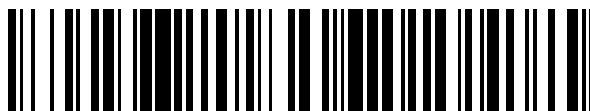


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 666 599**

51 Int. Cl.:

B23B 27/14	(2006.01)
B23B 51/00	(2006.01)
B23C 5/16	(2006.01)
C23C 14/06	(2006.01)
C23C 14/32	(2006.01)
C23C 28/04	(2006.01)
C23C 30/00	(2006.01)
C23C 28/00	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.08.2013 PCT/JP2013/071753**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **13.02.2014 WO14025057**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.08.2013 E 13828114 (2)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.02.2018 EP 2883637**

54 Título: **Herramienta recubierta**

30 Prioridad:

10.08.2012 JP 2012177843
24.08.2012 JP 2012185370

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
07.05.2018

73 Titular/es:

TUNGALOY CORPORATION (100.0%)
11-1, Yoshima-Kogyodanchi
Iwaki-shiFukushima 970-1144, JP

72 Inventor/es:

ASARI, SHOTA y
KIKUCHI, MASAKAZU

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 666 599 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 recubierta

5 **CAMPO TÉCNICO**

La presente invención se refiere a herramientas recubiertas.

ANTECEDENTES DE LA TÉCNICA

10 Con el aumento reciente en las demandas de eficiencias mejoradas en corte, ha habido una necesidad de una vida más larga de las herramientas de corte que la disponible hasta ahora. En consecuencia, el requisito sobre las propiedades de los materiales de herramienta, que ha llegado a ser cada vez más importante, es que sean mejoradas la resistencia al desgaste y la resistencia a la fractura asociadas con la vida de las herramientas de corte. Con el fin de obtener mejoras en estas propiedades, se usan herramientas recubiertas en las que se dispone una pila de películas alternativas de películas de recubrimiento sobre un sustrato.

15 Se han propuesto diversas técnicas para mejorar las propiedades de tales pilas de películas alternativas. Por ejemplo, la Bibliografía de Patente 1 propone una herramienta de corte altamente resistente al desgaste en la que un elemento metálico específico o un compuesto del mismo y un compuesto de aleación específico se apilan con un período de apilamiento de 0,4 nm a 50 nm sobre la superficie de un material base.

20 La Bibliografía de Patente 2 propone una herramienta de corte que presenta una excelente resistencia al desgaste incluso bajo condiciones de corte intensas. Esta herramienta es tal que la superficie de una base se recubre con 4 o más capas que tienen un espesor total medio de capa de 2 a 10 μm que están en la forma de una pila alternativa de primeras capas delgadas de un nitruro compuesto representado por la fórmula de composición (Ti_{1-x}Al_x) N (x en relación atómica: 0,30 a 0,70) y de segundas capas delgadas que contienen una fase de óxido de aluminio en una relación de 35 a 65% en masa en relación con el total de la masa de la misma y la masa de una fase de nitruro de titanio, siendo el espesor medio de capa de las capas individuales de 0,2 a 1 μm.

25 La Bibliografía de Patente 3 propone una herramienta de corte con excelente resistencia al desgaste y resistencia a la soldadura que es tal que las capas de apilamiento de 100-5.000 nm incluyendo una pila periódica de capas con espesores de 1 a 50 nm, y capas individuales de 100-5.000 nm se apilan alternativamente en 10 o más capas unas encima de las otras sobre un material base duro.

35 **REFERENCIAS DE LA TÉCNICA ANTERIOR**

Bibliografía de Patentes

- Bibliografía de Patente 1: Publicación Kokai de Solicitud de Patente Japonesa N°
- Bibliografía de Patente 2: Publicación Kokai de Solicitud de Patente Japonesa N° 2003-200306
- Bibliografía de Patente 3: Publicación Kokai de Solicitud de Patente Japonesa N° H11-12718
- 40 Bibliografía de Patente 4: EP2156912A1

COMPENDIO DE LOS PROBLEMAS DE LA INVENCION A SER RESUELTOS POR LA INVENCION

45 En el corte reciente, las herramientas están sometidas a aumentos más marcados en velocidad, avance y profundidad de corte. Consecuentemente, es más frecuente el caso en el que las grietas que han ocurrido en la superficie de herramientas debido a la carga aplicada a los bordes de corte durante el corte alcancen los sustratos, o grietas que han ocurrido en los sustratos debido a cambios bruscos en la temperatura de los bordes de corte penetren dentro de las capas de recubrimiento, dando como resultado la fractura de las herramientas.

50 Aunque la herramienta de corte de la invención de la Bibliografía de Patente 1 que incluye una pila de capas delgadas con un período de apilamiento de 0,4 a 50 nm presenta una resistencia al desgaste alta, la herramienta es propensa de manera problemática a ser fracturada bajo las circunstancias descritas anteriormente. La herramienta de corte de la invención de la Bibliografía de Patente 2 que incluye una pila alternativa de capas con un espesor medio de capa individual grande tiene un problema en que la dureza de las películas de recubrimiento es tan insuficiente que la herramienta presenta una resistencia al desgaste escasa. En la herramienta de corte de la invención de la Bibliografía de Patente 3 que tiene una estructura apilada formada por capas de pila de películas delgadas y capas simples, la resistencia a la fractura es insuficiente y la herramienta no puede satisfacer más a menudo el rendimiento requerido descrito en lo que antecede.

60 La presente invención se ha hecho para resolver estos problemas. Por lo tanto, un objeto de la invención es proporcionar herramientas recubiertas de larga duración que se mejoran en la resistencia a la fractura sin ninguna disminución en la resistencia al desgaste.

MEDIOS PARA RESOLVER LOS PROBLEMAS

65 Los presentes inventores llevaron a cabo estudios sobre la extensión de la vida de herramientas recubiertas. Los presentes inventores han encontrado entonces que la resistencia a la fractura se puede mejorar sin causar una

disminución en la resistencia al desgaste mejorando las configuraciones de capa y las composiciones de las capas de recubrimiento. Como resultado, se ha realizado la extensión de la vida de las herramientas recubiertas.

Específicamente, la presente invención se puede resumir como sigue.

- 5
- (1) Una herramienta recubierta que comprende un sustrato y una capa de recubrimiento dispuesta en una superficie del sustrato, la capa de recubrimiento que incluye una primera estructura de pila y una segunda estructura de pila, la primera estructura de pila que tiene una estructura en la que dos o más tipos de capas con diferentes composiciones se apilan periódicamente en donde el espesor medio de capa de cada una de las capas es de 60 nm a 500 nm, la segunda estructura de pila que tiene una estructura en la que dos o más tipos de capas con diferentes composiciones se apilan periódicamente en donde el espesor medio de capa de cada una de las capas es de 2 nm a menos de 60 nm, las capas que constituyen la primera estructura de pila y las capas que constituyen la segunda estructura de pila que incluyen al menos uno seleccionado del grupo que consiste en compuestos que incluyen al menos dos elementos metálicos seleccionados a partir de Ti, Nb, Ta, Cr, W, Al, Si, Sr e Y, y al menos un elemento no metálico seleccionado a partir de carbono, nitrógeno, oxígeno y boro.
- 10
- (2) La herramienta recubierta de (1), en donde la primera estructura de pila es una estructura de pila alternativa que incluye dos tipos de capas con diferentes composiciones apiladas alternativamente cada una en dos o más capas.
- 15
- (3) La herramienta recubierta de (1) o (2), en donde la segunda estructura de pila es una estructura de pila alternativa que incluye dos tipos de capas con diferentes composiciones apiladas alternativamente cada una en dos o más capas.
- 20
- (4) La herramienta recubierta de cualquiera de (1) a (3), en donde la capa de recubrimiento incluye una estructura que incluye las primeras estructuras de pila y las segundas estructuras de pila apiladas alternativamente y continuamente cada una en dos o más capas.
- 25
- (5) La herramienta recubierta de cualquiera de (1) a (4), en donde $(T_1 - T_2)$ es de 20 nm a 996 nm en donde T_1 es el valor medio de los periodos de apilamiento en la primera estructura de pila y T_2 es el valor medio de los periodos de apilamiento en la segunda estructura de pila.
- 30
- (6) La herramienta recubierta de cualquiera de (1) a (5), en donde las capas que constituyen la primera estructura de pila y las capas que constituyen la segunda estructura de pila incluyen cada una al menos una seleccionada del grupo que consiste en compuestos que incluyen al menos dos elementos metálicos seleccionados a partir de Ti, Cr, Al y Si y al menos un elemento no metálico seleccionado a partir de de carbono y nitrógeno.
- 35
- (7) La herramienta recubierta de cualquiera de (1) a (6), en donde los elementos metálicos presentes en las capas que constituyen la primera estructura de pila son idénticos entre las capas que constituyen la primera estructura de pila e incluyen uno o más elementos metálicos que tienen una diferencia en valor absoluto de 5 en % o más entre la relación de los mismos en relación con el total de los elementos metálicos presentes en una capa que constituye la primera estructura de pila y la relación del elemento metálico idéntico en relación con el total de los elementos metálicos presentes en una capa que constituyen la primera estructura de pila, cuya capa es adyacente a la una capa.
- 40
- (8) La herramienta recubierta de cualquiera de (1) a (7), en donde los elementos metálicos presentes en las capas que constituyen la segunda estructura de pila son idénticos entre las capas que constituyen la segunda estructura de pila e incluyen uno o más elementos metálicos que tienen una diferencia en el valor absoluto de 5 en % o más entre la relación de los mismos en relación con el total de los elementos metálicos presentes en una capa que constituyen la segunda estructura de pila y la relación del elemento metálico idéntico en relación con el total de los elementos metálicos presentes en una capa que constituyen la segunda estructura de pila, cuya capa es adyacente a la una capa.
- 45
- (9) La herramienta recubierta de cualquiera de (1) a (6), en donde una capa que constituye la primera estructura de pila contiene uno o más elementos metálicos diferentes del elemento o elementos metálicos presentes en una capa que constituyen la primera estructura de pila cuya capa es adyacente a la una capa.
- 50
- (10) La herramienta recubierta de cualquiera de (1) a (6) y (9), en donde una capa que constituye la segunda estructura de pila contiene uno o más elementos metálicos diferentes del elemento o elementos metálicos presentes en una capa que constituye la segunda estructura de pila cuya capa es adyacente a la una capa.
- 55
- (11) La herramienta recubierta de cualquiera de (1) a (10), en donde el espesor total medio de capa de la totalidad de la capa de recubrimiento es de 0,22 a 12 μm .
- (12) La herramienta recubierta de cualquiera de (1) a (11), en donde el espesor medio de la primera estructura de pila es de 0,2 a 6 μm .
- 60
- (13) La herramienta recubierta de cualquiera de (1) a (12), en donde el espesor medio de la segunda estructura de pila es de 0,02 a 6 μm .
- (14) La herramienta recubierta según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde las capas que constituyen la primera estructura de pila y las capas que constituyen la segunda estructura de pila incluyen cada una al menos una seleccionada del grupo que consiste en compuestos que incluyen Ti, Al y N.
- 65

