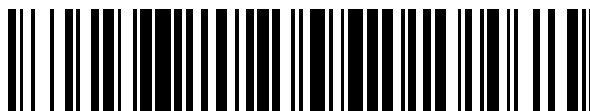


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 658 849**

51 Int. Cl.:

C23C 14/00 (2006.01)

C23C 14/06 (2006.01)

C23C 28/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.07.2009 PCT/EP2009/058423**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.01.2010 WO10003902**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.07.2009 E 09780142 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.12.2017 EP 2310549**

54 Título: **Sistema de recubrimiento, pieza de trabajo recubierta y método de fabricación de la misma**

30 Prioridad:

09.07.2008 US 79230 P

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

12.03.2018

73 Titular/es:

**OERLIKON SURFACE SOLUTIONS LTD.,
PFÄFFIKON (100.0%)
Churerstrasse 120
8808 Pfäffikon SZ, CH**

72 Inventor/es:

LECHTHALER, MARKUS

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 658 849 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

Sistema de recubrimiento, pieza de trabajo recubierta y método de fabricación de la misma

5 Campo técnico

La invención se refiere al campo de las piezas de trabajo recubiertas y a la fabricación de las mismas. Más particularmente, se refiere a la protección antidesgaste de piezas de trabajo mediante recubrimientos de protección antidesgaste y a la deposición de dichos recubrimientos.

10

Antecedentes de la invención

Los recubrimientos de AlTiN se usan ampliamente como deposición física de vapor (PVD, por sus siglas en inglés), recubrimientos para aplicaciones de protección antidesgaste. Se notifica que el sistema de AlCrN presenta propiedades mecánicas superiores tales como por ejemplo dureza, dureza en caliente, propiedades térmicas y tribológicas que dan como resultado una vida útil de aplicación superior de las partes recubiertas. Como se entiende normalmente en la técnica, los coeficientes estequiométricos no se citan explícitamente, por ejemplo, AlCrN representa, más concretamente, $(\text{Al}_y\text{Cr}_{1-y})\text{N}$ ($0 < y < 1$).

15

20

El documento US 7 226 670 divulga una pieza de trabajo recubierta con un sistema de capas de película que comprende al menos una película compuesta de $(\text{Al}_y\text{Cr}_{1-y})\text{X}$, en la que $\text{X} = \text{N}, \text{C}, \text{B}, \text{CN}, \text{BN}, \text{CBN}, \text{NO}, \text{CO}, \text{BO}, \text{CNO}, \text{BNO}$ o BNCO , siendo la pieza de trabajo una herramienta de fresado, una fresa matriz, una fresa de punta esférica, una cortadora plana o una cortadora perfiladora, una herramienta de limpieza, un escariador, una pieza insertada para el torneado y el fresado, un troquel o un molde de inyección, que muestra un rendimiento de protección antidesgaste superior.

25

El documento n.º US 7 348 074 divulga conceptos de recubrimiento que consisten en una estructura multicapa con paquetes de 10 capas. Estos conceptos muestran un buen rendimiento protector en aplicaciones de perforación.

30

La solicitud de patente de Estados Unidos n.º 2008/0229891 divulga un recubrimiento multicapa que comprende al menos una capa A que comprende como material $(\text{TiAl})\text{X}$, en la que $\text{X} = \text{N}, \text{CN}, \text{CNO}$ o NO , o de $(\text{AlCr})\text{X}$, en la que $\text{X} = \text{N}, \text{CN}, \text{CNO}$ o NO , y que comprende al menos una capa B con $(\text{AlCrSiMe})\text{X}$, en la que $\text{X} = \text{N}, \text{CN}, \text{CNO}$ o NO , en la que Me significa Nb, Mo, Ta o W.

35

Además, dicho documento US 2008/0229891 divulga que la estructura de capas de dicha al menos una capa B está diseñada para consistir en al menos dos fases cristalinas diferentes. Esta podría ser, por ejemplo, una fracción de fase cúbica y una hexagonal.

40

En dicho documento US 2008/0229891, se divulga además que la relación de espesor entre la capa A y la capa B es un problema importante en el sentido de que los recubrimientos con relaciones de espesor de la capa A a la capa B superiores a 1 parecen presentar un rendimiento inferior.

45

Todos estos recubrimientos de la técnica anterior muestran un buen rendimiento protector antidesgaste para aplicaciones más o menos especiales. Por lo tanto, sigue existiendo una necesidad de proporcionar un recubrimiento protector antidesgaste para una amplia gama de aplicaciones diferentes.

Sumario de la invención

50

Por lo tanto, un objeto de la invención es crear un sistema de recubrimiento que no tenga las desventajas mencionadas anteriormente. En particular, se proporcionará un sistema de recubrimiento que se puede usar para una amplia gama de aplicaciones diferentes. Además, se proporcionará la respectiva pieza de trabajo recubierta y el método correspondiente de fabricación de una pieza de trabajo de este tipo.

55

Otro objeto de la invención es proporcionar un sistema de recubrimiento, una pieza de trabajo correspondientemente recubierta y un método de fabricación de una pieza de trabajo de este tipo que proporciona propiedades de protección antidesgaste y/o resistencia al desgaste mejoradas.

60

Otro objeto de la invención es proporcionar un sistema de recubrimiento para recubrir una pieza de trabajo, una pieza de trabajo correspondientemente recubierta y un método de fabricación de una pieza de trabajo de este tipo que proporcionan una vida útil de la herramienta incrementada para una gama muy amplia de aplicaciones. En el presente documento, dichas aplicaciones pueden comprender aplicaciones de corte continuas e interrumpidas que incluyen, pero no se limitan a, aplicaciones de perforación, de fresado, de escariado, de torneado, de aterrajado, de roscado y de fresado con fresa matriz.

65

Otro objeto de la invención es proporcionar un sistema de recubrimiento para recubrir una pieza de trabajo, una pieza de trabajo correspondientemente recubierta y un método de fabricación de una pieza de trabajo de este tipo, en el que dichas piezas de trabajo son piezas de trabajo para el mecanizado de partes que pueden estar hechas de diversos materiales tales como, por ejemplo, metales ferrosos y no ferrosos, así como materiales compuestos.

Otro objeto de la invención es proporcionar un sistema de recubrimiento para recubrir una pieza de trabajo, una pieza de trabajo correspondientemente recubierta y un método de fabricación de una pieza de trabajo de este tipo, en el que dichas piezas de trabajo se pueden usar bajo diversas condiciones de trabajo tales como, por ejemplo, corte en seco, corte con refrigerantes en emulsión y/o líquidos, corte con lubricación de cantidad mínima (MQL, por sus siglas en inglés) y corte con refrigerantes gaseosos.

Otro objeto de la invención es proporcionar un sistema de recubrimiento para recubrir una pieza de trabajo, una pieza de trabajo correspondientemente recubierta y un método de fabricación de una pieza de trabajo de este tipo, en el que dicha pieza de trabajo es un taladro, una fresa universal, una pieza insertada o una fresa matriz.

