

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 750 572**

51 Int. Cl.:

C23C 30/00 (2006.01)
C23C 14/00 (2006.01)
C23C 28/04 (2006.01)
C23C 14/06 (2006.01)
C23C 14/32 (2006.01)
C23C 14/22 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.09.2012 PCT/EP2012/003896**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **04.04.2013 WO13045039**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.09.2012 E 12765998 (5)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.08.2019 EP 2761058**

54 Título: **Revestimiento de nitruro de aluminio y titanio con morfología adaptada para una resistencia mejorada al desgaste en operaciones de mecanizado y método para ello**

30 Prioridad:

30.09.2011 EP 11007997

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

26.03.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**KURAPOV, DENIS;
KRASSNITZER, SIEGFRIED y
ARNDT, MIRJAM**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 750 572 T3

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

DESCRIPCIÓN

Revestimiento de nitruro de aluminio y titanio con morfología adaptada para una resistencia mejorada al desgaste en operaciones de mecanizado y método para ello

La presente invención se refiere a un sistema de revestimiento de nitruro de aluminio y titanio ((Al, Ti)N) y a un método para depositarlo en una superficie de sustrato. Más específicamente, la invención se refiere a un revestimiento de nitruro de titanio y aluminio que tiene una morfología ajustada y que exhibe un rendimiento de corte mejorado en operaciones de mecanizado.

Los revestimientos delgados que comprenden nitruro de aluminio y titanio se usan comúnmente para lograr un alto rendimiento de las herramientas de corte en operaciones de mecanizado. El desarrollo de este tipo de revestimientos se conoce bien desde 1980. En los últimos tiempos se han realizado más intentos para mejorar el rendimiento de los revestimientos de nitruro de titanio y aluminio mediante operaciones de corte. En muchos casos se ha informado que mediante la adición de otros elementos en sistemas de revestimiento monocapa (por ejemplo (Al,Ti,Si)N) o mediante la combinación con otros materiales de revestimiento en sistemas de revestimiento multicapa (por ejemplo (Al,Ti)N/Al₂O₃) es posible mejorar la estabilidad frente a la temperatura, resistencia a la oxidación y resistencia al desgaste de revestimientos basados en AlTiN considerablemente. Otros aspectos importantes que han sido ampliamente investigados por el desarrollo de revestimientos a base de AlTiN son las influencias de la cristalinidad del revestimiento, tamaño de grano, composición elemental, estructura, etc.

Los autores del documento WO2011041063 informaron, por ejemplo, que los revestimientos de nitruro de titanio y aluminio pueden exhibir propiedades de mecanizado sorprendentemente buenas para las herramientas de corte de carburo de tungsteno cementado utilizadas para el fresado final cuando estos revestimientos tienen entre 0 y 15 por ciento en peso de fase hexagonal y una composición elemental de (Al_xTi_{1-x})N, donde x está en el intervalo de aproximadamente 0,53 a aproximadamente 0,58 moles. Indican también que estos revestimientos tienen preferiblemente un tamaño de grano promedio en el intervalo de aproximadamente 10 a aproximadamente 40 nanómetros, exhiben fase cúbica con una textura cristalográfica caracterizada por difracción de rayos X y tienen una relación de intensidad máxima (200) a (111) en el intervalo de aproximadamente 4,5 a aproximadamente 10.

Los autores del documento JP2644710 informaron que los revestimientos de nitruro de aluminio que tienen una composición elemental de (Al_xTi_{1-x})N con $0,56 \leq x \leq 0,70$ exhiben resistencia al desgaste de alta dureza y oxidación superior a alta temperatura al mismo tiempo.

Los autores del documento WO2011034492 informaron de un rendimiento de corte mejorado o una vida útil de la herramienta bastante más larga de las herramientas de corte revestidas con AlTiN donde los revestimientos de nitruro de titanio y aluminio se depositaron variando la tensión de polarización del sustrato secuencialmente durante la deposición de arco PVD reactivo de dianas en atmósfera de nitrógeno Ti_{0,33}Al_{0,67} y Ti_{0,30}Al_{0,70}. El proceso de deposición de acuerdo con el documento WO2011034492 comprende al menos una secuencia de variación de la tensión de polarización del sustrato durante la deposición del revestimiento (manteniendo las dianas activas), donde la secuencia de variación de la tensión de polarización del sustrato comprende una subsecuencia Si. La tensión de polarización del sustrato durante la subsecuencia, Si, se ajusta o varía de la siguiente manera: a) se ajusta y mantiene una primera tensión de polarización del sustrato, Bi, durante un tiempo de deposición, Ti, de entre 10 segundos y 60 minutos, b) la tensión de polarización del sustrato se cambia gradualmente a una segunda tensión de polarización del sustrato, Bi+1, durante un tiempo de rampa, Ri, de entre 10 segundos y 40 minutos, donde |Bi-Bi+1| ≥ 10 V. La subsecuencia, Si, se repite hasta que i = n donde i = 0, 1, 2 ... n, donde n ≥ 2, y donde cada nueva subsecuencia comienza en la misma tensión de polarización del sustrato utilizado al finalizar la subsecuencia anterior.

