EP2013/065550**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.02.2014 WO14019897**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.07.2013 E 13745008 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.02.2019 EP 2880199**

54 Título: **Herramienta revestida de TiAIN**

30 Prioridad:
03.08.2012 DE 102012107129

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.07.2019

73 Titular/es:
**WALTER AG (100.0%)
Derendinger Strasse 53
72072 Tübingen, DE**

72 Inventor/es:
**SCHIER, VEIT y
ALBERS, ULRICH**

74 Agente/Representante:
ELZABURU, S.L.P

ES 2 719 804 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 revestida de TiAlN

Objeto de la invención

5 La invención se refiere a una herramienta con un cuerpo base hecho de metal duro, cermet, cerámica, acero o acero de alta velocidad y un revestimiento protector contra el desgaste constituido por una o varias capas, aplicado sobre el mismo mediante el procedimiento PVD (siglas inglesas de "deposición física en fase de vapor") en donde al menos una capa del revestimiento protector contra el desgaste comprende una capa de nitruro de titanio y aluminio, Ti_xAl_yN , con $x + y = 1$.

Antecedentes de la invención

10 Las herramientas de corte, en particular las herramientas para el mecanizado de metal con arranque de virutas, se componen de un cuerpo base hecho de, por ejemplo, metal duro, cermet, cerámica, acero o acero de alta velocidad. Para aumentar su duración o también para mejorar las propiedades de corte, a menudo se aplica sobre el cuerpo base, mediante procedimientos CVD (siglas inglesas de "deposición química en fase de vapor") o PVD, un revestimiento protector contra el desgaste constituido por una o varias capas, a base de materiales duros. En los
15 procedimientos PVD se diferencia entre distintas variantes de procedimiento, como la pulverización magnetrónica, la vaporización por arco eléctrico (Arc-PVD), el chapado iónico, la vaporización por haz de electrones y la ablación con láser. La pulverización magnetrónica y la vaporización por arco eléctrico se cuentan entre los procedimientos PVD más comúnmente utilizados para revestir herramientas. Dentro de las variantes individuales del procedimiento PVD, nuevamente existen distintas modificaciones, como por ejemplo la pulverización magnetrónica no pulsada o pulsada, o la vaporización por arco no pulsada o pulsada, etc.

20 En el procedimiento PVD, la diana puede estar constituida por un metal puro o por una combinación de dos o más metales. Si la diana comprende varios metales, todos estos metales se incorporan simultáneamente a la capa de revestimiento formada mediante el procedimiento PVD. La respectiva relación cuantitativa de los metales en la capa formada dependerá de la relación cuantitativa de los metales en la diana, pero también de las condiciones del
25 procedimiento PVD, ya que en ciertas condiciones algunos metales en particular se desprenden de la diana en mayor cantidad y/o se depositan sobre el sustrato en mayor cantidad que otros metales.

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

35 El documento WO 96/23911 A1 describe una capa protectora contra el 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 1.000 capas individuales adicionales, que consisten alternativamente en un material duro metálico y un material duro covalente, con un grosor de las capas individuales entre 1 y 30 nm. Mediante la disposición periódicamente
alternada de capas individuales de materiales duros metálicos y materiales duros covalentes, se deben mejorar las propiedades mecánicas y químicas de la capa protectora contra el desgaste.

40 El documento WO 2006/041367 A1 describe una herramienta de corte revestida hecha de un sustrato de metal duro y un revestimiento depositado mediante el procedimiento PVD, que comprende al menos una capa de TiAlN con un grosor de 1,5 a 5 μm y una tensión residual compresiva de > 4 a 6 GPa. La capa de TiAlN debe tener, en comparación con capas conocidas, una adherencia al sustrato mejorada.

45 El documento EP 2 298 954 A1 describe un procedimiento para producir una herramienta de corte revestida, en el que se aplica mediante un procedimiento PVD sobre un sustrato un revestimiento de material duro, por ejemplo TiAlN, TiAlCrN o TiAlCrSiN, haciéndose variar durante el proceso de deposición la tensión de polarización del sustrato. Mediante el procedimiento se debe conseguir una resistencia frente al desgaste mejorada y una mayor vida útil de la herramienta.

El documento US 2005/129986 describe una herramienta con un cuerpo base de cermet y un revestimiento protector contra el desgaste, de varias capas, aplicado sobre el mismo mediante un procedimiento PVD.

50 En determinadas operaciones de mecanizado de metales, tales como el fresado y el torneado, por ejemplo, la herramienta se ve sometida a exigencias particularmente elevadas. Son parámetros importantes para tales herramientas una elevada dureza, un alto módulo de elasticidad (módulo E, módulo de Young) y una baja rugosidad superficial. Las herramientas de corte conocidas para las aplicaciones descritas tienen un revestimiento de TiAlN aplicado mediante procedimiento PVD, que tiene típicamente un módulo de elasticidad por debajo de 400 GPa y una dureza Vickers de hasta 3.500 HV. Si tales capas de TiAlN se depositan mediante un procedimiento de arco eléctrico, debido a la baja temperatura de fusión del aluminio tienden a formar lo que se denominan "gotitas", sobre
55 la capa y dentro de la misma, que tienen un efecto adverso en el rendimiento del revestimiento. Mediante una elección adecuada de los parámetros del proceso de deposición, se pueden incrementar la dureza y el módulo de

elasticidad en el procedimiento PVD, pero esto conduce generalmente a grandes tensiones residuales compresivas en la capa, de órdenes de magnitud de > 3 GPa, lo que afecta negativamente a la estabilidad del filo de corte. Cuando es sometido a cargas elevadas, el filo de corte tiende a desprenderse demasiado pronto y, por lo tanto, se origina un rápido desgaste de la herramienta.