EFECTOS DE LA INVENCION

Las herramientas recubiertas de la presente invención tienen una excelente resistencia al desgaste y resistencia a la fractura para lograr una vida de herramienta más larga que la que era posible hasta ahora.

5 BREVE DESCRIPCIÓN DEL DIBUJO

La figura 1 es un ejemplo de vistas esquemáticas que ilustran una estructura en sección de una herramienta recubierta de la presente invención.

DESCRIPCIÓN DE LAS REALIZACIONES

10 Una herramienta recubierta de la presente invención incluye un sustrato y una capa de recubrimiento dispuesta en una superficie del sustrato. Los sustratos en la presente invención no están particularmente limitados, y se puede usar cualquier sustrato de herramientas recubiertas. Ejemplos de los mismos incluyen carburos cementados, cermet, cerámicas, nitruros de boro cúbico sinterizados, diamantes sinterizados y aceros de alta velocidad. En particular, los sustratos de carburo cementado son más preferibles debido a la excelente resistencia al desgaste y resistencia a la fractura.

15 La resistencia al desgaste tiende a ser disminuida si el espesor total medio de capa de la totalidad de la capa de recubrimiento en la herramienta recubierta de la presente invención es menor que 0,22 μm . Una disminución en la resistencia a la fractura tiende a ser causada si el espesor total medio de capa de la totalidad de la capa de recubrimiento excede 12 μm . Por lo tanto, es preferible que el espesor total medio de la capa de la totalidad de la capa de recubrimiento sea de 0,22 a 12 μm . En particular, el espesor total medio de la capa de la totalidad de la capa de recubrimiento es más preferiblemente de 1,0 a 8,0 μm .

20 Como se ha descrito en lo que antecede, la capa de recubrimiento en la herramienta recubierta de la presente invención incluye una primera estructura de pila específica y una segunda estructura de pila específica. Cada una de las capas que constituyen la primera estructura de pila incluye al menos una seleccionada del grupo que consiste en:

30 compuestos que incluyen al menos dos elementos metálicos seleccionados a partir de Ti, Nb, Ta, Cr, W, Al, Si, Sr e Y y al menos un elemento no metálico seleccionado a partir de carbono, nitrógeno, oxígeno y boro. Tales capas presentan una excelente resistencia al desgaste.

Esta configuración añade dureza. Ejemplos específicos de los metales o los compuestos para formar las capas constituyentes en la primera estructura de pila incluyen $(\text{Al}_{0,50}\text{Ti}_{0,50})\text{N}$, $(\text{Al}_{0,60}\text{Ti}_{0,40})\text{N}$, $(\text{Al}_{0,67}\text{Ti}_{0,33})\text{N}$, $(\text{Al}_{0,67}\text{Ti}_{0,33})\text{CN}$, $(\text{Al}_{0,45}\text{Ti}_{0,45}\text{Si}_{0,10})\text{N}$, $(\text{Al}_{0,45}\text{Ti}_{0,45}\text{Y}_{0,10})\text{N}$, $(\text{Al}_{0,50}\text{Ti}_{0,30}\text{Cr}_{0,20})\text{N}$, $(\text{Al}_{0,50}\text{Ti}_{0,45}\text{Nb}_{0,05})\text{N}$, $(\text{Al}_{0,50}\text{Ti}_{0,45}\text{Ta}_{0,05})\text{N}$, $(\text{Al}_{0,50}\text{Ti}_{0,45}\text{W}_{0,05})\text{N}$, $(\text{Ti}_{0,90}\text{Si}_{0,10})\text{N}$ y $(\text{Al}_{0,50}\text{Cr}_{0,50})\text{N}$.

40 En la capa de recubrimiento en la herramienta recubierta de la presente invención, la primera estructura de pila tiene una estructura en la que dos o más tipos de capas, incluyendo cualquiera de estos compuestos, se apilan periódicamente unas encima de otras con cada capa que tiene un espesor medio de capa de 60 nm a 500 nm. Esta estructura de pila que tiene una periodicidad específica incluye dos o más tipos de capas con diferentes composiciones. Para evitar la penetración de grietas y para obtener una resistencia a la fractura mejorada, es preferible que estas capas con composiciones diferentes sean apiladas alternativamente cada una en dos o más capas.

45 En la invención, el espesor de la unidad mínima cuya repetición constituye la pila se escribe como el "periodo de apilamiento". El período de apilamiento se explicará a continuación con referencia a la figura 1 que es un ejemplo de vistas esquemáticas que ilustran una estructura en sección de una herramienta recubierta de la invención. Cuando, por ejemplo, la pila consiste en la repetición de la Capa A1 (5), Capa B1 (6), Capa C1 y Capa D1 que tienen composiciones diferentes en el orden de Capa A1 \rightarrow Capa B1 \rightarrow Capa C1 \rightarrow Capa D1 \rightarrow Capa A1 \rightarrow Capa B1 \rightarrow Capa C1 \rightarrow Capa D1 \rightarrow ... desde el sustrato 1 hacia la superficie de la capa de recubrimiento 2, el total de los espesores de capa de la Capa A1 a la Capa D1 se define como el "período de apilamiento". En el caso donde la pila consiste en la repetición de la Capa A1 (5) y la Capa B1 (6) que tienen diferentes composiciones en el orden de Capa A1 \rightarrow Capa B1 \rightarrow Capa A1 \rightarrow Capa B1 \rightarrow Capa A1 \rightarrow Capa B1 \rightarrow ... desde el sustrato 1 hacia la superficie de la capa de recubrimiento 2, el "período de apilamiento" indica el total del espesor de capa de la Capa A1 y el espesor de capa de la Capa B1.

60 Con la configuración en la que las capas que tienen composiciones diferentes y espesores medios de capa respectivos de 60 nm a 500 nm se apilan con la periodicidad anterior, se evita que una grieta que ha ocurrido en la superficie de la capa de recubrimiento durante el uso de la herramienta recubierta penetre al sustrato. Específicamente, tal grieta que ha alcanzado la primera estructura de pila se hace avanzar en una dirección paralela a la interfaz entre las capas con diferentes composiciones. Ventajosamente, este efecto se mejora aún más cuando se adopta una estructura de pila alternativa en la que dos tipos de capas que tienen diferentes composiciones se apilan alternativamente cada una en dos o más capas. Específicamente, la primera estructura de pila es preferiblemente una estructura de pila alternativa en la que las Capas A1 y Capas B1 con diferente

composiciones se apilan alternativamente cada una en dos o más capas en el orden de Capa A1 → Capa B1 → Capa A1 → Capa B1 → ... desde el sustrato hacia la superficie de la capa de recubrimiento.

5 Con respecto a cada una de las capas que constituyen la primera estructura de pila en la capa de recubrimiento en la herramienta recubierta de la presente invención, cualquier espesor medio de capa de cada capa que es menor que 60 nm da como resultado una disminución en el efecto de prevenir la penetración de grietas al sustrato. Por otra parte, la resistencia a la fractura se reduce si el espesor medio de capa excede 500 nm. De esta manera, el espesor medio de capa de cada una de las capas que constituyen la primera estructura de pila está limitado a 60 nm a 500 nm. Más preferiblemente, el espesor medio de capa de cada una de las capas que constituyen la primera estructura de pila es de 60 nm a 250 nm.

