

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 641 835**

51 Int. Cl.:

**C23C 4/134** (2006.01)

**B05B 7/22** (2006.01)

**B05B 12/14** (2006.01)

**C23C 4/01** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.09.2013 E 13184028 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.08.2017 EP 2711441**

54 Título: **Equipo y procedimiento para un sistema de recubrimiento**

30 Prioridad:

**21.09.2012 DE 102012108919**

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

**14.11.2017**

73 Titular/es:

**Maschinenfabrik Reinhausen GmbH (100.0%)  
Weidener Strasse 16  
93057 Regensburg, DE**

72 Inventor/es:

**NETTESHEIM, STEFAN y  
FORSTER, KLAUS**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 641 835 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

Equipo y procedimiento para un sistema de recubrimiento.

- 5 La invención se refiere a un equipo de recubrimiento para el recubrimiento de un sustrato con un equipo de generación de plasma según el preámbulo de la reivindicación 1. Además, la invención se refiere a un procedimiento para el recubrimiento de un sustrato según el preámbulo de la reivindicación 11.

Antecedentes de la invención

- 10 Para el perfil de requerimiento complejo de objetivos técnicos de ingeniería y de materiales implica de manera creciente el uso de combinaciones de materiales incluso en forma de materiales compuestos o sistemas de capas. Tales sistemas de capas pueden ser usados de muchas maneras, por ejemplo, como capas de protección o de funcionalidad sobre cuerpos contra solicitaciones corrosivas, térmicas, químicas o biológicas. Para la producción de  
15 tales compuestos de materiales o capas se aplican actualmente diferentes tecnologías. De tal manera, frecuentemente se usan la deposición química de gases (chemical vapor deposition CVD) o la deposición física de gases (physical vapor deposition PVD). También son procedimientos establecidos la soldadura heterogénea, el soldeo por difusión o prensado de compuestos pulvimetalúrgicos con posibles operaciones de forjado posteriores. De tal manera, las capas son aplicados a un sustrato compacto por medio de la fase de fusión líquida (pulverización  
20 líquida) o por medio de fases de vapor (PVD) o de gas (CVD) sobre un material de sustrato compacto o como partes compactas unidas directamente mediante un material auxiliar (soldadura heterogénea) o mediante la aplicación simultánea de presión y temperatura (soldadura por difusión).

- 25 No obstante, estas tecnologías conocidas presentan limitaciones en términos específicos de proceso. Así, las características de recubrimiento desfavorables, por ejemplo porosidad abierta o fisuras en la capa reducen el efecto protector frente a medios reactivos. También es posible que debido a gradientes de temperatura entre los materiales frecuentemente permanezcan durante la fabricación de compuestos en capas tensiones residuales en la zona influenciada térmicamente de los componentes estructurales. Por tal motivo se requieren con frecuencia  
30 tratamientos ulteriores.

Estado actual de la técnica

- 35 Estas desventajas muchas veces pueden ser reducidas o evitadas completamente mediante la aplicación directa de capas con ayuda de un chorro de plasma al que se incorpora polvo. Un procedimiento de este tipo se conoce, por ejemplo, por el documento US 5.853.815. En dicho documento se propone recubrir homogéneamente un sustrato, cubriendo un chorro de plasma toda la anchura del sustrato. Para ello se conecta un depósito de partículas por medio de un conducto directamente con una unidad generadora de plasma. Una gran diferencia de presión entre la antorcha de recubrimiento de la unidad generadora de plasma y el entorno de la antorcha de recubrimiento produce un modelo de choque que hace que la corriente de recubrimiento sea abanicada ampliamente y el material de  
40 recubrimiento bien distribuido en el chorro de plasma. De tal manera es posible aplicar combinaciones variables de materiales sobre un sustrato. Para ello se usa, por ejemplo, un polvo que se compone de una mezcla de diferentes clases de materiales. De esta manera es posible con una apropiada conducción de boquillas aplicar combinaciones variables de materiales sobre sustratos conformados complejos. De este modo es posible incorporar a una matriz elástica, por ejemplo, un material muy resistente a la abrasión pero frágil. También, durante el proceso de  
45 recubrimiento es posible sinterizar polvo que se compone de múltiples componentes metálicos de grano fino.

- 50 Por el documento DE 199 58 473 A1 se conoce un procedimiento y un equipo, aplicando con ayuda de un proceso de plasma una estructura multicapas sobre un sustrato. De tal manera es posible seleccionar de un amplio espectro las propiedades de las diferentes capas. Para ello se propone alimentar el chorro de plasma saliente del dispositivo de generación de plasma la especie formadora de una capa, los denominados materiales precursores, en forma de polvo, gases o líquidos, que después son transformados en el plasma de tal manera química o físicamente que son precipitados sobre el sustrato en forma de cluster en escala nano o micro. De tal manera, cuando se introducen  
55 materiales precursores de propiedades diferentes en distintas partes del chorro de plasmase se puede aplicar un sistema de capas compuesto.

Una desventaja de este proceder al aplicar capas sobre sustratos consiste en que en el proceso está determinada la propiedad de la capa a aplicar.

- 60 La solicitud internacional PCT/DE2006/000638, dada a conocer como WO 2006/108395 A1, describe un equipo y un procedimiento para el recubrimiento por plasma. De tal manera, se da a conocer un soplete de plasma con varias etapas de expansión, presentando cada etapa de expansión un dispositivo de alimentación para un material de recubrimiento. A las etapas de expansión se conecta una cámara de mezcla en la cual los materiales de recubrimiento son mezclados entre sí y con el plasma.

