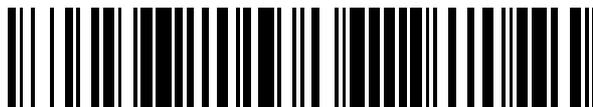


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 598 727**

21 Número de solicitud: 201531108

51 Int. Cl.:

C23C 24/10 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

27.07.2015

43 Fecha de publicación de la solicitud:

30.01.2017

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDAD REY JUAN CARLOS (100.0%)
C/ Tulipan s/n
28933 Móstoles (Madrid) ES**

72 Inventor/es:

**RODRIGO HERRERO, Pilar;
RIQUELME AGUADO, Ainhoa;
ESCALERA RODRÍGUEZ, María Dolores y
RAMS RAMOS, Joaquín**

74 Agente/Representante:

ILLESCAS TABOADA, Manuel

54 Título: **Procedimiento de obtención de material compuesto Al/AlN o Ti/TiN, material compuesto Al/AlN o Ti/TiN obtenible según dicho procedimiento y uso del mismo en revestimientos**

57 Resumen:

Procedimiento de obtención de material compuesto Al/AlN o Ti/TiN, material compuesto Al/AlN o Ti/TiN obtenible según dicho procedimiento y uso del mismo en revestimientos.

Procedimiento de obtención de material compuesto Al/AlN o Ti/TiN que comprende: introducir polvo de aluminio o de titanio en una tolva provista de al menos un conducto de salida conectado a boquilla coaxial y a una fuente de gas nitrógeno presurizada; generar una corriente de nitrógeno que crea un flujo de polvo y arrastra el polvo de aluminio o de titanio hasta la boquilla coaxial; generar un haz láser que sale a través de la boquilla de forma coaxial al flujo de polvo, de forma que una porción del polvo de aluminio o de titanio reacciona con el nitrógeno dando lugar a nano partículas de AlN o de TiN, obteniéndose así un polvo de material compuesto Al/AlN o Ti/TiN que cae desde la boquilla hasta un dispositivo de recogida o sobre un sustrato a revestir.

ES 2 598 727 A2

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de obtención de material compuesto Al/AlN o Ti/TiN, material compuesto Al/AlN o Ti/TiN obtenible según dicho procedimiento y uso del mismo en revestimientos

5

OBJETO DE LA INVENCION

La presente invención pertenece al campo técnico de la ingeniería de materiales.

10

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Hoy en día existe la necesidad de producir materiales que tengan una dureza, una resistencia a elevadas temperaturas, una resistencia a la corrosión y/o una conductividad térmica, similares a las de los materiales convencionales (por ejemplo el acero), pero con un peso específico menor.

15

Esta necesidad se hace especialmente evidente en la industria del transporte aéreo, marítimo y terrestre, puesto que una disminución en el peso de los vehículos implica un menor consumo de combustible, una menor emisión de gases contaminantes y por consiguiente una menor contribución al efecto invernadero, un aumento de la carga de pago (cantidad de mercancías que se pueden transportar en un vehículo) y un abaratamiento de costes.

20

Las aleaciones de aluminio, titanio y/o magnesio han resultado una alternativa viable para sustituir a dichos materiales convencionales. No obstante, para que estas aleaciones puedan utilizarse en algunas aplicaciones concretas, por ejemplo en la construcción de vehículos aéreos y/o terrestres, es necesario mejorar aún más sus propiedades tribológicas y mecánicas.

30

Por ello, se han propuesto materiales compuestos formados por una matriz metálica de aluminio, titanio y/o magnesio, reforzada con carburo de silicio (SiC), de óxido de aluminio (Al₂O₃), de nitruro de aluminio (AlN) o de nitruro de titanio (TiN). A pesar de que dichos refuerzos tienen propiedades similares en cuanto a módulo elástico, densidad, resistencia, expansión térmica y resistencia al desgaste, resulta preferible el uso de AlN, porque posee una mejor conductividad térmica (del orden de 320 Wm⁻¹K⁻¹) y coeficiente de expansión

35

térmica (del orden de $4.4 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$).

El uso de refuerzos de AlN es especialmente conveniente en materiales compuestos con matriz de aluminio porque el AlN presenta una buena mojabilidad (capacidad de extenderse en estado líquido sobre una superficie sólida) con respecto al aluminio fundido, lo que garantiza una buena unión interfacial entre los componentes de la matriz y el refuerzo, En otras palabras, gracias a la mojabilidad del AlN, el aluminio fundido fluirá sobre el refuerzo cubriendo las irregularidades de la superficie, desplazando al aire. El AlN posee la ventaja adicional, de no reaccionar químicamente con el aluminio fundido.