15 Si el espesor medio de la primera estructura de pila es menor que 0,2 μm , la primera estructura de pila tiene un número de repeticiones tan pequeño del apilamiento periódico de las capas con diferentes composiciones que la primera estructura de pila tiende a disminuir el efecto de suprimir la penetración de grietas al sustrato. Por otra parte, cualquier espesor medio que exceda 6 μm da como resultado un aumento en la tensión de compresión residual en la totalidad de la capa de recubrimiento, y consecuentemente, la capa de recubrimiento es propensa a ser separada o fracturada, esto es, tiende a presentar una resistencia a la fractura escasa. De esta manera, el espesor medio de la primera estructura de pila en la presente invención es más preferiblemente de 0,2 a 6 μm .

20 Como se ha descrito en lo que antecede, la capa de recubrimiento en la herramienta recubierta de la invención incluye una segunda estructura de pila. Las capas que constituyen la segunda estructura de pila incluyen al menos una seleccionada del grupo que consiste en:

25 compuestos que incluyen al menos dos elementos metálicos seleccionados a partir de Ti, Nb, Ta, Cr, W, Al, Si, Sr e Y y al menos un elemento no metálico seleccionado a partir de carbono, nitrógeno, oxígeno y boro. Tales capas presentan una excelente resistencia al desgaste.

30 Esta configuración añade dureza. Ejemplos específicos de los metales o los compuestos para formar las capas constituyentes en la segunda estructura de pila incluyen $(\text{Al}_{0,50}\text{Ti}_{0,50})\text{N}$, $(\text{Al}_{0,60}\text{Ti}_{0,40})\text{N}$, $(\text{Al}_{0,67}\text{Ti}_{0,33})\text{N}$, $(\text{Al}_{0,67}\text{Ti}_{0,33})\text{CN}$, $(\text{Al}_{0,45}\text{Ti}_{0,45}\text{Si}_{0,10})\text{N}$, $(\text{Al}_{0,45}\text{Ti}_{0,45}\text{Y}_{0,10})\text{N}$, $(\text{Al}_{0,50}\text{Ti}_{0,30}\text{Cr}_{0,20})\text{N}$, $(\text{Al}_{0,50}\text{Ti}_{0,45}\text{Nb}_{0,05})\text{N}$, $(\text{Al}_{0,50}\text{Ti}_{0,45}\text{Ta}_{0,05})\text{N}$, $(\text{Al}_{0,50}\text{Ti}_{0,45}\text{W}_{0,05})\text{N}$, $(\text{Ti}_{0,90}\text{Si}_{0,10})\text{N}$ y $(\text{Al}_{0,50}\text{Cr}_{0,50})\text{N}$.

35 La segunda estructura de pila en la presente invención tiene una estructura en la cual dos o más tipos de capas incluyendo cualquiera de estos compuestos se apilan periódicamente unas encima de otras con cada capa que tiene un espesor medio de capa de 2 nm a menos de 60 nm. Esta estructura de pila que tiene una periodicidad específica incluye dos o más tipos de capas con diferentes composiciones. Para asegurar una dureza alta y para obtener una resistencia al desgaste mejorada, es preferible que la segunda estructura de pila sea una estructura de pila alternativa en la que estas capas con composiciones diferentes se apilan alternativamente cada una en dos o más capas.

40 En la segunda estructura de pila, de manera similar como se ha descrito anteriormente, el espesor de la unidad mínima cuya repetición constituye la pila se escribe como el "período de apilamiento". Con referencia a la figura 1 como ejemplo, cuando la pila consiste en la repetición de la Capa A2 (7), Capa B2 (8), Capa C2 y Capa D2 que tienen diferentes composiciones en el orden de Capa A2 → Capa B2 → Capa C2 → Capa D2 → Capa A2 → Capa B2 → Capa C2 → Capa D2 → ... desde el sustrato 1 hacia la superficie de la capa de recubrimiento 2, el total de los espesores de capa de la Capa A2 a la Capa D2 se define como el "período de apilamiento". En el caso donde la pila consiste en la repetición de la Capa A2 (7) y la Capa B2 (8) que tienen diferentes composiciones en el orden de Capa A2 → Capa B2 → Capa A2 → Capa B2 → Capa A2 → Capa B2 → ... desde el sustrato 1 hacia la superficie de la capa de recubrimiento 2, el "período de apilamiento" indica el total del espesor de capa de la Capa A2 y el espesor de capa de la Capa B2.

55 Con la configuración en la que las capas que tienen diferentes composiciones y espesores medios de capa respectivos de 2 nm a menos de 60 nm se apilan con la periodicidad anterior, la segunda estructura de pila en la herramienta recubierta de la presente invención alcanza una dureza alta para lograr una mejora en la resistencia al desgaste. Ventajosamente, este efecto se mejora aún más cuando se adopta una estructura de pila alternativa en la que dos tipos de capas que tienen diferentes composiciones se apilan alternativamente cada una en dos o más capas. Específicamente, la segunda estructura de pila es más preferiblemente una estructura de pila alternativa en la que las Capas A2 y las Capas B2 con diferentes composiciones se apilan alternativamente cada una en dos o más capas en el orden de la Capa A2 → Capa B2 → Capa A2 → Capa B2 → ... desde el sustrato hacia la superficie de la capa de recubrimiento.

60 Si el espesor medio de capa de cada una de las capas que constituyen la segunda estructura de pila es menor que 2 nm, se encuentra una dificultad en la formación de la capa con un espesor uniforme. Si el espesor medio de capa de cada una de las capas que constituyen la segunda estructura de pila es de 60 nm o más, la dureza se reduce para causar una disminución en la resistencia al desgaste. Además, tal segunda estructura de pila tiene poca diferencia en el espesor de capa de la primera estructura de pila con el resultado de que es difícil lograr

completamente el efecto de suprimir la penetración de grietas al sustrato causando una grieta que avanza en una dirección paralela a la interfaz entre la primera estructura de pila y la segunda estructura de pila. De esta manera, el espesor medio de capa de cada una de las capas que constituyen la segunda estructura de pila en la presente invención está limitado a 2 nm a menos de 60 nm. Desde los puntos de vista anteriores, el espesor medio de capa de cada una de las capas que constituyen la segunda estructura de pila es más preferiblemente de 5 nm a 30 nm.

Si el espesor medio de la segunda estructura de pila es menor que 0,02 μm , la segunda estructura de pila tiene un número de repeticiones tan pequeño del apilamiento periódico de las capas que no se puede obtener la mejora en la dureza. Por otra parte, cualquier espesor medio de la segunda estructura de pila que exceda 6 μm da como resultado un aumento en la tensión de compresión residual en la segunda estructura de pila, y consecuentemente la capa de recubrimiento es propensa a ser separada o fracturada, esto es, tiende a presentar una resistencia a la fractura escasa. De esta manera, el espesor medio de la segunda estructura de pila es preferiblemente de 0,02 a 6 μm .

La herramienta recubierta de la presente invención preferiblemente tiene una diferencia entre T_1 y T_2 ($T_1 - T_2$) de 20 a 996 nm en donde T_1 es el valor medio de los períodos de apilamiento en la primera estructura de pila y T_2 es el valor medio de los períodos de apilamiento en la segunda estructura de pila. Si la diferencia ($T_1 - T_2$) es menor que 20 nm, la herramienta recubierta tiende a disminuir su efecto de suprimir la penetración de grietas al sustrato haciendo que una grieta avance en una dirección paralela a la interfaz entre la primera estructura de pila y la segunda estructura de pila. Si, por otra parte, la diferencia entre T_1 y T_2 ($T_1 - T_2$) excede 996 nm, el espesor medio de la primera estructura de pila es tan grande que la resistencia a la fractura tiende a ser reducida. En particular, la diferencia entre T_1 y T_2 ($T_1 - T_2$) es más preferiblemente de 20 a 500 nm, y aún más preferiblemente de 20 a 250 nm.

A condición de que la unidad "Capa A2 \rightarrow Capa B2" se apile repetidamente una encima de la otra 100 veces, el valor medio de los períodos de apilamiento se calcula obteniendo el total de los períodos de apilamiento de las 100 unidades de repetición "Capa A2 \rightarrow Capa B2 \rightarrow Capa A2 \rightarrow Capa B2 \rightarrow Capa A2 \rightarrow Capa B2 \rightarrow ..."y dividiendo el total de los períodos de apilamiento por el número de repeticiones, esto es, 100.

En una realización preferida de la herramienta recubierta de la presente invención, los elementos metálicos presentes en las capas que constituyen la primera estructura de pila son idénticos entre las capas que constituyen la primera estructura de pila e incluyen uno o más elementos metálicos que tienen una diferencia en valor absoluto de 5 en % o más entre la relación de los mismos en relación con el total de los elementos metálicos presentes en una capa que constituye la primera estructura de pila y la relación del elemento metálico idéntico en relación con el total de los elementos metálicos presentes en otra capa que constituyen la primera estructura de pila que es adyacente a la una capa.

Con esta configuración, se puede obtener una desalineación de las redes cristalinas en la interfaz entre capas adyacentes que constituyen la primera estructura de pila sin causar ninguna disminución en la adhesión entre las capas. Consecuentemente, la estructura puede hacer que una grieta avance fácilmente en una dirección paralela a la interfaz entre las capas que constituyen la primera estructura de pila, y por lo tanto es más ventajosa en que se mejora el efecto de suprimir la penetración de grietas al sustrato.