- 65 La descripción de patente alemana DE 10 2008 053 640 B3 da a conocer un proceso de recubrimiento en el cual se

pulveriza una capa sobre un objeto. El material a pulverizar es fundido mediante un arco voltaico a partir de alambres. Mediante un inyector puede incorporarse un aglutinante al chorro de pulverización.

5 La patente US 3.912.235 describe un equipo para la producción de un recubrimiento de composición variable. De tres depósitos de polvo se conduce, en cada caso, polvo a un elemento mezclador en el cual se mezclan los polvos. De allí, la mezcla de polvos resultantes llega, en última instancia, a una pistola térmica de proyección, quizá a base de plasma. La relación de mezcla de los polvos de los distintos depósitos es regulado mediante el control de los diferentes depósitos, en particular puede controlarse una presión de gas aplicada a los distintos depósitos.

10 La solicitud de patente europea EP 0 139 396 A1 se refiere a un álabe de turbina recubierta y describe un equipo para la realización del recubrimiento. De tal manera, se extrae un polvo de cada uno de dos depósitos de polvo y se suministra a un recipiente mezclador desde donde, en última instancia, es llevado a un chorro de plasma que lo aplica sobre el álabe de turbina. Mediante el control de ambos depósitos de polvo se varía en el recubrimiento la proporción de la mezcla de ambos polvos.

15 La patente US 4.391.860 muestra un equipo de recubrimiento en el cual una mezcla de polvos es alimentada a un equipo de proyección. La composición de la mezcla de polvos es regulada mediante el control de los sistemas de alimentación para los distintos polvos.

20 El objetivo de la presente invención consiste en proponer un equipo mediante el cual se hace posible el recubrimiento de un sustrato, siendo las propiedades de la capa a aplicar variables incluso durante el proceso de recubrimiento. Otro objetivo de la invención consiste en proponer un procedimiento con el cual sea posible configurar de manera más variable las opciones de recubrimiento de sustratos.

25 Según la invención, dicho objetivo se consigue mediante un equipo de recubrimiento para el recubrimiento de un sustrato mediante un equipo de generación de plasma con las características de la reivindicación 1. Con vistas al procedimiento, el objetivo se consigue mediante un procedimiento para el recubrimiento de un sustrato con las características según la reivindicación 11.

30 Por consiguiente, se propone un equipo de recubrimiento para el recubrimiento de un sustrato. El mismo presenta un equipo de generación de plasma para la generación de un chorro de plasma, en el cual de un cabezal de recubrimiento del equipo de generación de plasma sale el chorro de plasma. Las partículas de un primer depósito de partículas pueden ser suministradas al chorro de plasma por medio de un conducto de transporte. Está previsto un segundo depósito de partículas del cual del mismo modo pueden suministrarse partículas al chorro de plasma por medio de un conducto de transporte. Mediante un dispositivo dosificador en el conducto de transporte puede ajustarse la cantidad de partículas del primer depósito de partículas respecto de la cantidad de partículas del segundo depósito de partículas. De tal manera, es ventajoso que dicha relación de cantidades puede ser variado incluso durante el proceso de recubrimiento. Así también es posible producir un perfil de recubrimiento cambiante sobre la superficie del sustrato.

40 En una forma de realización preferente del equipo de recubrimiento se ha previsto un regulador para regular la cantidad de la mezcla de partículas suministradas al chorro de plasma. En este caso, el regulador puede estar configurado de manera que la cantidad de partículas suministradas pueda ser variada en amplios intervalos, incluso durante el proceso de recubrimiento. Además de ello, es posible configurar el regulador como interruptor, o realizar el regulador de tal manera que presente una función de interruptor, de manera que mediante dicho interruptor sea posible una liberación o interrupción del suministro de la mezcla de partículas al chorro de plasma.

50 En otra configuración de la invención se ha previsto una pluralidad de depósitos de partículas. De tal manera, los depósitos de partículas pueden ser mezcladas entre sí en sus proporciones por medio de un dispositivo dosificador compartido o ser aplicado sobre la superficie del sustrato mediante cabezales de recubrimiento separados asignados.

55 Preferiblemente se ha previsto para cada depósito de partículas al menos un proceso separado con cuya ayuda es posible generar un polvo fluidificado a partir del depósito de partículas. El depósito de partículas y el gas de proceso asignado forma, en cada caso, una unidad de transporte de partículas. La unidad de transporte de partículas puede presentar una unidad de regulación de gas de proceso para la regulación de la proporción de mezcla compuesta de partículas y gas de proceso.

60 En otra forma de realización de la invención, el equipo de recubrimiento puede presentar al menos un segundo cabezal de recubrimiento y unidad de transporte de partículas adicional asignada al segundo cabezal de recubrimiento. La unidad de transporte de partículas presenta otro reservorio de partículas, un gas de proceso y una unidad de regulación de proceso. En esta configuración de la invención también es posible prever una pluralidad de cabezales de recubrimiento y, en cada caso, unidades de transporte de partículas asignadas.

65 Con vistas al procedimiento para el recubrimiento de un sustrato, el recubrimiento se produce en una primera

configuración mediante un equipo de recubrimiento que presenta un equipo de generación de plasma para la generación de un chorro de plasma y una cabeza de recubrimiento del cual sale el chorro de plasma. Para el recubrimiento del sustrato, por medio de un conducto de transporte se suministran partículas al chorro de plasma desde un primer depósito de partículas. Además, por medio de un dispositivo dosificador se mezclan partículas de un segundo depósito de partículas con aquellas del primer depósito de partículas y después se ingresan en el conducto de transporte y suministran al chorro de plasma como mezcla de partículas. A continuación, para la formación del recubrimiento, el chorro de plasma es dirigido a la superficie del sustrato junto con la mezcla de partículas. De tal manera, las partículas del primer depósito de partículas pueden ser fluidificadas mediante un gas de proceso y las partículas del segundo depósito de partículas fluidificadas mediante un segundo gas de proceso.