Otro objeto de la invención es proporcionar un sistema de recubrimiento para recubrir una pieza de trabajo, una pieza de trabajo correspondientemente recubierta y un método de fabricación de una pieza de trabajo de este tipo, en el que dicho sustrato de la pieza de trabajo está hecho sustancialmente de acero, en particular, acero de alta velocidad, carburo cementado, nitruro de boro cúbico, cermet o un material cerámico.

Otro objeto de la invención es proporcionar un sistema de recubrimiento para recubrir una pieza de trabajo, una pieza de trabajo correspondientemente recubierta y un método de fabricación de una pieza de trabajo de este tipo, en el que dicha pieza de trabajo es adecuada para su aplicación en el mecanizado de al menos uno de, preferentemente la mayoría de: materiales ferrosos y no ferrosos, preferentemente acero endurecido, acero recocido, acero aleado, acero de bajo contenido en carbono, acero inoxidable, aleaciones a base de titanio, aleaciones a base de níquel y materiales compuestos.

Otro objeto de la invención es proporcionar un sistema de recubrimiento para recubrir una pieza de trabajo, una pieza de trabajo correspondientemente recubierta y un método de fabricación de una pieza de trabajo de este tipo, en el que el recubrimiento tendrá propiedades mecánicas y térmicas superiores, en particular, con respecto a la dureza, la dureza en caliente y la resistencia a la oxidación.

Otro objeto de la invención es proporcionar un sistema de recubrimiento para recubrir una pieza de trabajo, una pieza de trabajo correspondientemente recubierta y un método de fabricación de una pieza de trabajo de este tipo, en el que el recubrimiento proporcionará una protección superior de la pieza de trabajo en condiciones de aplicación de baja y alta temperatura.

Otro objeto de la invención es proporcionar un método de fabricación de una pieza de trabajo recubierta, en particular una pieza de trabajo tal como se menciona anteriormente, que se puede llevar a cabo de manera particularmente eficiente en cuanto al tiempo.

Otro objeto de la invención es proporcionar un método de fabricación de una pieza de trabajo recubierta, en particular una pieza de trabajo tal como se menciona anteriormente, que es particularmente sencilla de llevar a cabo. Otros objetos surgen de la descripción y de las realizaciones siguientes.

Al menos uno de estos objetos se consigue al menos parcialmente mediante sistemas de recubrimiento, piezas de trabajo y/o métodos de acuerdo con las reivindicaciones de patente.

El sistema de recubrimiento de acuerdo con la invención es un recubrimiento multicapa que comprende al menos una capa A que consiste esencialmente en $(Al_yCr_{1-y})X$, en la que $X = N, CN, BN, NO, CNO, CBN, BNO$ o $GNBO$, e y describe la composición estequiométrica de la fracción de fase metálica. Se propone además que dicho recubrimiento multicapa comprende al menos una capa B que consiste esencialmente en $(Al_uCr_{1-u-v-w}Si_vMe_w)X$, en la que $X = CN, BN, NO, CNO, CBN, BNO$ o $CNBO$, y en la que $Me = W, Nb, Mo, Ta$ o una mezcla de los mismos, y en donde u, v, w describen la composición estequiométrica de la fracción de fase metálica. A través de esto, se puede proporcionar un sistema de recubrimiento protector antidesgaste, que puede usarse para una amplia gama de aplicaciones diferentes. El índice y representa, de manera más precisa y de acuerdo con la técnica, u es un número con $0 < u < 1$, v es un número con $0 < v < 1$ y w es un número de $0 < w < 1$, en donde $u + v + w < 1$. Además, de manera más precisa y de acuerdo con la técnica, el valor estequiométrico de X es siempre 1, es decir, en el caso de que X comprende más de un elemento químico, la suma de los coeficientes estequiométricos de estos elementos es uno, por ejemplo, en el caso de que $X = BNO$, X representa $B_{1-a-b}N_aO_b$ ($y 0 < a < 1$ y $0 < b < 1$).

En una realización, se realiza una relación de espesor de la capa A a la capa B superior a 1, y más preferentemente, superior a aproximadamente 1,5. A través de esto, se puede conseguir una protección antidesgaste particularmente buena. Una capa de tipo A más gruesa en combinación con una capa de tipo B más delgada proporciona excelentes resultados.

En una realización que puede combinarse con una o más de las realizaciones tratadas anteriormente, dicha al menos una capa de tipo B está diseñada para comprender al menos dos fases cristalinas, más particularmente, dicha al menos una capa de tipo B sustancialmente comprende exactamente dos fases cristalinas.

- 5 En esta realización, una primera fase cristalina de dicha al menos una capa de tipo B es una fase cúbica y la segunda fase cristalina de dicha al menos una capa de tipo B es una fase hexagonal.

En este caso, en una realización especial, el contenido en fase hexagonal es $< 50\%$ del volumen de capa de dicha al menos una capa de tipo B y, más particularmente, asciende a entre el 5% y el 40% .

- 10 En una realización que puede combinarse con una o más de las realizaciones tratadas anteriormente, dicha al menos una capa de tipo A es esencialmente de estructura cúbica.

- 15 En una realización que puede combinarse con una o más de las realizaciones tratadas anteriormente, la composición estequiométrica de la fracción metálica de dicha al menos una capa de tipo A se caracteriza por $0,5 < y < 0,7$.

- 20 En una realización que puede combinarse con una o más de las realizaciones tratadas anteriormente, la composición estequiométrica de la fracción metálica de dicha al menos una capa de tipo B se caracteriza por $0,5 < u < 0,7$, $0,01 < v < 0,15$ y $0,002 < w < 0,1$ y, más particularmente, $w < 0,05$.

En una realización que puede combinarse con una o más de las realizaciones tratadas anteriormente, una capa de tipo B se deposita directamente sobre una capa de tipo A.

- 25 En una realización que puede combinarse con una o más de las realizaciones tratadas anteriormente, una capa de tipo B está intercalada entre una primera capa de tipo A y una segunda capa de tipo A.

- 30 En una realización que puede combinarse con una o más de las realizaciones tratadas anteriormente, una capa de tipo A y una capa de tipo B forman un período, y dicho sistema de recubrimiento es un sistema de recubrimiento con múltiples períodos de ese tipo.

- 35 En una realización que puede combinarse con una o más de las realizaciones tratadas anteriormente, dicho sistema de recubrimiento comprende otra capa, en particular, dicha otra capa que forma una capa funcional. Por ejemplo, dicha otra capa es una capa de adhesión, más particularmente, depositada directamente sobre un sustrato y, en particular, inmediatamente por debajo de la primera capa de tipo A; o, por ejemplo, siendo dicha otra capa una capa superior, es decir, la capa se deposita como última capa, en particular, es una capa superior decorativa.

- 40 La pieza de trabajo de acuerdo la invención comprende un sistema de recubrimiento de acuerdo con la invención. De manera análoga, la pieza de trabajo se beneficia de las ventajas del sistema de recubrimiento.