Sin embargo, a pesar de muchos trabajos de desarrollo dentro de este tema, una necesidad de mejorar el rendimiento de corte en las operaciones de mecanizado conduce a investigaciones más extensas de las propiedades y los procesos de deposición de los revestimientos de nitruro de titanio y aluminio.

Objetivo de la presente invención

Es un objetivo de la presente invención proporcionar un sistema de revestimiento de nitruro de titanio y aluminio para herramientas de corte de alto rendimiento, en particular, un revestimiento de banda ancha para cortar piezas de inserción que permite una mayor productividad en comparación con el estado de la técnica. Además, un objetivo de la presente invención es proporcionar un método de revestimiento adecuado para la industria para fabricar las herramientas revestidas de alto rendimiento mencionadas anteriormente. Además, el método de revestimiento de acuerdo con la presente invención debe ser lo más robusto y sencillo posible.

Descripción de la presente invención

El objetivo antes mencionado se logra mediante la presente invención proporcionando un sistema de revestimiento de nitruro de titanio y aluminio que tiene una morfología ajustada y un método de deposición de revestimiento del mismo, ambos especialmente diseñados para mejorar la eficiencia de las herramientas de corte de alto rendimiento.

El revestimiento de (Ti,Al)N de acuerdo con la presente invención es un revestimiento monocapa que exhibe dos áreas o partes de revestimiento diferentes, A y B, caracterizado principalmente por diferentes estructuras morfológicas.

5 Los inventores encontraron sorprendentemente que el rendimiento de corte de los revestimientos de (Ti,Al)N puede mejorarse considerablemente cuando la parte de revestimiento A exhibe una estructura de morfología columnar básicamente más pronunciada y un tamaño de grano mayor que la parte de revestimiento B. Además, se logró un mejor desempeño de corte mediante revestimientos de (Ti,Al)N preparados de acuerdo con la invención cuyo tamaño de grano en ambas partes de revestimiento A y B estaba en un orden de magnitud nanométrica.

10 En una realización preferida de la presente invención, el tamaño de grano en la parte de revestimiento A, g_{ZA} , es al menos 1,25 veces mayor que el tamaño de grano en la parte de revestimiento B, g_{ZB} , preferiblemente $g_{ZA} \geq 1,5 g_{ZB}$, más preferiblemente $10 g_{ZB} \geq g_{ZA} \geq 1,5 g_{ZB}$, aún más preferiblemente $4 g_{ZB} \geq g_{ZA} \geq 18 \cdot g_{ZB}$

15 En una realización adicional de la presente invención, el espesor del revestimiento de la parte de revestimiento A, th_A , es más pequeño que el espesor del revestimiento de la parte de revestimiento B, th_B : $th_A < th_B$. Preferiblemente $1,2 th_A \leq th_B \leq 8 th_A$, más preferiblemente $1,5 \cdot th_A \leq th_B \leq 3 \cdot th_A$

20 En otra realización adicional de la presente invención, los revestimientos de N(Ti,Al) se producen mediante evaporación por arco catódico usando dianas de TiAl metalúrgicas en polvo como material fuente. Preferiblemente, la composición de elementos atómicos en las dianas es Ti_xAl_{1-x} donde $0,30 \leq x \leq 0,70$.

25 De acuerdo con la presente invención, la configuración del campo magnético en la superficie de la diana varía durante la deposición del revestimiento para influir en la trayectoria del electrón hacia la superficie del ánodo y, por lo tanto, la temperatura del electrón en el plasma y el grado de ionización del gas reactivo en la cámara de revestimiento. De acuerdo con esto, la temperatura de los electrones de la presente invención y el grado de ionización del gas reactivo se ven fuertemente influenciados durante la deposición del revestimiento para lograr las diferentes estructuras morfológicas deseadas A y B en los revestimientos de N(Ti,Al).

