

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 754 876**

21 Número de solicitud: 201930717

51 Int. Cl.:

**C25F 3/16** (2006.01)

**B24B 37/04** (2012.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

**01.08.2019**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**20.04.2020**

71 Solicitantes:

**STEROS GPA INNOVATIVE, S.L. (100.0%)**  
**C/ CARACAS, 13-15, NAU 6**  
**08030 BARCELONA ES**

72 Inventor/es:

**SOTO HERNANDEZ, Marc;**  
**SARSANEDAS GIMPERA, Marc;**  
**ROMAGOSA CALATAYUD, Pau;**  
**PEREZ PLANAS, Miguel Francisco;**  
**GALINDO SESÉ, Eduarne y**  
**FONTELLES BATALLA, Laia**

74 Agente/Representante:

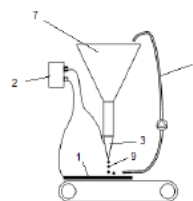
**ESPIELL VOLART, Eduardo María**

54 Título: **DISPOSITIVO PARA EL TRATAMIENTO EN SECO DE SUPERFICIES METÁLICAS MEDIANTE PARTÍCULAS SÓLIDAS ELÉCTRICAMENTE ACTIVAS**

57 Resumen:

Dispositivo para el tratamiento en seco de superficies (1) metálicas mediante partículas sólidas (9) eléctricamente activas que comprende una fuente eléctrica (2) con un electrodo (3) que transmite carga eléctrica a las partículas (9) sólidas eléctricamente activas y unos medios de proyección de partículas sólidas eléctricamente activas sobre la superficie a tratar (1). Opcionalmente la fuente eléctrica (2) está conectada con la superficie a tratar (1) cerrando así el circuito eléctrico. La propulsión de las partículas sólidas (9) eléctricamente activas preferentemente se realiza únicamente con la fuerza de gravedad, mediante un sistema centrífugo, mediante gas comprimido o mediante un sistema biela-manivela o un sistema de tornillo sin fin. El dispositivo puede, preferentemente, formar parte de un montaje en línea, ser un sistema portátil o estar dentro de una cabina (4). El dispositivo comprende preferentemente un depósito de entrega (7), un colector de recogida (6) y un sistema de recirculación (5) de partículas (9) desde el colector de recogida (6) de partículas sólidas al depósito de entrega (7).

FIG. 3



ES 2 754 876 A1

## DESCRIPCIÓN

DISPOSITIVO PARA EL TRATAMIENTO EN SECO DE SUPERFICIES METÁLICAS MEDIANTE PARTÍCULAS SÓLIDAS ELÉCTRICAMENTE ACTIVAS

### 5 OBJETO DE LA INVENCION

Son objeto de esta invención los dispositivos usados para tratar superficies metálicas mediante la proyección de partículas sólidas eléctricamente activas desde un electrodo de una fuente eléctrica hasta la superficie metálica a tratar. Estos dispositivos permiten tratar superficies metálicas a una cierta distancia sin tener que introducir la superficie dentro de una cuba. Esto permite el tratamiento de superficies de grandes elementos, de elementos inmóviles, etc. Estos dispositivos se pueden diseñar para tratar grandes elementos mediante brazos robotizados, para su uso en cabinas, para su uso en línea en cadenas de producción, para su uso en equipos portátiles o autónomos. Estos dispositivos tienen ventajas y suponen un notable avance sobre el estado actual de la técnica que se van a detallar a continuación.

### 20 CAMPO DE APLICACIÓN DE LA INVENCION

La presente invención se enmarca en el campo de tratamiento de superficies metálicas, con relevantes implicaciones en los sectores de la construcción, aeronáutica, industrial, automoción, medicina, sinterizado y muchos otros.

### ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Actualmente se encuentran en el mercado sistemas de pulido mediante la proyección de partículas abrasivas sobre la superficie a tratar. Las partículas son impulsadas con fuerza hacia la superficie, produciendo un

efecto de pulido proporcional a la fuerza de impacto. Los sistemas de pulido mediante la proyección de partículas abrasivas presentan una serie de inconvenientes. Los sistemas de pulido mediante proyección de partículas abrasivas provocan una falta de homogeneidad en la superficie aplicada ya que la abrasión está relacionada con la presión entre la superficie y las partículas. Las partes más expuestas sufren más acción abrasiva, lo que genera una pérdida de definición de vértices y bordes. Esto limita su aplicación en casos que requieren precisión o mantener el filo. Así mismo, los sistemas de pulido mediante proyección de partículas abrasivas provocan inclusiones de las mismas partículas abrasivas en la superficie metálica, reduciendo las propiedades de la superficie en cuanto a durabilidad, resistencia química y a la tracción. También son destacables los riesgos para la salud respiratoria de estos sistemas de pulido mediante proyección de partículas abrasivas que usan partículas abrasivas, tanto por las partículas abrasivas, como por el polvo y micropartículas en suspensión generadas durante el proceso.

Por otro lado, existen los sistemas de electropulido en seco descritos en ES2604830(A1) como un “método para alisar y pulir metales a través del transporte de iones por medio de cuerpos sólidos libres”. Este método se basa en introducir y friccionar la pieza a tratar en un medio compuesto por partículas sólidas capaces de realizar transporte iónico mientras se aplica un potencial eléctrico entre la pieza y un contraelectrodo. Este sistema de electropulido en seco permite obtener superficies con una baja rugosidad y acabados especulares. Además, este sistema no modifica substancialmente los vértices ni aristas en el objeto a pulir. Los sistemas de electropulido en seco presentan varios inconvenientes entre los que destacan; el hecho de que es impracticable cuando se trata de pulir piezas de gran tamaño, como el ala de un avión, y el hecho de que no es posible aplicarlo para tratar elementos inamovibles, como por ejemplo elementos de construcción, entre otros.

El dispositivo para el pulido en seco de superficies metálicas mediante la proyección de partículas sólidas eléctricamente activas objeto de la invención supone un notable avance ya que permite aunar los acabados especulares del sistema de electropulido en seco con las ventajas del sistema de pulido mediante proyección de partículas abrasivas, ampliando el campo de aplicación del primero y reduciendo los inconvenientes del segundo. Sin embargo, para llegar a ese objetivo es necesario superar de manera no obvia varios obstáculos presentes como la naturaleza de las partículas sólidas a usar, su compactación o el tipo de corriente eléctrica.