Una parte de la mezcla de partículas del primer depósito de partículas puede ser ajustada entre 10% y 90% y la parte de partículas del segundo depósito de partículas puede ser ajustada entre 10% y 90%. Además, durante el recubrimiento del sustrato es posible variar la parte de partículas del primer depósito de partículas respecto de la parte de partículas del segundo depósito de partículas cambiando durante la aplicación la relación de mezcla entre las primeras y segundas partículas.

En un proceso no acorde con la invención, el recubrimiento se produce mediante un equipo de recubrimiento que presenta un equipo de generación de plasma para la generación de un chorro de plasma y un cabezal de recubrimiento del cual sale el chorro de plasma. De tal manera, el sustrato es recubierto porque unas partículas de un primer depósito de partículas son suministradas por medio de un conducto de transporte al chorro de plasma en un primer punto de alimentación y unas partículas del segundo depósito de partículas son suministradas de tal manera al chorro de plasma en un segundo punto de alimentación, porque sobre el sustrato se genera una primera capa con partículas del primer depósito de partículas y una segunda capa con partículas del segundo depósito de partículas. Alternativamente, el primer y el segundo punto de alimentación también pueden ser escogidos de tal manera que sobre el sustrato se genere una capa de gradiente o una capa compuesta.

En otra configuración de este procedimiento, la segunda capa o la capa de gradiente o la capa compuesta puede ser cubierta de una capa adicional, siendo suministradas partículas de un tercer depósito de partículas a un conducto de transporte adicional y, a continuación, alimentadas al segundo chorro de plasma de un segundo cabezal de recubrimiento y después ser aplicadas sobre la segunda capa con partículas del segundo depósito de partículas o sobre la capa de gradiente o sobre la capa compuesta.

De este modo, con el procedimiento y el equipo según la invención es posible variar en un amplio espectro las propiedades de la capa a aplicar. Mediante una incorporación selectiva y regulada de los materiales de recubrimiento al proceso de recubrimiento por plasma se pueden aplicar capas compuestas funcionales. De tal manera, el espesor y la composición de la capa compuesta puede ser regulada de tal manera que las propiedades eléctricas, mecánicas y químicas pueden hacerse a medida. También se pueden producir sobre el sustrato múltiples capas, incluso con diferentes propiedades así como capas de gradiente.

Otras ventajas y configuraciones ventajosas de la invención son objeto de las siguientes figuras y de sus descripciones.

Muestran individualmente:

La figura 1, esquemáticamente un equipo de recubrimiento con un módulo de plasma;  
la figura 2, esquemáticamente un equipo de recubrimiento no según la invención, con un módulo de plasma;  
las figuras 3a – c, ejemplos en representación esquemática de las capas producibles mediante el equipo de recubrimiento;  
la figura 4, una representación esquemática de una secuencia de capas posible sobre un sustrato, después de un recubrimiento;  
la figura 5, una representación esquemática del principio de una capa de gradiente mediante un perfil de profundidad; y  
la figura 6, una representación esquemática de un ejemplo de un recubrimiento conductivo fabricado mediante el equipo de recubrimiento.

La figura 1 muestra esquemáticamente un equipo de recubrimiento 10 para el recubrimiento de un sustrato 12. El equipo de recubrimiento 10 presenta un módulo de plasma que incluye un cabezal de recubrimiento 26, una fuente para un gas de proceso 56 y una red de alimentación 58.

El cabezal de recubrimiento 26 se compone de una cámara de combustión 60 en la cual entre dos electrodos 62 y 64 es encendido un arco voltaico 20. Para mantener este arco voltaico 20 se le suministra energía eléctrica de la red de alimentación 58, de manera que según la modulación de la red de alimentación 58 se configura un chorro de plasma 22 continuo o un chorro de plasma 22 pulsado, que sale de la cara de efluencia 26A en el cabezal de recubrimiento 26. En la cara de afluencia 26E del cabezal de recubrimiento 26 se puede suministrar un gas de proceso de plasma 56, de manera que la cámara de combustión 60 es atravesada de manera regulada por el gas de

proceso de plasma 56. Al chorro de plasma 22 puede ser un suministrado por medio de un inyector 66, mostrado aquí como inyector externo, una mezcla de gas de proceso 30, 32 y partículas. Debido a la elevada densidad de energía en el chorro de plasma 22, las partículas pueden ser parcialmente aplicadas por fusión. Es así que pueden ser precipitadas sobre la superficie 12a del sustrato 12 como primera capa 50. Debido a que el sustrato 12 y el cabezal de recubrimiento 26 son móviles uno respecto del otro se puede de esta manera realizar una capa continua 50 sobre el sustrato 12.

