

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 636 867**

51 Int. Cl.:

C23C 14/35 (2006.01)

C23C 14/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.06.2014 PCT/EP2014/063611**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.12.2014 WO14207154**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.06.2014 E 14732919 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.05.2017 EP 3013996**

54 Título: **Procedimiento para la fabricación de capas decorativas de material duro por HIPIMS**

30 Prioridad:

26.06.2013 US 201361839454 P

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

09.10.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

KRASSNITZER, SIEGFRIED

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 636 867 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

Procedimiento para la fabricación de capas decorativas de material duro por HIPIMS

5 La invención se refiere a un procedimiento para el revestimiento de sustratos con una capa decorativa de material duro, que se realiza en una cámara de revestimiento en vacío, depositándose la capa decorativa de material duro mediante un proceso reactivo HIPIMS (High Power Pulse Magnetron Sputtering), y regulándose el contenido energético en los pulsos de potencia de manera que la capa de material duro depositada presenta un color homogéneo, una lisura elevada y una dureza elevada.

10 Estado de la técnica
La patente US4415421A describe un procedimiento para la fabricación de capas decorativas doradas, que comprende la deposición de una capa protectora firme de TiN mediante evaporación por haz de electrones y la deposición de una capa de oro sobre la superficie de la capa de TiN mediante metalizado al vacío de oro.

15 La patente EP0201508B1 describe capas de TiN doradas, dotadas de oro y su procedimiento de fabricación.

No obstante, en el patente DE3134587C2 se menciona que para la aplicación práctica no es muy apropiado el oro como material para la fabricación de láminas doradas, ya que por un lado es caro y por otro lado no presenta una buena resistencia a la abrasión y por ello se deteriora fácilmente. Por este motivo en el documento DE3134587C2 se propone usar un revestimiento que presente en lugar de una capa dorada de oro, una capa dorada de una aleación de Cu-Sn-Al. La capa dorada de Cr-Sn-Al se debe aplicar en el revestimiento entre un revestimiento primario y un revestimiento final. Los revestimientos primario y final se pueden fabricar según el documento DE3134587C2 en tanto que se aplica cada vez una pintura de un material como poliéster, resina acrílica o poliuretano mediante pulverización o aplicación por cepillo, luego se calienta y a continuación se seca obteniendo un espesor predeterminado. Para la capa final se debe usar una pintura transparente.

20 Otra posibilidad de fabricar un revestimiento dorado sin tener que usar oro como material de capa se representa en la publicación para información de solicitud de patente DE3150039A1. Según el documento DE3150039A1 se fabrica una capa dorada sin oro de TiN y ZrN, que presenta una buena resistencia a la abrasión.

De manera similar el documento DE3731127C2 propone un procedimiento para el revestimiento decorativo de sustratos, en el que una capa dorada se deposita mediante evaporación por arco catódico de un objetivo de una aleación de Ti, Zr o TiZr, realizándose el revestimiento en una atmósfera reactiva que contiene gas nitrógeno, y presentando el objetivo una tensión negativa respecto al ánodo. El documento DE3731127C2 enseña que usando un objetivo de una aleación de TiZr y gas nitrógeno se pueden fabricar capas doradas, que presentan una composición $Ti_xZr_{1-x}N$ con $0 < x < 1$, y cuya impresión de color varía con x. Además, el documento DE3731127C2 enseña que usando un objetivo de Ti y gas nitrógeno como gas reactivo y adicionalmente también gases que contienen O_2 y/o C como gas de dosificación se pueden fabricar capas de TiN, que están dotadas con O_2 y/o C, y cuya impresión de color varía con el contenido relativo de dotación. Además, el documento DE3731127C2 enseña que usando un objetivo de Zr y gas nitrógeno como reactivo y adicionalmente también gases que contienen O_2 y/o C como gas de dosificación se pueden fabricar capas de ZrN de color de oro blanco, que están dotadas con O_2 y/o C, y cuya impresión varía con el contenido relativo de dotación.

45 La patente EP1614764B1 describe un objeto decorativo con un revestimiento dorado, cuyo color se consigue mediante la deposición de una multiplicidad de pares superpuestos de capas alternantes de TiN y ZrN, y situándose la relación entre el peso de Zr y la suma de los pesos de Zr y Ti en el revestimiento entre el 50% y 80%. Por un lado, esta estructura multicapa se preocupa de conferir un color conforme a aquel del oro 2N18 o 1N14 o 3N18 y, por otro lado, se hace posible que en el caso de desgaste de las capas exteriores siempre se mantenga la impresión de color. En el documento EP1614764B1 también se menciona que el procedimiento para la deposición de la capa decorativa sobre un objeto debe ser un procedimiento de pulverización, en el que se usan fuente de pulverización que contienen Ti y Zr.

55 R. Hallman informa en su tesina de licenciatura "A Study of TiN Coatings on Medical Implants Deposited by HiPIMS", que se ha realizado en la Universidad Técnica de Luleåin en Suecia, que pudo fabricar capas de TiN con distintas impresiones de color de amarillo dorado hasta parduzco mediante HIPIMS. Hallmann menciona que se pudo constatar una fuerte influencia de propiedades de capa determinadas, como p. ej. porosidad y densidad, en la impresión de color y también se ha encontrado una correlación sencilla entre impresión de color y contenido de oxígeno.

