

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 663 533**

51 Int. Cl.:

C23C 28/00 (2006.01)

C23C 28/04 (2006.01)

C23C 14/06 (2006.01)

C23C 14/22 (2006.01)

C22C 27/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.07.2009 PCT/EP2009/058322**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.09.2010 WO10097124**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.07.2009 E 09780091 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.01.2018 EP 2401419**

54 Título: **Sistema de capas así como procedimiento de recubrimiento para la producción de un sistema de capas**

30 Prioridad:

27.02.2009 EP 09153956

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

13.04.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**VETTER, JÖRG y
ERKENS, GEORG**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 663 533 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 capas así como procedimiento de recubrimiento para la producción de un sistema de capas

5 La invención se refiere a un sistema de capas para la formación de una superficie sobre un sustrato, en particular sobre una superficie de una herramienta, en especial de una herramienta para la conformación, así como a un procedimiento para la producción de un sistema de capas de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación independiente de la respectiva categoría. La producción de herramientas y componentes productivos se realiza la mayoría de las veces por un recubrimiento de sus superficies. Una clase importante de tales sustratos descritos son herramientas, entre otras en particular herramientas para la conformación, pero también herramientas así como componentes que desprenden virutas, sobre todo piezas de desgaste para máquinas en todas las formas de realización posibles. Materiales de sustrato típicos que se recubren son, entre otras cosas, aceros para herramientas y metales duros, pero también todos los otros materiales de sustrato posibles.

15 A este respecto, un problema conocido en el caso del recubrimiento de estos materiales es que ambos presentan una alta velocidad de oxidación al aire ya a 500 °C y se ablandan ya a temperaturas relativamente bajas (aproximadamente 550 °C para HSS (*High Speed Steel*, acero rápido), 650 °C para metal duro). Sin embargo, en el caso de la conformación, a esto hay que añadir de manera perturbadora que, además del desgaste por abrasión, también repercuten de manera perturbadora lubricaciones del material que va a procesarse. Por esta razón, las superficies de herramienta se proveen de capas protectoras adecuadas que pueden disminuir considerablemente tanto los procesos de abrasión como las lubricaciones. A este respecto, las capas de material duro conocidas por el estado de la técnica se basan frecuentemente en compuestos clásicos como TiN, TiNC, CrN depositado mediante procedimientos PVD o procedimientos CVD. Las capas de este tipo pueden utilizarse solo hasta cierto punto para herramientas sometidas a altas cargas. Por eso, a causa de sus propiedades físicas especiales, estas capas duras conocidas tienen sus límites con respecto a su campo de aplicación, sobre todo con respecto a la resistencia térmica. Por una parte, a saber, la dureza desciende perceptiblemente a temperaturas elevadas; por otra parte, se inicia una oxidación ya a temperaturas relativamente bajas, que puede dar como resultado un desgaste de capa aumentado a la temperatura de utilización.

30 Para eludir estos problemas, se han desarrollado fundamentalmente dos clases de capas que presentan una resistencia a la oxidación en el intervalo de hasta 1000 °C y también tienen propiedades mejoradas con respecto a la dureza.

35 La una clase de capa se refiere a capas base que contienen Al como AlTiN y AlCrN, pudiendo añadirse por aleación elementos adicionales según los requisitos. Compuestos típicos de esta área son compuestos de la forma Al-TiXNCO, siendo X, por ejemplo, Cr u otro metal. Las capas de este tipo presentan un aumento del rendimiento con respecto al desgaste abrasivo tanto durante el desprendimiento de viruta como durante la conformación. Esto puede deducirse de la modificación positiva tanto del aumento de dureza a la temperatura de utilización como del incremento de la resistencia a la oxidación. Otra ruta seguida en el estado de la técnica para el aumento del rendimiento de herramientas recubiertas (prioritariamente de herramientas que desprenden virutas) consiste en la combinación de capas de material duro clásicas como capa de soporte combinadas con capas de acabado superficial como capa funcional. En particular, como capas de acabado superficial deben mencionarse en este caso las capas que contienen Si (aproximadamente 1 - 20 % en at.; a este respecto, en el contexto de esta solicitud, «% en at.» significa «porcentaje atómico») del tipo capa de MeSiXNCO (X otros metales o B) como TiSiN, que posibilitan otra carga térmica considerablemente mejorada. Estas capas se utilizan generalmente en el desprendimiento de viruta en seco de aceros templados.

Los potenciales de rendimiento de estas capas se esperan con seguridad incluso durante el troquelado.

50 Los sistemas de capa dura mencionados en la siguiente sección son sistemas que se aplican específicamente para herramientas de desprendimiento de viruta.

Además, por ejemplo, se conoce separar en plaquitas intercambiables capas de cerámica oxídicas como Al₂O₃ mediante procedimientos CVD para poder afrontar los procesos de desgaste a elevadas temperatura de contacto, en particular durante el giro.