Se describirá la frase que los elementos metálicos "incluyen uno o más elementos metálicos que tienen una diferencia en valor absoluto de 5 en % o más". Cuando, por ejemplo, la primera estructura de pila incluye capas $(\text{Al}_{0,55}\text{Ti}_{0,45})\text{N}$ y capas $(\text{Al}_{0,67}\text{Ti}_{0,33})\text{N}$, los dos tipos de capas incluyen elementos metálicos idénticos, esto es, el elemento Al y el elemento Ti. La relación del elemento Al presente en la capa $(\text{Al}_{0,55}\text{Ti}_{0,45})\text{N}$ es de 55 en % en relación con el total de los elementos metálicos, y la relación del elemento Al presente en la capa $(\text{Al}_{0,67}\text{Ti}_{0,33})\text{N}$ es del 67 en % en relación con el total de los elementos metálicos. De esta manera, la diferencia en la relación del elemento Al entre las dos capas es 12 en %, satisfaciendo el requisito anterior. Además, se tratarán las capas $(\text{Al}_{0,49}\text{Ti}_{0,39}\text{Cr}_{0,12})\text{N}$ y las capas $(\text{Al}_{0,56}\text{Ti}_{0,36}\text{Cr}_{0,08})\text{N}$. Estos dos tipos de capas incluyen elementos metálicos idénticos, esto es, el elemento Al, el elemento Ti y el elemento Cr. Aunque la diferencia en la relación del elemento Ti entre las dos capas es 3 en % y la diferencia en la relación del elemento Cr entre las dos capas es 4 en %, esto es, las diferencias de ambos elementos son menores que 5 en %, la estructura satisface el requisito debido a que la diferencia en la relación de Al entre las dos capas es 7 en %.

En la presente invención, los nitruros a veces se escriben como $(\text{M}_a\text{L}_b)\text{N}$ con la letra a que indica la relación atómica del elemento M y la letra b que indica la relación atómica del elemento L en relación con el total de los elementos metálicos. Por ejemplo, $(\text{Al}_{0,55}\text{Ti}_{0,45})\text{N}$ significa que la relación atómica del elemento Al en relación con el total de los elementos metálicos es 0,55 y la relación atómica del elemento Ti en relación con el total de los elementos metálicos es 0,45, esto es, la relación del elemento Al en relación con el total de los elementos metálicos es 55 en % y la relación del elemento Ti en relación con el total de los elementos metálicos es 45 en %.

En una realización preferida de la herramienta recubierta de la presente invención, los elementos metálicos presentes en las capas que constituyen la segunda estructura de pila son idénticos entre las capas que

constituyen la segunda estructura de pila e incluyen uno o más elementos metálicos que tienen una diferencia en valor absoluto de 5 en % o más entre la relación del mismo en relación con el total de los elementos metálicos presentes en una capa que constituye la segunda estructura de pila y la relación del elemento metálico idéntico en relación con el total de los elementos metálicos presentes en otra capa que constituye la segunda estructura de pila que está adyacente a la una capa.

Con esta configuración, se puede obtener una desalineación de las redes cristalinas en la interfaz entre las capas adyacentes que constituyen la segunda estructura de pila sin causar ninguna disminución en la adhesión entre las capas. Consecuentemente, la estructura puede hacer que una grieta avance fácilmente en una dirección paralela a la interfaz entre las capas que constituyen la segunda estructura de pila, y por lo tanto es más ventajosa en que se mejora el efecto de suprimir la penetración de grietas al sustrato. El significado de la frase que los elementos metálicos "incluyen uno o más elementos metálicos que tienen una diferencia en el valor absoluto de 5 en % o más" es el mismo que el descrito anteriormente con respecto a la primera estructura de pila.

En otra realización de la herramienta recubierta de la presente invención, es más preferible que una capa que constituye la primera estructura de pila y otra capa que constituye la primera estructura de pila que está adyacente a una capa incluyan uno o más elementos metálicos diferentes entre las capas. Con tal configuración, las redes cristalinas pueden estar desalineadas en la interfaz entre las capas y, consecuentemente, la estructura puede hacer que una grieta avance fácilmente en una dirección paralela a la interfaz entre las capas, logrando de esta manera una mejora en el efecto de suprimir la penetración de grietas al sustrato. Cuando, por ejemplo, la primera estructura de pila incluye capas $(Al_{0,50}Ti_{0,50})N$ y capas $(Al_{0,50}Ti_{0,30}Cr_{0,20})N$, la comparación de los elementos metálicos presentes en estos dos tipos de capas muestra que el elemento Al y el elemento Ti están contenidos en las dos capas, mientras que el elemento Cr está presente solamente en una de las capas. Es decir, se satisface el requisito anterior. Además, cuando la primera estructura de pila incluye capas $(Al_{0,50}Cr_{0,50})N$ y capas $(Al_{0,67}Ti_{0,33})N$, la comparación de los elementos metálicos presentes en estos dos tipos de capas muestra que el elemento Al está contenido en las dos capas, mientras que el elemento Cr está presente solamente en una de las capas y el elemento Ti está presente solamente en la otra de las capas. De esta manera, se satisface el requisito anterior.

De manera similar, en la herramienta recubierta de la presente invención, es más preferible que una capa que constituye la segunda estructura de pila y otra capa que constituye la segunda estructura de pila que es adyacente a la una capa incluyan uno o más elementos metálicos diferentes entre las capas. Con tal configuración, las redes cristalinas pueden estar desalineadas en la interfaz entre las capas y consecuentemente la estructura puede hacer que una grieta avance fácilmente en una dirección paralela a la interfaz entre las capas, logrando de esta manera una mejora en el efecto de suprimir la penetración de grietas al sustrato.

En la herramienta recubierta de la presente invención, la capa de recubrimiento incluye la primera estructura de pila que tiene una resistencia a la fractura excelente y la segunda estructura de pila tiene una resistencia al desgaste excelente. Como resultado, la herramienta recubierta presenta una resistencia a la fractura y resistencia al desgaste excelentes. La capa de recubrimiento puede incluir una capa superior en la superficie de la capa de recubrimiento en el lado opuesto al sustrato a través de la primera estructura de pila y la segunda estructura de pila. Además, la capa de recubrimiento puede incluir una capa inferior en un lado más cercano al sustrato que la primera y la segunda estructuras de pila. Además, la capa de recubrimiento puede incluir una capa intermedia entre la primera estructura de pila y la segunda estructura de pila

Las configuraciones de estas capas superiores, capas intermedias y capas inferiores no están particularmente limitadas y se puede usar cualquiera de las capas de recubrimiento provistas en las herramientas recubiertas. En particular, una resistencia al desgaste mejorada se puede obtener ventajosamente adoptando una configuración de capa única o una configuración multicapa no periódica que incluya al menos uno seleccionado del grupo que consiste en un metal que incluye al menos un elemento metálico seleccionado a partir de Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W, Al, Si, Sr, Y, Sn y Bi; y compuestos que incluyen al menos uno de estos elementos metálicos y al menos un elemento no metálico seleccionado a partir de carbono, nitrógeno, oxígeno y boro.

En una realización más preferida, las primeras estructuras de pila y las segundas estructuras de pila se apilan alternativamente y continuamente cada una en dos o más capas. Con esta configuración, la estructura puede hacer que una grieta avance fácilmente en una dirección paralela a la interfaz entre la primera estructura de pila y la segunda estructura de pila, y de esta manera suprime eficazmente la penetración de grietas al sustrato, esto es, logra una resistencia a la fractura mejorada. La relación de posición entre la primera estructura de pila y la segunda estructura de pila no está limitada y puede ser tal que la primera estructura de pila esté más cerca del sustrato y la segunda estructura de pila esté más cerca de la superficie de la capa de recubrimiento en el lado opuesto al sustrato o puede ser tal que la segunda estructura de la pila esté más cerca del sustrato y la primera estructura de pila esté más cerca de la superficie de la capa de recubrimiento en el lado opuesto al sustrato. Alternativamente, la primera estructura de pila o la segunda estructura de pila se pueden disponer más cerca tanto del sustrato como de la superficie de la capa de recubrimiento en el lado opuesto al sustrato. En base al hecho de que la tensión de compresión residual en la primera estructura de pila es menor que la tensión de compresión residual en la segunda estructura de pila, es más preferible que la primera estructura de pila sea

dispuesta más cerca del sustrato y la segunda estructura de pila sea dispuesta más cerca de la superficie. En este caso, la capa de recubrimiento tiende a presentar una resistencia a la separación mejorada.

La capa de recubrimiento en la herramienta recubierta de la presente invención se puede producir mediante cualquier método sin limitación. Por ejemplo, se puede usar un método de deposición física tal como un método de chapado iónico, un método de chapado iónico de arco, un método de pulverización catódica o un método de mezcla de iones para formar capas tales como la primera estructura de pila y la segunda estructura de pila antes mencionadas sobre el sustrato. En particular, el método de chapado iónico de arco es más preferible debido a la excelente adhesión entre la capa de recubrimiento y el sustrato.

La herramienta recubierta de la presente invención se puede obtener formando las capas sobre la superficie del sustrato mediante un método de recubrimiento convencional. Un método de producción ejemplar se describe a continuación.