60 En la revista Surface and Coatings Technology 116-119 (1999) 278-283, Roquiny informa sobre la influencia del contenido de nitrógeno en el color de las capas de TiN que se depositan usando procesos de pulverización reactivos. El color de las capas de TiN depositadas varió según Roquini del gris metálico a través del oro hasta rojo parduzco en el caso de elevación del flujo de nitrógeno.

65 A.P. Ehasarian et. al. informan en "influence of high power impulse magnetron sputtering plasma ionization on the

microstructure of TiN thin films" Journal of applied physics 109, 104314 (2011) sobre la deposición de TiN mediante HIPIMS. No obstante, la generación de colores de capa homogéneos con el revestimiento mediante procesos reactivos de pulverización o HIPIMS supone un gran desafío. En el revestimiento mediante procesos reactivos de pulverización o HIPIMS se usa con frecuencia un objetivo metálico como fuente de material de pulverización, a este respecto, se usa al menos un gas reactivo que reacciona al menos parcialmente con el material de la superficie objetivo, de manera que las zonas de la superficie objetivo se recubren con el material cerámico en general, resultante de la reacción. El grado de recubrimiento depende de los parámetros del proceso, por ejemplo, muy fuertemente del flujo de gas reactivo. Este fenómeno se menciona normalmente envenenamiento del objetivo. Se dice que un objetivo está completamente envenenado cuando la superficie objetivo está totalmente recubierta. Básicamente el envenenamiento del objetivo representa una gran problemática para la fabricación de capas decorativas mediante procesos reactivos de pulverización o HIPIMS, ya que en tales procesos el envenenamiento del objetivo conduce normalmente a la aparición de comportamientos de histéresis con vistas a los parámetros del proceso y en general a inestabilidades del proceso.

Por lo tanto no es rentable la fabricación industrial de capas decorativas con color de capa homogéneo mediante procesos reactivos de pulverización o HIPIMS, en particular no cuando se deberían usar cámaras de revestimiento de grandes dimensiones, ya que en este caso todavía sería mayor la inhomogeneidad del color de capa resultante en los sustratos revestidos que están distribuidos sobre la cámara de revestimiento.

Además, hay una problemática adicional en el uso de procesos HIPIMS, a saber, que debido a la variación en virtud del pulso de la potencia de pulverización usada aparecen oscilaciones de la presión parcial reactiva en la cámara de revestimiento durante el proceso de revestimiento, que también conducen a una inhomogeneidad del color de capa resultante.

Objetivo de la presente Invención

El objetivo de la presente invención es proporcionar un procedimiento para el revestimiento de superficies de sustratos con capas decorativas de material duro que, por un lado, le confieren a las superficies revestidas un aspecto en color permanente y, por otro lado, posibilite un ajuste sencillo de una impresión de color homogénea.

Descripción de la presente Invención

El objetivo de la presente invención se consigue al proporcionar un procedimiento según la reivindicación 1.

El inventor ha encontrado que sorprendentemente es posible producir capas de material duro con una impresión de color muy homogénea, una dureza muy elevada y una superficie de capa muy lisa mediante procesos reactivos HIPIMS, que debido a estar propiedades de capa son muy apropiados en particular para aplicaciones decorativas, cuando en el proceso HIPIMS se usan pulsos de potencia y/o secuencias de pulsos de potencia con un contenido energético referido a la superficie objetivo de al menos, preferentemente mayor de 0,2 Joule/cm² por pulso de potencia o por secuencia de pulsos de potencia. Bajo una secuencia de pulsos de potencia entendemos un paquete de pulsos de potencia.

La figura 4 muestra representaciones a modo de ejemplo de posibles desarrollos de potencia en el objetivo, para establecer una mejor comprensión de los términos usados en el marco de la presente invención.

Bajo el término "pulsos de potencia o secuencia de pulsos de potencia con un contenido energético referido a la superficie objetivo", en el sentido de la presente invención se entiende el contenido energético total que se introduce en la superficie objetivo durante la duración del pulso, t_{pulso} , de un pulso de potencia 1 o durante la duración de la secuencia, $t_{\text{secuencia de pulsos}}$, de una secuencia de pulsos de potencia 3, considerándose como superficie objetivo la superficie del objetivo sobre la que se proyecta de forma efectiva el plasma durante la duración del pulso, t_{pulso} , del pulso de potencia 1 o durante la duración de la secuencia (duración del paquete de pulsos), $t_{\text{secuencia de pulsos}}$, de una secuencia de pulsos de potencia 3. Esta superficie objetivo también se designa con frecuencia como "Racetrack" y se puede reconocer en el objetivo como superficie de remoción.

El contenido energético requerido según la invención en un pulso de potencia 1 durante el proceso HIPIMS se puede conseguir, por ejemplo, mediante el ajuste de una potencia del pulso, P, correspondientemente muy elevada y/o una longitud de pulso o duración del pulso, t_{pulso} , correspondientemente muy grande. La potencia del pulso, P, correspondiente y duración del pulso, t_{pulso} , naturalmente sólo se pueden ajustar tan grandes que el material del objetivo no se sobrecargue térmicamente en la disposición de cámara de revestimiento correspondiente. De manera similar el contenido energético total según la invención, requerido en una secuencia de pulsos de potencia 3 durante el proceso HIPIMS se puede conseguir mediante un ajuste de las potencias de pulso, P, de los pulsos que forman la secuencia o el paquete de pulsos dentro de una secuencia de pulsos de potencia 3 y/o mediante el ajuste de la duración de la secuencia, $t_{\text{secuencia de pulsos}}$, de la secuencia de pulsos de potencia 3.