60 Aparte de eso, en el estadio de las investigaciones están las capas a base de boro como, por ejemplo, B₄C o incluso capas de BN cúbico. No obstante, el BN cúbico tiene la desventaja decisiva de que es extraordinariamente complicado de preparar. Sobre todo, esto es debido a dificultades durante el propio crecimiento de capa, pero también a altos tensiones residuales en las capas.

65 Sin embargo, a pesar de todos los esfuerzos anteriores, solo se ha logrado parcialmente poner a disposición recubrimientos de PVD o CVD que cumplen los requisitos cada vez mayores de las propiedades mecánicas como, por ejemplo, dureza, tensiones residuales de compresión y tenacidad, propiedades tribológicas como tendencia a la adhesión a mayores temperaturas así como fricción, la resistencia a la oxidación, estabilidad de fase y otras propiedades características, sobre todo incluso a altas presiones superficiales que aparecen en la conformación.

Una solución conocida para tratar con éxito herramientas de conformación seleccionadas sometidas a grandes cargas es el procedimiento TD (procedimiento de difusión Toyota). A este respecto, el procedimiento de baño de sales se realiza en el intervalo de temperatura de aproximadamente 870 °C hasta aproximadamente 1030 °C para generar una capa de difusión sobre la base de VC. Este procedimiento se desarrolla así a una temperatura de tratamiento que se encuentra por encima de la temperatura de revenido típica de aceros para herramientas (generalmente entre 500 y 550 °C). No deberían discutirse con más detalle las desventajas conocidas del procedimiento de baño de sales como, por ejemplo, el proceso de enjuague necesario tras el tratamiento.

Además, mediante el procedimiento PVD se conoce separar capas de VCN. La solicitud de patente JP2005046975 A describe una capa para herramientas que consta de una capa inferior de VNC que se aplica directamente sobre una herramienta de corte. A continuación, se separa otra capa protectora contra el desgaste.

En Surface Science 601(2007) 1153-1159, A. Glaser *et al.* «Oxidation of vanadium nitride and titanium nitride coatings», se investiga el comportamiento de oxidación de VN y TiN; a este respecto, se comprueba que el VN conforma una capa de óxido homogénea cerrada ya a temperaturas relativamente bajas. Correspondientemente a la experiencia tribológica, la capa de óxido es capaz de inhibir o al menos reducir procesos de adhesión (lubricaciones) entre el material de pieza de trabajo (por ejemplo, chapa de acero) y la herramienta recubierta.

El documento EP 2 022 870 A2 describe un sistema de capas para la formación de una superficie sobre un sustrato, una fuente de evaporación para la producción de un sistema de capas, así como un sustrato, en particular una herramienta con un sistema de capas de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación independiente de la respectiva categoría. A este respecto, los sustratos correspondientes se recubren con una primera capa dura de la composición (MoSipAq)G, así, con una capa de la composición (MoSipAYq)[gamma] (NrCsOt)[delta], siendo G, como se indica en la composición conocida en sí, al menos un elemento del grupo nitrógeno (N), carbono (C) y oxígeno (O), y siendo M al menos un metal del grupo de los elementos químicos que consta de aluminio (Al) y los elementos de los subgrupos IVb, Vb, VIb de la tabla periódica de los elementos.

Por eso, el objetivo de la invención es poner a disposición un recubrimiento mejorado para un sustrato, en particular para una herramienta, en particular una herramienta de conformación, o una pieza de desgaste, que supere los problemas conocidos por el estado de la técnica, y presente en particular un comportamiento de oxidación que repercuta de manera tribológicamente positiva y estabilidad de fase, propiedades mecánicas mejoradas, sobre todo, pero no solo, con respecto a la dureza y tensiones residuales de compresión y pueda separarse a temperaturas que no sobrepasen la temperatura de revenido típica de los aceros utilizados.

Otro objetivo de la invención es poner a disposición un procedimiento para la producción de un tal recubrimiento mejorado.

Los objetos de la invención que resuelven este objetivo están caracterizados por las características de las respectivas reivindicaciones independientes.

Las reivindicaciones dependientes hacen referencia a formas de realización especialmente ventajosas de la invención.

Por lo tanto, la invención se refiere a un sistema de capas para la formación de una capa superficial sobre una superficie de un sustrato, en particular sobre la superficie de una herramienta, en particular sobre la superficie de una herramienta de conformación, comprendiendo el sistema de capas al menos una primera capa superficial de la composición

- $(V_{97}Zr_3)_\alpha(N)_\beta$
- $(V_{97}Zr_3)_\alpha(N_{50}C_{50})_\beta$
- $(V_{95}Ni_5)_\alpha(N_{65}C_{30}O_5)_\beta$
- $(V_{96}Ce_4)_\alpha(N_{25}C_{65}O_{10})_\beta$
- $(V_{97}Zr_1Si_1B_1)_\alpha(N)_\beta$

con la suma de todos los átomos en la capa $(\alpha+\beta) = 100$ % en at., aplicándose $40 \leq \alpha \leq 80$ % en at.