5 Misión

Era misión de la presente invención poner a disposición una herramienta con un revestimiento mejorado frente al estado de la técnica, de elevada dureza, alto módulo de elasticidad y, al mismo tiempo, tensiones residuales aceptables y una estabilidad mejorada del filo de corte.

Descripción de la invención

10 Esta misión se logra mediante una herramienta con el objeto de la reivindicación 1.

Sorprendentemente, se ha encontrado que una capa de TiAlN del tipo conforme a la invención, con capas periódicamente alternantes de TiAlN que tienen distintas relaciones de concentración de Ti con respecto a Al, en comparación con capas de TiAlN convencionales sin relaciones de concentración cambiantes, tiene una mayor dureza y un módulo de elasticidad superior, sin que al mismo tiempo aumente fuertemente la tensión residual compresiva en la capa, como se observa en capas de TiAlN conocidas según el estado de la técnica.

15 "y(B)", la concentración de Al en las capas (B), asciende como máximo a 70%. Dado que "y(B)", la concentración de Al en las capas (B), es de 10 a 25% mayor, en átomos, que "y(A)", la concentración de Al en las capas (A), la concentración de Al en la capa global de nitruro de titanio y aluminio, Ti_xAl_yN , se sitúa por debajo de 70% en átomos. Si la concentración de Al es demasiado alta se origina, desventajosamente, la formación de fases comparativamente blandas.

20 Sin que el autor de la invención desee quedar con esto ligado a una teoría, se cree que el mayor contenido de aluminio en las capas (B) en comparación con las capas (A) da lugar, debido al menor tamaño del aluminio en comparación con el titanio, a constantes de red más pequeñas en la red cúbica centrada en las caras, y conduce así a una variación correspondiente en las condiciones de tensión residual, que se pone de manifiesto en una tensión residual compresiva menor que en las capas de TiAlN convencionales que se depositan sin relaciones de concentración cambiantes. Las herramientas según la invención se distinguen por una resistencia superior al desgaste y una duración mayor, en particular por un menor desprendimiento del revestimiento en el filo de corte.

25 El efecto beneficioso de la estructura de capas según la invención de la capa de TiAlN ya es evidente en la utilización de menos capas de $Ti_{x(A)}Al_{y(A)}N$ (A) y capas de $Ti_{x(B)}Al_{y(B)}N$ (B) periódicamente alternantes, con distintas relaciones de concentración de Ti con respecto a Al, según la invención. En la invención, la al menos una capa de Ti_xAl_yN del revestimiento protector contra el desgaste presenta al menos 40 capas (A) de TiAlN y capas (B) de TiAlN periódicamente alternantes. En esta forma de realización, la capa completa de TiAlN comprende, por lo tanto, al menos 40 capas (A) de TiAlN y al menos 40 capas (B) de TiAlN, es decir, en total al menos 80 capas de TiAlN. El empleo de menos de 40 capas (A) y (B) de TiAlN periódicamente alternantes presenta el inconveniente de que, según la invención, no se puede lograr una mayor dureza y un módulo E superior en comparación con el estado de la técnica.

30 Sin que la invención quede ligada a la siguiente teoría, se cree que las ventajas de la invención se deben, entre otras cosas, al hecho de que, por la alternancia de capas, se acumulan en las interfaces entre capas (A) y (B) de TiAlN altas tensiones residuales muy limitadas localmente, que no son medibles desde el exterior y no influyen en la adherencia del revestimiento sobre el sustrato. Si el número de capas de $Ti_{x(A)}Al_{y(A)}N$ (A) y capas de $Ti_{x(B)}Al_{y(B)}N$ (B) periódicamente alternantes es demasiado pequeño, no se pueden apreciar los efectos que se pueden alcanzar por la alternancia de capas.

35 En otra forma de realización preferida de la invención, la al menos una capa de Ti_xAl_yN en el revestimiento protector contra el desgaste presenta como máximo 300 capas (A) de TiAlN y capas (B) de TiAlN periódicamente alternantes. Por lo tanto, la capa completa de TiAlN en esta forma de realización comprende como máximo 300 capas (A) de TiAlN y como máximo 300 capas (B) de TiAlN, es decir, en total como máximo 600 capas de TiAlN. Más de 300 capas (A) y (B) de TiAlN periódicamente alternantes presentan el inconveniente de que, en términos de tecnología de producción, solo pueden producirse con un desembolso muy elevado y altos costes asociados.