Los procesos HIPIMS realizados según la invención discurren de forma muy estable y sorprendentemente ni la estabilidad del proceso ni la homogeneidad de las propiedades de capa importantes para aplicaciones decorativas de las capas de material duro fabricadas de esta manera se menoscaban debido a posibles fenómenos de envenenamiento del objetivo y/o oscilaciones de la presión parcial reactiva.

Concretamente la presente invención se refiere a un procedimiento para el revestimiento al menos de zonas parciales de la superficie de un sustrato o para la fabricación de sustratos con una zona de superficie con una capa decorativa de material duro en una cámara de revestimiento, aplicándose para la fabricación de la capa de material duro un proceso reactivo HIPIMS, en el que se usa al menos un gas reactivo, y se usa al menos un objetivo de un material que puede reaccionar con el gas reactivo durante la realización del proceso HIPIMS, de manera que de este modo se produce un color de capa predeterminado, realizándose el proceso HIPIMS usando pulsos de potencia y/o secuencias de pulsos de potencia con un contenido energético referido a la superficie objetivo de al menos, preferentemente mayor de 0,2 Joule/cm² por pulso de potencia o por secuencia de pulsos de potencia y de este modo se genera una impresión de color homogénea de la capa de material duro.

No se puede excluir que, junto a los pulsos de potencia y/o secuencias de pulsos de potencia (paquetes de pulsos de potencia) que satisfacen estos requisitos, también se puedan usar pulsos de potencia y/o secuencias de pulsos de potencia (paquetes de pulsos de potencia), que no satisfacen el requisito mencionado, a saber respecto al contenido energético. A este respecto, se puede suponer que al menos el 50% de los pulsos de potencia y/o secuencias de pulsos de potencia aplicados deberían satisfacer el requisito mencionado. En la forma de realización actual, prácticamente todos los pulsos de potencia o secuencias de pulsos de potencia satisfacen el requisito mencionado o los requisitos todavía a mencionar aún más estrictos.

A continuación se puede usar un funcionamiento mixto con pulsos de potencia y con secuencias de pulsos de potencia.

A continuación se indica que la sollicitación térmica del objetivo, mediante potencia del pulso y duración del pulso o mediante potencias de pulso individuales y duración de la secuencia (duración del paquete de pulsos) también se determina por el Duty-Cycle seleccionado, es decir por

- la relación de duración del pulso (tiempo ON) respecto a periodo del pulso (tiempo ON + tiempo OFF) en el caso de pulsos de potencia o
- la relación de duración (de la secuencia) del paquete de pulsos respecto al periodo del paquete de pulsos (paquete de pulsos tiempo ON + paquete de pulsos tiempo OFF).

Preferentemente el contenido energético de al menos, preferentemente mayor de 0,2 Joule/cm² por pulso de potencia o por secuencia de pulsos de potencia se introduce ajustando una densidad de potencia de al menos, preferentemente mayor de 100 W/cm², preferentemente con una densidad de corriente de al menos, preferentemente mayor de 0,2 A/cm².

Según una forma de realización preferida de la presente invención, el proceso HIPIMS se realiza usando pulsos de potencia y/o secuencias de pulsos de potencia con un contenido energético referido a la superficie objetivo de al menos, preferentemente mayor de 1 Joule/cm² por pulso de potencia o por secuencia de pulsos de potencia.

Preferentemente este contenido energético por pulso de potencia o por secuencia de pulsos de potencia se introduce ajustando una densidad de potencia de al menos, preferentemente mayor de 500 W/cm², preferentemente con una densidad de corriente de al menos, preferentemente mayor de 1 A/cm².

Según una forma de realización especialmente preferida de la presente invención, el proceso HIPIMS se realiza usando pulsos de potencia y/o secuencias de pulsos de potencia con un contenido energético referido a la superficie objetivo de al menos, preferentemente mayor de 10 Joule/cm² por pulso de potencia o por secuencia de pulsos de potencia.

Preferentemente este contenido de potencia se introduce ajustando una densidad de potencia de al menos, preferentemente mayor de 1000 W/cm², preferentemente con una densidad de corriente de al menos, preferentemente mayor de 2 A/cm².

Preferentemente la concentración del gas reactivo en la cámara de revestimiento se controla mediante la regulación – control o reglaje – de un flujo de gas reactivo.

La presente invención se describe aún más a continuación mediante algunos ejemplos y por las figuras 1 a 3:

La Figura 1 muestra las coordenadas de color CIELab a* y b*, que se han medido de las capas de TiN y TiCN fabricadas según la invención, que se han depositado con flujo de gas nitrógeno creciente o con flujo de gas acetileno creciente. Mediante el ajuste de distintos flujos de gas nitrógeno se pudieron fabricar capas TiN con distintos estándares de oro. De manera similar se pudieron fabricar capas TiCN con distintos colores mediante el ajuste de distintos flujos de gas acetileno.