De manera especialmente ventajosa, para el parámetro α se aplica la relación $40 \leq \alpha \leq 60$, en especial $45 \leq \alpha \leq 55$, y preferentemente $\alpha \approx 50$.

A este respecto, la invención también se refiere a sistemas de capas en los que entre la capa superficial y el sustrato está prevista otra capa parcial que es en particular una capa adhesiva aplicada directamente sobre la superficie del sustrato.

En un ejemplo de realización especial, la capa parcial es una capa adhesiva de la composición $V_{97}Zr_3$, y/o una capa adhesiva de la composición $V_{80}Zr_{20}$.

En otro ejemplo de realización de la presente invención, la capa parcial tiene la composición $(Al_{55}Ti_{45})_yN_\delta$, con $\gamma+\delta=100\%$ en at. y $40 \leq \gamma \leq 60$, siendo preferentemente $\gamma \approx 50$, y siendo la capa parcial en particular una capa adhesiva, en especial una capa adhesiva aplicada directamente sobre el sustrato.

5 Otro ejemplo de realización se refiere a una capa parcial de la composición $(Al_{69}Cr_{29}Mg_1Si_1)_yN_\delta$, con $\gamma+\delta=100\%$ en at. y $40 \leq \gamma \leq 60$, y preferentemente $\gamma \approx 50$, siendo la capa parcial en particular una capa adhesiva, en especial una capa adhesiva aplicada directamente sobre el sustrato.

10 Ventajosamente, la capa parcial también puede tener la composición $(Al_{60}Cr_{30}Mg_{95}Si_5)_yN_\delta$, con $\gamma+\delta=100\%$ en at. y $40 \leq \gamma \leq 60$, y preferentemente $\gamma \approx 50$, siendo la capa parcial en particular una capa adhesiva, en especial una capa adhesiva aplicada directamente sobre el sustrato.

15 En otro caso, la capa parcial tiene la composición $(Cr_{91}Ni_3Al_3Si_3)_yN_\delta$, con $\gamma+\delta=100\%$ en at. y $40 \leq \gamma \leq 60$, y preferentemente $\gamma \approx 50$, siendo la capa parcial en particular una capa adhesiva, en especial una capa adhesiva aplicada directamente sobre el sustrato.

20 A este respecto, la invención también cubre otras capas parciales con otras composiciones químicas. Así, la capa parcial también puede ser una capa parcial de TiN y/o una capa parcial de Cr, en particular una capa adhesiva, en especial una capa adhesiva aplicada directamente sobre el sustrato.

Para optimizar las propiedades de la capa total, las capas parciales pueden constar de capas de gradiente conocidas por el experto, por ejemplo, TiCrN con contenido creciente de Cr a partir de la superficie del sustrato, o capas multicapa, por ejemplo, Cr/CrN como secuencia de capas en la capa parcial.

25 Un sistema de capas y/o una capa parcial y/o una capa superficial de la presente invención puede tener una dureza de, por ejemplo, HK 0,025 entre 1500 y 3500, en especial una dureza HK 0,025 entre 1900 y 3100, en particular una dureza HK 0,025 entre 2100 y 2900.

30 Ventajosamente, un grosor del sistema de capas y/o de la capa parcial y/o de la capa superficial puede encontrarse entre $0,01 \mu m$ y $100 \mu m$, en especial entre $0,1 \mu m$ y $8 \mu m$, y preferentemente entre $0,2 \mu m$ y $7,5 \mu m$, presentando el sistema de capas una rugosidad superficial R_z entre $0,2 \mu m$ y $10 \mu m$, en particular entre $0,5 \mu m$ y $5 \mu m$, preferentemente entre $0,5 \mu m$ y $1,5 \mu m$, y/o encontrándose una fuerza de adhesión del sistema de capas y/o de la capa parcial y/o de la capa superficial en el intervalo de HF 1 a HF 3, en especial HF 2 y preferentemente HF 1.

35 Además, la invención se refiere a un procedimiento de recubrimiento para la producción de un sistema de capas de la presente invención, siendo el procedimiento de recubrimiento un procedimiento PVD, preferentemente un procedimiento de recubrimiento por arco, como un procedimiento ARC (deposición mediante arco catódico), un procedimiento de pulverización catódica o un procedimiento combinado de procedimiento de recubrimiento por arco y procedimiento de pulverización catódica.

40 Para la mejor comprensión de la invención, la tabla 1 muestra los ejemplos de acuerdo con la invención. El propósito de la invención era mejorar la dureza y, por lo tanto, la resistencia a la abrasión de capas puras de PVD a base de VN, VNC sin reducir la adhesión sobre las piezas que van a recubrirse. La sustitución parcial de átomos de V por Zr u otros metales aumentó la dureza en aproximadamente el 10 %, observado en este caso con más detalle en la sustitución de Zr en el caso de una capa nítrica del ejemplo 1 así como el ejemplo 2 respecto al ejemplo comparativo A.