30 En otra realización preferida de la presente invención, la temperatura del electrón y el grado de ionización del gas reactivo durante la deposición de los revestimientos de (Al,Ti)N se mantienen lo más bajos posible.

35 Se revistieron diferentes herramientas de corte con diferentes versiones de revestimientos de (Al,Ti)N depositados de acuerdo con la presente invención y se pudo verificar una mejora considerable del rendimiento de corte de las herramientas de corte revestidas con revestimientos (Al,Ti)N de acuerdo con la presente invención mediante ensayos de corte. En particular, se logró una reducción significativa del desgaste del cráter y un incremento significativo de la vida útil de la herramienta.

40 Siguiendo algunos procedimientos y resultados experimentales se dilucidará como ejemplo de una forma de realización de la presente invención:

Los revestimientos de (Al,Ti)N se depositaron sobre piezas de inserción de corte mediante técnicas de deposición de enchapado iónico por arco. Se usaron dianas que tenían una composición elemental de $Al_{0,55}Ti_{0,45}$, $Al_{0,6}Ti_{0,4}$, $Al_{0,67}Ti_{0,33}$ y $Al_{0,7}Ti_{0,3}$ como fuente de material para la deposición de los revestimientos de (Al,Ti)N en atmósfera de nitrógeno reactivo. El material diana se evaporó usando evaporadores de arco del tipo propuesto por Krassnitzer et al. en el documento de patente de EE. UU. con el número de serie 61/357272. Este tipo de evaporadores de arco comprenden un cátodo (diana), un ánodo y un medio magnético que permite conducir las líneas de corriente del campo magnético al ánodo que está dispuesto en la proximidad directa del cátodo. La temperatura de los electrones y el grado de ionización del gas reactivo, en este caso, el grado de ionización del gas nitrógeno en la cámara de revestimiento, fueron influenciados para producir las diferentes partes de revestimiento A y B ajustando los valores apropiados de la corriente de la bobina. La parte de revestimiento A se depositó sobre el sustrato, y la parte de revestimiento B se depositó sobre la parte de revestimiento A. En algunos casos, se depositó una capa intermedia entre el sustrato y la parte de revestimiento A. En general, los valores utilizados de la corriente de la bobina y la tensión de polarización del sustrato para la deposición de las partes de revestimiento A, cc_A y sbv_A , fueron superiores a los valores utilizados correspondientes para la deposición de las partes de revestimiento B, cc_B y sbv_B , así los valores $cc_A > cc_B$ and $sbv_A > sbv_B$. cc_A y sbv_A , así como los valores cc_B y sbv_B se ajustaron respectivamente al comienzo de cada deposición correspondiente de las partes A y B sin usar una rampa y luego se mantuvieron constantes respectivamente hasta que se completara cada tiempo de deposición correspondiente de las partes de revestimiento A y B.

Las corrientes de bobina usadas variaron entre 0 A y 2 A.

60 Asimismo, los revestimientos depositados de acuerdo con la invención correspondientes al ejemplo descrito anteriormente se analizaron usando las siguientes técnicas analíticas entre otras: espectroscopía de rayos X dispersiva de energía (EDX); microscopía electrónica de barrido (SEM), difracción de rayos X (DRX) y métodos de nanoindentación.

65 Básicamente, ambas partes A y B de los revestimientos depositados exhiben estructuras cristalinas cúbicas centradas

en la cara y una textura cristalográfica predominantemente (200). En general, la estructura columnar observada fue más pronunciada en las partes de revestimiento A que en las partes de revestimiento B. Además, se observaron mayor tamaño de grano, dureza y módulo elástico en las partes de revestimiento A en comparación con las partes de revestimiento B. Los valores de tamaño de grano estaban en orden de magnitud nanométrica. Se observó un buen rendimiento de corte en revestimientos que tenían un tamaño de grano entre 5 nm y 50 nm. Los valores de dureza variaron entre 37 GPa y 55 GPa. Los valores del módulo elástico variaron entre 410 GPa y 450 GPa. La fracción de aluminio en porcentaje atómico relacionado con el titanio, así como el esfuerzo de compresión medido en las partes de revestimiento A, en general fueron ligeramente más bajos que los medidos en las partes de revestimiento B.