La Figura 2 muestra las coordenadas de color CIELab a* y b* y los factores de luminosidad L*, que se han medido de capas TiCN depositadas según la invención, que se han aplicado en el mismo lote de revestimiento de los objetivos de Ti y usando un flujo de gas reactivo que contiene N₂ y C₂H₂ sobre diferentes

5 sustratos. Los sustratos se han distribuido desde el principio del procedimiento de revestimiento a lo largo de la altura de la cámara de revestimiento, a fin de verificar la homogeneidad de la impresión de color respecto a la altura de la cámara de revestimiento. Se pudo confirmar una homogeneidad muy buena del color de capa dentro de la cámara de revestimiento. La altura de revestimiento o la altura de la cámara de revestimiento definida para el revestimiento de sustratos era en este ejemplo de 400 mm, no obstante, la altura de revestimiento para la realización de un proceso según la invención no está limitada a esta altura, es decir, la altura de revestimiento también puede ser mayor o menor.

10 La Figura 3 muestra las coordenadas de color CIELab a^* y b^* y los factores de luminosidad L^* , que se han medido de capas de TiN doradas depositadas según la invención, que se han aplicado en el mismo lote de revestimiento de los objetivos de Ti y usando un flujo de gas reactivo que contiene N_2 sobre diferentes sustratos. Los sustratos se han distribuido desde el principio del procedimiento de revestimiento a lo largo de la altura de la cámara de revestimiento, a fin de verificar la homogeneidad de la impresión de color respecto a la altura de la cámara de revestimiento. Se pudo confirmar una homogeneidad muy buena del color de capa dentro de la cámara de revestimiento. La altura de revestimiento o la altura de la cámara de revestimiento definida para el revestimiento de sustratos era en este ejemplo de 400 mm, no obstante, la altura de revestimiento para la realización de un proceso según la invención no está limitada a esta altura, es decir, la altura de revestimiento también puede ser mayor o menor.

20 Se puede constatar una homogeneidad excelente de la impresión de color a lo largo de toda la altura de capa en el caso de las capas de TiCN y TiN depositadas según la invención, según se puede ver en las Figura 2 y 3.

25 Las capas doradas con una estructura de capa multicapa de varias capas delgadas de TiN y ZrN depositadas de forma alternante también se pueden fabricar de forma excelente usando un procedimiento según la presente invención. Por ejemplo, en tanto que en el mismo proceso de revestimiento HIPIMS se usa gas nitrógeno como gas reactivo y al menos un objetivo HIPIMS de Ti y un objetivo HIPIMS de Zr se posiciona y opera en la cámara de revestimiento, de manera que sobre los sustratos a revestir se depositan de forma alternante capas de TiN y ZrN.

30 Según la presente invención se pueden producir de forma muy sencilla distintos colores del estándar de oro en las capas de material duro depositadas según la invención mediante el ajuste de diferentes flujos de nitrógeno, en particular al usar objetivos que contienen Ti o preferentemente de objetivos que se componen de titanio.

Según la invención el flujo de nitrógeno se puede regular exactamente de modo que la impresión de color se corresponde preferentemente con un color conforme a aquel de oro 2N18 o 1N14 o 3N18.

35 El inventor ha constatado que las capas de material duro con colores bonitos para aplicaciones decorativas se pueden fabricar usando objetivos que comprenden titanio o titanio y aluminio o zirconio.

40 Según una forma de realización preferida de un procedimiento según la invención se usa al menos un objetivo que se compone de titanio, de titanio y aluminio o de zirconio.

45 Para la fabricación de nitruros, óxidos, carburos, oxinitruros o carbonitruros, que le pueden dar a las capas fabricadas según la invención las distintas propiedades de capa e impresiones de color, se puede hacer entrar gas nitrógeno o gas oxígeno o un gas que contiene carbono, por ejemplo, C_2H_2 o CH_4 , o una mezcla de los mismos, por ejemplo N_2 y C_2H_2 , en la cámara de revestimiento para la realización del proceso HIPIMS.

Preferentemente se aplica un revestimiento según la presente invención sobre sustratos en los que la capa de material duro debe tener una función decorativa.

50 Los procedimientos según la invención aquí descritos son muy apropiados en particular para el revestimiento de diferentes objetos decorativos como sustratos, que se pueden componer de diferentes materiales. Una ventaja muy grande en el uso de un procedimiento según la presente invención para la fabricación de capas decorativas de material duro es que también se es capaz de revestir sustratos sensibles a la temperatura, que no se deben exponer, por ejemplo, a temperaturas por encima de $200^\circ C$. Esto es posible, ya que los procesos HIPIMS según la invención se pueden realizar de modo que la duración de un pulso de potencia, t_{pulsos} , o la duración de los pulsos individuales dentro de una secuencia de pulsos de potencia o la duración de una secuencia de pulsos de potencia, $t_{secuencia\ de\ pulsos}$, así como las pausas entre pulsos (Duty-Cycle) y la superficie objetivo determinante se pueden seleccionar de modo que se pueden mantener temperaturas de revestimiento muy bajas, es decir, temperaturas de sustrato muy bajas durante el proceso de revestimiento, sin que se produzcan inestabilidades de proceso.

60 Según la invención se pueden producir capas de material duro con diferentes colores del estándar de oro mediante el ajuste de un flujo de nitrógeno correspondiente, pero también se pueden ajustar otras capas de material duro cuya impresión de color en zona de revestimiento grande mediante el ajuste del flujo de gas reactivo usado correspondientemente o de la concentración de diferentes gases reactivos.