La siguiente tabla muestra algunos ejemplos de realización seleccionados de capas superficiales de acuerdo con la invención.

50

Tabla 1: Una selección de sistemas de capas de acuerdo con la invención con parámetros de capa importantes, medición de la dureza Knoop HK 0,025, ensayo de adherencia HRC 150 kp (VDI 3824) sobre HSS de la dureza 66 HRC.

Capa inferior	Capa funcional	Dureza	Grosor capa inferior/función	Adhesión
Ejemplo 1 $V_{97}Zr_3$	$(V_{97}Zr_3)_\alpha N_\beta$ α/β aprox. 1	2129	$0,2 \mu m/7,1 \mu m$	HF1
Ejemplo 2	$(V_{97}Zr_3)_\alpha N_\beta$ α/β aprox. 1	2150	$0/7 \mu m$	HF 2
Ejemplo 3	$(V_{97}Zr_3)_\alpha(C_uN_v)_\beta$ $u = 50, v=50 \alpha/\beta$ aprox. 1	2879	$5 \mu m$	HF3

Ejemplo 4 (Al ₅₅ Ti ₄₅) _α N _β α/β aprox. 1	(V ₉₅ Ni ₅) _α (CuN _v O _w) _β u=30, v=65, w=5 α/β aprox. 1	2730	3 μm/4,5 μm	HF2
Ejemplo 5 (Al ₆₉ Cr ₂₉ Mg ₁ Si ₁) _α N _β α/β aprox. 1	(V ₉₆ Ce ₄) _α (CuN _v O _w) _β u=65, v=25, w=10 α/β aprox. 1	3035	2,5 μm /4 μm	HF3
Ejemplo 5	(V ₉₇ Zr ₁ Si ₁ B ₁) _α N _β α/β aprox. 1	2210	0/4 μm	HF 2

Los ámbitos de aplicación para sistemas de capas de la presente invención son en particular herramientas de conformación, en particular para la semiconformación y la conformación en caliente, herramientas de fundición, en particular para colada a presión de aluminio, herramientas para el desprendimiento de virutas, en particular en el caso de aceros inoxidables, pero también herramientas para el procesamiento de plásticos, así como elementos de motores, en particular anillos de pistón, o elementos de turbina y elementos de bomba, en particular partes móviles.

En lo sucesivo, se indica un procedimiento especialmente preferente para producir un sistema de capas de acuerdo con la invención para una herramienta de conformación:

Ejemplo: ensayo de herramienta de herramienta de conformación

Acero de herramienta: norma DIN 1.2379

1. La herramienta se nitruró al plasma; profundidad de temple de nitruración aproximadamente 100 μm

2. Pulido de la herramienta

3. Calentamiento/limpieza de iones

Calentamiento a 400 °C

10 minutos de limpieza de iones por AEGD con Ar, 200 V

3 minutos de bombardeo de iones metálicos con VZr, 1000 V

4. Recubrimiento con 200 V

- capa VZr de 200 μm

- Capa VZrN de 7,1 μm, gas reactivo nitrógeno 5 Pa

5. Resultado clase HF 1

6. Pulido de la capa a R_z 0,9 μm

Ejemplo de aplicación

Material que va a conformarse: acero de alta resistencia (JIS: SAPH400)

Grosor del material: 2-3 mm

Fuerza de prensado: 3000 t

Resultado del ensayo de vida útil:

Recubrimiento PVD (CrN): 1000 carreras

Recubrimiento CVD (TiC): 4000 carreras

Recubrimiento VZrN correspondientemente al ejemplo 1: 7200 carreras

(estado de la investigación: sin fin de la vida útil)

En el dibujo están indicados otros ejemplos de realización preferentes de la invención. Muestran:

fig. 1a - 1c: una sección pulida mediante una calota en una superficie de un sistema de recubrimiento de acuerdo con la invención;

fig. 2 - 4: ejemplos de realización de sistemas de dos capas;

fig. 5: ejemplos de realización con más de dos capas.