### **EXPLICACIÓN DE LA INVENCION**

Los dispositivos para el tratamiento en seco de superficies metálicas mediante proyección de partículas eléctricamente activas poseen una serie de ventajas y características identificadoras que se detallan a continuación.

El término partículas sólidas eléctricamente activas se refiere en este texto a partículas que pueden ser cargadas eléctricamente, que pueden conducir electricidad o ambas simultáneamente características en cierta medida.

El término proyección de partículas se entiende en este texto en el sentido amplio de cualquier método o sistema por el cual las partículas alcanzan la superficie a pulir, independientemente de si la fuerza de impulso ha sido la gravedad, el flujo de un fluido, gas comprimido, fuerzas electroestáticas o la fuerza centrífuga entre otros.

El término fuente eléctrica se entiende en este texto cualquier elemento capaz de entregar energía eléctrica a las partículas sólidas eléctricamente activas. La fuente eléctrica proporciona energía eléctrica

a las partículas sólidas. La corriente eléctrica aplicada por la fuente eléctrica puede ser alterna, continua o pulsada. Preferentemente, la fuente eléctrica incluye un sistema que permite controlar el voltaje e intensidad aplicados.

5

Los dispositivos de esta invención permiten llevar a cabo las siguientes etapas esenciales:

- 10 - Contacto de un electrodo de la fuente eléctrica con las partículas sólidas eléctricamente activas.
- Proyección de las partículas sólidas eléctricamente activas del dispositivo a la superficie metálica
- Contacto de las partículas sólidas eléctricamente activas con la superficie metálica

15

Los elementos mínimos que definen el dispositivo objeto de la invención son:

- 20 - Un conjunto de partículas sólidas eléctricamente activas
- Una fuente eléctrica con un electrodo que transmite carga eléctrica a las partículas sólidas eléctricamente activas
- Unos medios de proyección de las partículas sólidas eléctricamente activas sobre la superficie metálica a tratar.
- 25 - Una boquilla a través de la cual las partículas sólidas eléctricamente activas salen del dispositivo.

Las interacciones que se da entre estos elementos mínimos son las siguientes. Las partículas eléctricamente activas contactan con un electrodo de la fuente eléctrica y éste les transmite carga eléctrica.  
30 Desde el electrodo, las partículas se desplazan hacia la superficie metálica a pulir, donde contactan y transmiten parte de la energía eléctrica. Este contacto genera procesos redox en la superficie metálica

produciendo un efecto de pulido. En la Figura 1 se muestra el diseño de un prototipo como ejemplo.

5 Debido a la naturaleza eléctrica del proceso, la superficie a tratar debe ser conductora, preferentemente metálica. Esto incluye superficies de materiales no conductores, como plásticos que han sufrido un proceso de metalizado.

10 La transmisión de la carga eléctrica desde un electrodo a la superficie a pulir mediante un flujo de partículas no está descrita en la literatura según nuestros conocimientos hasta la fecha. Se han conceptualizado tres posibles mecanismos de transmisión de carga eléctrica produciéndose éstos y una variedad de situaciones intermedias o derivadas de éstos simultáneamente:

15

- 1) por carga neta de las partículas
- 2) por conductividad eléctrica por contacto
- 3) por conductividad eléctrica mediante arcos voltaicos o gas ionizado.

20

Una representación esquemática de estos mecanismos se puede ver en la Figura 2.

25 Dependiendo de parámetros controlables del sistema se puede fomentar un mecanismo sobre los otros. Principalmente, estos parámetros son eléctricos, el tipo de partículas, el tipo proyección.

30 El mecanismo de transmisión de carga eléctrica por partículas con carga neta se favorece en condiciones de baja compactación. En el caso ideal las partículas están aisladas unas de otras, es decir, sin contacto directo entre ellas. La densidad de energía que las partículas pueden

transportar,  $U$ , se puede calcular a partir de la constante dieléctrica de las partículas  $\epsilon_r$  y el campo eléctrico aplicado  $E$ .

$$U = \frac{1}{2} \epsilon_0 \epsilon_r E^2$$

5

Por ejemplo, experimentalmente se ha probado que unas partículas de gel macroporoso de poliestireno-divinilbenzeno sulfonado conteniendo ácido sulfúrico al 4 %, de diámetro 600  $\mu\text{m}$  presentan una  $\epsilon_r = 1.10 \cdot 10^8$  (medido a 100 Hz) lo que para un campo eléctrico aplicado de 30 kV  
 10 implica una densidad de energía almacenada de 437  $\text{kJ m}^{-1}$ . Estas mismas partículas al ser proyectadas sobre una superficie metálica producen una descarga eléctrica que realiza un trabajo sobre la superficie. Por ejemplo, al ser proyectadas sobre una superficie de acero inoxidable 316 producen un paso de corriente detectable y una  
 15 modificación de la superficie apreciable.

Este mecanismo se ve favorecido por partículas con una constante dieléctrica alta y voltajes aplicados elevados que permitan una mayor densidad de energía eléctrica almacenada, y una separación de las  
 20 partículas alta que evite que se descarguen entre ellas.

El mecanismo de transmisión de carga eléctrica por conductividad eléctrica por contacto se favorece en condiciones en las que se establece un contacto continuo de partículas desde la fuente eléctrica a  
 25 la superficie a pulir. En este caso se establece una corriente eléctrica directamente a través de las partículas, por eso este mecanismo se ve favorecido por partículas con una conductividad eléctrica elevada y alta compactación del flujo. Este mecanismo produce comparativamente unas intensidades de corriente elevadas, lo que permite un tratamiento  
 30 de la pieza a mayor velocidad.

El mecanismo de transmisión de carga eléctrica por descargas y arcos voltaicos implica la transmisión de carga eléctrica de la fuente eléctrica a la pieza a través de las partículas y del medio entre partículas. Es decir, la transmisión de carga eléctrica tiene lugar, al menos parcialmente, a través de gas ionizado. Existe un abanico de posibilidades que incluyen descargas tipo avalancha y descargas tipo corona.

Aunque estas descargas se pueden producir electrodo-partícula y partícula-superficie principalmente se producen entre partículas. Esto implica que el medio entre partículas y la distancia entre partículas son parámetro de gran influencia para desencadenar este mecanismo.