65 En el marco de la presente invención se han fabricado según la invención, por ejemplo, capas decorativas de material duro con color predeterminado e impresión de color excelentemente homogénea, dureza muy elevada y

superficie súper lisa. Los flujos de gas reactivo usados, así como las propiedades mecánicas medidas de las capas de material duro fabricadas están inscritos en la tabla 1. Todos los procesos se han realizado con temperaturas de sustrato entre 150° C y 500° C.

- 5 Tabla 1: Flujos de gas reactivo usados y propiedades mecánicas de las distintas capas de material duro de TiN, TiCN y TiC depositadas según la invención para la consecución de distintos colores homogéneos predeterminados para aplicaciones decorativas

Ejemplo	Ar [sccm]	N ₂ [sccm]	C ₂ H ₂ [sccm]	Dureza _{HIT} [GPa]	Módulo de elasticidad [GPa]
1	210	50	0	33	420
2	210	50	6	32	440
3	210	50	14	37	400
4	210	30	20	36,3	450
5	210	40	20	44	462
6	210	20	24	38,3	426
7	150	30	30	42,4	465

- 10 La estabilidad mecánica muy elevada de estas capas de material duro o la combinación muy buena de dureza y módulo de elasticidad, hacen posible que estas capas le confieran a los objetos a revestir con ellas un aspecto de color permanente.
- 15 Estas capas presentan una adherencia muy buena al sustrato y tienen una resistencia al desgaste muy elevada. Por lo tanto estas capas decorativas de material duro se pueden usar durante años.
- Los procedimientos según la presente invención hacen posible que se consigan impresiones de color muy homogéneas, incluso cuando los sustratos presentan grandes superficies a revestir.
- 20 Los procedimientos según la presente invención son ventajosos en particular cuando se deben distribuir varios sustratos a lo largo de la altura de una gran cámara de revestimiento y se debe conseguir una impresión de color homogénea en todos los sustratos.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para el revestimiento al menos de zonas parciales de la superficie de un sustrato o para la fabricación de sustratos con una zona de superficie con una capa decorativa de material duro en una cámara de revestimiento, en el que para la fabricación de la capa de material duro se aplica un proceso reactivo HIPIMS, en el que se utiliza al menos un gas reactivo, y se usa al menos un objetivo de un material que puede reaccionar con el gas reactivo durante la realización del proceso HIPIMS, de manera que de este modo se produce un color de capa predeterminado, en el que el proceso HIPIMS se realiza usando pulsos de potencia y/o secuencias de pulsos de potencia con un contenido energético referido a la superficie objetivo de al menos $0,2 \text{ Joule/cm}^2$ por pulso de potencia (1) y/o por secuencia de pulsos de potencia (3), **caracterizado por que** el objetivo comprende titanio o titanio y aluminio o zirconio.
- 10 2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el contenido energético referido a la superficie objetivo en los pulsos de potencia y/o secuencias de pulsos de potencia es al menos de 1 Joule/cm^2 por pulso de potencia (1) o por secuencia de pulsos de potencia (3).
- 15 3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el contenido energético referido a la superficie objetivo en los pulsos de potencia y/o secuencias de pulsos de potencia es al menos de 10 Joule/cm^2 por pulso de potencia (1) o por secuencia de pulsos de potencia (3).
- 20 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el contenido energético referido a la superficie objetivo en los pulsos de potencia y/o secuencias de pulsos de potencia se aplica ajustando la densidad de potencia por pulso de potencia (1) o por secuencia de pulsos de potencia (3).
- 25 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores 1 a 3, **caracterizado por que** el contenido energético referido a la superficie objetivo en los pulsos de potencia y/o secuencias de pulsos de potencia se aplica mediante el ajuste de la duración del pulso de potencia (t_{pulso}) o de la duración de la secuencia de pulsos de potencia ($t_{\text{secuencia de pulsos}}$).
- 30 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 4 ó 5, **caracterizado por que** se ajusta una densidad de potencia de al menos 100 W/cm^2 .
- 35 7. Procedimiento según la reivindicación 6, **caracterizado por que** se ajusta una densidad de potencia de al menos 500 W/cm^2 .
- 40 8. Procedimiento según la reivindicación 7, **caracterizado por que** se ajusta una densidad de potencia de al menos 1000 W/cm^2 .
- 45 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la duración de un pulso de potencia, t_{pulso} , o la duración del pulso individual dentro de una secuencia de pulsos de potencia o la duración de una secuencia de pulsos de potencia, $t_{\text{secuencia de pulsos}}$, así como las pausas entre pulsos correspondientes (Duty-Cycle) y la superficie objetivo determinante se seleccionan de manera que una temperatura del sustrato no aumenta por encima de 200°C durante el proceso de revestimiento.
- 50 10. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** como gas reactivo se usa gas nitrógeno, gas oxígeno o un gas que contiene carbono o una mezcla de los mismos.
11. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el objetivo se compone de titanio o de titanio y aluminio o de zirconio.
12. Procedimiento según la reivindicación 11, **caracterizado por que** el objetivo se compone de titanio y como gas reactivo se usa gas nitrógeno, controlándose la concentración de gas nitrógeno en la cámara de revestimiento mediante la regulación de un flujo de gas nitrógeno y regulándose el flujo de gas nitrógeno de manera que la impresión de color de un color se corresponda correspondientemente con aquella del oro 2N18 o 1N14 o 3N18.