- 45 En una realización (que es realmente una enumeración de diversas realizaciones posibles), dicha pieza de trabajo es al menos una del grupo que consiste en: una herramienta, una herramienta de mecanizado, una herramienta de fresado, una herramienta de corte, una herramienta de torno, una herramienta de aterrajear, una herramienta de roscar, un escariador, una fresa universal, un taladro, una pieza insertada de corte, una herramienta de talla de engranajes, una pieza insertada, una fresa matriz, una herramienta de limpieza, una pieza insertada para el torneado y el fresado.

- 50 En una realización que puede combinarse con una o más de las realizaciones tratadas anteriormente (y que realmente es una enumeración de diversas realizaciones posibles), dicha pieza de trabajo tiene un cuerpo sustancialmente hecho de al menos uno del grupo que consiste en: un metal ferroso, un metal no ferroso, un material compuesto, un carburo cementado, un cermet, un nitruro de boro cúbico, un material cerámico, un acero, un acero de alta velocidad.

- 55 En un aspecto, la invención comprende un método de fabricación de una pieza de trabajo recubierta, más particularmente, un proceso de deposición física de vapor (PVD, por sus siglas en inglés) que permite sintetizar un sistema de recubrimiento, más particularmente, un sistema de recubrimiento de acuerdo con la invención, no solo en procesos de deposición por separado sino también dentro de un proceso de deposición.

- 60 El método de fabricación de una pieza de trabajo recubierta comprende las etapas de

- a) depositar sobre dicha pieza de trabajo al menos una capa de un tipo A; y
- b) depositar sobre dicha pieza de trabajo al menos una capa de un tipo B diferente de dicho tipo A;

en el que

65

- dicha al menos una capa de un tipo A se deposita usando n_X objetivos de un tipo X; y
- dicha al menos una capa de un tipo B se deposita usando n_Y objetivos de un tipo Y diferente de dicho tipo X y, simultáneamente, usando n_{XY} objetivos de dicho tipo X;

5 en la que n_X , n_Y y n_{XY} son números enteros ≥ 1 y al menos uno de dichos objetivos de dicho tipo X está activo durante ambas etapas a) y b). De esta manera, pueden realizarse tiempos de deposición significativamente reducidos. Uno o más objetivos pueden activarse tanto durante la deposición de una capa de tipo B y como durante la deposición de una capa de tipo A. Esto también puede ser ventajoso en términos de estabilidad del proceso. La deposición puede llevarse a cabo en poco tiempo y las etapas de deposición pueden llevarse a cabo en la misma

10 En una realización, es aplicable $n_X \geq n_{XY}$.

15 En una realización, es aplicable $n_X = n_{XY}$. En este caso, todos los objetivos de tipo X activos durante la deposición de dicha al menos una capa de tipo A también están activos durante la deposición de dicha al menos una capa de tipo B.

20 En el método de acuerdo con la invención, una capa de tipo A consiste sustancialmente en $(Al_yCr_{1-y})X$, en la que X representa uno del grupo que consiste en N, CN, BN, NO, CNO, CBN, BNO y CNBO, y que describe la composición estequiométrica de la fracción de fase metálica; y una capa de tipo B consiste sustancialmente en $(Al_uCr_{1-u-v-w}Si_vMe_w)X$, en la que X representa uno del grupo que consiste en N, CN, BN, NO, CNO, CBN, BNO o CNBO, y en la que Me representa uno del grupo que consiste en W, Nb, Mo y Ta o una mezcla de dos o más de los constituyentes de ese grupo u, v y w que describen la composición estequiométrica de la fracción de fase metálica.

25 En una realización del método que se puede combinar con una o más de las realizaciones del método tratadas anteriormente, una relación de espesor de dicha capa de tipo A a dicha capa de tipo B es superior a 1, en particular superior a aproximadamente 1,5. En otras palabras, las etapas a) y b) se llevan a cabo de manera que un espesor de la capa de tipo A es mayor, en particular mayor en un factor de más de aproximadamente 1,5, que un espesor de la capa de tipo B.

30 En una realización del método que se puede combinar con una o más de las realizaciones del método tratadas anteriormente, un objetivo de dicho tipo X comprende Al y Cr, y un objetivo de tipo Y comprende Al, Cr, Si y dicho Me proporcionado en dicha capa de tipo B.

35 En una realización del método que se puede combinar con una o más de las realizaciones del método tratadas anteriormente, las etapas a) y b) se llevan a cabo usando un proceso de deposición física de vapor, en particular un proceso de evaporación de arco catódico.

40 En una realización del método que se puede combinar con una o más de las realizaciones del método tratadas anteriormente, el proceso de deposición se caracteriza por una temperatura de deposición $< 650^\circ\text{C}$ y, preferentemente, a o por debajo de aproximadamente 500°C , y/o por una atmósfera de gas reactivo que comprende predominantemente N, y/o con una presión de gas total situada entre 0,5 y 10 Pa, preferentemente > 2 Pa, y/o por un voltaje de polarización de entre 40 y 200 V, y/o en el que el voltaje de polarización durante la deposición de dicha al menos una capa de tipo A es menor que durante la deposición de dicha al menos una capa de tipo B en la

45 estructura multicapa.

La invención comprende métodos con características de los sistemas de recubrimiento y piezas de trabajo correspondientes de acuerdo con la invención y viceversa.

50 Las ventajas de los métodos corresponden a las ventajas de los sistemas de recubrimiento y piezas de trabajo correspondientes y viceversa.

Otras realizaciones y ventajas surgen de las reivindicaciones dependientes y de las figuras.

55 Breve descripción de los dibujos

A continuación, se describe la invención con más detalle mediante ejemplos y los dibujos incluidos. Las figuras muestran:

60 La Figura 1, una imagen de microscopía electrónica de barrido (SEM, por sus siglas en inglés) que muestra la estructura de un recubrimiento de acuerdo con una realización de la presente invención;

La Figura 2, patrones de difracción de rayos X (XRD, por sus siglas en inglés) de capas individuales de tipo A y tipo B, respectivamente;