Para cada tipo y tamaño de partícula hay un rango de distancias entre partículas en las que este mecanismo se desencadena. Aumentar la conductividad del espacio entre partículas aumenta el rango de distancias funcional y permite un mayor margen de maniobra. En una realización preferente se añade un elemento que favorece la conductividad entre las partículas mediante arcos voltaicos. Estos elementos pueden ser, sólidos, líquidos, iones, etc., así como el uso de radiación electromagnética.

En el caso de los elementos líquidos que favorecen la conductividad entre las partículas mediante arcos voltaicos, destacan aquellos que tengan la capacidad de generar microgotas o aerosoles aumentan la conductividad del medio entre partículas. También existen, elementos sólidos que favorecen la conductividad entre las partículas mediante arcos voltaicos que debido a la transmisión eléctrica generen micro- o nano-partículas en suspensión, como, por ejemplo, derivados del carbono tipo fibras de carbono, grafito, o carbono micronizado. Debido al paso de la electricidad estos compuestos de carbono elevan su temperatura y generan volátiles o elementos en suspensión que favorecen la transmisión eléctrica. También es posible la adición de



elementos que favorecen la conductividad entre las partículas mediante arcos voltaicos con capacidad de retener líquido electrolítico, como por ejemplo materiales tipo gel, con alguna dimensión notablemente mayor al diámetro medio de las partículas, como por ejemplo barras o cilindros,  
5 para hacer de puentes eléctricos.

La generación de iones en el espacio entre partículas aumenta considerablemente la conductividad entre las partículas mediante arcos voltaicos. Es posible generar iones mediante sustancias ionizables y volátiles, como por ejemplo el yodo, o mediante el uso de radiación  
10 electromagnética, ionizante o no ionizante. Estos diferentes elementos que aumentan la conductividad del espacio entre partículas pueden usarse en combinación entre ellos. Se pueden usar mezclados con las partículas eléctricamente activas, ser añadidas en otro punto para  
15 condicionar el medio, o pueden ser incorporadas en las partículas eléctricamente activas. Preferentemente, las partículas pueden retener una cierta cantidad de líquido, en ese caso las vibraciones y fricciones del proceso generan microgotas y aerosoles entre las partículas, lo que modifica la conductividad del sistema. También es posible el uso de  
20 ultrasonidos para generar microgotas, o de sistemas nebulizadores. El uso de radiación electromagnética puede aumentar la conductividad el medio. El uso de radiación electromagnética ionizante, es decir ultravioleta, rayos X y rayos  $\gamma$ , genera directamente iones en el medio que aumentan la conductividad del conjunto partículas y gas entre ellas.  
25 También es posible el uso de radiación electromagnética no ionizante para aumentar la conductividad. Por ejemplo, mediante el uso de radiación microondas es posible generar plasmas desde partículas que aumenten la conductividad del medio.

30 Las descargas eléctricas se producen más fácilmente con corriente alterna que con corriente continua. Per ejemplo, experimentalmente se aprecian arcos voltaicos visibles con corriente continua a partir de 25 kV.

En idénticas condiciones usando corriente alterna a 50 Hz se observan arcos voltaicos a un voltaje un orden de magnitud inferior, de 2 kV.

5 Para mantener un flujo de corriente estable con unos arcos tipo corona, se puede aumentar la frecuencia de la corriente alterna, incluso varios órdenes de magnitud, trabajar con voltajes del orden de kilovoltios, así como reducir la presión del medio.

10 La fuente eléctrica proporciona energía eléctrica a las partículas sólidas. La corriente eléctrica aplicada por la fuente eléctrica puede ser alterna, continua o pulsada. Preferentemente, la fuente eléctrica incluye un sistema que permite controlar el voltaje e intensidad aplicados. La corriente continua es la que produce unos efectos sobre la superficie más rápidos, por eso en sistemas de partículas/superficie que no  
15 acumulan residuos durante el proceso, es la opción preferente. Si el sistema con corriente continua produce acumulaciones superficiales, es posible mejorar los resultados usando corriente que contenga inversiones de polaridad. La manera más asequible de obtener corriente con inversiones de polaridad es usar corriente alterna. Esta se puede  
20 usar directamente o rectificada mediante diodos u otros elementos electroactivos. Una alternativa preferente es el uso de una fuente de eléctrica de corriente pulsada que permita controlar los parámetros de pulsos aplicados, como por ejemplo voltajes positivo y negativo, duración de pulsos positivo y negativo, duración de pausas, etc.

25 Los parámetros eléctricos aplicados por la fuente eléctrica determinan los efectos de las partículas sobre la superficie. La diferencia de potencial aplicada para producir efectos de pulido está en un amplio rango de 1 V a 50 kV y es un aspecto que determina el mecanismo de  
30 transmisión eléctrica. La corriente aplicada al electrodo puede ser continua, alterna o pulsada. Por ejemplo, una fuente de corriente continua a 30 kV, con una proyección pulsada y no compacta de

partículas por gravedad, a una distancia de 18 cm entre electrodo y superficie a pulir produce efectos de pulido sobre la superficie metálica. Como por ejemplo también, una fuente de corriente continua a 30 V, con una proyección de partículas por gravedad compacta y continua, a una distancia de 2 cm entre electrodo y superficie a pulir produce efectos de pulido sobre la superficie metálica. Como por ejemplo también, una fuente de corriente alterna de 50 Hz a 2 kV, con una proyección pulsada y no compacta de partículas por gravedad e impulsadas por aire a 5 bar, a una distancia de 18 cm entre electrodo y superficie a pulir produce arcos eléctricos visibles y efectos de pulido sobre la superficie metálica. Es posible atribuir de manera cualitativa a cada uno de estos ejemplos una mayor proporción relativa de cada uno de los mecanismos de transmisión de carga eléctrica anteriormente explicados.

El electrodo es un elemento conductor conectado eléctricamente a la fuente eléctrica con el que contactan las partículas antes de salir proyectadas hacia la superficie a tratar. La forma del electrodo de salida depende de la aplicación o superficie a tratar. En general, se busca maximizar el área de contacto de las partículas con el electrodo en los instantes previos a la proyección. Por ejemplo, un tubo por el que circulan las partículas está conectado a un electrodo de salida metálico, por ejemplo de cobre, en forma de cilindro que se estrecha. Como por ejemplo también, para tratar planchas o superficies relativamente planas, el electrodo de salida puede ser un sistema “cortina” de aplicación de las partículas, es decir, una ranura de salida lineal. En una realización preferente el electrodo consiste en la boquilla.