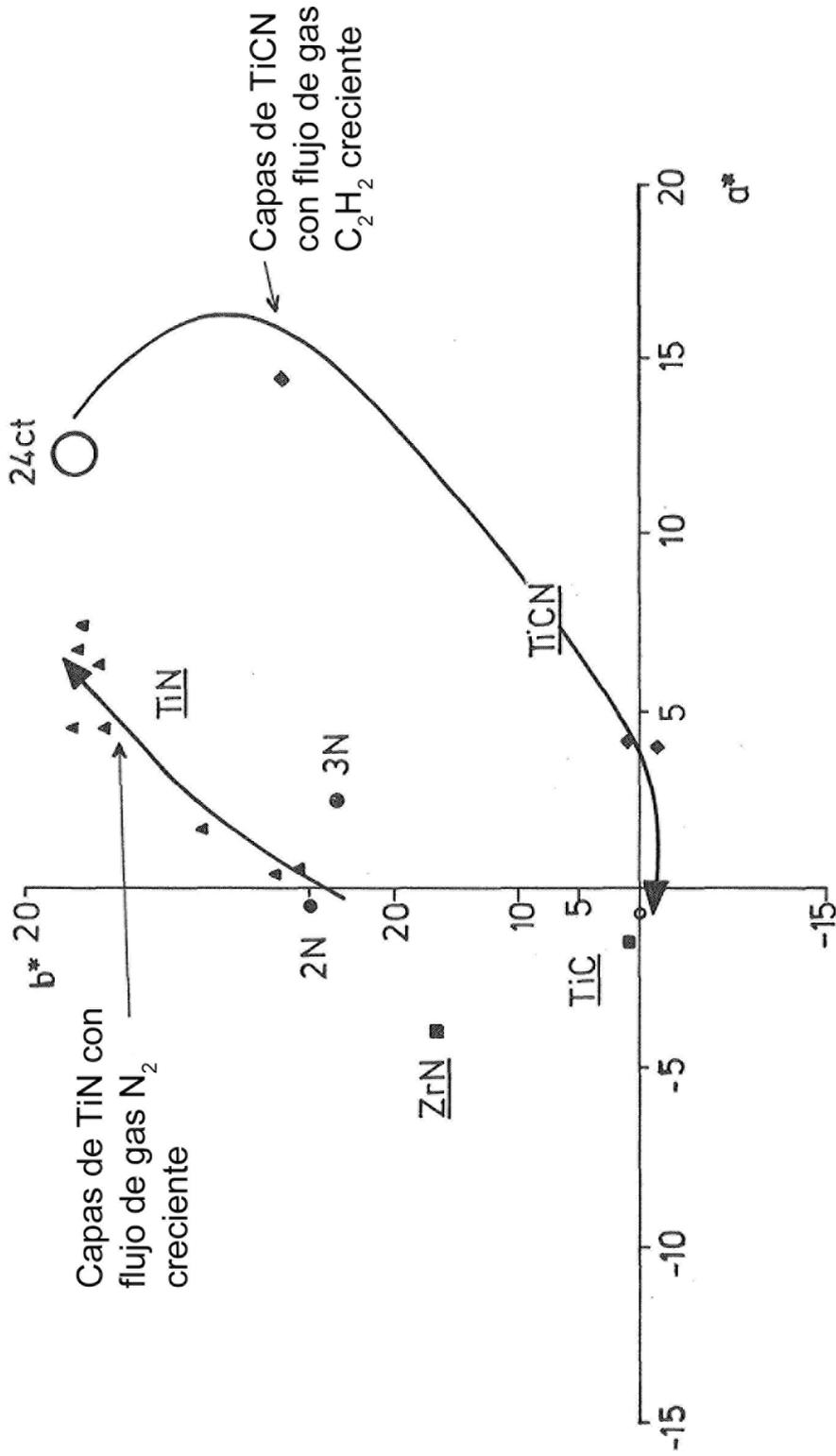
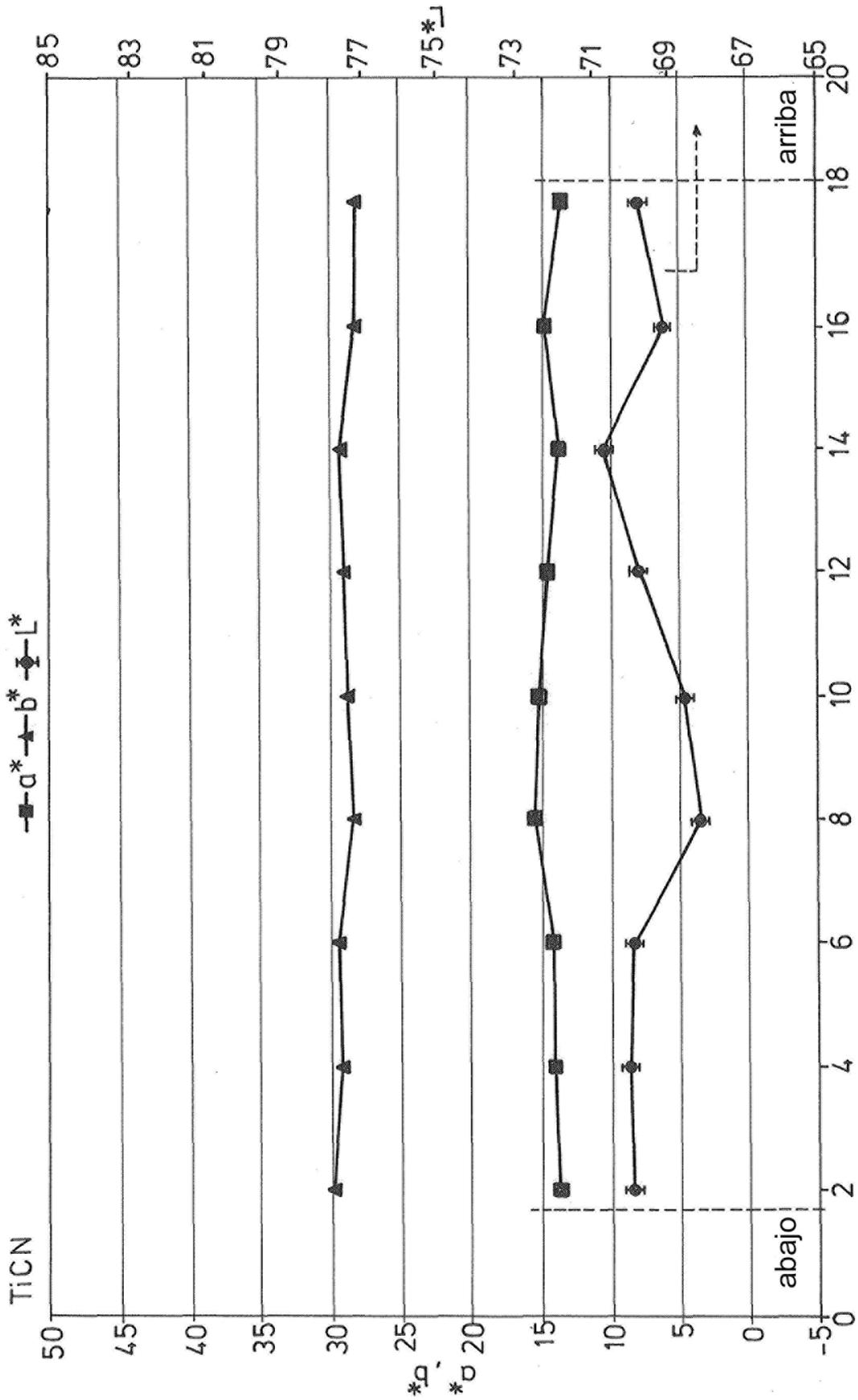