40 En la invención, las capas de $Ti_{x(A)}Al_{y(A)}N$ (A) tienen un grosor en el intervalo de 2 a 40 nm, preferiblemente de 4 a 15 nm, y las capas de $Ti_{x(B)}Al_{y(B)}N$ (B) tienen un grosor en el intervalo de 1 a 20 nm, preferiblemente de 2 a 7 nm. Convenientemente, las capas (A) de TiAlN tienen un grosor de 1,5 a 3,0 veces, con preferencia aproximadamente 2 veces, el grosor de las capas (B) de TiAlN. Así pues, una capa (A) de TiAlN más gruesa es seguida por una capa (B) de TiAlN más delgada, con un contenido de aluminio incrementado.

45 Sin que la invención quede ligada a la siguiente teoría, se cree que las ventajas de la invención se deben, entre otras cosas, a que la capas de $Ti_{x(A)}Al_{y(A)}N$ (A), más gruesas, provocan una estabilización de fase en las capas de $Ti_{x(B)}Al_{y(B)}N$ (B), más delgadas. En las capas de $Ti_{x(B)}Al_{y(B)}N$ (B), ricas en Al, existe el riesgo que además del TiAlN

cúbico se origine AIN hexagonal, que tiene una dureza y resistencia considerablemente menores. Si estas capas permanecen delgadas, como en el intervalo preferido antes indicado, las capas de $Ti_{x(A)}Al_{y(A)}N$ (A) adyacentes, ricas en Ti, estabilizan la fase cúbica de $Ti_{x(B)}Al_{y(B)}N$ (B) más delgadas, ricas en Al.

5 A pesar de su pequeño grosor, las capas de $Ti_{x(A)}Al_{y(A)}N$ (A) y capas de $Ti_{x(B)}Al_{y(B)}N$ (B) periódicamente alternantes, con distintas relaciones de concentración de Ti a Al, según la invención, se pueden detectar en el microscopio electrónico de transmisión (TEM). La técnica es bien conocida por los expertos del sector.

10 En otra forma de realización preferida de la invención, la relación de concentraciones entre Ti y Al en las capas de $Ti_{x(A)}Al_{y(A)}N$ (A) es $x(A):y(A) =$ de 0,40:0,60 a 0,60:0,40. Más preferiblemente, la relación de concentraciones es $x(A):y(A) =$ de 0,45:0,55 a 0,55:0,45, de manera particularmente preferible $x(A):y(A)$ es aproximadamente 0,50:0,50. Si el contenido de Al en las capas de $Ti_{x(A)}Al_{y(A)}N$ (A) es demasiado pequeño, esto tiene un efecto desventajoso sobre la resistencia del revestimiento a la temperatura, y por consiguiente la durabilidad de la herramienta, por ejemplo en el mecanizado de metal bajo una elevada carga térmica, o una carga térmica intermitente. Sin embargo, si el contenido de Al en las capas de $Ti_{x(A)}Al_{y(A)}N$ (A) es demasiado alto, ello afecta negativamente a la dureza y al módulo E del revestimiento.

15 La deposición de la capa de TiAIN según la invención se realiza mediante uno o varios de los procedimientos PVD que se mencionan a continuación. La variación de la concentración de aluminio en la capa depositada se puede conseguir, ventajosamente, disponiendo en la instalación de PVD distintas dianas mixtas de TiAl, con distintas relaciones de concentración entre Ti y Al, y desplazando periódicamente el sustrato de una a otra de las distintas dianas mixtas. La deposición desde las dianas mixtas de TiAl correspondientes se lleva a cabo preferiblemente
20 mediante deposición por arco eléctrico, procedimientos magnetrónicos, magnetrónicos duales o HIPIMS. Las dianas mixtas adecuadas contienen, por ejemplo, Ti y Al en una relación 50:50 para las capas (A) y, por ejemplo, Ti y Al en una relación 33:67 para las capas (B). Por supuesto, también son posibles otras relaciones de concentración en las dianas mixtas, a fin de obtener otras relaciones de concentración de Ti y Al en las capas depositadas. En el procedimiento magnetrónico, magnetrónico dual o HIPIMS, en lugar de las dianas mixtas con contenido aumentado de aluminio también se pueden emplear, como alternativa, dianas de aluminio puro o dianas con alto contenido de aluminio. Para dianas de aluminio puro o dianas con alto contenido de aluminio, la vaporización por arco es menos adecuada, ya que en este procedimiento PVD el riesgo de formación de gotitas es elevado, debido al bajo punto de fusión del aluminio.

30 En una forma de realización preferida de la herramienta según la invención, la capa de TiAIN con subestructura de múltiples capas es la capa más externa del revestimiento protector contra el desgaste, que durante el mecanizado del metal entra en contacto con la pieza de trabajo. Como alternativa, se pueden prever capas adicionales de material duro sobre la capa de TiAIN.