Los resultados de rendimiento de corte de las ensayos de fresado y torneado utilizando piezas de inserción de corte revestidas con revestimientos de (Al,Ti)N depositados de acuerdo con la presente invención se muestran en las figuras 1 y 2. Los resultados obtenidos se muestran en las figuras 1-2 en comparación con otros 4 revestimientos de (Al,Ti)N comerciales diferentes establecidos.

Además, se verificó que los revestimientos de (Al,Ti)N que contienen solo estructuras correspondientes a la parte de revestimiento A o la parte de revestimiento B no exhiben un alto rendimiento de corte mejorado. Los resultados se pueden observar en la figura 3.

Nomenclatura de las figuras:

Figura 1: Comparación del rendimiento de corte mediante operaciones de fresado en el ensayo de corte 1. Las condiciones de ensayo en el ensayo de corte 1 fueron:

Material: 1,4571

Herramienta: pieza de inserción de carburo ADKT 1505

Parámetros de corte: $V_c = 125$ m/min, $f_z = 0,15$ mm,

$a_p = 4$ mm, $a_e = 35$ mm Operación: fresado frontal/en seco

Figura 2: Comparación del rendimiento de corte mediante operaciones de torneado en el ensayo de corte 2. Las condiciones de ensayo en el ensayo de corte 2 fueron:

Material: 1,4571

Herramienta: CNMG432

Parámetros de corte: $V_c = 180$ m/min, $f_z = 0,25$ mm, $a_p = 2$ mm

Operación: corte húmedo/torneado exterior

Criterios: $V_{b\text{máx}} \geq 205$ μm

Figura 3: Comparación del rendimiento de corte mediante operaciones de torneado en el ensayo de corte 3. Las condiciones de ensayo en el ensayo de corte 3 fueron:

Material: 1,2344 45 HRC

Herramienta: fresa de $\varnothing 10$ mm

Parámetros de corte: $V_c = 180$ m/min, $f_z = 0,1$ mm, $a_p = 10$ mm, $a_e = 0,5$ mm

Operación: corte en húmedo/acabado

Criterios: $V_{b\text{máx}} \geq 100$ μm

En el contexto de la presente invención, las nomenclaturas de los revestimientos de (Ti,Al)N y los revestimientos de (Al,Ti)N tienen el mismo significado y, por lo tanto, se usaron de manera indistinta.

Los evaporadores de arco usados comúnmente por procesos de revestimiento incluyen un cátodo pero no un ánodo específico porque el ánodo está constituido por las paredes de la cámara de revestimiento. Por este motivo, una mayor cantidad de los electrones generados en el cátodo deben atravesar el plasma para alcanzar el ánodo. Por este motivo, una mayor cantidad de electrones llegan al plasma durante el proceso de revestimiento con arco PVD.

En el caso de la presente invención, como se ha mencionado anteriormente, el evaporador de arco utilizado para la

5 producción de los revestimientos de (Al,Ti)N tenía una configuración especial, donde el ánodo se coloca en los alrededores del cátodo y la configuración del campo magnético también ayuda a desviar una gran cantidad de electrones del cátodo al ánodo, evitando que los electrones lleguen al plasma durante el proceso PVD por arco. Hace posible que una cantidad menor de electrones generados en el cátodo llegue al plasma y, en consecuencia, es posible mantener la temperatura de los electrones y el grado de ionización del gas reactivo en el plasma durante la deposición de los revestimientos de (Al,Ti)N como lo más bajo posible, como se ha descrito en una de las realizaciones preferidas de la presente invención mencionadas anteriormente.

10 Debido al evaporador de arco utilizado con una configuración que permite la desviación de los electrones del cátodo al ánodo dispuesto en la proximidad directa del cátodo, fue posible generar las condiciones de proceso necesarias para formar un revestimiento que tiene partes A y B de acuerdo con la presente invención ajustando la corriente de la bobina y la tensión de polarización del sustrato. Los valores más altos de corriente de la bobina se asociaron con una mayor desviación de los electrones del cátodo al ánodo.