Las partículas sólidas eléctricamente activas pueden transmitir carga eléctrica desde la fuente eléctrica a la superficie metálica a tratar. Preferentemente, las partículas sólidas pueden retener líquido. Este líquido retenido puede disolver en parte los óxidos y sales formados debido al paso de corriente eléctrica, lo que mejora la limpieza de la

superficie. Preferentemente, las partículas sólidas eléctricamente activas están fabricadas en un gel de polímero, ya que ofrece un compromiso entre integridad física y capacidad de retener líquido en su estructura. Preferentemente, las partículas eléctricamente activas son de gel de poliestireno-divinilbenzeno sulfonado porque favorecen el proceso debido a su capacidad de reversible de retener iones metálicos disueltos. Preferentemente, el líquido retenido en las partículas eléctricamente activas es una solución acuosa ácida ya que la mayoría de óxidos, hidróxidos y sales metálicos son más solubles en medio ácido. Preferentemente, la solución acuosa ácida incluye uno o más ácidos fuertes ( $pK_a < 2$ ) debido a su mayor disociación aumentan la transmisión eléctrica a la vez que mejoran la solubilidad de óxidos, hidróxidos y sales metálicos, lo que resulta en una mayor limpieza superficial.

15

El proceso de transmisión de carga eléctrica puede generar una reacción redox en la superficie metálica, lo que puede generar la formación de óxidos metálicos en la superficie. Para un buen acabado superficial es crucial la eliminación controlada de los óxidos formados. Estos óxidos superficiales se pueden eliminar, por ejemplo, mediante una acción abrasiva o mediante una acción disolutiva.

20

La eliminación de los óxidos metálicos en la superficie mediante una acción abrasiva puede producirse por la acción de las mismas partículas eléctricamente activas que actúan como partículas abrasivas. También se pueden eliminar los óxidos por la acción de partículas abrasivas no eléctricamente activas. La acción de las partículas abrasivas puede llevarse a cabo de manera simultánea (se proyectan a la vez partículas abrasivas y partícula no abrasivas) o de manera consecutiva a la acción de las partículas eléctricamente activas. Con esta configuración se trataría de un proceso novedoso de electropulido en seco combinado con un proceso abrasivo tipo arenado.

30

Alternativamente o complementariamente, la eliminación de los óxidos superficiales se puede llevar a cabo mediante una acción disolutiva. La acción disolutiva puede llevarse a cabo por un líquido libre o por líquido  
5 retenido en las partículas. Preferentemente la acción disolutiva es llevada a cabo por líquido retenido en las partículas eléctricamente activas para producir la disolución de los óxidos en la misma etapa que su formación.

10 La proyección de partículas sobre la superficie metálica requiere una fuerza de impulso. En la versión más simple, este impulso es la fuerza de la gravedad.

Preferentemente, este impulso es otorgado por un elemento controlable.  
15 Este elemento controlable es preferentemente el impulso de un gas comprimido. El uso de un gas a presión permite controlar la velocidad y la presión de contacto partícula-superficie, así como tener control sobre el flujo y compactación de las partículas.

20 En una realización alternativa, las partículas se proyectan sobre la superficie metálica mediante el impulso de una turbina que impulse las partículas mediante la fuerza centrífuga.

En una realización alternativa, las partículas se proyectan sobre la  
25 superficie metálica de manera discontinua mediante el impulso de un sistema de biela-manivela. Esto permite una proyección de las partículas de manera discontinua con un sistema altamente configurable en cuanto a velocidad y volumen de cada proyección.

30 En una realización alternativa, las partículas se proyectan sobre la superficie metálica de manera continua mediante el impulso de un sistema de tornillo sin fin. Esto permite crear un flujo continuo y

compacto de partículas, favoreciendo el mecanismo de transmisión eléctrica por contacto.

5 El flujo de salida de las partículas por la boquilla se puede controlar mediante válvulas y temporizadores para hacerlo continuo o pulsado.

10 La forma de la proyección de las partículas sobre la superficie se puede adaptar a las necesidades de la pieza a pulir. Por ejemplo, en caso de querer procesar una superficie plana dentro de una cadena de fabricación se puede utilizar una boquilla que permite la proyección de partículas en forma de cortina sobre la superficie que permite cubrir todo el ancho de la superficie de la pieza que se mueve bajo la cortina.

15 En una realización alternativa, la proyección se puede llevar a cabo usando una boquilla en forma de manguera de aplicación por la que saldrían las partículas impulsadas. Estas mangueras de aplicación pueden ser configurables por ejemplo en cuanto a dirección o tamaño del agujero de salida. Estas mangueras pueden moverse de manera automatizada por ejemplo dentro de una cabina de proyección, o bien 20 pueden ser usadas manualmente contra la superficie a pulir. En caso de que la proyección de las partículas se produzca mediante gas comprimido, éstas mangueras pueden incorporar en su tramo final un elemento disipador de aire en el punto de entrega de las partículas para compactar las partículas y mantener una conductividad alta.

25 El flujo de salida de las partículas por la boquilla se puede controlar mediante válvulas y temporizadores para hacerlo continuo o pulsado.

30 La forma de la proyección de las partículas sobre la superficie se puede adaptar a las necesidades de la pieza a pulir. Por ejemplo, en caso de querer procesar una superficie plana dentro de una cadena de fabricación se puede utilizar una boquilla que permite la proyección de

partículas en forma de cortina sobre la superficie que permite cubrir todo el ancho de la superficie de la pieza que se mueve bajo la cortina.

5 En una realización alternativa, la proyección se puede llevar a cabo usando una boquilla en forma de manguera de aplicación por la que saldrían las partículas impulsadas. Estas mangueras de aplicación pueden ser configurables por ejemplo en cuanto a dirección o tamaño del agujero de salida. Estas mangueras pueden moverse de manera automatizada por ejemplo dentro de una cabina de proyección, o bien  
10 pueden ser usadas manualmente contra la superficie a pulir. En caso de que la proyección de las partículas se produzca mediante gas comprimido, éstas mangueras pueden incorporar en su tramo final un elemento disipador de aire en el punto de entrega de las partículas para compactar las partículas y mantener una conductividad alta.