- La Figura 3, un detalle esquemático de una cámara de deposición de vacío configurada a modo de ejemplo, en una vista superior;
- 5 La Figura 4, un detalle esquemático de una cámara de deposición de vacío configurada a modo de ejemplo, en una vista superior;
- La Figura 5, una estructura de capa de un sistema de recubrimiento;
- 10 La Figura 6, una estructura de capa de un sistema de recubrimiento;
- La Figura 7, una estructura de capa de un sistema de recubrimiento;
- 15 La Figura 8, un detalle esquemático de una cámara de deposición de vacío configurada a modo de ejemplo, en una vista superior;
- La Figura 9, una estructura de capa de un sistema de recubrimiento, que comprende una capa superior adicional (por ejemplo, una capa superior decorativa), tal como se puede depositar en una cámara de deposición de vacío configurada como se muestra en la Figura 8.
- 20 Los símbolos de referencia usados en las figuras y sus significados se resumen en la lista de símbolos de referencia. Las realizaciones descritas se entienden como ejemplos y no limitará la invención.
- Descripción detallada de la invención
- 25 A continuación, se explicará más detenidamente la invención junto con algunos ejemplos de aplicación.
- Como se ha mencionado anteriormente, es un objeto posible de la presente invención presentar un sistema de recubrimiento (o abreviado un «recubrimiento») que muestra una excelente resistencia al desgaste de protección para una gama muy amplia de aplicaciones. Para demostrar la superioridad de los recubrimientos de acuerdo con la invención frente a los recubrimientos de la técnica anterior, en primer lugar, se introduce un número de recubrimientos de la técnica anterior junto con un número de recubrimientos diferentes de acuerdo con la invención, describiendo cómo se producen.
- 30 A continuación, se tratarán diferentes ejemplos de aplicación con condiciones de mecanizado muy diferentes que representan aplicaciones tales como, por ejemplo, taladrado o fresado de materiales blandos, recocidos o duros, y se tratará el comportamiento de los recubrimientos de acuerdo con la invención en comparación con los recubrimientos de la técnica anterior.
- 35 Todos los recubrimientos siguientes se han sintetizado mediante evaporación de arco catódico en un equipo de evaporación de arco. Las piezas de trabajo se colocan en una cámara (cámara de vacío) de equipo de evaporación de arco adecuado. En dicho equipo de recubrimiento, se usan objetivos tales como por ejemplo los mostrados en la tabla 1.
- 40 La tabla 1 indica la composición elemental (en porcentaje atómico) de los objetivos usados y la composición elemental de las capas depositadas respectivamente para cada una de las seis muestras (recubrimientos). Por último, la tabla 1 muestra los resultados del ensayo de aplicación para cuatro aplicaciones diferentes (de la aplicación 1 a la aplicación 4).
- 45 Los espesores de capa están en el intervalo de espesor habitual para recubrimientos protectores antidesgaste. El espesor global del sistema de recubrimiento no excederá normalmente de aproximadamente 20 μm .
- 50

Tabla 1

N.º	Composición objetivo X				Composición objetivo Y (% a)						Composición capa I				Composición capa II				Aplicación 1		Aplicación 2	Aplicación 3	Aplicación 4	
	Al	Cr			Al	Cr	Si	W			Al	Cr			Al	Cr	Si	W		Pases individuales	Pases individuales	N.º de individuales	N.º de individuales	
1	70	30	-		-	-	-	-	-		70	30				70	30	-	-		10	12	8	11
2	70	30	-		-	-	15	-	Ti=85												9	9		11
3	50	-	Ti=50		57	31	10	2	-		50	Ti=50			57	31	10	2		11	10	7		16
4	70	30	-		70	18	10	2	-		70	30			70	26	3	1		17	12	18		17
5	70	30	-		55	30	10	5	-		70	30			65	30	3	2		17	12	17		17
6	70	30	-		40	40	20	-	-		70	30			60	34	6	-		11	11	9		12

Las muestras n.º 1, 2 y 3 son recubrimientos tal como se conocen en la técnica.

El recubrimiento n.º 1 de la técnica anterior describe una monocapa de AlCrN depositada con seis objetivos de AlCr iguales con la composición del 70 % de Al y del 30 % de Cr como se muestra en la tabla 1. La deposición se realizó en una atmósfera de N₂ puro a una presión de gas de 3,5 Pa y una tensión de polarización de -40 a -100 V a 500°C en el sustrato.

El recubrimiento n.º 2 de la técnica anterior, que difiere del ejemplo n.º 1, se realizó usando cuatro objetivos de AlCr y dos objetivos de TiSi. Las composiciones de los objetivos se muestran en la tabla 1. La evaporación se realizó en una atmósfera de N₂ puro a una presión de 3,5 Pa y una tensión de polarización de -40 a V a 500°C en el sustrato. El recubrimiento n.º 2 de la técnica anterior se sintetizó como un recubrimiento multicapa que tenía una capa inferior de AlCrN seguida de paquetes de 10 capas (AlCrN, TiSiN, AlCrTiSiN) y una capa superior de TiSiN.

El recubrimiento n.º 3 de la técnica anterior se depositó usando cuatro objetivos de AlCrSiW y dos objetivos de TiAl con las composiciones mencionadas en la correspondiente línea de la tabla 1. En primer lugar, se depositó una capa de soporte de TiAlN seguida de una capa principal de AlCrSiWN. La relación de espesor entre la capa principal y la capa de soporte está en el intervalo de 1: 2,5. La evaporación se realizó en una atmósfera de N₂ puro a 3,5 Pa y el voltaje de polarización se ajustó entre -40 V y -100 V a aproximadamente 600°C en el sustrato.

La deposición de los recubrimientos n.º 4, 5 y 6 se ha llevado a cabo a una temperatura de deposición de 500°C y una presión total de 4 Pa en una atmósfera de nitrógeno, usando las respectivas composiciones objetivo como se muestra en la tabla 1. Los tres recubrimientos comprenden una primera capa (denominada también "capa I" o capa de tipo A o capa A) y una segunda capa (denominada también "capa II" o capa de tipo B o capa B).

El recubrimiento n.º 4 es un recubrimiento de acuerdo con una primera realización de la invención. En este caso, para la primera capa se usaron cuatro objetivos de AlCr con la composición que se muestra en la tabla 1 en la columna de objetivo X, mientras que se aplicó a la muestra una tensión de polarización baja entre -40 V y -100 V. Esta puede ser constante, o puede variar. Para la segunda capa, se usaron los cuatro objetivos de AlCr y, además, dos objetivos de AlCrSiW con la composición que se muestra en la tabla 1 en la columna de objetivo Y, mientras que se aplicó a la muestra una mayor tensión de polarización de -100 V a -200 V. El valor absoluto del voltaje de polarización durante la deposición de la segunda capa fue de al menos 50 V o, preferentemente, de 100 V mayor que el voltaje de polarización durante la deposición de la primera capa. La concentración resultante de Al, junto con la polarización elegida, conduce a una fracción de fase hexagonal en la segunda capa, como se ha descrito anteriormente para una realización particular de la invención en la que la segunda capa (capa B, más precisamente, capa de tipo B) comprende al menos dos fases cristalinas (normalmente cúbica y hexagonal).

El recubrimiento 5 es un recubrimiento de acuerdo con una segunda realización de la invención. En comparación con el recubrimiento n.º 4, tiene un mayor contenido en tungsteno, mientras que el contenido en aluminio no disminuyó espectacularmente y todavía sigue estando muy por encima del 60 % (véase la tabla 1).

En contraste con esto, el recubrimiento n.º 6 que no es de acuerdo con la invención, es un porcentaje de aluminio del 60 % o inferior. No se usó tungsteno, es decir, los objetivos no contenían tungsteno, véase la tabla 1. En esta configuración, no se realizó ninguna fracción hexagonal.

Las últimas cuatro columnas de la tabla 1 muestran los resultados de los diferentes ensayos de aplicación.