15 Las tensiones de polarización aplicadas al sustrato sbv_A y sbv_B variaban entre -30 V y -200 V, con $sbv_A > sbv_B$.

20 Según los experimentos realizados, las herramientas de corte revestidas de acuerdo con la presente invención muestran un rendimiento de corte particularmente bueno si para depositar la parte de revestimiento A del revestimiento de (Al,Ti)N, la tensión de polarización aplicada al sustrato no es inferior a -150 V (no teniendo sbv_A un valor más negativo que -150 V), y para depositar la parte de revestimiento B del revestimiento de (Al,Ti)N, la tensión de polarización aplicada al sustrato no es inferior a -200 V (no teniendo sbv_B un valor más negativo que -200 V). En otras palabras, se puede lograr un rendimiento de corte muy bueno de acuerdo con la presente invención si la tensión de polarización aplicada en el sustrato durante la deposición de la parte de revestimiento A es en valor absoluto más bajo que la aplicada durante la deposición de la parte de revestimiento B.

25 En particular, pueden usarse dianas fabricadas por técnicas de pulvimetalurgia para la deposición del revestimiento, pero también pueden usarse dianas compuestas o dianas aleadas fabricadas por otras técnicas.

30 Si es necesario mejorar la cohesión del revestimiento, podría ser recomendable ajustar los parámetros de revestimiento como la corriente de la bobina y/o la tensión de polarización al comienzo de la deposición de las partes de revestimiento respectivas A y B gradualmente (por ejemplo, usando una rampa).

35 En la mayoría de los casos, las herramientas de corte de carburo cementado revestidas de acuerdo con la presente invención exhibieron rendimientos de corte particularmente buenos cuando el tamaño de grano de ambas partes de revestimiento A y B era inferior a 30 nm. En particular, en algunos casos, cuando el tamaño de grano promedio de la parte de revestimiento A era de aproximadamente 20 nm o menos y el tamaño de grano promedio de la parte de revestimiento B era de aproximadamente 10 nm o menos.

40 De forma análoga, se pueden lograr rendimientos de corte particularmente buenos para algunas aplicaciones mediante herramientas de corte revestidas de acuerdo con la presente invención si el contenido de Al en porcentaje atómico en la parte de revestimiento A, $1-x_A$, es aproximadamente un 4 a 10 % más bajo que en la parte de revestimiento B, $1-x_B$:

- si $0,04 \leq ((1-x_B) - (1-x_A))/(1-x_A) \leq 0,10$,
- 45 • más particularmente, si $0,04 \leq ((1-x_B) - (1-x_A))/(1-x_A) \leq 0,06$

50 Asimismo, los revestimientos depositados de acuerdo con la presente invención cuyo esfuerzo de compresión en la parte de revestimiento A fue al menos un 15 % menor que en la parte B, preferiblemente al menos un 20 % más bajo, proporcionaron un rendimiento de corte particularmente bueno.

Se puede aplicar un revestimiento de acuerdo con la presente invención sobre cada tipo de sustrato.

55 En particular, se puede usar un revestimiento de acuerdo con la presente invención para proteger superficies que estarán expuestas al contacto tribológico.

Un revestimiento de acuerdo con la presente invención también puede mejorar varias propiedades tribológicas de superficies expuestas al contacto tribológico, tales como dureza, resistente al desgaste, resistencia a la oxidación, etc. En particular, un revestimiento de acuerdo con la presente invención puede usarse para revestir componentes y herramientas de máquinas.

60 Un revestimiento de acuerdo con la presente invención puede ser particularmente beneficioso para mejorar el rendimiento de corte de las herramientas de corte.

65 Por ejemplo, el sustrato de las herramientas de corte revestidas de acuerdo con la presente invención puede comprender o puede consistir en acero y/o carburo cementado, y/o cerámica, y/o nitruro de boro cúbico.

El espesor total de revestimiento de los revestimientos de (Al,Ti)N depositados de acuerdo con la presente invención es preferiblemente no menor que 0,5 μm y no mayor que 30 μm .

REIVINDICACIONES

1. Revestimiento monocapa de (Al,Ti)N que exhibe dos partes de revestimiento diferentes, una parte de revestimiento A y una parte de revestimiento B, exhibiendo ambas partes de revestimiento A y B estructuras cuyo tamaño de grano está en el intervalo de nanómetros, caracterizado por que

- la parte de revestimiento A se deposita sobre el sustrato, y la parte de revestimiento B se deposita sobre la parte de revestimiento A,
- la parte de revestimiento A exhibe un módulo elástico más alto que la parte de revestimiento B, y
- el tamaño de grano en la parte de revestimiento A es al menos 1,25 veces mayor que en la parte de revestimiento B,

en donde ambas partes de revestimiento A y B exhiben estructuras cristalinas cúbicas centradas en la cara y una textura cristalográfica predominantemente (200), y en donde el revestimiento exhibe una dureza entre 37 GPa y 55 GPa y módulo elástico entre 410 GPa y 450 GPa y un tamaño de grano entre 5 nm y 50 nm.