15

La superficie a tratar puede estar aislada, estar conectada a una toma de tierra o a la fuente eléctrica. Preferentemente la superficie a tratar está conectada a la fuente eléctrica mediante un electrodo de la fuente eléctrica. De este modo se obtiene un mayor control de la diferencia de  
20 potencial aplicado y es posible medir la corriente de paso entre el electrodo de salida de las partículas y la superficie a tratar.

La superficie a tratar debe ser conductora. Preferentemente la superficie a tratar es metálica. Esto incluye piezas de materiales plásticos con una  
25 superficie que ha sido metalizada. Los metales y aleaciones que se pueden tratar incluyen, pero no se limitan, a todo tipo de hierros y aceros, aleaciones cromo-cobalto, níquel y aleaciones de níquel, como nitinol, zinc y aleaciones de zinc, como Zamak, aluminio y aleaciones, titanio y aleaciones, cobre y aleaciones, carburo de tungsteno, etc.

30

La versatilidad de este sistema hace que se puedan tratar grandes superficies planas, piezas de grandes dimensiones, superficies que sean inamovibles, como estructuras de la construcción, etc.

5 Los parámetros eléctricos aplicados por la fuente eléctrica determinan los efectos de las partículas sobre la superficie. La diferencia de potencial aplicada para producir efectos de pulido está en un amplio rango de 1 V a 50 kV y es un aspecto que determina el mecanismo de transmisión eléctrica. La corriente aplicada al electrodo puede ser  
10 continua, alterna o pulsada. Por ejemplo, una fuente de corriente continua a 30 kV, con una proyección pulsada y no compacta de partículas por gravedad, a una distancia de 18 cm entre electrodo y superficie a pulir produce efectos de pulido sobre la superficie metálica. Como por ejemplo también, una fuente de corriente continua a 30 V, con  
15 una proyección de partículas por gravedad compacta y continua, a una distancia de 2 cm entre electrodo y superficie a pulir produce efectos de pulido sobre la superficie metálica. Como por ejemplo también, una fuente de corriente alterna de 50 Hz a 2 kV, con una proyección pulsada y no compacta de partículas por gravedad e impulsadas por aire a 5 bar,  
20 a una distancia de 18 cm entre electrodo y superficie a pulir produce arcos eléctricos visibles y efectos de pulido sobre la superficie metálica. Es posible atribuir de manera cualitativa a cada uno de estos ejemplos una mayor proporción relativa de cada uno de los mecanismos de transmisión de carga eléctrica anteriormente explicados.

25 Las partículas sólidas eléctricamente activas pueden transmitir carga eléctrica desde la fuente eléctrica a la superficie metálica a tratar. Preferentemente, las partículas sólidas pueden retener líquido. Este líquido retenido puede disolver en parte los óxidos y sales formados  
30 debido al paso de corriente eléctrica, lo que mejora la limpieza de la superficie. Preferentemente, las partículas sólidas eléctricamente activas están fabricadas en un gel de polímero, ya que ofrece un compromiso



entre integridad física y capacidad de retener líquido en su estructura. Preferentemente, las partículas eléctricamente activas son de gel de poliestireno-divinilbenzeno sulfonado porque favorecen el proceso debido a su capacidad de reversible de retener iones metálicos disueltos. Preferentemente, el líquido retenido en las partículas eléctricamente activas es una solución acuosa ácida ya que la mayoría de óxidos, hidróxidos y sales metálicos son más solubles en medio ácido. Preferentemente, la solución acuosa ácida incluye uno o más ácidos fuertes ( $pK_a < 2$ ) debido a su mayor disociación aumentan la transmisión eléctrica a la vez que mejoran la solubilidad de óxidos, hidróxidos y sales metálicos, lo que resulta en una mayor limpieza superficial.

Otros elementos que mejoran el funcionamiento de la invención son:

15

- Un depósito previo de entrega de partículas.
- Un colector de recogida de las partículas. El colector y el depósito previo pueden ser el mismo elemento.
- Un sistema de recirculación de partículas del colector al depósito de entrega, en caso que no sean el mismo elemento.
- Vibradores en los puntos de almacenaje o circulación de las partículas para facilitar su transporte, así como transmitiendo vibración a la superficie a tratar.

20

25 Preferentemente, el dispositivo comprende un depósito de entrega de partículas sólidas previo al contacto eléctrico y a la proyección. Este depósito asegura la entrega de partículas al sistema de manera constante y evita momentos de parada.

30 Preferentemente, el dispositivo comprende un colector de recogida de partículas sólidas una vez estas han impactado contra la superficie a pulir. Este colector está diseñado para cada realización de manera

específica y puede adoptar varias conformaciones, como puede verse en los ejemplos. Este elemento evita la dispersión de partículas por doquier y a la vez permite la recirculación de partículas.

- 5 En las realizaciones que así lo permitan, preferentemente el depósito de entrega y el colector de recogida son el mismo elemento. Esto permite simplificar el diseño del dispositivo y evitar redundancia de elementos, lo que resulta en menores costes pero manteniendo la misma funcionalidad.

10

En caso de que el depósito de entrega y el colector de recogida no sean el mismo elemento, puede existir un sistema de recirculación de partículas entre el colector de recogida y el depósito de entrega de partículas sólidas. Este sistema permite la reutilización de partículas de manera automática, evitando así el esfuerzo humano necesario y mejorando en grado de automatización.

15

El dispositivo comprende, preferentemente, un vibrador o vibradores que hacen vibrar las partículas para facilitar su movimiento. Dicho vibrador puede estar situado preferentemente en el depósito de entrega y/o en el colector de recogida. El movimiento de un material granular como son las partículas usadas en este proceso puede formar bloqueos mediante arcos. El uso de vibradores en los depósitos y tubos de circulación reduce notablemente la formación de arcos lo que evita bloqueos en los puntos de circulación.

20

25

Consecuentemente se identifican las siguientes etapas que mejoran el método objeto de la invención son:

- 30
- Recirculación de partículas del colector de recogida al depósito de entrega, en caso que no sean el mismo elemento.
  - Vibración de las partículas sólidas eléctricamente activas

- Esta tecnología novedosa se concibe con una gran variedad posible de aplicaciones finales. A modo de ejemplo y sin propósitos de limitación se presentan algunas de las posibles aplicaciones. Una aplicación es en
- 5 unidades individuales de pulido para pulir grandes partes estructurales, como podría ser el ala de un avión para mejorar su aerodinámica. Una aplicación final es su uso en procesos continuos en línea para tratar superficies metálicas después de su producción o como paso previo a otros tratamientos.
- 10 Otra aplicación final es en dispositivos portátiles autónomos de pulido.