Se coloca un sustrato procesado en forma de una herramienta en un recipiente de reacción de un aparato de deposición física, y se produce un vacío evacuando el interior del recipiente de reacción a una presión de 1×10^{-2} Pa o por debajo. Después de que se ha generado el vacío, la temperatura del sustrato se eleva a 200 a 800°C con un calentador dispuesto en el recipiente de reacción. Después del calentamiento, se introduce gas Ar en el recipiente de reacción para elevar la presión a 0,5 a 5,0 Pa. En la atmósfera de gas Ar a una presión de 0,5 a 5,0 Pa, se aplica un voltaje de polarización de -200 a -1,000 V al sustrato y se pasa una corriente de 5 a 20 A a través de un filamento de tungsteno dispuesto en el recipiente de reacción, tratando por ello la superficie del sustrato mediante bombardeo iónico del gas Ar. Después de que la superficie del sustrato ha sido tratada mediante bombardeo iónico, se aspira un vacío a una presión de 1×10^{-2} Pa o por debajo.

A continuación, se introduce un gas de reacción tal como gas nitrógeno en el recipiente de reacción para aumentar la presión dentro del recipiente de reacción a 0,5 a 5,0 Pa. Se aplica un voltaje de polarización de -10 a -150 V al sustrato, y fuentes de deposición de metal según los componentes metálicos de las capas respectivas se vaporizan mediante descarga de arco, formando por ello capas en la superficie del sustrato. En el caso donde dos o más tipos de fuentes de deposición de metal dispuestas por separado se vaporicen al mismo tiempo mediante descarga de arco y capas para constituir la primera estructura de pila o la segunda estructura de pila se forman mientras que se gira una mesa giratoria sobre la que se ha fijado el sustrato, los espesores de capa de las capas respectivas para constituir la primera estructura de pila o la segunda estructura de pila se puede controlar ajustando la velocidad de rotación de la mesa giratoria que soporta el sustrato en el recipiente de reacción. Cuando dos o más tipos de fuentes de deposición de metal se vaporizan alternativamente mediante descarga de arco para formar capas para constituir la primera estructura de pila o la segunda estructura de pila, los espesores de capa de las capas respectivas para constituir la primera estructura de pila o la segunda estructura de pila se pueden controlar ajustando el tiempo de descarga de arco para las respectivas fuentes de deposición de metal.

Los espesores de capa de las capas respectivas que constituyen la capa de recubrimiento en la herramienta recubierta de la presente invención se pueden medir analizando la estructura en sección de la herramienta recubierta con un dispositivo tal como un microscopio óptico, un microscopio electrónico de barrido (SEM) o un microscopio electrónico de transmisión (TEM). El espesor medio de capa de cada una de las capas en la herramienta recubierta de la presente invención se puede obtener midiendo el espesor de capa de cada capa con respecto a las secciones transversales muestreadas de 3 o más regiones aproximadamente a 50 μm del borde de corte de la superficie opuesta a la fuente de deposición de metal hacia el centro de la superficie, y calculando el valor medio de los espesores de capa obtenidos.

La composición de cada una de las capas en la herramienta recubierta de la presente invención se puede medir analizando la estructura en sección de la herramienta recubierta de la presente invención con un dispositivo tal como un espectrómetro de rayos X de dispersión de energía (EDS) o un espectrómetro de rayos X de dispersión de longitud de onda (WDS).

Ejemplos específicos de las herramientas recubiertas de la presente invención incluyen insertos de corte, taladros y fresas de extremo.

EJEMPLOS

[Ejemplo 1]

Se proporcionó como sustrato un carburo cementado correspondiente a P10 en forma de inserto ISO SEEN 1203. Se dispusieron fuentes de deposición de metal en un recipiente de reacción de un aparato de chapado iónico de arco para diseñar capas que tienen las composiciones descritas en cualquiera de las Tablas 1 a 3. El sustrato se fijó a un herraje de fijación de una mesa giratoria dispuesta en el recipiente de reacción.

A partir de entonces, se produjo un vacío evacuando el interior del recipiente de reacción a una presión de $5,0 \times 10^{-3}$ Pa o por debajo. Después de que había sido generado el vacío, el sustrato se calentó a una temperatura de

500°C con un calentador dispuesto en el recipiente de reacción. Después del calentamiento, se introdujo gas Ar en el recipiente de reacción para elevar la presión a 5,0 Pa.

- 5 En la atmósfera de gas Ar a una presión de 5,0 Pa, se aplicó al sustrato un voltaje de polarización de -1,000 V y se pasó una corriente de 10 A a través de un filamento de tungsteno dispuesto en el recipiente de reacción, tratando por ello la superficie del sustrato por bombardeo iónico del gas Ar durante 30 minutos. Después de la terminación del tratamiento de bombardeo iónico, se evacuó el interior del recipiente de reacción para extraer un vacío a una presión de $5,0 \times 10^{-3}$ Pa o por debajo.
- 10 Después de que había sido producido el vacío, se introdujo gas nitrógeno en el recipiente de reacción para crear una atmósfera de gas nitrógeno que tenía una presión de 2,7 Pa. Se aplicó al sustrato un voltaje de polarización de -50 V, y se pasó una corriente de arco de 200 A para producir una descarga de arco y para vaporizar por ello las fuentes de deposición de metal, formando de esta manera las capas respectivas.
- 15 En la formación de las Capas A1 y las Capas B1 en los Productos Inventivos 1 a 11, la fuente de deposición de metal para las Capas A1 y la fuente de deposición de metal para las Capas B1 se vaporizaron alternativamente mediante descarga de arco para formar las Capas A1 y las Capas B1. Durante este proceso, los espesores de capa de las Capas A1 y las Capas B1 se controlaron ajustando los respectivos tiempos de descarga de arco. En la fabricación del Producto Comparativo 1, las Capas X y las Capas Y con espesores de capa grandes se formaron de manera similar vaporizando alternativamente la fuente de deposición de metal para las Capas X y la fuente de deposición de metal para las Capas Y mediante descarga de arco. Durante este proceso, los espesores de capa de las Capas X y las Capas Y se controlaron ajustando los respectivos tiempos de descarga de arco.
- 20
- 25 En la formación de las Capas A2 y las Capas B2 en los Productos Inventivos 1 a 11, la fuente de deposición de metal para las Capas A2 y la fuente de deposición de metal para las Capas B2 se vaporizaron simultáneamente mediante descarga de arco para formar las Capas A2 y las Capas B2. Durante este proceso, los espesores de capa de las Capas A2 y las Capas B2 se controlaron ajustando la velocidad de rotación de la mesa giratoria en el intervalo de 0,2 a 10 min^{-1} . En la fabricación del Producto Comparativo 2, las Capas X y las Capas Y con espesores de capa pequeños se formaron de manera similar vaporizando simultáneamente la fuente de deposición de metal para las Capas X y la fuente de deposición de metal para las Capas Y mediante descarga de arco. Durante este proceso, los espesores de capa de las Capas X y las Capas Y se controlaron ajustando la velocidad de rotación de la mesa giratoria en el intervalo de 0,2 a 10 min^{-1} .
- 30
- 35 Después de que habían sido formadas las capas en la superficie del sustrato hasta los espesores de capa prescritos, el calentador se apagó. Después de que la temperatura de la muestra había disminuido a 100°C o por debajo, la muestra se recogió del recipiente de reacción.

[Tabla 1]

Muestra Nº	Primera estructura de pila				Segunda estructura de pila				$T_1 - T_2$ (nm)						
	Capas A1		Capas B1		Capas A2		Capas B2			Capas A2 + Capas B2					
	Composición	Espesor medio de capa (nm)	Composición	Espesor medio de capa (nm)	Composición	Espesor medio de capa (nm)	Composición	Espesor medio de capa (nm)							
Prod. Inv. 1	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	100	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	100	200	5	1,0	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	10	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	10	20	50	1,0	180
Prod. Inv. 2	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	60	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	60	120	10	1,2	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	10	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	10	20	25	0,5	100
Prod. Inv. 3	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	250	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	250	500	2	1,0	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	10	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	10	20	100	2,0	480
Prod. Inv. 4	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	100	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	100	200	10	2,0	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	2	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	2	4	100	0,4	196
Prod. Inv. 5	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	100	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	100	200	5	1,0	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	45	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	45	90	10	0,9	110
Prod. Inv. 6	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	60	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	60	120	3	0,36	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	35	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	35	70	30	2,1	50
Prod. Inv. 7	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	250	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	250	500	4	2,0	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	2	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	2	4	200	0,8	496
Prod. Inv. 8	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	60	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	60	120	3	0,36	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	35	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	35	70	30	2,1	50
Prod. Inv. 9	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	250	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	250	500	4	2,0	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	2	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	2	4	200	0,8	496
Prod. Inv. 10	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	60	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	60	120	3	0,36	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	35	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	35	70	30	2,1	50
Prod. Inv. 11	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	250	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	250	500	4	2,0	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	2	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	2	4	200	0,8	496

[Tabla 2]