- 5 En la fig. 1, que comprende las figuras parciales 1a - 1c, puede verse una fotografía de la superficie de un sustrato 100 recubierto que se ha pulido mediante una calota de manera conocida en sí. La fig. 1a muestra la sección pulida con una ampliación de 50 veces, las fig. 1b y 1c muestran respectivamente un área de superficie con una ampliación de 500 veces.
- 10 El la fig. 1a, el área 2 central circular es un área de superficie pulida libremente del sustrato 100 que ya no muestra ningún recubrimiento. El anillo circular 3 es un área pulida 1, 10 del recubrimiento superficial 1 de acuerdo con la invención. El área exterior 1, 11 es un área superficial no pulida. Los parámetros físicos fundamentales de las áreas superficiales están indicados en el dibujo. La fuerza de adhesión de la capa es HF 1.
- 15 Las fig. 2 a 5 muestran ejemplos de realización con dos y más capas parciales 4 que pueden ser estequiométricas y no estequiométricas. Están indicadas las respectivas composiciones químicas de los sistemas de capas o capas parciales.
- 20 La fig. 4 muestra un ejemplo de ensayo de acuerdo con la invención con la composición catódica indicada V 97 % en at. Zr 3 % en at.
- 25 La fig. 5 muestra un sistema de capas que puede utilizarse típicamente para herramientas de conformación con distintas capas inferiores posibles, cuyas posibles composiciones están indicadas en la fig. 5. A este respecto, están marcadas esquemáticamente las composiciones de distintas capas inferiores 4 posibles. A este respecto, las capas de Al acotadas por el reborde muestran en particular buenas propiedades de aislamiento térmico a causa de la mala conductividad térmica.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de capas para la formación de una capa superficial sobre una superficie de un sustrato (100), en particular sobre la superficie de una herramienta de conformación,
 5 caracterizado por que el sistema de capas comprende al menos una primera capa superficial de la composición
- 10
- $$\begin{aligned} & - (V_{97}Zr_3)_\alpha(N)_\beta \\ & - (V_{97}Zr_3)_\alpha(N_{50}C_{50})_\beta \\ & - (V_{95}Ni_5)_\alpha(N_{65}C_{30}O_5)_\beta \\ & - (V_{96}Ce_4)_\alpha(N_{25}C_{65}O_{10})_\beta \\ & - (V_{97}Zr_1Si_1B_1)_\alpha(N)_\beta \end{aligned}$$
- 15 , con la suma de todos los átomos en la capa ($\alpha+\beta$) = 100 % en at., aplicándose $40 \leq \alpha \leq 80$ % en at.
2. Sistema de capas según la reivindicación 1, siendo $45 \leq \alpha \leq 55$.
3. Sistema de capas según una de las reivindicaciones anteriores, siendo $\alpha \approx 50$.
- 20 4. Sistema de capas según una de las reivindicaciones anteriores, estando prevista entre la capa superficial y el sustrato otra capa parcial que es en particular una capa adhesiva aplicada directamente sobre la superficie del sustrato.
- 25 5. Sistema de capas según la reivindicación 4, siendo la capa parcial una capa adhesiva de la composición $V_{97}Zr_3$.
6. Sistema de capas según la reivindicación 4, siendo la capa parcial una capa adhesiva de la composición $V_{80}Zr_{20}$.
- 30 7. Sistema de capas según la reivindicación 4, teniendo la capa parcial la composición $(Al_{55}Ti_{45})_\gamma N_\delta$, con $\gamma+\delta = 100$ % en at. y $40 \leq \gamma \leq 60$, y preferentemente $\gamma \approx 50$, y siendo en particular una capa adhesiva, en especial una capa adhesiva aplicada directamente sobre el sustrato.
- 35 8. Sistema de capas según la reivindicación 4, teniendo la capa parcial la composición $(Al_{69}Cr_{29}Mg_1Si_1)_\gamma N_\delta$, con $\gamma+\delta = 100$ % en at. y $40 \leq \gamma \leq 60$, y preferentemente $\gamma \approx 50$, y siendo en particular una capa adhesiva, en especial una capa adhesiva aplicada directamente sobre el sustrato.
- 40 9. Sistema de capas según la reivindicación 4, teniendo la capa parcial la composición $(Al_{60}Cr_{30}Mg_5Si_5)_\gamma N_\delta$, con $\gamma+\delta = 100$ % en at. y $40 \leq \gamma \leq 60$, y preferentemente $\gamma \approx 50$, y siendo en particular una capa adhesiva, en especial una capa adhesiva aplicada directamente sobre el sustrato.
- 45 10. Sistema de capas según la reivindicación 4, teniendo la capa parcial la composición $(Cr_{91}Ni_3Al_3Si_3)_\gamma N_\delta$, con $\gamma+\delta = 100$ % en at. y $40 \leq \gamma \leq 60$, y preferentemente $\gamma \approx 50$, y siendo en particular una capa adhesiva, en especial una capa adhesiva aplicada directamente sobre el sustrato.
11. Sistema de capas según la reivindicación 4, siendo la capa parcial una capa parcial de TiN, en particular una capa adhesiva, en especial una capa adhesiva aplicada directamente sobre el sustrato.
12. Sistema de capas según la reivindicación 4, siendo la capa parcial una capa parcial de Cr, en particular una capa adhesiva, en especial una capa adhesiva aplicada directamente sobre el sustrato.
- 50 13. Sistema de capas según una de las reivindicaciones anteriores, teniendo la dureza del sistema de capas y/o de la capa parcial y/o de la capa superficial una dureza HK 0,025 entre 1500 y 3500, teniendo en especial una dureza HK 0,025 entre 1900 y 3100, teniendo en particular una dureza HK 0,025 entre 2100 y 2900.
- 55 14. Sistema de capas según una de las reivindicaciones anteriores, encontrándose un grosor del sistema de capas y/o de la capa parcial y/o de la capa superficial entre 0,01 μm y 100 μm , encontrándose en especial entre 0,1 μm y 8 μm , y encontrándose preferentemente entre 0,2 μm y 7,5 μm .
- 60 15. Sistema de capas según una de las reivindicaciones anteriores, presentando la capa superficial una rugosidad superficial R_z entre 0,2 μm y 10 μm , en particular entre 0,5 μm y 5 μm , preferentemente entre 0,5 μm y 1,5 μm .
16. Sistema de capas según una de las reivindicaciones anteriores, encontrándose una fuerza de adhesión del sistema de capas y/o de la capa parcial y/o de la capa superficial de HF 1 a HF 3, en especial HF 2 y preferentemente HF 1.