### **DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

- Figura 1. Diseño ejemplar del dispositivo que ejecuta el método de pulido
- 15 objeto de la invención.
- Figura 2A. Esquemas del mecanismo de transmisión de la electricidad entre la fuente eléctrica y la superficie metálica mediante carga neta de las partículas.
- Figura 2B. Esquemas del mecanismo de transmisión de la electricidad
- 20 entre la fuente eléctrica y la superficie metálica mediante conductividad eléctrica por contacto.
- Figura 3C. Esquemas del mecanismo de transmisión de la electricidad entre la fuente eléctrica y la superficie metálica mediante conductividad eléctrica mediante arcos voltaicos.
- 25 Figura 3. Esquema de un dispositivo para el tratamiento de superficies en línea
- Figura 4. Esquema de un dispositivo portátil para el tratamiento de superficies
- Figura 5. Esquema de un dispositivo con cabina para el tratamiento de
- 30 superficies

### **REALIZACIONES PREFERENTES DE LA INVENCION**

A continuación se presentan varios casos ejemplares sin propósito de limitación.

#### Realización 1

5

El dispositivo consta de un depósito de entrega (7) de partículas (9) cuya salida está conectada a un tubo de cobre que actúa como electrodo (3), a su vez conectado a una fuente eléctrica (2). Las partículas (9) caen por gravedad de manera continua hasta la superficie a tratar (1), que está conectada a la fuente eléctrica (2) a través del contra-electrodo. Las partículas (9) caen, previo contacto con la pieza, a un colector de recogida (6) para su posterior recirculación mediante un sistema de recirculación (5). Tanto el depósito de entrega (7) de partículas como el colector de recogida (6) disponen de un vibrador (8) Una representación esquemática se encuentra en las Figura 1.

15

En un caso ejemplar, las partículas (9) usadas son partículas de gel macroporoso de poliestireno-divinilbenzeno sulfonado cargadas con una solución de electrolito que contiene ácido sulfúrico al 4 %. Este prototipo se ha probado con diferentes tipos de corriente eléctrica: continua de 1 a 60 V; alterna de 50 Hz a 50 000 Hz de 0 a 220 V.

20

Con estos parámetros se ha probado el método de pulido para el tratamiento de una superficie de acero 316 con diferentes tipos de corriente eléctrica: continúa hasta 35 kV, alterna a 50 Hz hasta 15 kV.

25

Los resultados de corriente continua muestran un comportamiento lineal de la intensidad respecto a la diferencia de potencial. Se observa que después de un tratamiento de 5 min efectivos a 30 kV hay una reducción de la  $R_a$  de 0.37 a 0.34  $\mu\text{m}$  en la zona más expuesta al flujo de partículas.

30

Los resultados usando corriente alterna a 50 Hz muestran un comportamiento lineal en el rango de 0 a 5 kV. Aumentar el voltaje a partir de este punto no produce un incremento de la intensidad proporcional. Este efecto claramente indica un cambio de mecanismo en la transmisión de la carga eléctrica.

#### Dispositivo para el tratamiento de superficies en línea

Consiste en un dispositivo para el tratamiento de superficies en línea. Una representación esquemática se encuentra en las Figura 3. En este ejemplo, sin propósito de limitación, está diseñado para tratar planchas metálicas. El dispositivo incluye una fuente eléctrica (3), un sistema “cortina” de aplicación de las partículas (9), un sistema transportador de la plancha a tratar y un sistema de recirculación (5) que recoge de las partículas y las deposita en el depósito de entrega (7).

La plancha metálica a tratar se encuentra en una cinta transportadora provista de vibración y conectada a la fuente eléctrica. En un punto del recorrido de la cinta transportadora hay un proyector de partículas (9) tipo cortina. El aplicador lineal produce una proyección lineal de partículas (9) sobre la superficie a tratar (1) que cubre todo el ancho de la plancha que se quiere a tratar. La plancha se desplaza a través de la cortina de partículas a una velocidad adecuada que proporcione el tiempo de tratamiento para obtener los acabados deseados. El proyector de partículas tipo cortina incluye un vibrador (8) para facilitar el flujo de las partículas. En la rendija de salida de las partículas hay un elemento metálico, conectado al polo negativo de la fuente de alimentación que hace las veces de electrodo (3). Las partículas contactan con este electrodo (3) antes de llegar a la superficie a tratarse (1). Cerca del punto de contacto se aplica un sistema de recirculación (5) que aspira las partículas después de haber contactado con la superficie y las deposita en el depósito de entrega (7).

## Dispositivo portátil para el tratamiento de superficies

Consiste en un dispositivo portátil para el tratamiento de superficies (1).

5 Una representación esquemática se encuentra en la Figura 4. Este dispositivo facilita su transporte conjunto, como, por ejemplo, con ruedas. El dispositivo incluye un compresor y un depósito de aire comprimido, una fuente eléctrica (2), un depósito de entrega (7) de partículas y un sistema de recirculación (5).

10

El dispositivo puede ir conectado a una toma de corriente, alternativamente puede incluir un acumulador eléctrico suficiente que proporcione la energía. El depósito de entrega (7) partículas (9) en su parte inferior tiene una salida hacia la manguera de entrega de

15 partículas, el depósito puede estar provisto de un vibrador (8) para facilitar el flujo de partículas (9). Las partículas (9) son propulsadas a través de la manguera de aplicación mediante aire comprimido bar proveniente del compresor. La presión necesaria depende de la longitud y colocación de la manguera de aplicación, una presión entre 3 y 10 bar

20 proporciona buenos resultados. La manguera de aplicación acaba en un difusor que permite la salida de parte del aire, forzando la compactación de las partículas (9). La salida de las partículas se produce a través de, o en contacto con, un electrodo (3), que puede ser un elemento de, por ejemplo, cobre, acero inoxidable 316 o de titanio iridiado, conectado a la

25 fuente eléctrica (2), preferentemente al polo positivo, preferentemente con un amperímetro para el seguimiento de la intensidad. El electrodo (3) de aplicación se sitúa a una distancia de entre 0.5 y 10 cm de la superficie, de tal modo que entre el electrodo y la superficie haya un flujo de partículas para producir un paso de corriente. La parte final de la

30 salida de las partículas va incluida dentro de un colector de recogida (6) que se encuentra muy próximo o en contacto con la superficie a tratar (1). Este colector de recogida (6) de partículas va conectado a un

sistema de recirculación (5) que comprende una segunda manguera provista de aspiración, que recoge las partículas del colector de recogida (6) después de su contacto con la superficie y las dirige de nuevo al depósito de entrega (7) partículas. La superficie a tratar (1) se conecta a la fuente eléctrica (1) mediante, por ejemplo, una pinza eléctrica preferentemente al polo positivo. Para pulir superficies no accesibles por un operario o para mejorar la precisión, el sistema puede incluir el uso de un brazo robotizado.