Muestra N°	Capa de recubrimiento											Espesor total de capas (µm)
	Primera capa (lado de sustrato)			Segunda capa		Tercera capa		Cuarta capa		Quinta capa (lado de superficie)		
	Capa inferior		Estructura de pila	Espesor medio (µm)	Capa intermedia		Estructura de pila	Espesor medio (µm)	Capa superior		Espesor medio (µm)	
	Composición	Espesor medio (µm)			Composición	Espesor medio (µm)			Composición	Espesor medio (µm)		
Prod. Inv. 1	TiN	0,5	Primera	1,0	TiN	0,5	Segunda	1,0	TiN	0,5	3,5	
Prod. Inv. 2	TiN	0,5	Primera	1,2	TiN	0,5	Segunda	0,5	TiN	0,5	3,2	
Prod. Inv. 3	TiN	0,5	Primera	1,0	TiN	0,5	Segunda	2,0	TiN	0,5	4,5	
Prod. Inv. 4	TiN	0,5	Primera	2,0	TiN	0,5	Segunda	0,4	TiN	0,5	3,9	
Prod. Inv. 5	TiN	0,5	Primera	1,0	TiN	0,5	Segunda	0,9	TiN	0,5	3,4	
Prod. Inv. 6	TiN	0,5	Primera	0,36	TiN	0,5	Segunda	2,1	TiN	0,5	3,96	
Prod. Inv. 7	TiN	0,5	Primera	2,0	TiN	0,5	Segunda	0,8	TiN	0,5	4,3	
Prod. Inv. 8	(Ti _{0,60} Al _{0,40})N	0,5	Primera	0,36	(Ti _{0,60} Al _{0,40})N	0,5	Segunda	2,1	(Ti _{0,60} Al _{0,40})N	0,5	3,96	
Prod. Inv. 9	(Ti _{0,60} Al _{0,40})N	0,5	Primera	2,0	(Ti _{0,60} Al _{0,40})N	0,5	Segunda	0,8	(Ti _{0,60} Al _{0,40})N	0,5	4,3	
Prod. Inv. 10	(Ti _{0,85} Si _{0,15})N	0,5	Primera	0,36	(Ti _{0,85} Si _{0,15})N	0,5	Segunda	2,1	(Ti _{0,85} Si _{0,15})N	0,5	3,96	
Prod. Inv. 11	(Ti _{0,85} Si _{0,15})N	0,5	Primera	2,0	(Ti _{0,85} Si _{0,15})N	0,5	Segunda	0,8	(Ti _{0,85} Si _{0,15})N	0,5	4,3	

"Primera" y "Segunda" en las secciones "Estructura apilada" indican la primera estructura de pila y la segunda estructura de pila en los Productos Inventivos con los números correspondientes en la Tabla 1.

[[Tabla 3]

Muestra Nº	Capa de recubrimiento						
	Estructura de pila						Espesor total de capas (µm)
	Capas X		Capas Y		Capas X + Capas Y		
	Composición	Espesor medio de capa (nm)	Composición	Espesor medio de capa (nm)	Valor medio de periodos de apilamiento T (nm)	Número de repeticiones (veces)	
Prod. Comp. 1	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	100	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	100	200	20	
Prod. Comp. 2	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	10	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	10	20	200	4,0

5 Los respectivos espesores medios de capa de las capas en las muestras obtenidas se determinaron midiendo el espesor de capa de cada capa mediante observación TEM con respecto a las secciones transversales muestreadas a partir de 3 regiones aproximadamente de 50 µm desde el borde de corte de la superficie de la herramienta recubierta opuesta a la fuente de deposición de metal hacia el centro de la superficie, y calculando el valor medio de los espesores de capa obtenidos. Las respectivas composiciones de las capas en las muestras obtenidas se determinaron analizando una sección transversal muestreada a partir de una región desde el borde de corte de la superficie de la herramienta recubierta opuesta a la fuente de deposición de metal a una distancia de 50 µm hacia el centro usando un EDS. Los resultados se describen en las Tablas 1 a 3. Las relaciones de composición de los elementos metálicos en las capas descritas en las Tablas 1 a 3 indican las relaciones atómicas de los elementos metálicos en relación con el total de los elementos metálicos en los compuestos de metal que forman las respectivas capas.

10 La resistencia a la fractura de las muestras obtenidas anteriormente se evaluó usando las muestras en fresado frontal bajo las siguientes condiciones de ensayo. Los resultados de la evaluación se describen en la Tabla 4.

20 [Condiciones de ensayo]

- 25 Piezas de trabajo: SCM440
- Forma de pieza de trabajo: cuboide de 105 mm x 200 mm x 60 mm (que tienen 6 orificios con un diámetro de 30 mm en la cara de 105 mm x 200 mm para ser fresado el cuboide)
- Velocidad de corte: 250 m/min
- 30 Alimentación: 0,4 mm/diente
- Profundidad de corte: 2,0 mm
- Anchura de corte: 105 mm
- 35 Refrigerante: ninguno
- Diámetro efectivo del cortador: 125 mm
- 40 Elemento de evaluación: Se midió la longitud de corte a la aparición de fractura de la muestra (la aparición de fractura en la cuchilla de corte de la muestra).

45

[Tabla 4]

Muestra Nº	Longitud de corte (m)
Producto Inventivo 1	7,0
Producto Inventivo 2	6,2
Producto Inventivo 3	5,5

(continúa)

Muestra N°	Longitud de corte (m)
Producto Inventivo 4	6,9
Producto Inventivo 5	5,3
Producto Inventivo 6	4,7
Producto Inventivo 7	5,5
Producto Inventivo 8	4,8
Producto Inventivo 9	6,5
Producto Inventivo 10	4,6
Producto Inventivo 11	5,3
Producto Comparativo 1	3,3
Producto Comparativo 2	3,6

5 Los resultados en la Tabla 4 muestran que los Productos Inventivos lograron una mayor longitud de corte y tuvieron una vida de herramienta más larga que los Productos Comparativos que tenían una estructura de pila alternativa compuesta de capas con varios espesores de capa uniformes.

[Ejemplo 2]

10 Se proporcionó como sustrato un carburo cementado correspondiente a P10 en forma de inserto ISO SEEN 1203. Se dispusieron fuentes de deposición de metal en un recipiente de reacción de un aparato de chapado iónico de arco para diseñar capas que tenían las composiciones descritas en la Tabla 5. Las muestras que tenían las configuraciones de capa descritas en las Tablas 5 y 6 se fabricaron mediante el mismo método de producción que en el Ejemplo 1.

[Tabla 5]

Muestra N°	Primera estructura de pila					Segunda estructura de pila					$T_1 - T_2$ (nm)			
	Capas A1		Capas B1		Capas A1 + Capas B1	Capas A2		Capas B2		Capas A2 + Capas B2		Espesor medio (µm)		
	Composicion	Espesor medio de capa (nm)	Composicion	Espesor medio de capa (nm)		Composicion	Espesor medio de capa (nm)	Composicion	Espesor medio de capa (nm)				Valor medio de periodos de aplamiento T_1 (nm)	Número de repeticiones (veces)
Prod. Inv. 12	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	60	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	60	120	5	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	2	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	2	4	125	0,5	116
Prod. Inv. 13	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	100	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	100	200	10	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	10	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	10	20	100	2,0	180
Prod. Inv. 14	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	250	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	250	500	12	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	10	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	10	20	300	6,0	480
Prod. Inv. 15	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	100	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	100	200	5	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	10	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	10	20	50	1,0	180
Prod. Inv. 16	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	60	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	60	120	10	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	10	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	10	20	50	1,0	100
Prod. Inv. 17	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	60	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	60	120	10	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	2	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	2	4	250	1,0	116
Prod. Inv. 18	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	250	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	250	500	4	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	10	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	10	20	10	0,2	480
Prod. Inv. 19	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	100	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	100	200	5	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	40	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	40	80	13	1,04	120
Prod. Inv. 20	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	100	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	100	200	2	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	10	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	10	20	25	0,5	180
Prod. Inv. 21	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	60	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	60	120	10	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	40	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	40	80	5	0,4	40
Prod. Inv. 22	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	250	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	250	500	2	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	2	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	2	4	250	1,0	496

[Tabla 6]

Muestra N°	Capa de recubrimiento														Espesor total de capas (µm)		
	Primera capa (lado de sustrato)		Segunda capa		Tercera capa		Cuarta capa		Quinta capa		Sexta capa		Séptima capa			Octava capa (lado de superficie)	
	Estructura de pila	Espesor (µm)	Estructura de pila	Espesor (µm)	Estructura de pila	Espesor (µm)	Estructura de pila	Espesor (µm)	Estructura de pila	Espesor (µm)	Estructura de pila	Espesor (µm)	Estructura de pila	Espesor (µm)		Estructura de pila	Espesor (µm)
Prod. Inv. 12	Primera	0,6	Segunda	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,1
Prod. Inv. 13	Primera	2,0	Segunda	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,0
Prod. Inv. 14	Primera	6,0	Segunda	6,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,0
Prod. Inv. 15	Primera	1,0	Segunda	1,0	Primera	1,0	Segunda	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	4,0
Prod. Inv. 16	Primera	1,2	Segunda	1,0	Primera	1,2	Segunda	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	4,4
Prod. Inv. 17	Primera	1,2	Segunda	1,0	Primera	1,2	Segunda	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	4,4
Prod. Inv. 18	Primera	2,0	Segunda	0,2	Primera	2,0	Segunda	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	4,4
Prod. Inv. 19	Primera	1,0	Segunda	1,04	Primera	1,0	Segunda	1,04	-	-	-	-	-	-	-	-	4,08
Prod. Inv. 20	Primera	0,4	Segunda	0,5	Primera	0,4	Segunda	0,5	Primera	0,4	Segunda	0,5	-	-	-	-	2,7
Prod. Inv. 21	Primera	1,2	Segunda	0,4	Primera	1,2	Segunda	0,4	Primera	1,2	Segunda	0,4	Primera	1,2	Segunda	0,4	6,4
Prod. Inv. 22	Primera	1,0	Segunda	1,0	Primera	1,0	Segunda	1,0	Primera	1,0	Segunda	1,0	Primera	1,0	Segunda	1,0	8,0

"Primera" y "Segunda" en las secciones "Estructura apilada" indican la primera estructura de pila y la segunda estructura de pila en los Productos Inventivos con los números correspondientes en la Tabla 5.