35 En otra forma de realización alternativa, sobre la capa de TiAIN se prevé, al menos por zonas, una capa delgada de detección de desgaste, preferiblemente una capa de TiN o CrN con un grosor de 0,1 a 1,5 μm . Las capas de detección de desgaste del tipo mencionado son en sí conocidas y sirven principalmente como capas decorativas y/o para indicar si la herramienta ya se ha usado y en qué medida, y cuán intenso es el desgaste que se ha producido en el curso de la utilización. La delgada capa de detección de desgaste se desgasta apreciablemente a medida que se usa la herramienta, y cuando está muy desgastada se hace visible la capa protectora contra el desgaste situada bajo la misma, generalmente de diferente color. En la forma de realización según la invención de la herramienta, la
40 capa de TiAIN tiene una dureza Vickers Hv de 2.500 a 4.000 HV 0,015, preferiblemente de 3.000 a 3.500 HV 0,015. La elevada dureza de la capa de TiAIN según la invención tiene ventajas particulares en el mecanizado de metales, especialmente en el torneado y el fresado, ya que estos, entre los procesos de arranque de material con corte geoméricamente definido, son los que presentan las mayores exigencias sobre el material de corte en cuanto a dureza, tenacidad, resistencia al desgaste y resistencia a la temperatura. Una dureza demasiado baja tiene el inconveniente de que la resistencia al desgaste del revestimiento disminuye. Una dureza demasiado alta tiene la desventaja de que la tenacidad del revestimiento disminuye y el revestimiento se vuelve quebradizo.

45 En la forma realización según la invención de la herramienta, la capa de TiAIN tiene un módulo de elasticidad de 380 GPa a 470 GPa, preferiblemente de 420 GPa a 460 GPa. En el caso de una exigencia externa sobre la herramienta durante el proceso de arranque de viruta, se generan tensiones mecánicas en la capa y en el sustrato, cuya magnitud está vinculada, a través del módulo de elasticidad, con la deformación elástica introducida. Si el módulo de elasticidad de la capa es demasiado bajo, con la deformación mecánica de la herramienta durante el uso surgen pequeñas tensiones en el interior de la capa, lo que va ligado al inconveniente de que la capa puede absorber solo una pequeña parte de las fuerzas de arranque de viruta. Sin embargo, si el módulo de elasticidad es demasiado alto, esto tiene la desventaja de que, con la deformación mecánica, se derivan fuerzas demasiado elevadas a través de la capa, a consecuencia de lo cual puede destruirse prematuramente.

50 Como ya se ha indicado, para determinadas aplicaciones de mecanizado de metales, particularmente el torneado y el fresado, y muy particularmente en aplicaciones de mecanizado de metales con corte interrumpido, resulta particularmente ventajosa la combinación de alta dureza y alto módulo de elasticidad. La alta dureza asegura una alta resistencia al desgaste. Sin embargo, una dureza elevada se asocia generalmente con una mayor fragilidad.
60 Al mismo tiempo, el módulo de elasticidad elevado procura que el material tenga una menor fragilidad y pueda

compensar mejor, por ejemplo, las fuertes cargas mecánicas cambiantes que se producen durante el corte interrumpido. Gracias a la capa de TiAlN según la invención, el revestimiento protector contra el desgaste de la herramienta consigue estas propiedades ventajosas.

5 La dureza y el módulo de elasticidad (más exactamente, el denominado módulo E reducido) se miden por nanoindentación. Para ello, se presiona sobre la capa una sonda de prueba de diamante según Vickers, y se registra durante la medición la curva de fuerza-desplazamiento. A partir de esta curva, se pueden calcular las características mecánicas del artículo de prueba, entre otras la dureza y el módulo E (reducido). Para las determinaciones de dureza y del módulo E del revestimiento según la invención se utilizó un Fischerscope® H100 XYp de la empresa Helmut Fischer GmbH, Sindelfingen, Alemania. Debe tenerse en cuenta que la profundidad de penetración no debe exceder el 10% del grosor de la capa, ya que de lo contrario las propiedades del sustrato pueden falsear las mediciones.

15 Las tensiones residuales en la capa según la invención se pueden verificar mediante difracción de rayos X. En este caso, se pueden distinguir las tensiones residuales de primer, segundo y tercer orden, que difieren en su alcance y, por lo tanto, en su efecto sobre la adherencia de la capa. Ha demostrado ser ventajoso para la adherencia de la capa sobre la herramienta el que, en la capa, las tensiones residuales de primer y segundo orden no sean demasiado altas, convenientemente no superiores a -5 GPa (tensión compresiva).

20 En la forma de realización según la invención de la herramienta, la capa de TiAlN tiene una rugosidad superficial media Ra, medida en una longitud de 10 µm, de ≤ 1,0 µm, preferiblemente ≤ 0,5 µm. Mediante una elección adecuada de los parámetros de deposición en el procedimiento PVD, se puede lograr una reducción significativa en la frecuencia de gotas en las capas de TiAlN depositadas, con lo que la capa depositada consigue ya una baja rugosidad superficial media Ra. Por lo tanto, un esfuerzo significativamente reducido en el posterior alisado de las superficies después del revestimiento es suficiente para lograr un estado óptimo para el arranque de virutas. Para alisar la superficie de la herramienta después de la deposición de las capas son adecuados los procesos de chorreado, pulido o cepillado conocidos, con materiales duros y finos correspondientes.