10 El diseño del sistema está pensado para ocupar un volumen compacto y contiene elementos, como por ejemplo ruedas o elementos deslizantes, que lo hacen transportable.

15 La corriente aplicada depende de la composición de la superficie a tratar y de las partículas (9) usadas. Por ejemplo, para tratar una superficie de acero 316 se obtienen buenos resultados usando partículas de poliestireno-divinilbenzeno sulfonado conteniendo ácido sulfúrico al 4 % con una corriente continua de 12 V.

20 Dispositivo para el tratamiento de superficies en cabina

25 Consiste en un dispositivo para el tratamiento de superficies (1) en cabina (4) cerrada. Una representación esquemática se encuentra en la Figura 5. El dispositivo incluye una fuente eléctrica (2), una o varias salidas de partículas (9) eléctricamente activas con electrodos (3), un sistema para el anclaje de las piezas a pulir, una cabina (4) cerrada para el tratamiento y un sistema de recirculación (5) que aspira las partículas del colector de recogida (6), que en este ejemplo actúa también como depósito de entrega (7), hacia las salidas de partículas.

30

Las piezas metálicas a pulir se colocan en unos bastidores dentro de la cabina mediante unos anclajes adecuados, de modo que están

conectados a la fuente eléctrica (2). La cabina (4) está provista de varias salidas de partículas conectadas en su tramo final a electrodos (3). La proyección de las partículas (9) se produce mediante el uso de aire comprimido, preferentemente en un rango de 2 a 10 Bar, preferentemente entre 4 y 6 bar.

El fondo de la cabina (4), que actúa como colector de recogida (6) a la vez que actúa como depósito de entrega (7), tiene inclinación y las partículas (9) se recogen por un sistema de recirculación (5) que las transporta hasta las salidas de partículas.

La corriente eléctrica aplicada depende de varios factores como del tipo de material, el área total a procesar, la distancia entre el punto de salida de partículas y la superficie. Por ejemplo, para pulir acero 316 a 4 cm de distancia un área total de 25 cm<sup>2</sup>.



## REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para el tratamiento en seco de superficies (1) metálicas mediante partículas sólidas (9) eléctricamente activas **caracterizado** porque comprende una fuente eléctrica (2) con un electrodo (3) que transmite carga eléctrica a las partículas (9) sólidas eléctricamente activas y unos medios de proyección de partículas sólidas eléctricamente activas sobre la superficie a tratar (1).
2. Dispositivo para el tratamiento en seco de superficies (1) metálicas mediante partículas sólidas (9) eléctricamente activas según la reivindicación 1 **caracterizado** porque la fuente eléctrica (2) está conectada con la superficie a tratar (1) cerrando así el circuito eléctrico.
3. Dispositivo para el tratamiento en seco de superficies (1) metálicas mediante partículas sólidas (9) eléctricamente activas según cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado** porque la propulsión de las partículas sólidas (9) eléctricamente activas se realiza únicamente con la fuerza de gravedad.
4. Dispositivo para el tratamiento en seco de superficies (1) metálicas mediante partículas sólidas (9) eléctricamente activas según cualquiera de las reivindicaciones 1-2 **caracterizado** porque la propulsión de las partículas (9) sólidas eléctricamente activas se realiza mediante un sistema centrífugo.
5. Dispositivo para el tratamiento en seco de superficies (1) metálicas mediante partículas sólidas (9) eléctricamente activas según cualquiera de las reivindicaciones 1-2 **caracterizado** porque la propulsión de las partículas (9) sólidas eléctricamente activas se realiza mediante gas comprimido.

6. Dispositivo para el tratamiento en seco de superficies (1) metálicas mediante partículas sólidas (9) eléctricamente activas según cualquiera de las reivindicaciones 1-2 3 **caracterizado** porque la propulsión de las partículas (9) sólidas eléctricamente activas se realiza mediante un sistema biela-manivela o un sistema de tornillo sin fin.

7. Dispositivo para el tratamiento en seco de superficies (1) metálicas mediante partículas sólidas (9) eléctricamente activas según cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado** porque forma parte de un montaje en línea.

8. Dispositivo para el tratamiento en seco de superficies (1) metálicas mediante partículas sólidas (9) eléctricamente activas según cualquiera de las reivindicaciones 1-6 **caracterizado** porque es un sistema portátil.

9. Dispositivo para el tratamiento en seco de superficies (1) metálicas mediante partículas sólidas (9) eléctricamente activas según cualquiera de las reivindicaciones 1-6 **caracterizado** porque el dispositivo y la superficie a tratar (1) están dentro de una cabina (4).

10. Dispositivo para el tratamiento en seco de superficies (1) metálicas mediante partículas sólidas (9) eléctricamente activas según cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado** porque el dispositivo comprende depósito de entrega (7) de partículas (9) sólidas previo al contacto con el electrodo (3).

11. Dispositivo para el tratamiento en seco de superficies (1) metálicas mediante partículas sólidas (9) eléctricamente activas según cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado** porque el dispositivo comprende un colector de recogida (6) de partículas sólidas (9) una vez estas han impactado contra la superficie a tratar (1).

12. Dispositivo para el tratamiento en seco de superficies (1) metálicas mediante partículas sólidas (9) eléctricamente activas la reivindicación 10 **caracterizado** porque el dispositivo comprende un sistema de recirculación (5) de partículas (9) desde el colector de recogida (6) de 5 partículas sólidas al depósito de entrega (7).