2. Revestimiento de (Al,Ti)N de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que

- el contenido de aluminio en la parte de revestimiento A es un 4-10 % en porcentaje atómico menor que en la parte de revestimiento B.

3. Revestimiento de (Al,Ti)N de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el tamaño de grano promedio de la parte de revestimiento A es de 20 nm o menos y el tamaño de grano promedio de la parte de revestimiento B es de 10 nm o menos.

4. Revestimiento de (Al,Ti)N de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el espesor de la parte de revestimiento A, th_A , es más pequeño que el espesor del revestimiento de la parte de revestimiento B, th_B .

5. Sustrato revestido al menos parcialmente con un sistema de revestimiento que comprende un revestimiento monocapa de (Al,Ti)N de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 4.

6. Sustrato de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado por que el sustrato es una herramienta de corte.

7. Método para depositar una monocapa de (Al,Ti)N de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-4 sobre al menos un sustrato que se quiere revestir al menos parcialmente, en donde el revestimiento monocapa de (Al,Ti)N exhibe dos partes de revestimiento diferentes A y B, exhibiendo ambas partes de revestimiento A y B estructuras cuyo tamaño de grano está en el intervalo de nanómetros, caracterizado por que las partes de revestimiento A y B se depositan en una cámara de revestimiento mediante técnicas PVD de tipo técnicas de deposición de enchapado iónico por arco, caracterizado por que el método comprende las siguientes etapas:

- usar para la formación de revestimiento al menos una diana que comprende titanio y aluminio como material fuente y nitrógeno o un gas que comprende esencialmente nitrógeno como gas reactivo,
- evaporar la al menos una diana utilizando un evaporador de arco que comprende un cátodo, un ánodo dispuesto en la proximidad directa del cátodo y medios magnéticos que conducen líneas de corriente del campo magnético al ánodo,
- influir en las condiciones del plasma durante el proceso de deposición aplicando una tensión de polarización negativa en el sustrato y usando una corriente de bobina
- influir en la temperatura y el grado de ionización del gas reactivo en la cámara de revestimiento ajustando la corriente de la bobina para producir las partes de revestimiento A y B,
- depositar la parte de revestimiento A sobre el sustrato y la parte de revestimiento B sobre la parte de revestimiento A,

en donde:

- el valor absoluto de la tensión de polarización aplicada puede variar entre 30 V y 200 V, en donde durante la deposición de la parte de revestimiento A el valor absoluto de la tensión de polarización aplicada no es mayor que 150 V y durante la deposición de la parte de revestimiento B el valor absoluto de la tensión de polarización aplicada es mayor que durante la deposición de la parte de revestimiento A pero no mayor que 200 V,
- el valor de la corriente de bobina utilizada puede variar entre 0 A y 2 A, en donde el valor de la corriente de la bobina utilizada durante el depósito de la parte de revestimiento A es mayor que durante el depósito de la parte de revestimiento B

formando así un revestimiento monocapa de (Al,Ti)N:

- cuyas dos partes de revestimiento A y B exhiben estructuras cristalinas cúbicas centradas en la cara y una textura

cristalográfica predominantemente (200),

- que tiene un tamaño de grano entre 5 nm y 50 nm, en donde el tamaño de grano de la parte de revestimiento A es al menos 1,25 veces mayor que el tamaño de grano de la parte de revestimiento B,
- que exhibe una dureza entre 37 GPa y 55 GPa y un módulo elástico entre 410 GPa y 450 GPa, siendo el módulo elástico de la parte de revestimiento A mayor que el módulo elástico de la parte de revestimiento B.

5

8. Método de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado por que las dianas utilizadas como material fuente son dianas de TiAl de aleación metalúrgica en polvo que tienen una composición de elementos atómicos de Ti_xAl_{1-x} , con $0,30 \leq x \leq 0,70$.

10

9. Método de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizado por que las dianas tienen una composición elemental de $Al_{0,6}Ti_{0,4}$ o $Al_{0,67}Ti_{0,33}$ o $Al_{0,7}Ti_{0,3}$.