En la forma de realización de la invención mostrada en la figura 1, la mezcla de partículas suministrada al inyector 66 procede de una primera unidad de transporte de partículas 34 y una segunda unidad de transporte de partículas 36. En cada una de las unidades de transporte de partículas 34, 36 se ha previsto una unidad de regulación del gas de proceso 38, 42. La misma permite, en cada caso, regular de manera independiente entre sí las partes de partículas en el gas de proceso 30, 32 respectivo. En caso de necesidad, en cada unidad de transporte de partículas 34, 36 se puede trabajar, en cada caso, con diferentes gases de proceso 30, 32 que entonces en los depósitos de partículas están adaptados, en cada caso, a las partículas usadas. Así, de la mezcla de partículas con los gases de proceso 30, 32 se generan fluidos que con la ayuda de un dispositivo dosificador 18 pueden ser mezcladas entre sí en diferentes proporciones. En este caso, la mezcla depende de la capa 50 deseada sobre el sustrato 12. Generalmente, la relación de mezcla de partículas entre sí es configurada de manera tal que la proporción de la mezcla de partículas del primer depósito de partículas 14 es ajustada entre 10% y 90% y la proporción de partículas del segundo depósito de partículas 16 ajustada entre 10% y 90%.

El dispositivo dosificador 18 está realizado de tal manera que con el mismo se puede ajustar una relación temporalmente fija entre la proporción de mezcla de partículas de partículas del primer depósito de partículas 14 y la proporción de partículas del segundo depósito de partículas 16. Además, también se pueden usar dispositivos dosificadores 18 mediante los cuales, aparte de esto o exclusivamente, se puede ajustar una relación de mezcla que es variable en función del tiempo. En la dosificación también es posible ajustar, al menos temporalmente, la proporción de una de las partículas a 0, de manera que para un determinado sector de la superficie del sustrato 12 la primera capa 50 aplicada se compone exclusivamente de partículas de un depósito de partículas.

Para ello, el dispositivo dosificador 18 puede estar realizado, por ejemplo, como sumador de medios. De tal manera se le pueden suministrar al sumador de medios como dos o más flujos parciales dos fluidos a una o más cámaras de mezclado donde después se produce la mezcla. La reacción de mezclado puede ser vigilada, por lo cual se puede ajustar una relación de mezcla variable en función del tiempo. Generalmente, la mezcla es evacuada mediante una abertura en el fondo o en la tapa de la cámara de mezclado y suministrada al conducto de transporte 24 que, por ejemplo, puede estar realizado como sistema de mangueras. Para el conducto de transporte 24 también se pueden usar otros materiales que mangueras, por ejemplo conductos metálicos, según cuales sean las partículas que deben usarse para el recubrimiento del sustrato 12. Por medio del conducto de transporte 24, la mezcla de partículas llega al inyector 66. El inyector 66 puede tener antepuesto un regulador 28 con cuya ayuda es posible regular la cantidad de mezcla de partículas suministrada al inyector 66. De tal manera, la regulación se puede producir en el regulador 28 por medio de una estrangulación del flujo de partículas o mediante un proceso de conmutación dinámico, es decir mediante una introducción o liberación controlada del recorrido del conducto de transporte 24.

Con este equipo se pueden aplicar capas 50 dinámicamente modificables. El espesor de capa y la composición de materiales se pueden ajustar dinámicamente por medio de las tasas de transporte de las unidades de transporte de partículas 34, 36 y del regulador 28. De tal manera, la composición de capas también puede ser modificada dinámicamente durante un proceso de recubrimiento en curso.

La figura 2 muestra esquemáticamente un equipo no según la invención para el recubrimiento de un sustrato 12. Aquí le han sido asignados al cabezal de recubrimiento 26 múltiples, en el presente ejemplo dos inyectores 66, 68. De nuevo las partículas de las unidades de transporte de partículas 34, 36 son fluidificadas en las proporciones deseadas. Después, las partículas provenientes de la unidad de transporte de partículas 34 son suministradas separadas a un primer inyector 66 y llegan al chorro de plasma 22 en un primer punto de alimentación 46. Las partículas de la unidad de transporte de partículas 36 son suministradas a un segundo inyector 68 y llegan al chorro de plasma 22 en un segundo puntos de alimentación 48. De nuevo, los inyectores 66, 68 pueden tener antepuestos, en cada caso, unos dispositivos dosificadores 18 cuyo modo de actuar la sido descrito en relación con la figura 1. Mediante esta disposición resulta ahora la posibilidad de generar dos capas 50, 52 (capa doble) independientes entre sí sobre la superficie 12a del sustrato 12, cuyas propiedades pueden ser diferente (véase la figura 6).

Además, con esta disposición también existe la posibilidad de producir una así denominada capa de gradiente 54 (véase la figura 3c). Esto es particularmente ventajoso, ya que tanto la capa doble como la capa de gradiente 54 pueden ser aplicadas sobre el sustrato 12 en un solo paso del proceso. Según la disposición de los inyectores 66, 68, y de esta manera según la posición de los puntos 46, 48 respecto del chorro de plasma 22, es posible conseguir múltiples efectos. Esto se debe a que la inyección se produce en diferentes zonas del chorro de plasma 22. Dichas zonas se diferencian por la velocidad de flujo, temperatura y composición del plasma. Dependiendo de la mecánica de fluidos de la mezcla de los flujos de materiales se forman capas múltiples o capas mixtas (Fig. 3).

Además, en la figura 2 se ilustra esquemáticamente que el proceso realizado con el cabezal de recubrimiento 26 puede ser ampliado. Para ello, el equipo de recubrimiento 10 puede ampliarse en un cabezal de recubrimiento 27 adicional. En el caso más sencillo, dicho cabezal de recubrimiento 27 tiene en su lado de afluencia 27E un gas de proceso del plasma 56 y una red de alimentación 58. Además, tiene asignado una tercera unidad de transporte de partículas 37 que presenta nuevamente un depósito de partículas 15 y un gas de proceso 33. Con la unidad de regulación de gas de proceso 44 puede ajustarse de nuevo la proporción de gas de proceso 33 respecto de partículas del depósito de partículas 15. Con ayuda de un dispositivo dosificador 18 ya descrito se puede controlar también la cantidad de partículas del depósito de partículas 15. De esta manera es posible precipitar una tercera capa 53 sobre la segunda capa 52.