25 Un método adecuado para alisar la superficie de la herramienta es, por ejemplo, el chorreado en húmedo con perlas de vidrio a una presión de aproximadamente 250 kPa (2,5 bar) con un medio de chorreado 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. El tiempo apropiado de tratamiento por chorreado se determinará comprobando la lisura superficial deseada. El tiempo de tratamiento en el caso de una fresa de metal duro con un diámetro de 10 mm es, por ejemplo, de unos 10 segundos.

30 Otro método adecuado para alisar la superficie de la herramienta es el pulido por arrastre. Es un agente abrasivo adecuado, por ejemplo, un granulado de cáscara de coco con polvo de diamante fino como agente abrasivo y aceite adherente.

35 También es adecuado, en particular para un postratamiento, el chorreado en húmedo con corindón, por ejemplo con el tamaño de grano 280/320 y una concentración de agente de chorreado de aproximadamente 18% en el líquido. En este caso, se utiliza convenientemente una presión de chorro de aproximadamente 150 a 200 kPa (1,5 a 2 bar), ajustándose la dirección y el ángulo del chorro en función del tipo de herramienta y del tamaño de la herramienta.

40 La rugosidad de la superficie se midió en insertos de corte intercambiables de prueba pulidos, utilizando un instrumento de medida Hommel-ETAMIC TURBO WAVE V7.32 de la empresa HOMMEL-ETAMIC GmbH, Schweningen, Alemania (palpador: TKU300 - 96625_TKU300/TS1; rango de medición: 80 µm; recorrido de prueba: 4,8 mm; velocidad: 0,5 mm/s).

45 En otra forma de realización preferida de la invención, la herramienta tiene un filo de corte redondeado con un radio de filo en el intervalo de 3 a 10 µm, preferiblemente de 5 a 7 µm. Con un radio de filo de corte demasiado pequeño, existe el riesgo de que el filo se rompa rápidamente. Un radio de filo de corte demasiado grande da como resultado fuerzas de corte muy altas, que afectan negativamente a la vida útil de la herramienta y de los conformadores de viruta.

La herramienta según la invención puede estar configurada como herramienta de metal duro revestida o como inserto de corte intercambiable revestido.

Otras ventajas, características y realizaciones de la presente invención se explicarán adicionalmente por medio de los siguientes ejemplos.

50 Ejemplos

Ejemplo 1 - Herramientas con vástago

En este ejemplo, a fresas con vástago de metal duro (VHM) (de la clase denominada "Tough Guys") se les dotó de un revestimiento según la invención y un revestimiento comparativo según el estado de la técnica, y se compararon en ensayos de arranque de virutas las herramientas revestidas.

Especificación de la fresa con vástago hecha de metal duro (VHM)

Diámetro: 10 mm

Número de cortes: 4

Longitud de corte: 200% del diámetro

5 Ángulo espiral de los canales: 50°

Ángulo de desprendimiento en el corte transversal: 13,5°

Ángulo de desprendimiento en el corte principal: 10,5°

10 Material de sustrato: Metal duro de grano fino con un tamaño medio de grano de WC de 0,8 µm y un contenido de aglomerante de 10% en peso de Co

Antes del revestimiento, se sometió primeramente el sustrato a un redondeo del filo de corte mediante chorreado en húmedo con perlas de vidrio hasta un radio de 7 µm.

Preparación de un revestimiento según la invención

15 Sobre la superficie del sustrato se depositó primeramente una capa intermedia de TiAlN de 0,2 µm de grosor, mediante vaporización por arco eléctrico desde una diana mixta de Ti-Al (Ti:Al = 50:50) (polarización: 100 V, 4 Pa de nitrógeno, corriente específica en el vaporizador 0,8 A/cm², temperatura de deposición: 550 °C). Además, también se depositó mediante vaporización por arco eléctrico un revestimiento protector contra el desgaste, según la invención, con un grosor total de capa de 2 µm. La deposición se llevó a cabo simultáneamente desde 4 dianas mixtas de Ti-Al con una relación Ti:Al = 50:50 y 2 dianas mixtas de Ti-Al con una relación Ti:Al = 33:67 (polarización: 60 V, 4,5 Pa de nitrógeno, corriente específica en el vaporizador 0,8 A/cm² en ambas clases de diana, temperatura de deposición: 550 °C). El sustrato se desplazó sobre una mesa giratoria frente a las distintas clases de diana. Se depositaron en total 90 capas de Ti_{x(A)}Al_{y(A)}N (A) con Ti:Al = 50:50 y 90 capas de Ti_{x(B)}Al_{y(B)}N (B) con Ti:Al = 33:67, periódicamente alternantes, donde las capas de Ti_{x(A)}Al_{y(A)}N (A) tenían cada una un grosor de aproximadamente 15-19 nm y las capas de Ti_{x(B)}Al_{y(B)}N (B) cada una un grosor de aproximadamente 3-6 nm. Posteriormente se depositó, también mediante vaporización por arco eléctrico, una capa final más externa, con un grosor de capa de 0,1 µm, desde una diana mixta de Ti-Al con una relación Ti:Al = 33:67 (polarización: 40 V, 3,0 Pa de nitrógeno, corriente específica en el vaporizador 0,8 A/cm², temperatura de deposición: 550 °C).