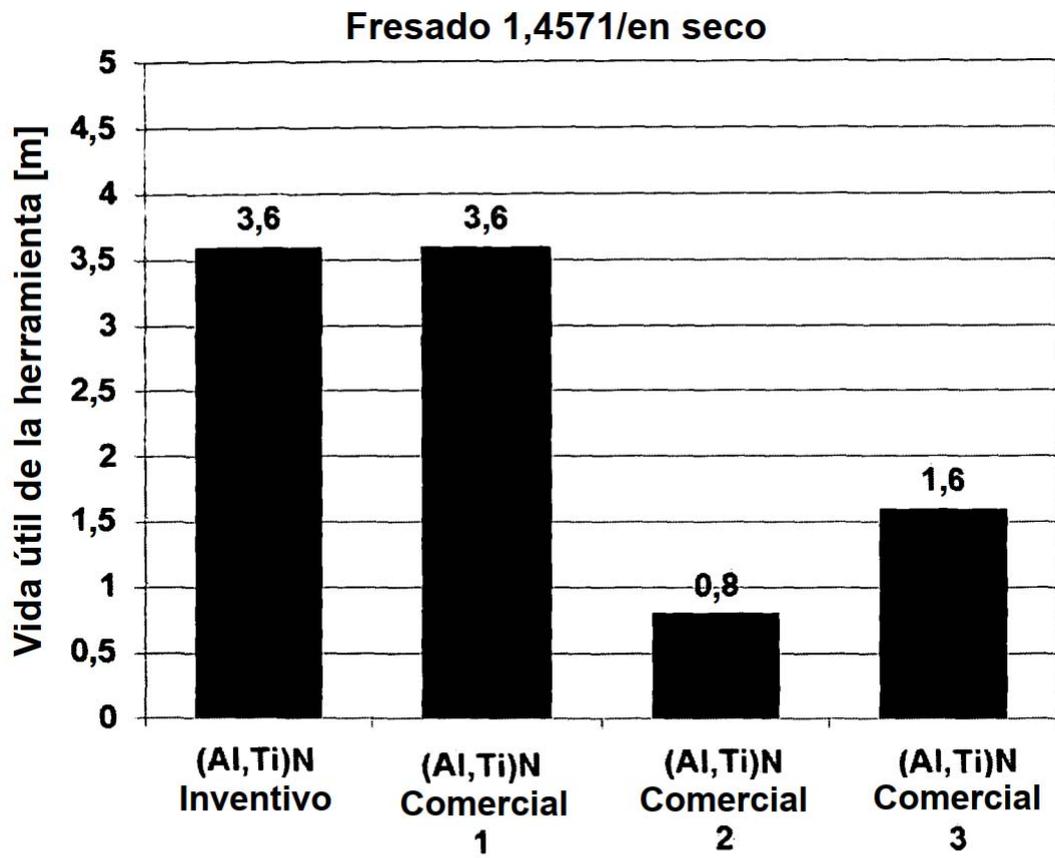


Fig. 1

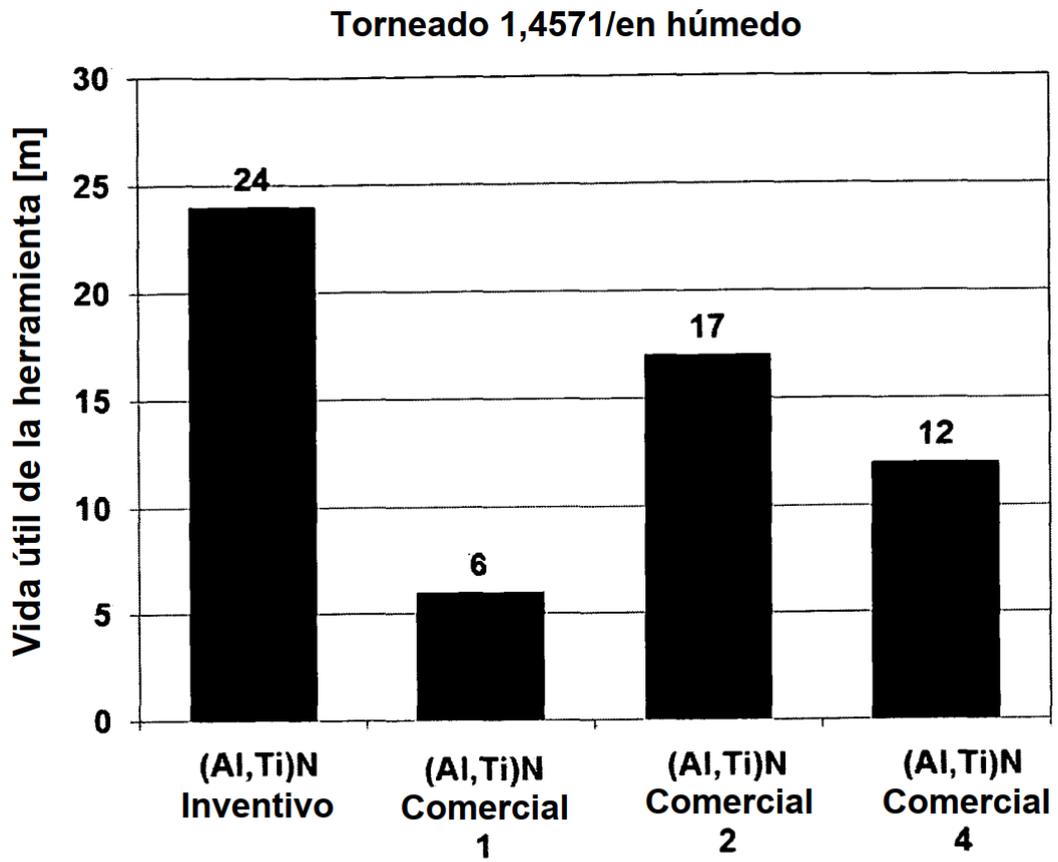