Para poder producir una estructura de capas de más de tres capas o una estructura de capas de dos o más capas de gradiente, en lugar de un cabezal de recubrimiento 27 descrito accionado simple, es posible equipar el equipo de recubrimiento 10 con un cabezal de recubrimiento 26 adicional y dos inyectores 66, 68, que equivalen al descrito anteriormente.

En la figura 3a se muestra esquemáticamente una estructura de capas posibles de fabricar mediante un equipo de recubrimiento 10 según la figura 2. De tal manera se encuentra aplicada sobre el sustrato 12 una primera capa 50, una segunda capa 52 y una tercera capa 53.

En la figura 3b se muestra esquemáticamente una así denominada capa compuesta 55 que se puede producir mediante un equipo de recubrimiento 10 según las figuras 1 o 2. De tal manera, las partículas provenientes de los depósitos de partículas 14, 16 son mezcladas de tal manera en el proceso de mezclado (figura 1) o mediante una selección apropiada de los puntos de alimentación 46, 48, que se produce en el volumen de la capa compuesta 55 aplicada una distribución a ser posible homogénea de los tipos de partículas.

La figura 3c muestra esquemáticamente una capa de gradiente 54 que se puede producir mediante el equipo de recubrimiento 10 según la figura 2. Así, los puntos de alimentación 46, 48 son seleccionados, en cada caso, de tal manera que el número de partículas en sentido y disminuye o aumenta.

La figura 4 muestra esquemáticamente que es posible crear diferentes transiciones en la secuencia de capas a aplicar sobre el sustrato 12. Para ello, en una pasada de recubrimiento se produce la secuencia de capas mostrada mediante una configuración del equipo de recubrimiento 10 escogida apropiadamente.

En el segmento A se precipitan como capa sobre el sustrato 12 tres diferentes materiales con las partículas r, s, t en una proporción fija. En el segmento B, o sea cronológicamente después en el mismo proceso de recubrimiento, el espesor de capa de la capa compuesta 55 es reducida continuamente y se aplica una capa de recubrimiento de la fase u sobre la capa compuesta 55. En el segmento C, el espesor de capa de toda la multicapa disminuye hasta que en el segmento D la capa se interrumpe completamente y, de esta manera, el sustrato 12 no es cubierto de una capa en esta parte. En el segmento E, el espesor de capa en la fase u aumenta constantemente y pasa en el sector F a una capa de gradiente 54 en el cual en la superficie de dicha fase u, el material r está embutido en máxima concentración.

La figura 5 muestra esquemáticamente el principio de configuración de una capa de gradiente en base a un perfil de profundidad. La composición de materiales parte de un material de capa S1, que tiene la mayor concentración directamente en el punto de transición al sustrato 12. En la dirección de la superficie, el material de capa S1 disminuye constantemente, hasta que en la superficie alcanza, en lo esencial, el valor 0. Contrariamente, en lo esencial el material de capa S2 tiene en el punto de transición al sustrato 12 el valor 0 y aumenta constantemente en la dirección de la superficie. En el ejemplo ilustrado existe una zona de transición U en el cual el material de capa S1 y el material de capa S2 presentan una concentración esencialmente igual.

La figura 6 muestra un caso concreto de aplicación para el equipo de recubrimiento 10 según la invención y el procedimiento según la invención para el recubrimiento de un sustrato 12 mediante el ejemplo de una capa de recubrimiento conductivo 74 y una capa de aislamiento 72. Ambas capas son aplicadas sobre el sustrato 12 mediante el equipo de recubrimiento 10. De tal manera, la capa conductiva 74 es aplicada sobre el sustrato 12 en una estructura continua. La vía conductora así formada debe ser protegida hacia fuera en la zona K0 mediante una capa de aislamiento 72. De esta manera, la capa de aislamiento puede estar interrumpida en las zonas K1 y K2 con el propósito de un contacto sencillo.

**Lista de referencias:**

- 10                    equipo de recubrimiento
- 12                    sustrato
- 12a                  superficie del sustrato
- 14                    depósito de partículas
- 15                    depósito de partículas

## ES 2 641 835 T3

	16	depósito de partículas
	18	dispositivo dosificador
	20	arco voltaico
	22	chorro de plasma
5	23	segundo chorro de plasma
	24	conducto de transporte
	25	Segundo conducto de transporte
	26	cabezal de recubrimiento
	26A	canal de efluencia
10	26E	cara de afluencia
	27	segundo cabezal de recubrimiento
	27E	cara de afluencia
	28	regulador
	30	gas de proceso
15	32	gas de proceso
	33	gas de proceso
	34	primera unidad de transporte de partículas
	36	segunda unidad de transporte de partículas
	37	tercera unidad de transporte de partículas
20	38	unidad de regulación de gas de proceso
	40	unidad de transporte de partículas
	42	unidad de regulación de gas de proceso
	44	unidad de regulación de gas de proceso
	46	primer punto de alimentación
25	48	segundo punto de alimentación
	50	primera capa
	52	segundo capa
	53	tercera capa
	54	capa de gradiente
30	55	capa compuesta
	56	gas de proceso de plasma
	58	red de alimentación
	60	cámara de combustión
	62	electrodo
35	64	electrodo
	66	primer inyector
	68	segundo inyector
	70	tercer inyector
	72	capa de aislamiento
40	74	capa conductiva
	A, B, C, D, E, F	segmentos de una capa
	r, s, t	partículas
	S1	material de capa
	S2	material de capa
45	U	zona de transición
	K1	zona
	K2	zona
	K3	zona