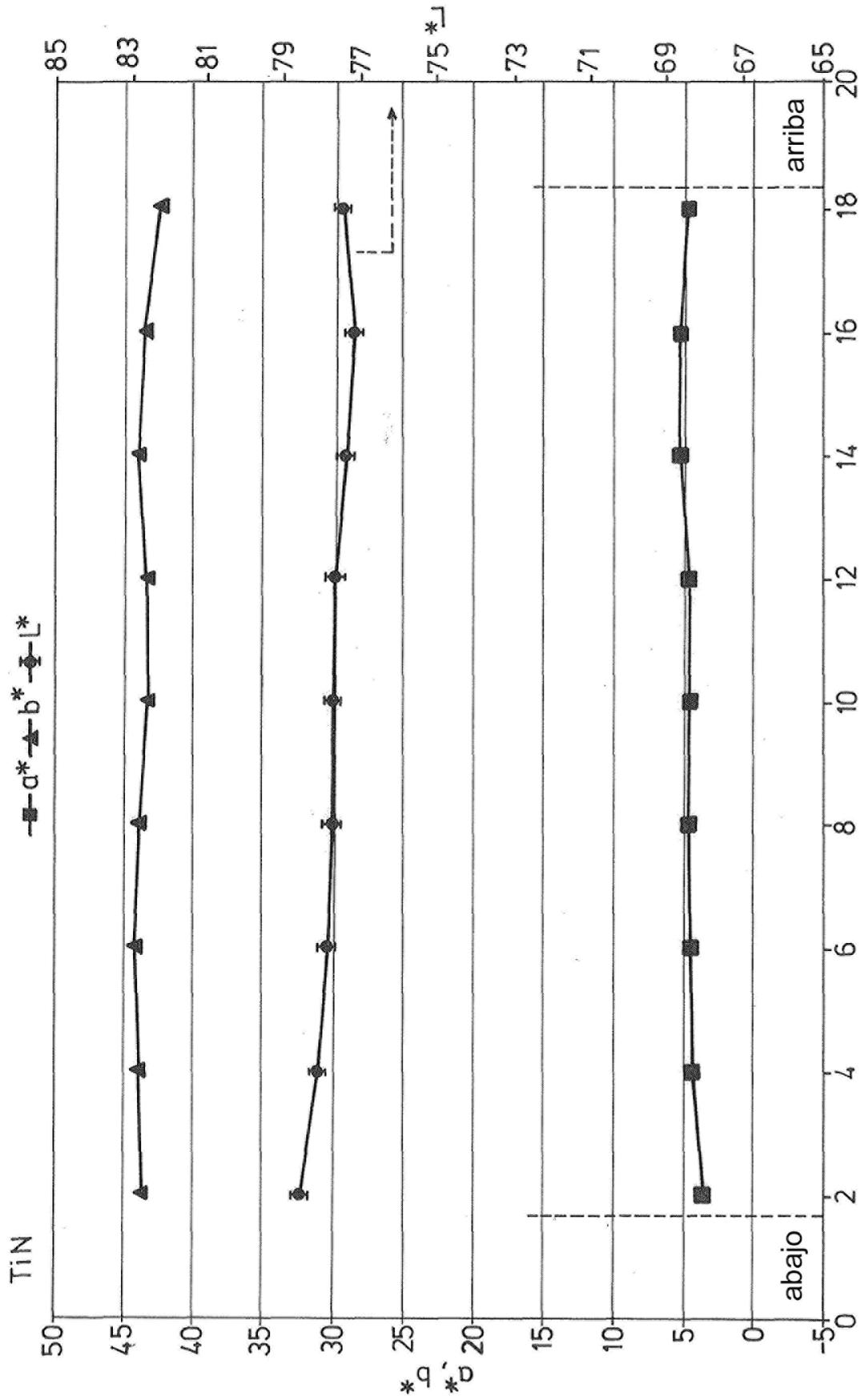