Preparación de un revestimiento comparativo

30 Se depositó sobre la superficie del sustrato un revestimiento protector contra el desgaste a base de TiAlN, de una capa, con un grosor total de capa de 2,5 µm, desde dianas mixtas de Ti-Al con una relación Ti:Al = 33:67, mediante vaporización por arco eléctrico (polarización: 80 V, 1,5 Pa de nitrógeno, temperatura de deposición: 550 °C, corriente específica en el vaporizador 2 A/cm²).

Ensayos de arranque de viruta 1

35 Se compararon en ensayos de fresado las herramientas revestidas, y se determinaron el desgaste medio del flanco V_b y el desgaste máximo del flanco V_{bmax} , en cada caso como valor medio de dos ensayos. En la Tabla 1 a continuación se reproducen los resultados de los ensayos.

Pieza de trabajo: Acero 42CrMo4 n.º 1.7225, templado hasta aproximadamente 850 N/mm²

Condiciones de arranque de viruta: Avance de diente $f_z = 0,07$ mm

Velocidad de corte $v_c = 170$ m/minuto

40 Anchura de corte $a_e = 4$ mm

Profundidad de corte $a_p = 8$ mm

Enfriamiento con KSS 5% (= lubricante refrigerante, emulsión de agua en aceite con 5% de aceite)

45 Al llegar a un desgaste medio de flanco $V_b > 0,2$ mm o un desgaste máximo de flanco $V_{bmax} > 0,25$ mm se interrumpió el mecanizado, lo que se indica después en los resultados con (./).

tabla 1

Duración / m	75	150	225	300	375
V_b / mm según la invención	0,06	0,07	0,07	0,08	0,10
V_{bmax} / mm según la invención	0,08	0,13	0,15	0,21	0,21
V_b / mm comparativo	0,08	0,08	0,08	./.	./.
V_{bmax} / mm comparativo	0,15	0,15	0,20	./.	./.

Ejemplo 2 - Herramientas con vástago

5 En este ejemplo, a fresas con vástago hechas de metal duro (VHM) (de la clase denominada "Tough Guys") se les dotó de un revestimiento según la invención y un revestimiento comparativo según el estado de la técnica, exactamente igual que en el Ejemplo 1, y se compararon en ensayos de arranque de virutas las herramientas revestidas. La única diferencia era que la fresa con vástago revestida tenía una geometría diferente de la del Ejemplo 1.

10 Igualmente, se sometió primeramente el sustrato, antes del revestimiento, a un redondeo del filo de corte mediante chorreado en húmedo con perlas de vidrio hasta un radio de 7 μm .

Especificación de la fresa con vástago hecha de metal duro (VHM)

Diámetro: 3 mm
 Número de cortes: 3
 Longitud de corte: 200% del diámetro
 15 Ángulo espiral de los canales: 50°
 Ángulo de desprendimiento en el corte transversal: 13,5°
 Ángulo de desprendimiento en el corte principal: 10,5°
 Material de sustrato: Metal duro de grano fino con un tamaño medio de grano de WC de 0,8 μm y un contenido de aglomerante de 10% en peso de Co
 20

Ensayos de arranque de viruta 2

Se compararon en ensayos de fresado las herramientas revestidas, y se determinaron el desgaste medio del flanco V_b y el desgaste máximo del flanco V_{bmax} , en cada caso como valor medio de dos ensayos. En la Tabla 2 a continuación se reproducen los resultados de los ensayos.

25 Pieza de trabajo: Acero C45 n.º 1.0503, resistencia aproximada 600 N/mm²
 Condiciones de arranque de viruta: Avance de diente $f_z = 0,02$ mm
 Velocidad de corte $v_c = 141$ m/minuto
 Anchura de corte $a_e = 1,2$ mm
 Profundidad de corte $a_p = 2,4$ mm
 30 Enfriamiento con KSS 5% (= lubricante refrigerante, emulsión de agua en aceite con 5% de aceite)

Al llegar a un desgaste medio de flanco $V_b > 0,2$ mm o un desgaste máximo de flanco $V_{bmax} > 0,25$ mm se interrumpió el mecanizado, lo que se indica después en los resultados con (./.).

Tabla 2

Duración / m	20	40	60	80	100
V_b / mm según la invención	0,04	0,06	0,07	0,07	0,07
V_{bmax} / mm según la invención	0,05	0,08	0,09	0,09	0,10
V_b / mm comparativo	0,06	./.	./.	./.	./.
V_{bmax} / mm comparativo	0,11	./.	./.	./.	./.