**REVINDICACIONES**

1. Equipo de recubrimiento (10) para el recubrimiento de un sustrato (12) con un equipo generador de plasma (20) para la generación de un chorro de plasma (22) que sale de un cabezal de recubrimiento (26) del equipo generador de plasma (20), con un primer depósito de partículas (14), un segundo depósito de partículas (16) y un conducto de transporte (24) mediante el cual las partículas alojadas en el primer depósito de partículas (14) pueden ser suministradas al chorro de plasma (22) junto con partículas que están alojadas en el segundo depósito de partículas 16, caracterizado por un dispositivo dosificador (18) al cual le pueden ser suministradas partículas provenientes del primer depósito de partículas (14) separadas de las partículas del segundo depósito de partículas (16), desde el cual las partículas del primer depósito de partículas (14) y las partículas del segundo depósito de partículas (16) pueden ser suministradas como mezcla de partículas al conducto de transporte (24), siendo dosificable mediante el dispositivo dosificador (18) la cantidad de las partículas cargadas en el conducto de transporte (24) desde el primer depósito de partículas (14) en relación con la cantidad de las partículas del segundo depósito de partículas (16) cargadas en el conducto de transporte (24).
2. Equipo de recubrimiento (10) según la reivindicación 1, en el cual el dispositivo dosificador (18) está realizado de tal forma que permite una composición de la mezcla de partículas variable en función del tiempo.
3. Equipo de recubrimiento (10) según las reivindicaciones 1 o 2, en el cual está previsto un regulador (28) para la regulación de la cantidad de mezcla de partículas suministrada al chorro de plasma (22).
4. Equipo de recubrimiento (10) según la reivindicación 3, en el cual el regulador (28) está realizado como interruptor para la liberación y/o la interrupción del suministro de mezcla de partículas al chorro de plasma (22).
5. Equipo de recubrimiento (10) según una de las reivindicaciones 1 a 4, en el cual se ha previsto una pluralidad de depósitos de partículas (14, 16).
6. Equipo de recubrimiento (10) según una de las reivindicaciones 1 – 5, en el cual está previsto al menos un gas de proceso (30) separado, de modo tal que las partículas de uno de los depósitos de partículas (14, 16) puedan ser mezcladas con el gas de proceso (30) y formen un polvo fluidificado.
7. Equipo de recubrimiento (10) según la reivindicación 6, en el cual cada depósito de partículas (14, 16) tiene asignado un gas de proceso (30, 32) separado.
8. Equipo de recubrimiento (10) según las reivindicaciones 6 o 7, en el cual el depósito de partículas (14, 16) y el gas de proceso (30, 32) asignado respectivamente forman una unidad de transporte de partículas (34, 36), y la unidad de transporte de partículas (34, 36) presenta una unidad de regulación de gas de proceso (38, 42) para la regulación de la proporción de mezcla de partículas y de proceso (30, 36).
9. Equipo de recubrimiento (10) según una de las reivindicaciones 1 a 8, en el cual el equipo de recubrimiento (10) presenta al menos un segundo cabezal de recubrimiento (27) y, asignada al segundo cabezal de recubrimiento (27), al menos una unidad de transporte de partículas (37) adicional con un depósito de partículas (15), un gas de proceso (33) asignado y una unidad de regulación de gas de proceso (44).
10. Equipo de recubrimiento (10) según la reivindicación 9, en el cual el equipo de recubrimiento presenta una pluralidad de cabezales de recubrimiento (26, 27) y unidades de transporte de partículas (34, 36, 37) respectivas asignadas.
11. Procedimiento para el recubrimiento de un sustrato (12), caracterizado por los pasos siguientes:
- que mediante al menos un equipo de generación de plasma (20), que presenta, en cada caso, un cabezal de recubrimiento (26, 27), se genera, en cada caso, un chorro de plasma (22) que sale del cabezal de recubrimiento (26, 27) respectivo;
  - que a un dispositivo dosificador (18) le son suministradas partículas de al menos un primer depósito de partículas (14);
  - que a un dispositivo dosificador (18) le son suministradas de un segundo depósito de partículas (16) partículas separadas de las partículas de un primer depósito de partículas (14);
  - que en el dispositivo dosificador (18) se mezclan las partículas del primer dispositivo de partículas (14) y del segundo dispositivo de partículas (16) para formar una mezcla de partículas, siendo especificado por medio del dispositivo dosificador (18) una proporción de mezcla de las partículas del primer depósito de partículas (14) respecto de las partículas del segundo depósito de partículas (16);
  - que por medio de un conducto de transporte (24) le es suministrado al chorro de plasma (22) la mezcla de partículas provenientes del dispositivo dosificador (18);
  - que para la formación del recubrimiento (50), el chorro de plasma (22) es dirigido junto con la mezcla de partículas a una superficie (12a) del sustrato (12).