13. Dispositivo para el tratamiento en seco de superficies (1) metálicas mediante partículas sólidas (9) eléctricamente activas cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado** porque el dispositivo 10 comprende un vibrador (8).

14. Dispositivo para el tratamiento en seco de superficies (1) metálicas mediante partículas sólidas (9) eléctricamente activas cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado** porque dispositivo de salida 15 de las partículas comprende un difusor.

FIG. 1

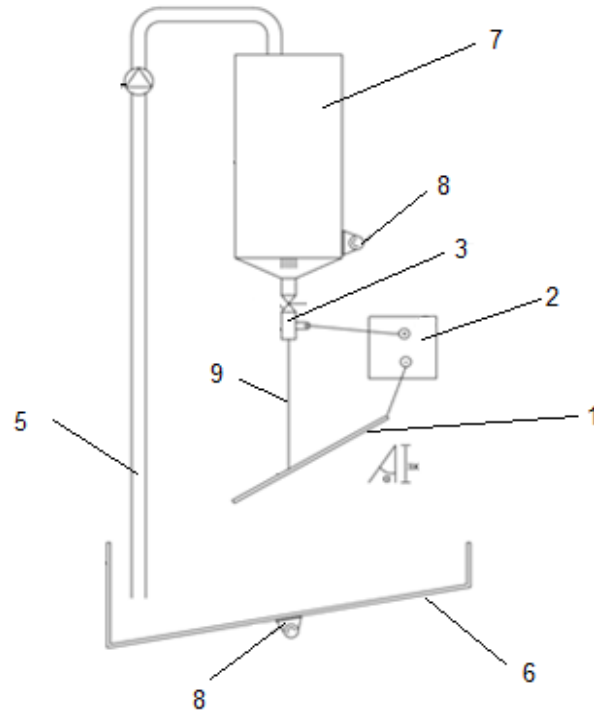


FIG. 2-A

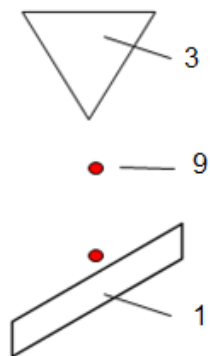


FIG. 2-B

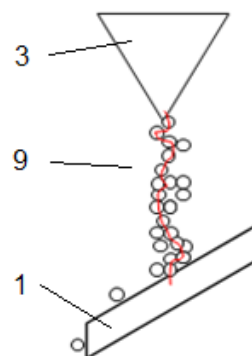


FIG. 2-C

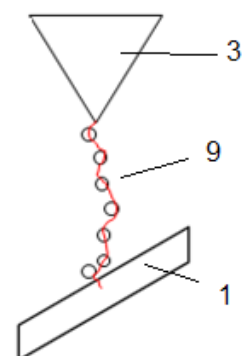


FIG. 3

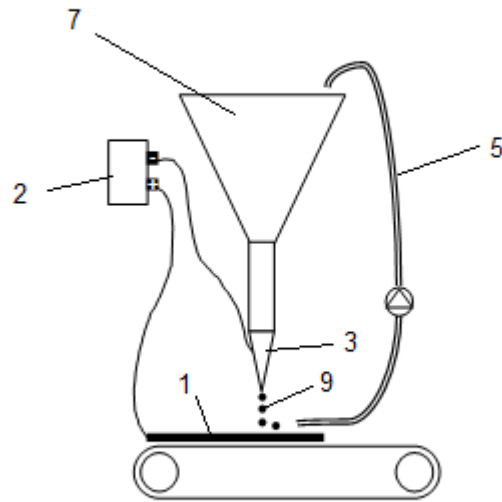


FIG. 4

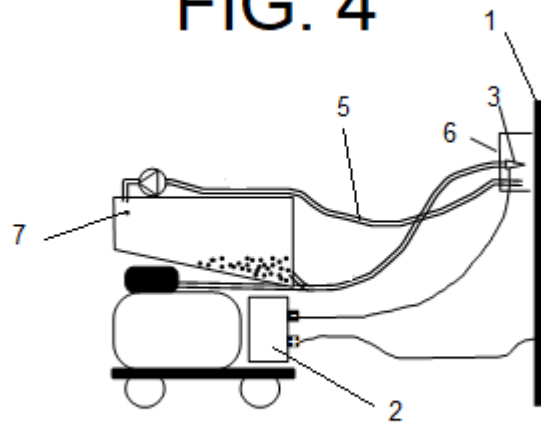
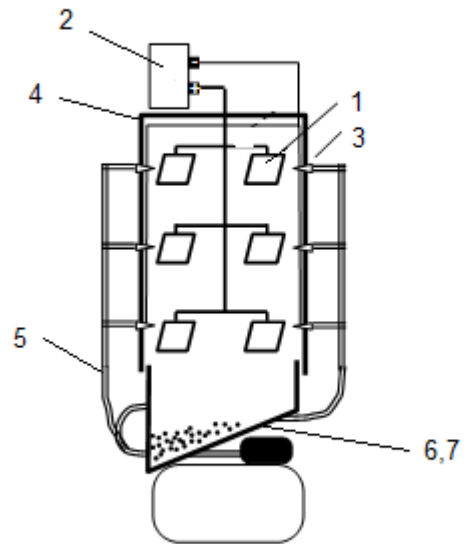


FIG. 5





OFICINA ESPAÑOLA  
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②① N.º solicitud: 201930717

②② Fecha de presentación de la solicitud: 01.08.2019

③② Fecha de prioridad:

## INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **C25F3/16** (2006.01)  
**B24B37/04** (2012.01)

### DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	US 2019/0099854 A1 (SUEN et al) 04/04/2019, Resumen, figuras 8, 10-12, párrafos 43-47.	1-14
A	US 2018/0361529 A1 (LIANG et al) 20/12/2018, Párrafos 17, 22.	1-14
A	CN 109735891 A (UNIV JIANGSU NORMAL), Resumen, figura 1, párrafos 20-22.	1-14
A	WO 2013/143115 A1 (ACM RESEARCH INC.), 03/10/2013, Resumen, figura 2, párrafo 24.	1-14

#### Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

#### El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones n.º:

Fecha de realización del informe  
07.04.2020

Examinador  
Manuel Fluvià Rodríguez

Página  
1/2

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

C25F, B24B

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, Google Patents