Ejemplo 3 - Herramientas con vástago

5 El sustrato de herramienta revestido en este ejemplo fue el mismo que en el Ejemplo 1. Del mismo modo, primeramente se depositó sobre la superficie del sustrato una capa intermedia de TiAlN, de un grosor de 0,2 μm , mediante vaporización por arco eléctrico desde una diana mixta de Ti-Al (Ti:Al = 50:50) (polarización: 100 V, 4 Pa de nitrógeno, corriente específica en el vaporizador 0,8 A/cm², temperatura de deposición: 550 °C).

10 A diferencia del Ejemplo 1, la deposición del revestimiento protector contra el desgaste, según la invención, con un grosor total de capa de 2 μm , se realizó desde 2 dianas mixtas de Ti-Al con una relación Ti:Al = 50:50 mediante vaporización por arco eléctrico (corriente específica en el vaporizador 2 A/cm²), y el aumento del contenido de aluminio en la capa (B) de TiAlN que alterna periódicamente con la capa (A) de TiAlN se realizó utilizando 2 dianas de Al mediante pulverización magnetrónica dual (potencia específica 13 W/cm²) (polarización: 80 V, 1,5 Pa de nitrógeno, temperatura de deposición: 550 °C). También en el Ejemplo 2, se depositaron con alternancia periódica 90 capas de Ti_{x(A)}Al_{y(A)}N (A) con Ti:Al = 50:50 y 90 capas de Ti_{x(B)}Al_{y(B)}N (B) con Ti:Al = 33:67, periódicamente alternantes, donde las capas (A) de TiAlN tenían cada una un grosor de aproximadamente 15-19 nm y las capas (B) de TiAlN cada una un grosor de aproximadamente 3-6 nm.

Ejemplo 4 - Insertos de corte intercambiables

20 En este ejemplo, a insertos intercambiables de forma básica cuadrada, P2808, hechos de acero 42CrMo4 con una resistencia de 880 N/mm², se les dotó de un revestimiento según la invención y un revestimiento comparativo según el estado de la técnica, y se compararon las herramientas revestidas en ensayos de arranque de virutas.

Antes del revestimiento, se sometió primeramente el sustrato a un redondeo del filo de corte mediante chorreado en húmedo con corindón (como se ha descrito más arriba) hasta un radio de 30 μm .

Preparación de un revestimiento según la invención.

25 Sobre la superficie del sustrato se depositó primeramente una capa intermedia de TiAlN de 0,2 μm de grosor, mediante vaporización por arco eléctrico desde una diana mixta de Ti-Al (Ti:Al = 50:50) (polarización: 100 V, 4 Pa de nitrógeno, corriente específica en el vaporizador 1,0 A/cm², temperatura de deposición: 550 °C). Además, también se depositó mediante vaporización por arco eléctrico un revestimiento protector contra el desgaste, según la invención, con un grosor total de capa de 2 μm . La deposición se llevó a cabo simultáneamente desde 4 dianas mixtas de Ti-Al con una relación Ti:Al = 50:50 y 2 dianas mixtas de Ti-Al con una relación Ti:Al = 33:67 (polarización: 60 V, 4,5 Pa de nitrógeno, corriente específica en el vaporizador 1,0 A/cm² en ambas clases de diana, temperatura de deposición: 30 550 °C). El sustrato se desplazó sobre una mesa giratoria frente a las distintas clases de diana. Se depositaron en total 90 capas de Ti_{x(A)}Al_{y(A)}N (A) con Ti:Al = 50:50 y 90 capas de Ti_{x(B)}Al_{y(B)}N (B) con Ti:Al = 33:67, periódicamente alternantes, donde las capas de Ti_{x(A)}Al_{y(A)}N (A) tenían cada una un grosor de aproximadamente 15-19 nm y las capas de Ti_{x(B)}Al_{y(B)}N (B) cada una un grosor de aproximadamente 3-6 nm. Posteriormente se depositó, también 35 mediante vaporización por arco eléctrico, una capa final más externa, con un grosor de capa de 0,1 μm , desde una diana mixta de Ti-Al con una relación Ti:Al = 33:67 (polarización: 40 V, 3,0 Pa de nitrógeno, corriente específica en el vaporizador 0,8 A/cm², temperatura de deposición: 550 °C).

Preparación de un revestimiento comparativo

40 Se depositó sobre la superficie del sustrato un revestimiento multicapa (60 capas) de protección contra el desgaste a base de TiAlN, con un grosor total de capa de 4,0 μm , desde dianas mixtas de Ti-Al con una relación Ti:Al = 33:67, mediante vaporización por arco eléctrico (temperatura de deposición: 450 °C, corriente específica en el vaporizador 0,8 A/cm²). La presión y la polarización se hicieron variar de 30 V y 5 Pa de nitrógeno a 60 V y 2 Pa de nitrógeno. Posteriormente se depositó una capa decorativa de TiN de 0,1 μm de grosor, desde dianas de Ti con 0,8 Pa de nitrógeno, corriente específica en el vaporizador 0,8 A/cm² y una polarización de 100 V.

Ensayos de arranque de viruta 3

Se compararon en ensayos de fresado las herramientas revestidas, y se determinó el desgaste máximo del flanco V_{bmax} , en cada caso como valor medio de dos ensayos. En la Tabla 3 a continuación se reproducen los resultados de los ensayos.