El ensayo de aplicación n.º 1 («aplicación 1») se define como sigue:

	<i>Condiciones de fresado:</i>
Pieza de trabajo (a fresar):	Norma DIN 1.2344 (45 HRC)
Herramienta de corte:	Fresa universal de 4 ranuras, 10 mm de diámetro, calidad de carburo de micrograno
Velocidad de corte:	120 mmin ⁻¹
Velocidad de alimentación:	0,1 mm/diente
Profundidad radial del corte:	0,5 mm
Profundidad axial del corte:	10 mm
Refrigerante:	emulsión al 6 % de lubricante
Operación de fresado:	fresado lateral
Longitud de pase individual:	15 m
Fin de vida útil:	medición del desgaste después de cada pase individual: Criterio para fin de vida útil: $V_{bmax} > 120 \mu\text{m}$ al final de un pase individual

El ensayo de aplicación n.º 2 («aplicación 2») se define como sigue:

	<i>Condiciones de fresado:</i>
Pieza de trabajo (a fresar):	Norma DIN 1.1191 (190 HB)
Herramienta de corte (recubierta):	Fresa universal de 4 ranuras, 0 10 mm, calidad de carburo de micrograno
Velocidad de corte:	400 mm ^{min} ⁻¹
Velocidad de alimentación:	0,2 mm/diente
Profundidad radial del corte:	0,5 mm
Profundidad axial del corte:	10 mm
Refrigerante:	Corte en seco
Operación de fresado:	fresado lateral
Longitud de pase individual:	50 m
Fin de vida útil:	medición del desgaste después de cada pase individual: Criterio para fin de vida útil: $V_{bmax} > 120 \mu\text{m}$ al final de un pase individual

5 El ensayo de aplicación n.º 3 («aplicación 3») se define como sigue:

	<i>Condiciones de fresado:</i>
Pieza de trabajo (a fresar):	Norma DIN GGG50
Herramienta de corte (recubierta):	Taladros de 2 ranuras, 6 mm de diámetro, calidad de carburo de micrograno
Velocidad de corte:	120 mm ^{min} ⁻¹
Velocidad de alimentación:	0,25 mm/diente
Profundidad del corte:	6 x diámetro
Refrigerante:	enfriamiento interno - emulsión al 6 % de lubricante
Operación de fresado:	perforación
Longitud de pase individual:	200 orificios
Fin de vida útil:	medición del desgaste después de cada pase individual: Criterio para fin de vida útil: $V_{bmax} > 250 \mu\text{m}$ al final de un pase individual

El ensayo de aplicación n.º 4 («aplicación 4») se define como sigue:

10	<i>Condiciones de fresado:</i>
	Pieza de trabajo (a fresar): Norma DIN 1.2344 (52 HRC)
	Herramienta de corte (recubierta): fresa universal de punta esférica de 2 ranuras, 10 mm de diámetro, calidad de carburo de micrograno
	Velocidad de corte: 147 mm ^{min} ⁻¹
	Velocidad de alimentación: 0,15 mm/diente
	Profundidad radial del corte: 4 mm
	Profundidad axial del corte: 0,8 mm
	Refrigerante: aire comprimido
	Operación de fresado: fresado lateral
	Longitud de pase individual: 15 m
	Fin de vida útil: medición del desgaste después de cada pase individual: Criterio para fin de vida útil: $V_{bmax} > 200 \mu\text{m}$ al final de un pase individual
	V_{bmax} representa, como es común en la técnica, el máximo desgaste permisible del flanco.

15 Como se puede apreciar a partir de las últimas cuatro columnas de la tabla 1, los recubrimientos 4 y 5 muestran el primer y segundo mejores resultados en los cuatro ensayos de aplicación. Por consiguiente, estos recubrimientos no son solo aplicables a una amplia gama de aplicaciones, sino que también se pueden depositar sobre una variedad de piezas de trabajo.

20 Además, como puede verse en las columnas de la tabla 1 relacionadas con el primer ensayo de aplicación, tercer y cuarto ensayo, los recubrimientos que no son de la técnica anterior proporcionan resultados significativamente mejores que los recubrimientos de la técnica anterior.

25 Debe señalarse que el tiempo de recubrimiento requerido para preparar los recubrimientos n.º 4 y 5 (es decir, 270 min) es significativamente inferior al tiempo requerido para preparar el recubrimiento n.º 2 (340 min) y n.º 3 (410 min) y bien dentro del intervalo del tiempo de recubrimiento del n.º 1 (en concreto, 240 min). Esto se debe básicamente al uso concurrente de diferentes objetivos como se hace para la segunda capa (capa B a la que se hace referencia como la capa II en la tabla 1). Los objetivos X pueden estar activos durante todo el proceso de deposición (al menos durante la deposición de una capa I (capa A) o una capa II (capa B)), mientras que los objetivos Y se activan (además de los objetivos X) solo cuando se deposita una capa II (capa B).

La Figura 1 muestra una imagen de microscopía electrónica de barrido (SEM, por sus siglas en inglés) que muestra la estructura de un recubrimiento de acuerdo con una realización de la presente invención. Tal como se puede observar, el espesor global del sistema de recubrimiento en la Fig. 1 es de aproximadamente 3 μm y la relación de espesor de la capa A a la capa B es de aproximadamente 2.

La Figura 2 muestra patrones de difracción de rayos X (XRD, por sus siglas en inglés) de capas individuales de tipo A y tipo B, respectivamente. La fase hexagonal muestra picos con menor intensidad pero mayor media que indica el menor tamaño de grano de granos de cristales hexagonales.

La Figura 3 muestra un detalle esquemático de una cámara de deposición de vacío configurada a modo de ejemplo, en una vista superior. Se indican seis objetivos, dos de tipo Y y cuatro de tipo X. Las piezas de trabajo a recubrir se colocan en un carrusel de muestra simbolizado por el círculo y la flecha circular. Las seis piezas de trabajo se muestran sistemáticamente como rectángulos. Una configuración de este tipo es adecuada para la fabricación de recubrimientos tales como los recubrimientos n.º 4, 5 o 6 tratados anteriormente.

La Figura 4 muestra, en la manera de la Figura 3, un detalle esquemático de una cámara de deposición de vacío configurada a modo de ejemplo, en una vista superior.

La Figura 5 muestra una estructura de capa de un sistema de recubrimiento. El sistema de recubrimiento consiste en una capa de tipo A depositada sobre un sustrato (discontinuo en la Figura 5) y una capa de tipo B depositada sobre dicha capa de tipo A, como es el caso de los recubrimientos n.º 4, 5 y 6 analizados anteriormente (véase tabla 1). Se observa también que la capa A es más gruesa que la capa B. Para depositar la capa A, se activan objetivos de tipo X, y para depositar la capa B, dichos objetivos de tipo X y, además, objetivos de tipo Y, se activan, véanse también las Figuras 3 y 4. Además, es posible, cuando se utilizan dos tipos de objetivos X e Y, depositar también un tercer tipo de capa, concretamente una capa de tipo C, que se deposita usando solamente uno o más objetivos de tipo Y. Una capa de este tipo podría, por ejemplo, estar dispuesta entre la capa A y el sustrato, tal como para formar, por ejemplo, una capa de adhesión o podría depositarse sobre la parte superior de la capa B, tal como para formar una capa superior, por ejemplo, una capa superior decorativa.