12. Procedimiento según la reivindicación 11, en el cual de un tercer depósito de partículas (15) son suministran partículas a un dispositivo dosificador (18) y mezcladas en el mismo y suministradas desde el dispositivo dosificador (18) al chorro de plasma (23) a través de un conducto de transporte (24).
- 5 13. Procedimiento para el recubrimiento de un sustrato (12) según la reivindicación 12, en el cual las partículas del primer depósito de partículas (14) son fluidificadas con un primer gas de proceso (30), las partículas del segundo depósito de partículas (16 con un segundo gas de proceso (32) y la partículas de un tercer depósito de partículas (15) con un tercer gas de proceso (33).
- 10 14. Procedimiento para el recubrimiento de un sustrato (12) según la reivindicación 11, en el cual la proporción de partículas del primer depósito de partículas (14) respecto de la proporción de partículas del segundo depósito de partículas (16) varía durante el recubrimiento del sustrato (12).

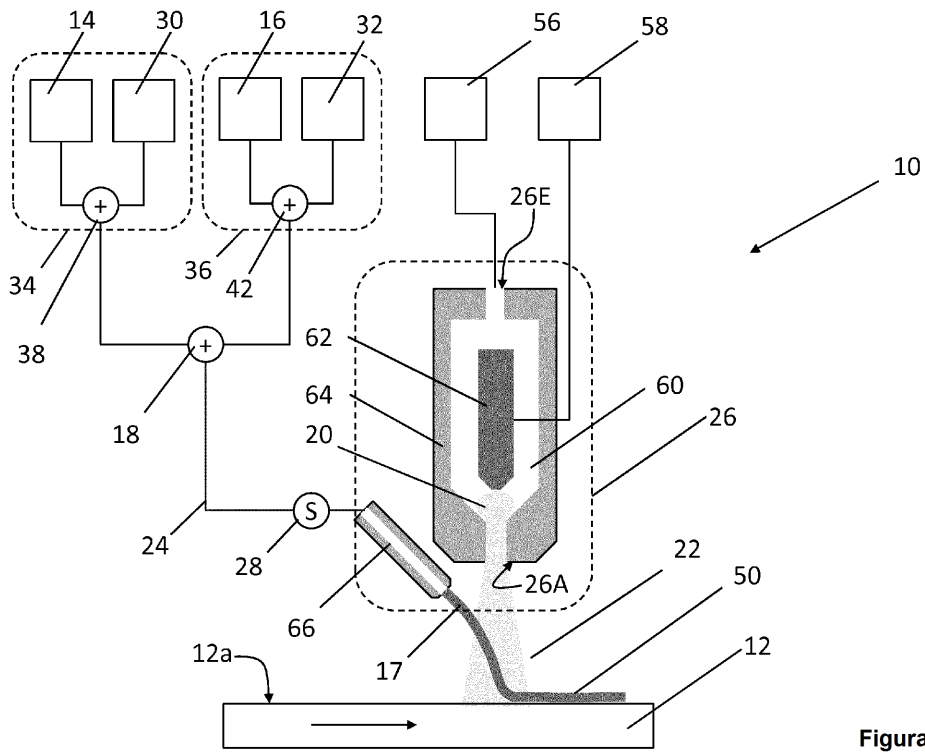


Figura 1

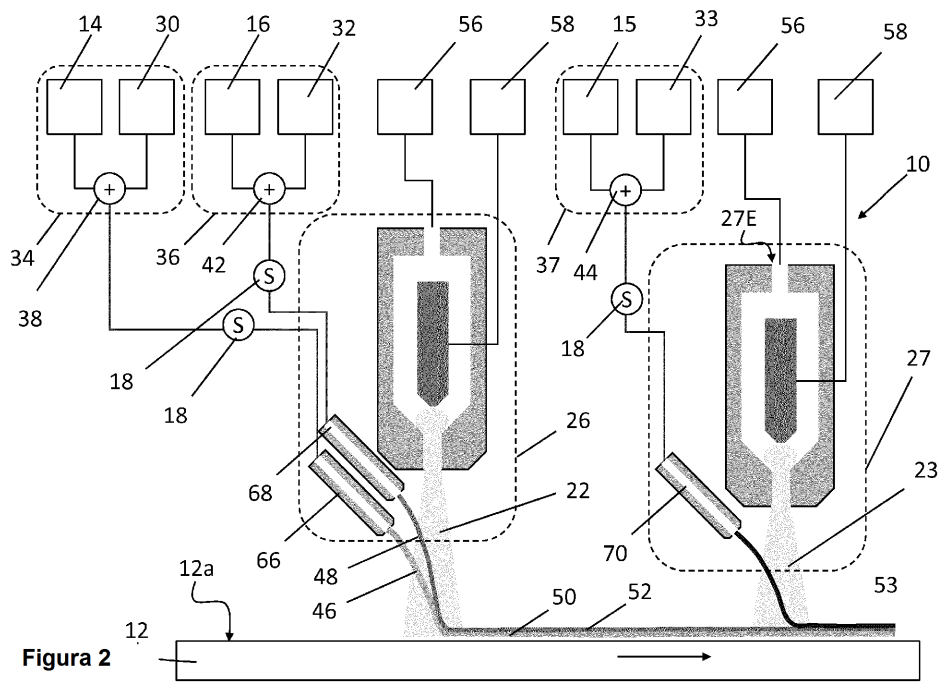


Figura 2

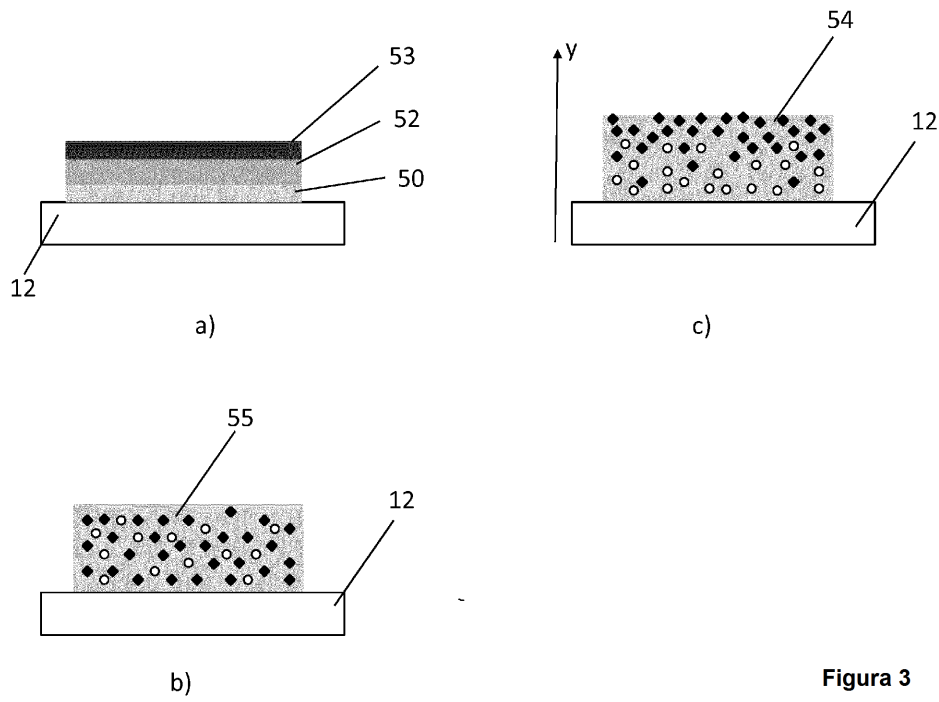


Figura 3

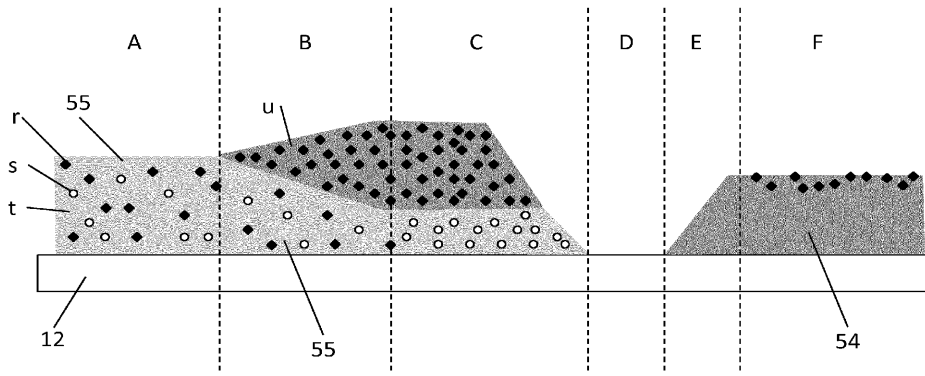


Figura 4

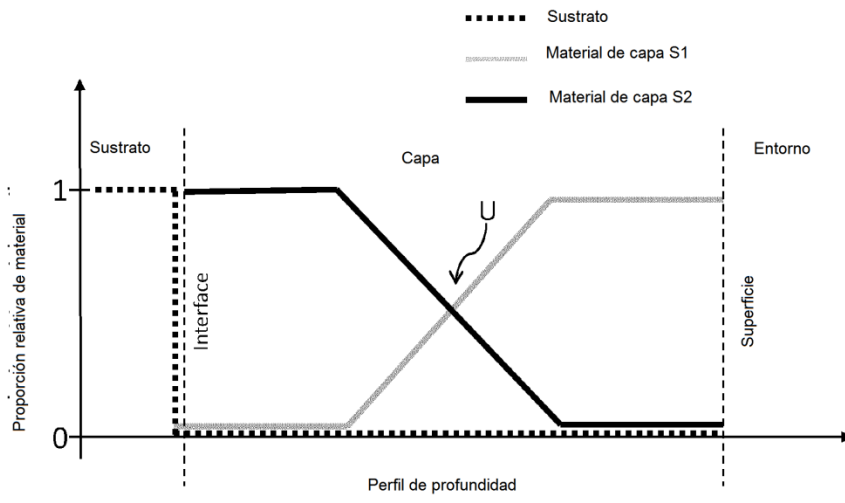


Figura 5

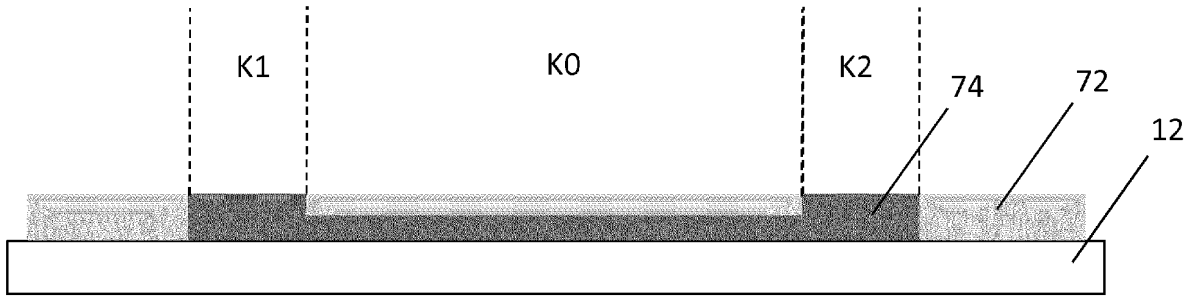


Figura 6