ES 2 666 599 T3

5 Los espesores medios de capa respectivos y las composiciones respectivas de las capas en las muestras obtenidas se determinaron de la misma manera que en el Ejemplo 1, siendo descritos los resultados en las Tablas 5 y 6. Además, la resistencia a la fractura de las muestras obtenidas se evaluó usando las muestras en fresado frontal bajo las mismas condiciones de ensayo que en el Ejemplo 1. Los resultados de la evaluación se describen en la Tabla 7.

[Tabla 7]

Muestra N°	Longitud de corte (m)
Producto Inventivo 12	7,5
Producto Inventivo 13	9,1
Producto Inventivo 14	6,6
Producto Inventivo 15	9,2
Producto Inventivo 16	8,8
Producto Inventivo 17	9,1
Producto Inventivo 18	6,6
Producto Inventivo 19	7,5
Producto Inventivo 20	7,8
Producto Inventivo 21	7,2
Producto Inventivo 22	6,6
Producto Comparativo 1	3,3
Producto Comparativo 2	3,6

10 A partir de la Tabla 7, se ha demostrado que los Productos Inventivos lograron una longitud de corte más larga y tuvieron una vida de herramienta más larga que los Productos Comparativos que tenían una estructura de pila alternativa compuesta de capas con varios espesores de capa uniformes.

[Ejemplo 3]

15 Se proporcionó como sustrato un carburo cementado correspondiente a P10 en forma de inserto ISO SEEN 1203. En la fabricación de los Productos Inventivos 23 y 25 a 35 y los Productos Comparativos 3 y 5 a 15, se dispusieron fuentes de deposición de metal en un recipiente de reacción de un aparato de chapado iónico para diseñar capas que tienen las composiciones descritas en las Tablas 8 y 10, y se fabricaron muestras que tienen las configuraciones de capa descritas en las Tablas 9 y 10 mediante el mismo método de producción que en el Ejemplo 1.

20 En la fabricación del Producto Inventivo 24 y el Producto Comparativo 4, se dispusieron fuentes de deposición de metal en un recipiente de reacción de un aparato de chapado iónico de arco para diseñar capas que tienen las composiciones descritas en las Tablas 8 y 10, y se fabricaron las muestras que tienen las configuraciones de capa descritas en las Tablas 9 y 10 de la misma manera que en el Ejemplo 1 excepto que la atmósfera en el recipiente de reacción durante la formación de capas se creó alimentando un gas mixto que contenía gas N_2 y gas CH_4 en una relación de presión parcial $N_2:CH_4 = 1:1$ a una presión dentro del recipiente de reacción de 2,7 Pa.

25

[Tabla 8]

Muestra N°	Primera estructura de pila					Segunda estructura de pila					$T_1 - T_2$ (nm)				
	Capas A1		Capas B1		Capas A1 + Capas B1	Capas A2		Capas B2		Capas A2 + Capas B2					
	Composición	Espesor medio de capa (nm)	Composición	Espesor medio de capa (nm)		Composición	Espesor medio de capa (nm)	Composición	Espesor medio de capa (nm)						
Prod. Inv. 23	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	100	(Al _{0,60} Ti _{0,40})N	100	Valor medio de periodos de apilamiento T ₁ (nm)	5	1,0	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	10	(Al _{0,60} Ti _{0,40})N	10	20	50	1,0	180
Prod. Inv. 24	(Al _{0,50} Ti _{0,50})CN	100	(Al _{0,67} Ti _{0,33})CN	100	200	5	1,0	(Al _{0,50} Ti _{0,50})CN	10	(Al _{0,67} Ti _{0,33})CN	10	20	50	1,0	180
Prod. Inv. 25	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	100	(Al _{0,45} Ti _{0,45} Si _{0,10})N	100	200	5	1,0	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	10	(Al _{0,45} Ti _{0,45} Si _{0,10})N	10	20	50	1,0	180
Prod. Inv. 26	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	100	(Al _{0,45} Ti _{0,45} Si _{0,10})N	100	200	5	1,0	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	10	(Al _{0,45} Ti _{0,45} Si _{0,10})N	10	20	50	1,0	180
Prod. Inv. 27	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	100	(Al _{0,45} Ti _{0,45} Y _{0,10})N	100	200	5	1,0	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	10	(Al _{0,45} Ti _{0,45} Y _{0,10})N	10	20	50	1,0	180
Prod. Inv. 28	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	100	(Al _{0,50} Ti _{0,30} Cr _{0,20})N	100	200	5	1,0	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	10	(Al _{0,50} Ti _{0,30} Cr _{0,20})N	10	20	50	1,0	180
Prod. Inv. 29	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	100	(Al _{0,50} Ti _{0,45} Nb _{0,05})N	100	200	5	1,0	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	10	(Al _{0,50} Ti _{0,45} Nb _{0,05})N	10	20	50	1,0	180
Prod. Inv. 30	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	100	(Al _{0,50} Ti _{0,45} Ta _{0,05})N	100	200	5	1,0	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	10	(Al _{0,50} Ti _{0,45} Ta _{0,05})N	10	20	50	1,0	180
Prod. Inv. 31	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	100	(Al _{0,50} Ti _{0,45} W _{0,05})N	100	200	5	1,0	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	10	(Al _{0,50} Ti _{0,45} W _{0,05})N	10	20	50	1,0	180
Prod. Inv. 32	(Al _{0,50} Cr _{0,50})N	100	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	100	200	5	1,0	(Al _{0,50} Cr _{0,50})N	10	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	10	20	50	1,0	180
Prod. Inv. 33	(Al _{0,50} Cr _{0,50})N	100	(Ti _{0,90} Si _{0,10})N	100	200	5	1,0	(Al _{0,50} Cr _{0,50})N	10	(Ti _{0,90} Si _{0,10})N	10	20	50	1,0	180
Prod. Inv. 34	(Ti _{0,50} Cr _{0,50})N	100	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	100	200	5	1,0	(Ti _{0,50} Cr _{0,50})N	10	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	10	20	50	1,0	180
Prod. Inv. 35	(Ti _{0,50} Cr _{0,50})N	100	(Ti _{0,90} Si _{0,10})N	100	200	5	1,0	(Ti _{0,50} Cr _{0,50})N	10	(Ti _{0,90} Si _{0,10})N	10	20	50	1,0	180

[Tabla 9]

Muestra N°	Capa de recubrimiento											
	Primera capa (lado de sustrato)		Segunda capa		Tercera capa		Cuarta capa (lado de sustrato)		Espesor total de capas (µm)			
	Estructura de pila	Espesor medio (µm)	Estructura de pila	Espesor medio (µm)	Estructura de pila	Espesor medio (µm)	Estructura de pila	Espesor medio (µm)				
Prod. Inv. 23	Primera	1,0	Segunda	1,0	Primera	1,0	Segunda	1,0	Segunda	4,0		
Prod. Inv. 24	Primera	1,0	Segunda	1,0	Primera	1,0	Segunda	1,0	Segunda	4,0		
Prod. Inv. 25	Primera	1,0	Segunda	1,0	Primera	1,0	Segunda	1,0	Segunda	4,0		
Prod. Inv. 26	Primera	1,0	Segunda	1,0	Primera	1,0	Segunda	1,0	Segunda	4,0		
Prod. Inv. 27	Primera	1,0	Segunda	1,0	Primera	1,0	Segunda	1,0	Segunda	4,0		
Prod. Inv. 28	Primera	1,0	Segunda	1,0	Primera	1,0	Segunda	1,0	Segunda	4,0		
Prod. Inv. 29	Primera	1,0	Segunda	1,0	Primera	1,0	Segunda	1,0	Segunda	4,0		
Prod. Inv. 30	Primera	1,0	Segunda	1,0	Primera	1,0	Segunda	1,0	Segunda	4,0		
Prod. Inv. 31	Primera	1,0	Segunda	1,0	Primera	1,0	Segunda	1,0	Segunda	4,0		
Prod. Inv. 32	Primera	1,0	Segunda	1,0	Primera	1,0	Segunda	1,0	Segunda	4,0		
Prod. Inv. 33	Primera	1,0	Segunda	1,0	Primera	1,0	Segunda	1,0	Segunda	4,0		
Prod. Inv. 34	Primera	1,0	Segunda	1,0	Primera	1,0	Segunda	1,0	Segunda	4,0		
Prod. Inv. 35	Primera	1,0	Segunda	1,0	Primera	1,0	Segunda	1,0	Segunda	4,0		

"Primera" y "Segunda" en las secciones "Estructura aplada" indican la primera estructura de pila y la segunda estructura de pila en los Productos Inventivos con los números correspondientes en la Tabla 8.