La Figura 6 muestra una estructura de capa de un sistema de recubrimiento. En este caso, el sistema de recubrimiento es un sistema multicapa con seis capas, que consiste en tres pares de una capa de tipo A y una capa de tipo B cada una; una capa A y una capa B que forman un período de capa que ocurre repetidamente. Es posible, como se muestra en la Figura 6, proporcionar que en cada período de capa, el espesor de la capa A es mayor que el espesor de la capa B.

La Figura 7 muestra una estructura de capa de un sistema de recubrimiento. En este caso, se proporcionan tres capas sobre el sustrato. Una capa B está intercalada entre dos capas A.

La Figura 8 muestra, en la manera de las Figuras 3 y 4, un detalle esquemático de una cámara de deposición de vacío configurada a modo de ejemplo, en una vista superior. En este caso, se proporcionan tres tipos de objetivos: tipo X, tipo Y, tipo Z. Esto permite depositar tres tipos diferentes de capas o incluso cuatro tipos diferentes de capas mientras se usan al menos parcialmente de manera simultánea dos o los tres tipos de objetivos. Considerando también el uso de cada tipo de objetivo, es posible depositar hasta siete tipos de capa diferentes; y considerando la activación y desactivación de uno o más objetivos del mismo tipo, incluso se pueden depositar más tipos de capa diferentes.

En un caso sencillo, se puede usar una configuración, como se muestra en la Figura 8, para depositar un sistema de recubrimiento, como se muestra en la Figura 9.

La Figura 9 muestra una estructura de capa de un sistema de recubrimiento, que comprende una capa superior adicional (por ejemplo, una capa superior decorativa), tal como se puede depositar en una cámara de deposición de vacío configurada como se muestra en la Figura 8. Por ejemplo, para depositar la capa A, solamente se activan los objetivos X; para depositar la capa B, los objetivos X y, además, se activan los objetivos Y; y para depositar la capa D, por ejemplo, solamente se activan los objetivos Z, o alguna combinación de objetivo Z con uno o más objetivos de uno o ambos de otros tipos de objetivo.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de recubrimiento con un sustrato, que comprende, depositado sobre el sustrato,

- al menos una capa de tipo A, una capa de tipo A que consiste esencialmente en $(Al_yCr_{1-y})X$, en la que X representa uno del grupo que consiste en N, CN, BN, NO, CNO, CBN, BNO y CNBO, y que describe la composición estequiométrica de la fracción de fase metálica y es válido $0 < y < 1$;
- al menos una capa de tipo B, una capa de tipo B que consiste esencialmente en $(Al_uCr_{1-u-v-w}Si_vMe_w)X$, en la que X representa uno del grupo que consiste en N, CN, BN, NO, CNO, CBN, BNO o CNBO, y en la que Me representa uno del grupo que consiste en W, Nb, Mo y Ta o una mezcla de dos o más de los constituyentes de ese grupo, u, v y w que describen la composición estequiométrica de la fracción de fase metálica y es válido $0 < u < 1$ y $0 < w < 1$ y $0 < v < 1$;

caracterizado porque una relación de espesor de dicha capa de tipo A a dicha capa de tipo B es mayor de 1.

2. El sistema de recubrimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha relación de espesor es mayor de aproximadamente 1,5.

3. El sistema de recubrimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, comprendiendo dicha al menos una capa de tipo B al menos dos fases cristalinas, preferentemente una fase cúbica y una fase hexagonal, en la que preferentemente dicha fase hexagonal es $< 50\%$ en volumen de dicha al menos una capa de tipo B, preferentemente, en la que un contenido de dicha al menos una capa de tipo B de dicha fase hexagonal es $> 5\%$ en volumen de dicha al menos una capa de tipo B y $< 40\%$ en volumen de dicha al menos una capa de tipo B.

4. El sistema de recubrimiento según una de las reivindicaciones anteriores, siendo dicha al menos una capa de tipo A sustancialmente de estructura cúbica.

5. El sistema de recubrimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que $0,5 < y < 0,7$.

6. El sistema de recubrimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en la que $0,5 < u < 0,7$ y $0,01 < v < 0,15$ y $0,002 < w < 0,1$, en particular $w < 0,05$.

7. El sistema de recubrimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos una capa de tipo B se deposita directamente sobre dicha al menos una capa de tipo A.

8. El sistema de recubrimiento según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende una capa de tipo B intercalada entre una primera capa de tipo A y una segunda capa de tipo A.

9. El sistema de recubrimiento según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende periodos de capa múltiple, en los que un periodo de capa de este tipo se forma por una capa de tipo A y una capa de tipo B.

10. Pieza de trabajo, que comprende un sistema de recubrimiento según una de las reivindicaciones anteriores.

11. La pieza de trabajo de acuerdo con la reivindicación 10, en la que dicha pieza de trabajo es al menos una del grupo que consiste en

- una herramienta;
- una herramienta de mecanizado;
- una herramienta de fresado;
- una herramienta de corte;
- una herramienta de torno;
- una herramienta de aterrajado;
- una herramienta de roscado;
- un escariador;
- una fresa universal;
- un taladro;
- una pieza insertada de corte;
- una herramienta de talla de engranajes;
- una pieza insertada;
- una fresa matriz;
- una herramienta de limpieza;
- una pieza insertada para el torneado y el fresado, y/o

que tiene un cuerpo hecho sustancialmente de al menos uno del grupo que consiste en

- un metal ferroso;
- un metal no ferroso;
- un material compuesto;
- un carburo cementado;
- un cermet;
- un nitrato de boro cúbico;
- un material cerámico;
- un acero;
- un acero de alta velocidad.

12. Método de fabricación de una pieza de trabajo recubierta que comprende las etapas de

- a) depositar sobre un cuerpo de dicha pieza de trabajo al menos una capa de un tipo A; y
- b) al menos una capa de un tipo B diferente de dicho tipo A;

en el que

- dicha al menos una capa de un tipo A se deposita usando n_X objetivos de un tipo X; y
- dicha al menos una capa de un tipo B se deposita usando n_Y objetivos de un tipo Y diferente de dicho tipo X y, simultáneamente, usando n_{XY} objetivos de dicho tipo X;

en la que n_X , n_Y , y n_{XY} son números enteros ≥ 1 y al menos uno de dichos objetivos de dicho tipo X está activo durante ambas etapas a) y b), y en el que

- una capa de tipo A consiste esencialmente en $(Al_yCr_{1-y})X$, en la que X representa uno del grupo que consiste en N, CN, BN, NO, CNO, CBN, BNO y CNBO, y que describe la composición estequiométrica de la fracción de fase metálica, en la que es válido $0 < y < 1$;
- una capa de tipo B que consiste esencialmente en $(Al_uCr_{1-u-v-w}Si_vMe_w)X$, en la que X representa uno del grupo que consiste en N, CN, BN, NO, CNO, CBN, BNO o CNBO, y en la que Me representa uno del grupo que consiste en W, Nb, Mo y Ta o una mezcla de dos o más de los constituyentes de ese grupo u, v y w que describen la composición estequiométrica de la fracción de fase metálica y es válido: $0 < u < 1$, $0 < w < 1$ y $0 < v < 1$ y en donde preferentemente un objetivo de dicho tipo X comprende Al y Cr, y un objetivo de tipo Y comprende Al, Cr, Si y dicho Me proporcionado en dicha capa de tipo B.