5 Pieza de trabajo: Acero 42CrMo4 n.º 1.7225, templado hasta aproximadamente 850 N/mm²

Condiciones de arranque de viruta: Avance $v_f = 120$ mm/minuto

Avance de diente $f_z = 0,2$ mm

Velocidad de corte $v_c = 235$ m/minuto

Recorrido de fresado 6 x 800 mm

10 Fresado sin enfriamiento

Tabla 3

Duración / m	800	1.600	2.400	3.200	4.000	4.800
V_{bmax} / mm según la invención	0,02	0,03	0,05	0,08	0,08	0,09
V_{bmax} / mm comparativo	0,04	0,08	0,12	0,12	0,14	0,17

REIVINDICACIONES

1. Herramienta con un cuerpo base hecho de metal duro, cermet, cerámica, acero o acero de alta velocidad y un revestimiento protector contra el desgaste constituido por una o varias capas, aplicado sobre el mismo mediante el procedimiento PVD, en donde al menos una capa del revestimiento protector contra el desgaste comprende una capa de nitruro de titanio y aluminio, Ti_xAl_yN , con $x + y = 1$, que puede contener debido al procedimiento hasta 5% en peso de otros metales,
- 5 caracterizado por que
- la capa de Ti_xAl_yN tiene una subestructura de múltiples capas con al menos 40 capas de $Ti_{x(A)}Al_{y(A)}N$ (A) con $x(A) + y(A) = 1$ y capas de $Ti_{x(B)}Al_{y(B)}N$ (B) con $x(B) + y(B) = 1$ periódicamente alternantes,
- 10 en donde la concentración de Al en las capas (B), $y(B)$, asciende como máximo a 70% en átomos ($y(B) \leq 0,70$) y la concentración de Al en las capas (B), $y(B)$, es de 10 a 25% en átomos mayor que la concentración de Al en las capas (A), $y(A)$, ($y(B) =$ de $(y(A) + 0,10)$ a $(y(A) + 0,25)$) y
- las capas de $Ti_{x(A)}Al_{y(A)}N$ (A) tienen un grosor en el intervalo de 2 a 40 nm y las capas de $Ti_{x(B)}Al_{y(B)}N$ (B) tienen un grosor en el intervalo de 1 a 20 nm y
- 15 las capas de $Ti_{x(A)}Al_{y(A)}N$ (A) tienen un grosor mayor que las capas de $Ti_{x(B)}Al_{y(B)}N$ (B),
- teniendo la capa de Ti_xAl_yN una dureza Vickers Hv de 2.500 a 4.000, una rugosidad superficial media Ra, medida en una longitud de 10 μm , de $\leq 1,0 \mu m$ y un módulo de elasticidad (módulo E) de 380 GPa a 470 GPa.
2. Herramienta según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que la al menos una capa de Ti_xAl_yN del revestimiento protector contra el desgaste tiene como máximo 300 capas de $Ti_{x(A)}Al_{y(A)}N$ (A) y capas de $Ti_{x(B)}Al_{y(B)}N$ (B) periódicamente alternantes.
- 20 3. Herramienta según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que las capas de $Ti_{x(A)}Al_{y(A)}N$ (A) tienen un grosor en el intervalo de 4 a 15 nm y las capas de $Ti_{x(B)}Al_{y(B)}N$ (B) tienen un grosor en el intervalo de 2 a 7 nm.
4. Herramienta según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que las capas de $Ti_{x(A)}Al_{y(A)}N$ (A) tienen de 1,5 a 3,0 veces el grosor de las capas de $Ti_{x(B)}Al_{y(B)}N$ (B).
- 25 5. Herramienta según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que la relación de concentración de Ti con respecto a Al en las capas de $Ti_{x(A)}Al_{y(A)}N$ (A) es $x(A):y(A) =$ de 0,40:0,60 a 0,60:0,40, preferiblemente $x(A):y(A) =$ de 0,45:0,55 a 0,55:0,45, de manera particularmente preferible $x(A):y(A)$ aproximadamente 0,50:0,50.
6. Herramienta según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que la capa de Ti_xAl_yN con subestructura de múltiples capas es la capa más externa del revestimiento protector contra el desgaste y opcionalmente tiene, al menos por zonas, una capa delgada de detección de desgaste dispuesta sobre la misma, preferiblemente una capa de TiN o ZrN con un grosor de 0,1 a 1,5 μm .
- 30 7. Herramienta según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que la capa de Ti_xAl_yN tiene una dureza Vickers Hv de 3.000 a 3.500.
8. Herramienta según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que la capa de Ti_xAl_yN tiene una rugosidad superficial media Ra, medida en una longitud de 10 μm , de $\leq 0,5 \mu m$.
- 35 9. Herramienta según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que la capa de Ti_xAl_yN tiene un módulo de elasticidad (módulo E) de 420 GPa a 460 GPa.
10. Herramienta según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que es una herramienta de metal duro o un inserto de corte intercambiable.
- 40