17. Procedimiento de recubrimiento para la producción de un sistema de capas (1) según una de las reivindicaciones anteriores, siendo el procedimiento de recubrimiento un procedimiento PVD, preferentemente un procedimiento de recubrimiento por arco, como un procedimiento ARC (deposición mediante arco catódico), un procedimiento de pulverización catódica o un procedimiento combinado de procedimiento de recubrimiento por arco y procedimiento de pulverización catódica.
- 5

Dureza 2129HK 0,2

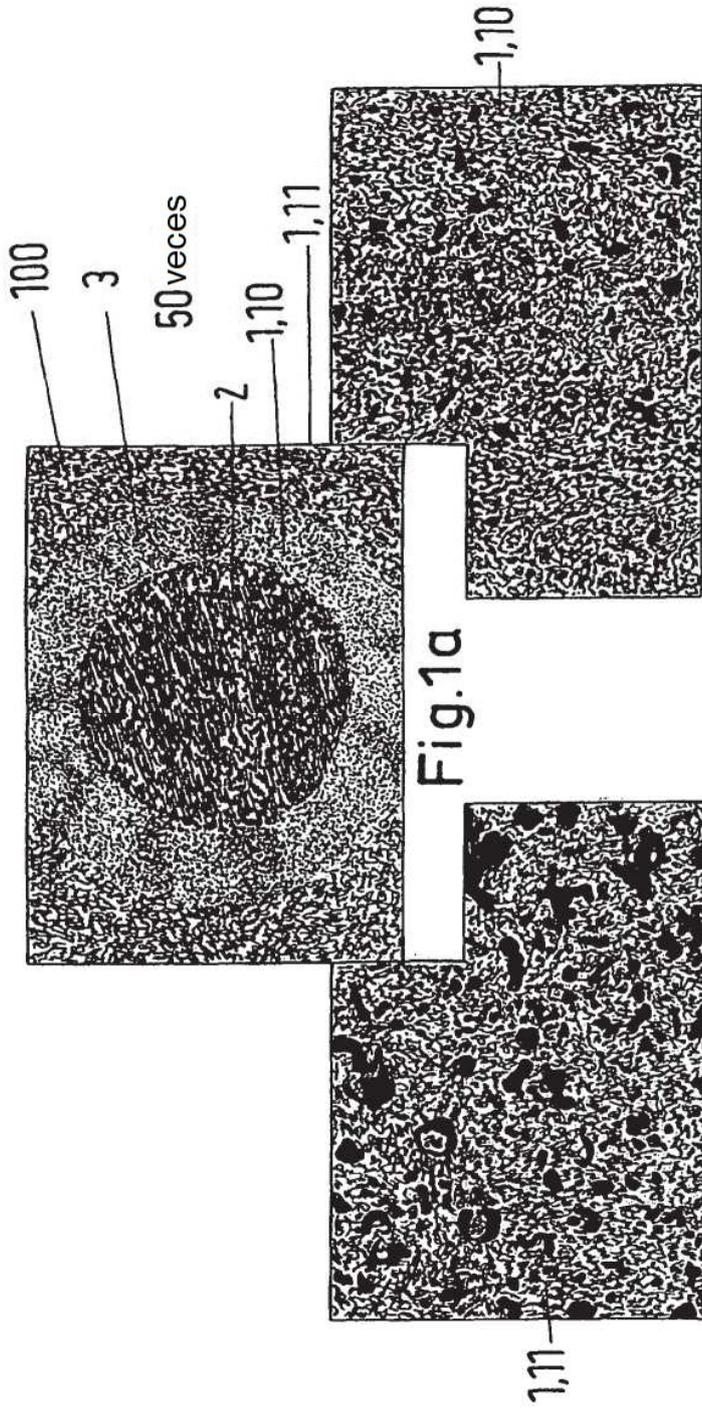


Fig.1a

Fig.1c

VZrN 7,3µm
Superficie pulida