13. El método de acuerdo con la reivindicación 12, en el que una relación de espesor de dicha capa de tipo A a dicha capa de tipo B es mayor de 1, en particular mayor de aproximadamente 1,5.

14. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones de 12 a 13, en el que las etapas a) y b) se llevan a cabo usando un proceso de deposición física de vapor, en particular un proceso de evaporación de arco catódico.

15. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones de 12 a 14, que comprende mantener dicha pieza de trabajo a una temperatura por debajo de aproximadamente 650°C en particular a o por debajo de aproximadamente 500°C, mientras se llevan a cabo las etapas a) y b).

16. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones de 12 a 15, que comprende exponer dicha pieza de trabajo a una atmósfera de gas reactivo con una presión de gas total entre 0,5 Pa y 10 Pa, en particular > 2 Pa, mientras se llevan a cabo las etapas a) y b) y en el que preferentemente dicha atmósfera de gas reactivo comprende predominantemente N.

17. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones de 12 a 16, que comprende aplicar un voltaje de polarización entre 40 V y 200 V a dicha pieza de trabajo mientras se llevan a cabo las etapas a) y b).

18. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones de 12 a 17, que comprende aplicar un voltaje de polarización a dicha pieza de trabajo mientras se lleva a cabo la etapa a) y aplicar un voltaje de polarización inferior a dicha pieza de trabajo mientras se lleva a cabo la etapa b).