FIG.1



Posición de los sustratos a revestir a lo largo de la altura de la cámara de revestimiento

FIG.2



Posición de los sustratos a revestir a lo largo de la altura de la cámara de revestimiento

FIG.3

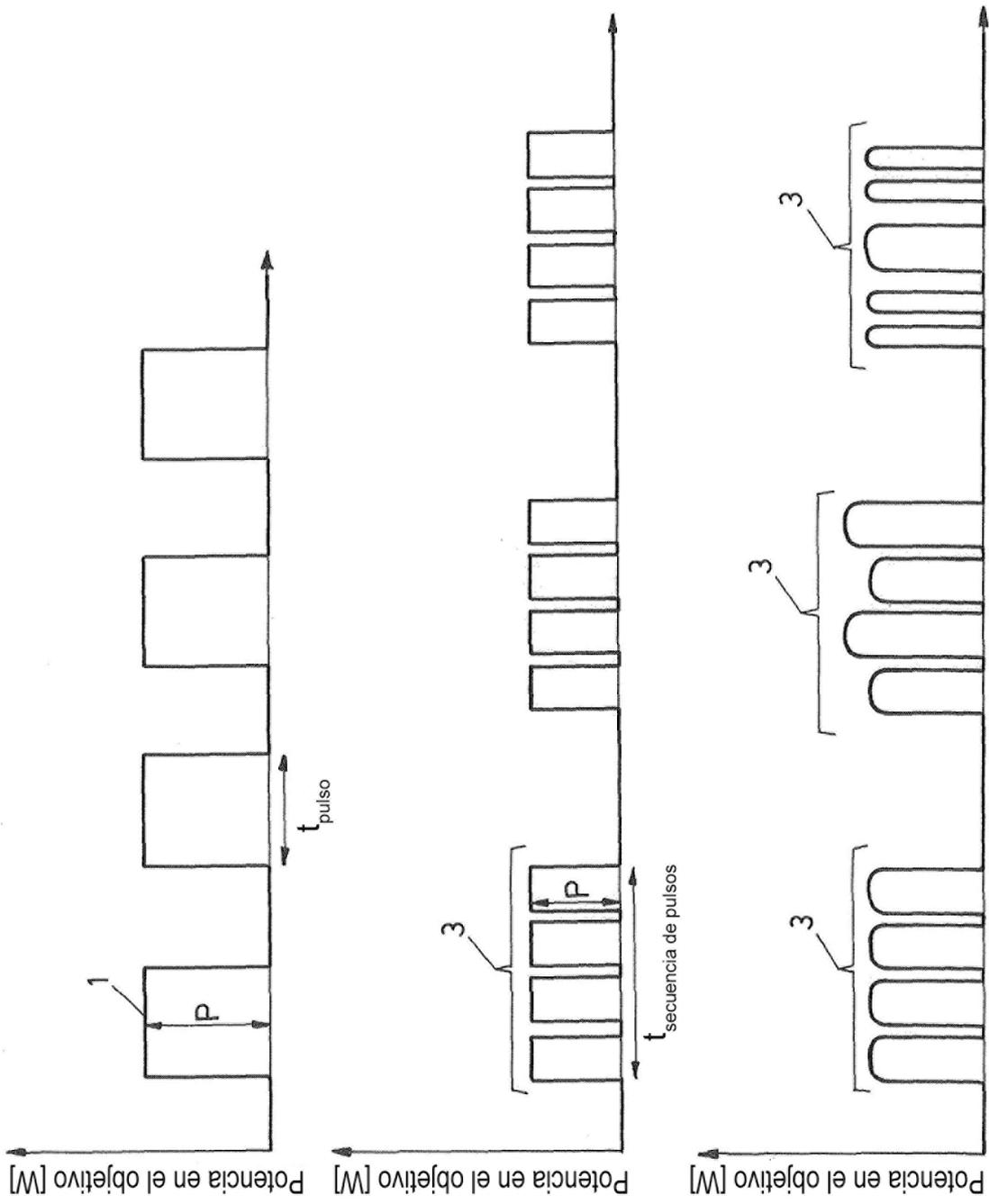


FIG.4