Rz 0,89 µm V=500:1

VZrN 7,3µm
Superficie no pulida
Rz 3,31µm V=500:1

Fig.1b

Fig.1

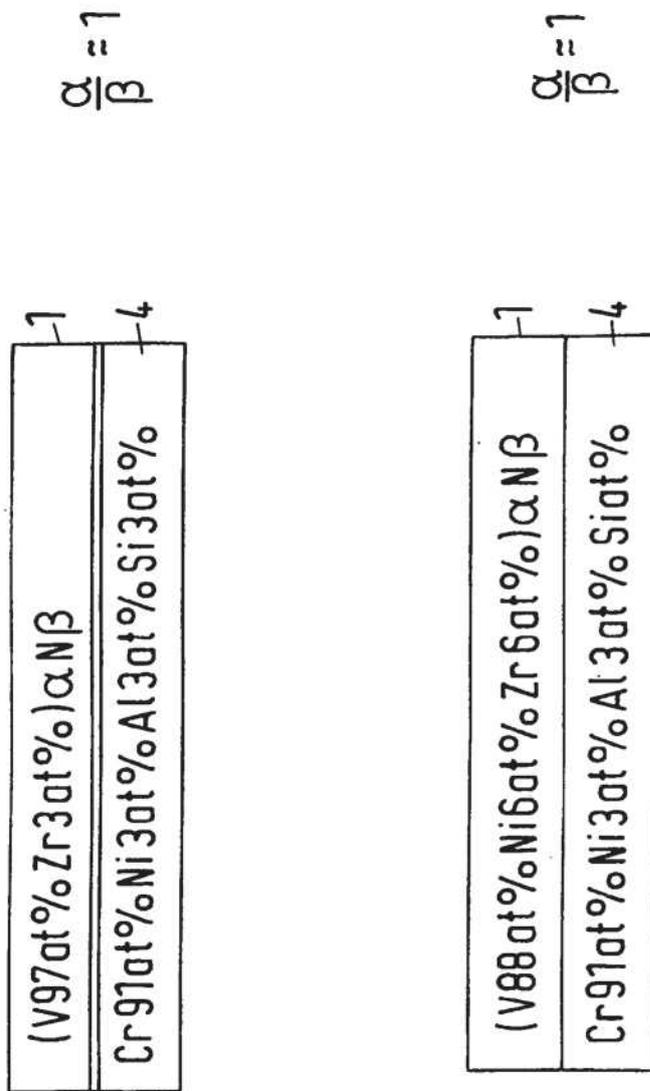


Fig.2

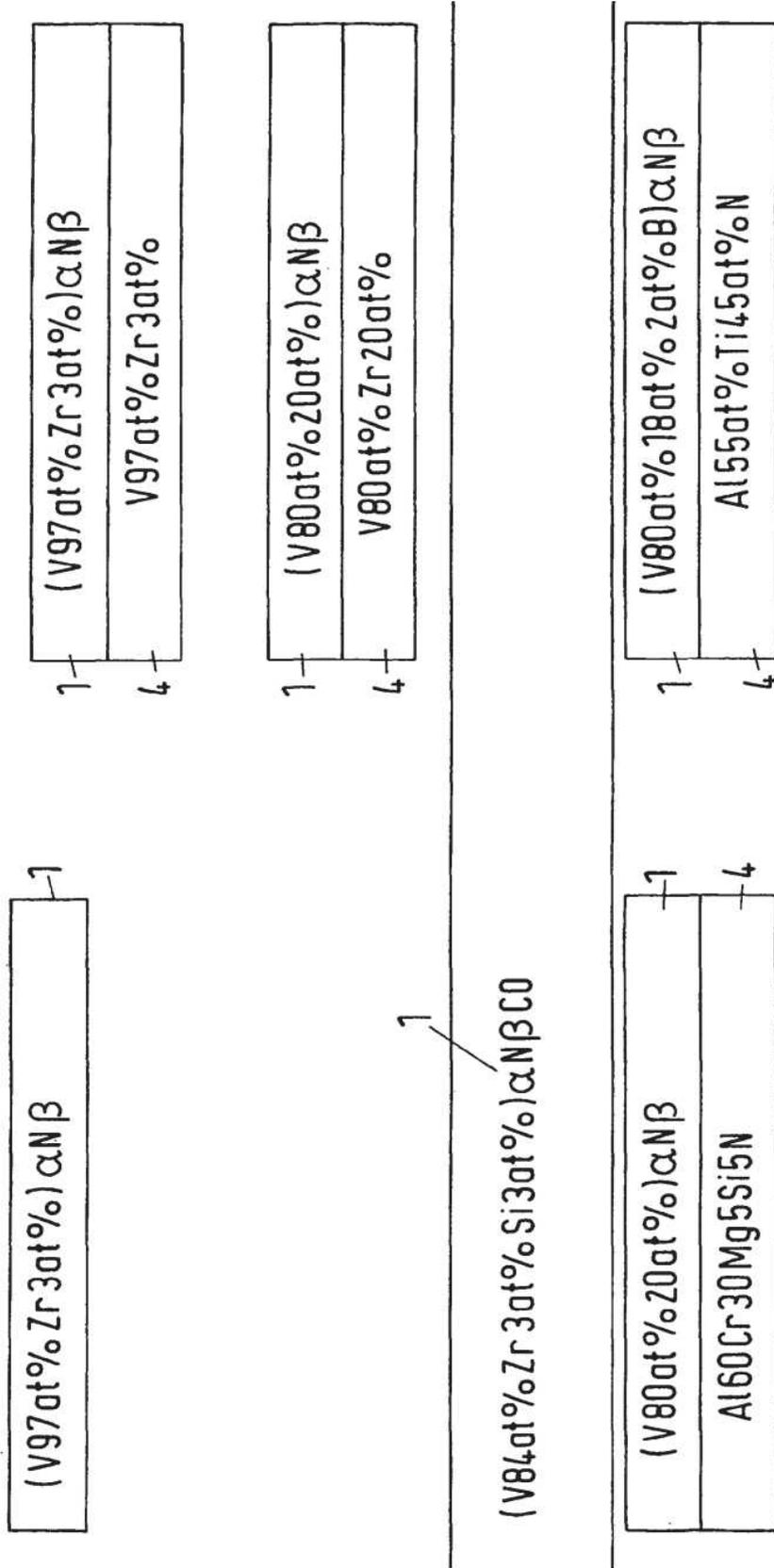


Fig.3

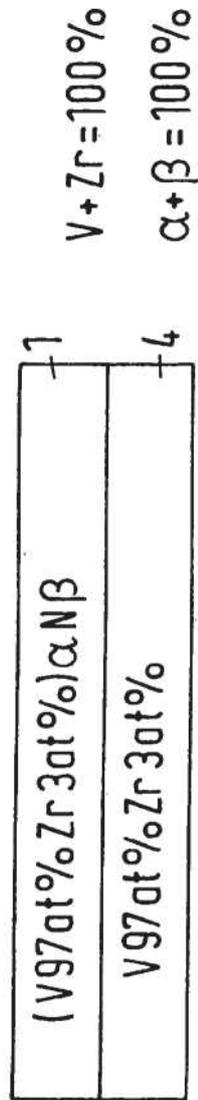


Fig.4

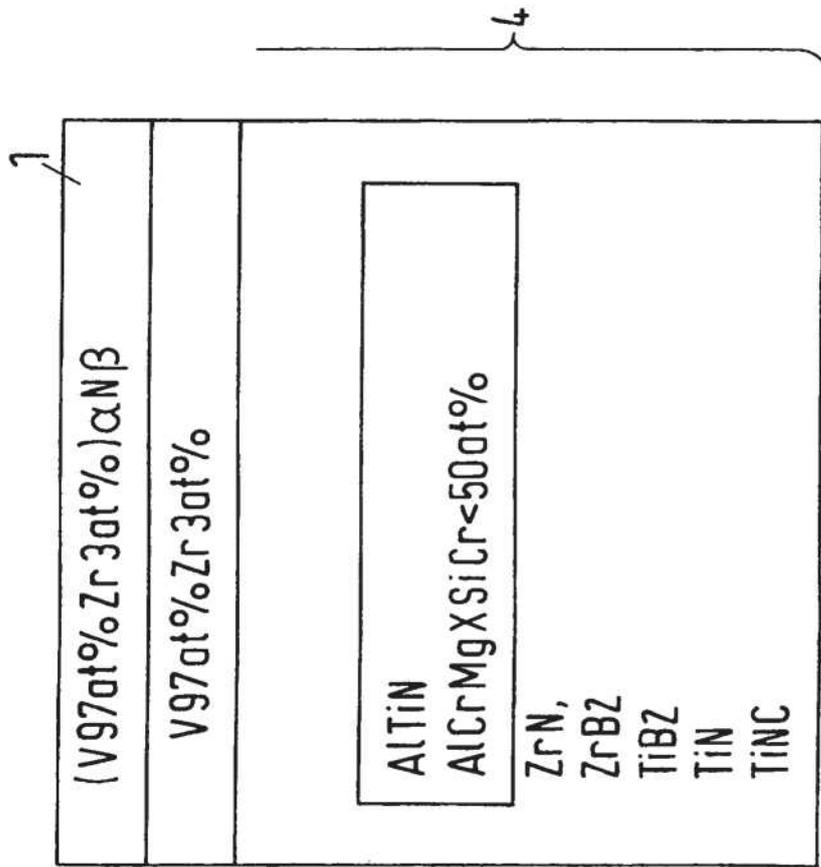


Fig.5