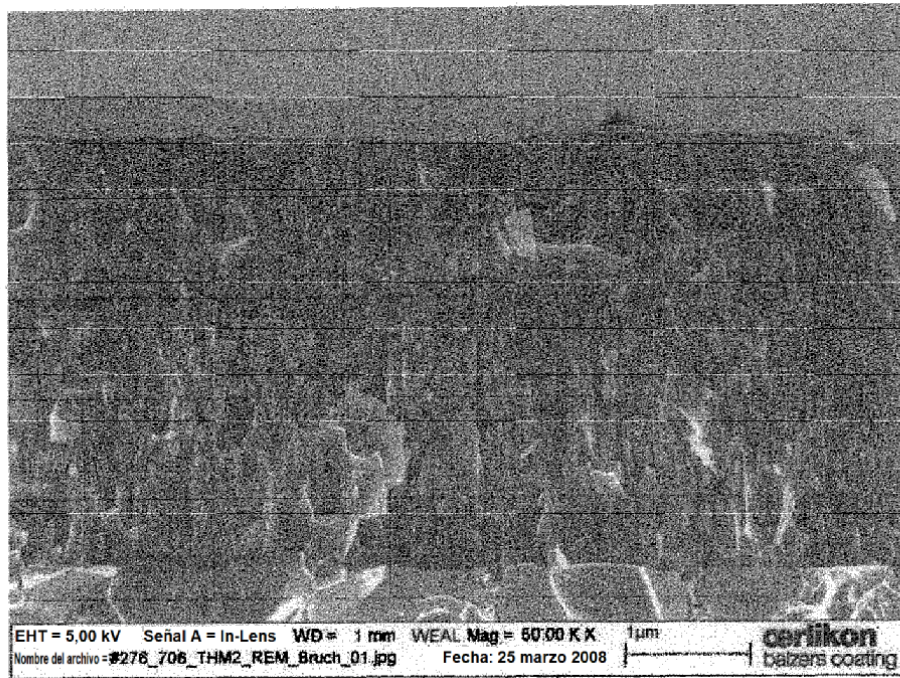


Fig. 1

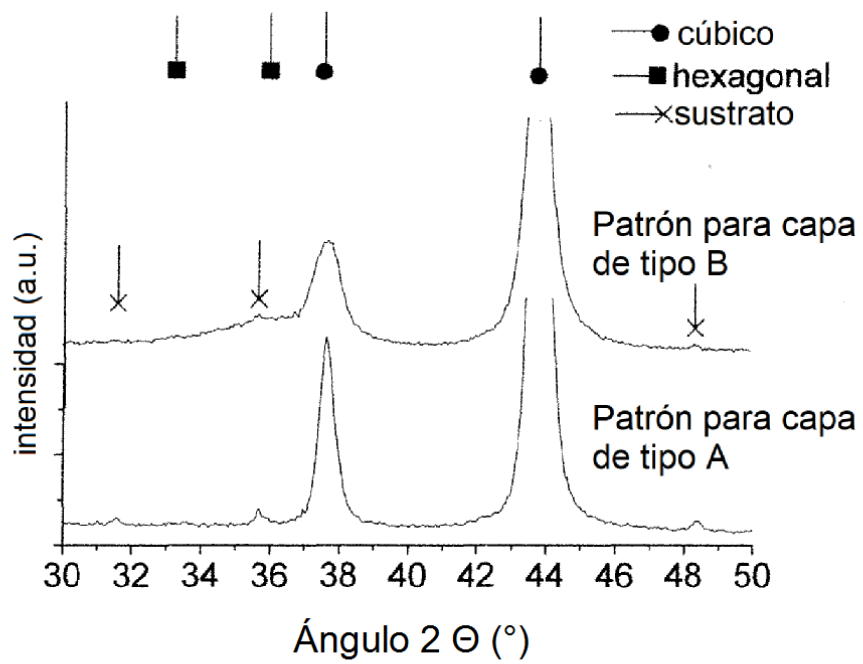


Fig. 2

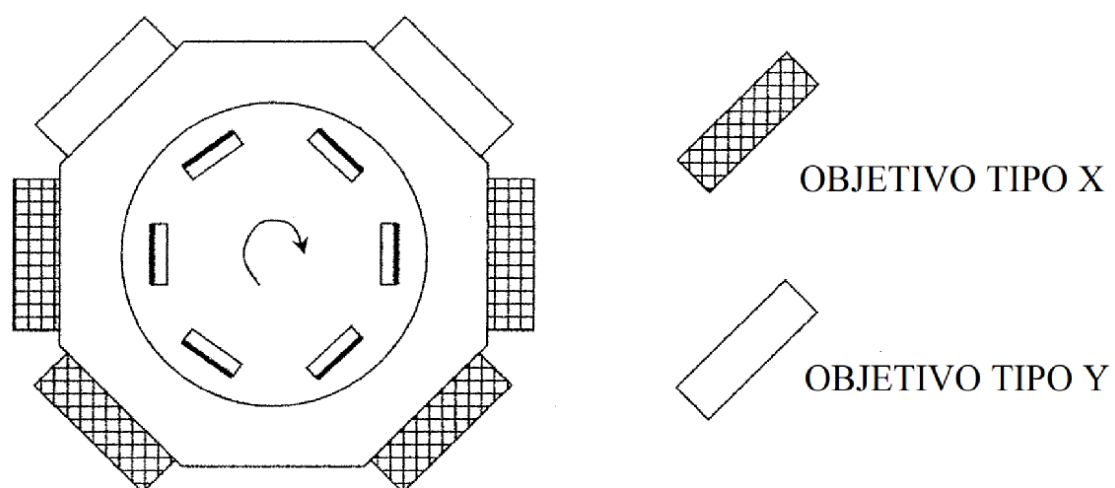


Fig. 3

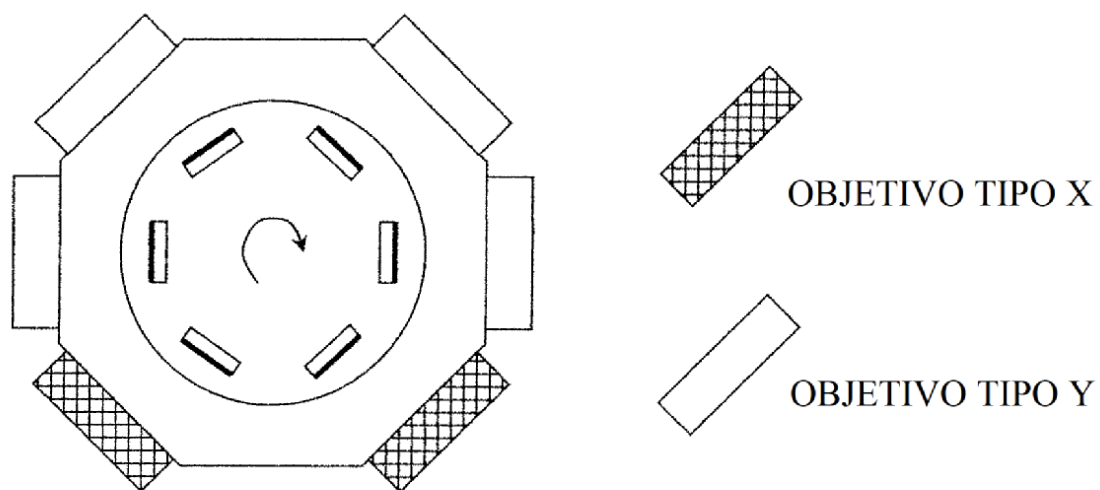


Fig. 4

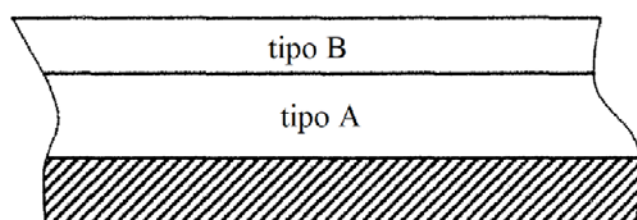


Fig. 5

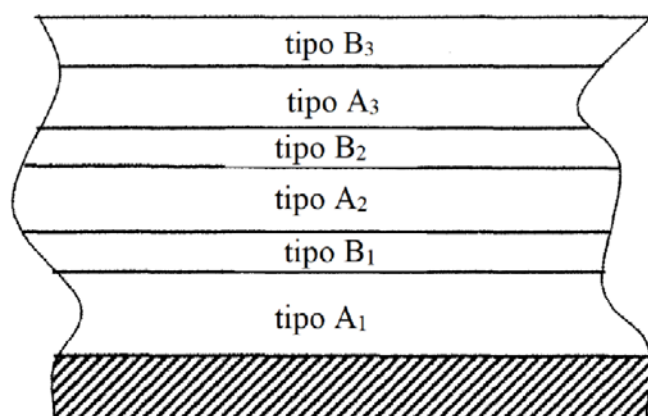


Fig. 6

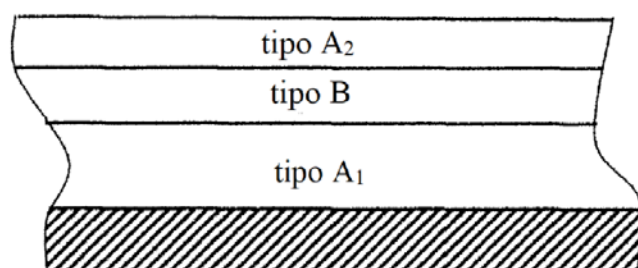


Fig. 7

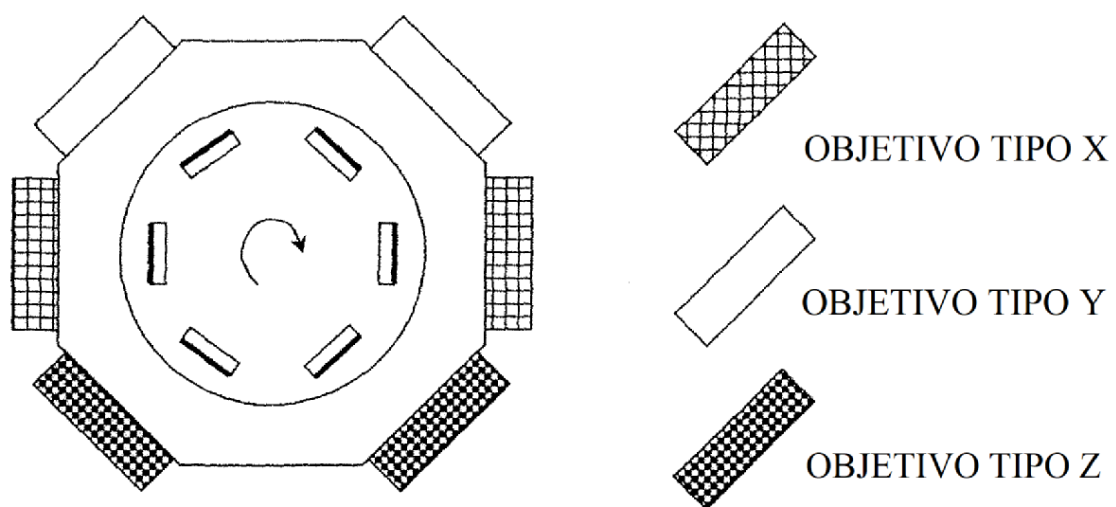


Fig. 8

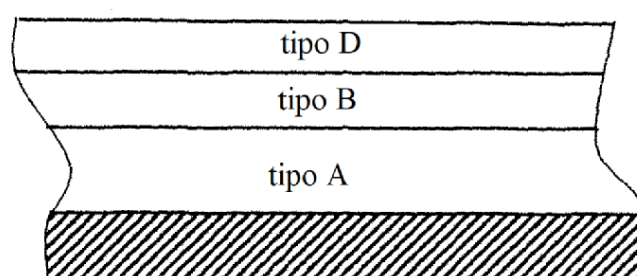


Fig. 9