Fig. 2

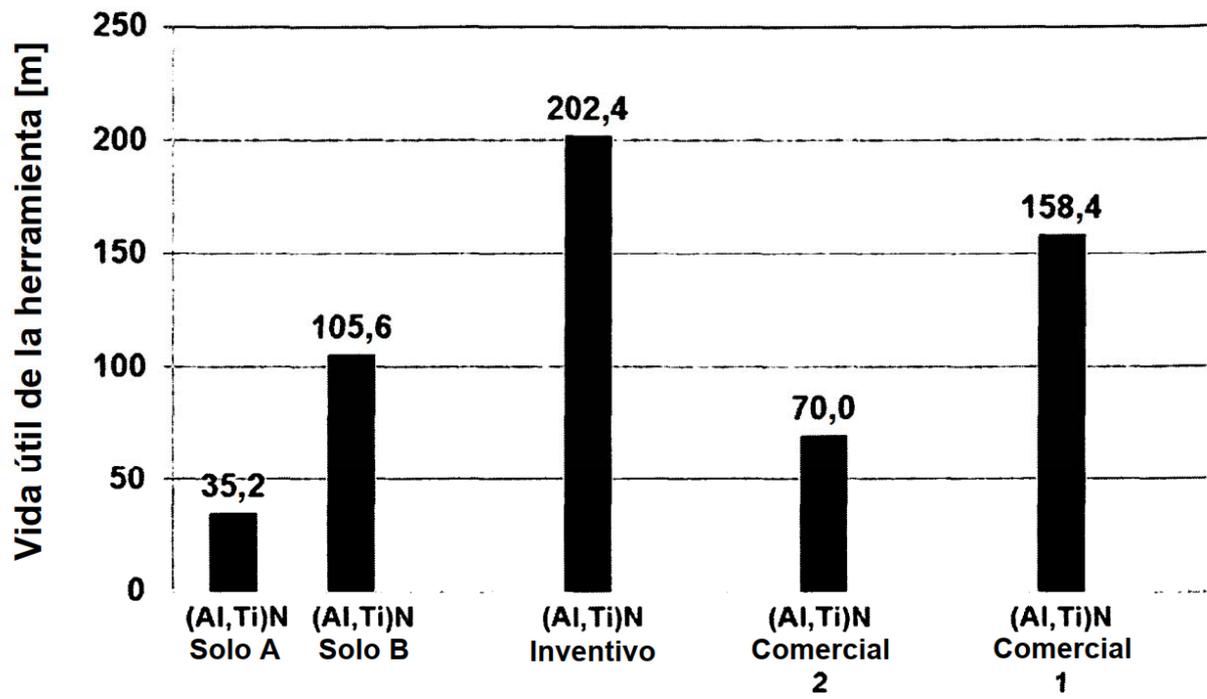


Fig. 3