[Tabla 10]

Muestra Nº	Capa de recubrimiento						Espesor total de capas (µm)
	Estructura de pila						
	Capas X		Capas Y		Capas X + Capas Y		
	Composición	Espesor medio de capa (nm)	Composición	Espesor medio de capa (nm)	Valor medio de periodos de apilamiento T (nm)	Número de repeticiones (veces)	
Prod. Comp. 3	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	10	(Al _{0,60} Ti _{0,40})N	10	20	200	4,0
Prod. Comp. 4	(Al _{0,50} Ti _{0,50})CN	10	(Al _{0,67} Ti _{0,33})CN	10	20	200	4,0
Prod. Comp. 5	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	10	(Al _{0,45} Ti _{0,45} Si _{0,10})N	10	20	200	4,0
Prod. Comp. 6	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	10	(Al _{0,45} Ti _{0,45} Sr _{0,10})N	10	20	200	4,0
Prod. Comp. 7	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	10	(Al _{0,45} Ti _{0,45} Y _{0,10})N	10	20	200	4,0
Prod. Comp. 8	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	10	(Al _{0,50} Ti _{0,30} Cr _{0,20})N	10	20	200	4,0
Prod. Comp. 9	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	10	(Al _{0,50} Ti _{0,45} Nb _{0,05})N	10	20	200	4,0
Prod. Comp. 10	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	10	(Al _{0,50} Ti _{0,45} Ta _{0,05})N	10	20	200	4,0
Prod. Comp. 11	(Al _{0,50} Ti _{0,50})N	10	(Al _{0,50} Ti _{0,45} W _{0,05})N	10	20	200	4,0
Prod. Comp. 12	(Al _{0,50} Cr _{0,50})N	10	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	10	20	200	4,0
Prod. Comp. 13	(Al _{0,50} Cr _{0,50})N	10	(Ti _{0,90} Si _{0,10})N	10	20	200	4,0
Prod. Comp. 14	(Ti _{0,50} Cr _{0,50})N	10	(Al _{0,67} Ti _{0,33})N	10	20	200	4,0
Prod. Comp. 15	(Ti _{0,50} Cr _{0,50})N	10	(Ti _{0,90} Si _{0,10})N	10	20	200	4,0

5 Los respectivos espesores de capa y las respectivas composiciones de las capas en las muestras obtenidas se determinaron de la misma manera que en el Ejemplo 1, siendo descritos los resultados en las Tablas 8 a 10. Las relaciones de composición de los elementos metálicos en las capas descritas en las Tablas 8 y 10 indican las relaciones atómicas de los elementos metálicos en relación con el total de los elementos metálicos en los compuestos metálicos que forman las capas respectivas. La resistencia a la fractura de las muestras obtenidas se evaluó usando las muestras en fresado frontal bajo las mismas condiciones de ensayo que en el Ejemplo 1. Los resultados de la evaluación se describen en las Tablas 11 y 12.

[Tabla 11]

15

Muestra Nº	Longitud de corte (m)
Producto Inventivo 23	9,1
Producto Inventivo 24	8,8
Producto Inventivo 25	8,8
Producto Inventivo 26	8,7
Producto Inventivo 27	8,8
Producto Inventivo 28	9,0
Producto Inventivo 29	8,8

Producto Inventivo 30	8,8
Producto Inventivo 31	9,0
Producto Inventivo 32	9,0
Producto Inventivo 33	8,6
Producto Inventivo 34	9,0
Producto Inventivo 35	8,6

[Tabla 12]

Muestra Nº	Longitud de corte (m)
Producto Comparativo 3	3,5
Producto Comparativo 4	3,3
Producto Comparativo 5	3,3
Producto Comparativo 6	3,1
Producto Comparativo 7	3,2
Producto Comparativo 8	3,4
Producto Comparativo 9	3,3
Producto Comparativo 10	3,3
Producto Comparativo 11	3,4
Producto Comparativo 12	3,4
Producto Comparativo 13	3,0
Producto Comparativo 14	3,4
Producto Comparativo 15	3,0

5 A partir de las tablas 11 y 12, se ha demostrado que los Productos Inventivos lograron una longitud de corte más larga y tuvieron una vida de herramienta más larga que los Productos Comparativos que tenían una estructura de pila alternativa compuesta por capas con diversos espesores de capa uniformes.

- 10 Lista de signos de referencia
- 1 Sustrato
 - 2 Capa de recubrimiento
 - 3 Primera estructura de pila
 - 4 Segunda estructura de pila
- 15
- 5 Capa A1
 - 6 Capa B1
 - 7 Capa A2
 - 8 Capa B2

REIVINDICACIONES

- 5 1. Una herramienta recubierta que comprende un sustrato y una capa de recubrimiento dispuesta en una superficie del sustrato, la capa de recubrimiento que incluye una primera estructura de pila y una segunda estructura de pila, la primera estructura de pila que tiene una estructura en la que dos o más tipos de capas con diferentes composiciones se apilan periódicamente en donde el espesor medio de capa de cada una de las capas es de 60 nm a 500 nm, la segunda estructura de pila que tiene una estructura en la que dos o más tipos de capas con diferentes composiciones se apilan periódicamente en donde el espesor medio de capa de cada una de las capas es de 2 nm a menos de 60 nm, las capas que constituyen la primera estructura de pila y las capas que constituyen la segunda estructura de pila que incluyen al menos una seleccionada del grupo que consiste en compuestos que incluyen al menos dos elementos metálicos seleccionados de Ti, Nb, Ta, Cr, W, Al, Si, Sr e Y y al menos un elemento no metálico seleccionado de carbono, nitrógeno, oxígeno y boro.
- 15 2. La herramienta recubierta según la reivindicación 1, en donde la primera estructura de pila es una estructura de pila alternativa que incluye dos tipos de capas con diferentes composiciones apiladas alternativamente cada una en dos o más capas.
- 20 3. La herramienta recubierta según la reivindicación 1 o 2, en donde la segunda estructura de pila es una estructura de pila alternativa que incluye dos tipos de capas con diferentes composiciones apiladas alternativamente cada una en dos o más capas.
- 25 4. La herramienta recubierta según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde la capa de recubrimiento incluye una estructura que incluye las primeras estructuras de pila y las segundas estructuras de pila apiladas alternativamente y continuamente cada una en dos o más estructuras.
- 30 5. La herramienta recubierta según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde $(T_1 - T_2)$ es de 20 nm a 996 nm en donde T_1 es el valor medio de los períodos de apilamiento en la primera estructura de pila y T_2 es el valor medio de los períodos de apilamiento en la segunda estructura de pila.
- 35 6. La herramienta recubierta según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde las capas que constituyen la primera estructura de pila y las capas que constituyen la segunda estructura de pila incluyen cada una al menos una seleccionada del grupo que consiste en compuestos que incluyen al menos dos elementos metálicos seleccionados a partir de Ti, Cr, Al y Si y al menos un elemento no metálico seleccionado de carbono y nitrógeno.
- 40 7. La herramienta recubierta según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde los elementos metálicos presentes en las capas que constituyen la primera estructura de pila son idénticos entre las capas que constituyen la primera estructura de pila e incluyen uno o más elementos metálicos que tengan una diferencia en valor absoluto de 5 en % o más entre la relación de los mismos en relación con el total de los elementos metálicos presentes en una capa que constituye la primera estructura de pila y la relación del elemento metálico idéntico en relación con el total de los elementos metálicos presentes en una capa que constituye la primera estructura de pila, cuya capa es adyacente a la una capa.
- 45 8. La herramienta recubierta según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde los elementos metálicos presentes en las capas que constituyen la segunda estructura de pila son idénticos entre las capas que constituyen la segunda estructura de pila e incluyen uno o más elementos metálicos que tienen una diferencia en valor absoluto de 5 en % o más entre la relación de los mismos en relación con el total de los elementos metálicos presentes en una capa que constituye la segunda estructura de pila y la relación del elemento metálico idéntico en relación con el total de los elementos metálicos presentes en una capa que constituye la segunda estructura de pila cuya capa es adyacente a la una capa.
- 50 9. La herramienta recubierta según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde una capa que constituye la primera estructura de pila contiene uno o más elementos metálicos diferentes del elemento o elementos metálicos presentes en una capa que constituye la primera estructura de pila cuya capa es adyacente a la una capa.
- 55 10. La herramienta recubierta según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 y 9, en donde una capa que constituye la segunda estructura de pila contiene uno o más elementos metálicos diferentes del elemento o elementos metálicos presentes en una capa que constituye la segunda estructura de pila, cuya capa es adyacente a la una capa.
- 60 11. La herramienta recubierta según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en donde el espesor total medio de capa de la totalidad de la capa de recubrimiento es de 0,22 a 12 μm .
- 65 12. La herramienta recubierta según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en donde el espesor medio de la primera estructura de pila es de 0,2 a 6 μm .
13. La herramienta recubierta según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en donde el espesor medio de la segunda estructura de pila es de 0,02 a 6 μm .

14. La herramienta recubierta según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde las capas que constituyen la primera estructura de pila y las capas que constituyen la segunda estructura de pila incluyen cada una al menos uno seleccionado del grupo que consiste en compuestos que incluyen Ti, Al y N.

Fig. 1