No obstante, el uso de materiales compuestos formados por una matriz metálica y un refuerzo de AlN es escaso debido a su baja disponibilidad y el alto precio asociado a la producción de dichos compuestos mediante los procedimientos de la técnica anterior. Dicho precio puede ser aproximadamente 100 veces superior al precio del SiC o Al_2O_3 , tal y como se divulga en Q. Zhang y Cols, en "Material Letters nº 57" (2203), págs. 1453-1458.

Por todo ello, y según se divulga en C. Borgonovo y Cols. "The Journal of The Minerals, Metals & Materials society (JOM)" Vol. 63, nº2 (febrero de 2011) págs.. 57-64, en el estado de la técnica se han desarrollado diversos métodos de fabricación de partículas de AlN a partir de aleaciones de aluminio tales como: solidificación direccional, procesado por deformación plástica severa, síntesis autopropagada a alta temperatura, dispersión exotérmica y síntesis por reacción directa.

Además, la fabricación de materiales compuestos formados por una matriz metálica de aluminio, titanio y/o magnesio, y un refuerzo de AlN es un proceso lento. Así, por ejemplo en los procedimientos PRIMEX (marca comercial) de la técnica anterior, según se divulga en K.B. Lee y Cols. "Feasibility of Aluminium Nitride Formation in Alluminium Alloys" Materials science and Engineering págs.121-129, 1995, se fabrica AlN para su uso como refuerzo de materiales con sustrato de aluminio, titanio y/o magnesio. En dichos procedimientos PRIMEX es preciso moler previamente en un molino de bolas, durante unas 10 h, una mezcla de polvos de Al, Mg, Si y/o partículas de refuerzo. Posteriormente, sobre la mezcla de polvos se coloca un lingote de aleación de aluminio, se sube la temperatura hasta los 800°C por medio de un horno y se hace pasar una corriente de nitrógeno (N_2) durante un tiempo del orden de una hora. La formación de partículas de AlN se produce como resultado de una reacción in situ entre el nitrógeno y el aluminio fundido.

Asimismo, en los procedimientos de inyección de gas reactivo en aluminio fundido que se divulgan en S.S. Sreeja Kumari y Cols. En "Synthesis and characterization of in situ Al-AlN", Journal of Alloys and Compounds 509 págs 2503-2509, se burbujea una corriente de N₂ sobre aluminio fundido a 900°C durante un tiempo no inferior a 2-4 h. Posteriormente el material resultante se enfría y se somete a otros procesos adicionales. En los procedimientos de inyección de gas reactivo en aluminio fundido es necesario el uso de un horno que permita fundir el aluminio, además de la aplicación de vacío o presión externa.

Por otro lado, las partículas de Al/AlN creadas según los procedimientos de la técnica anterior son micro-partículas, es decir, tienen un tamaño de partícula en el rango de 5 a 10 µm.

El nitruro de titanio (TiN) posee propiedades similares al AlN por lo que también es un refuerzo preferido. No obstante su fabricación, similar a la del AlN, también es lenta, compleja y costosa.

En vista de lo expuesto anteriormente existe por tanto la necesidad de un nuevo procedimiento de obtención de materiales compuestos formados por una matriz metálica de aluminio, titanio y/o magnesio, y un refuerzo de AlN o TiN a un precio inferior y que sea más rápido que los procedimientos del estado de la técnica y que no precise del uso de hornos destinados a fundir el aluminio o el titanio. También es deseable que en dichos procedimientos de obtención del material compuesto exista una buena integración del Al/AlN (o alternativamente del Ti/TiN) dentro de la matriz metálica sin que sea necesario emplear tiempos de mezcla elevados (superiores a dos horas como en los procedimientos según el estado de la técnica); porque esto implicaría una reducción significativa de los costes de fabricación.

Por otro lado, en la ingeniería de materiales se conoce una técnica empleada para la creación de revestimientos metálicos llamada "laser cladding". En dicha técnica, se utiliza un dispositivo capaz de generar un haz láser que sale a través de una boquilla móvil, orientada hacia la pieza que se va a revestir. Asimismo, un polvo metálico (que va a formar dicho revestimiento) es arrastrado a lo largo de un conducto por una corriente de un gas transportador inerte, normalmente argón, hasta que accede al dispositivo y sale por la boquilla de forma coaxial al haz láser. La boquilla del dispositivo se coloca en una posición en la cual el rayo láser y las partículas de polvo metálico confluyen en un punto de la superficie exterior (llamado zona de trabajo) de la pieza a revestir. A consecuencia de ello, el

haz láser funde simultáneamente el polvo metálico y una porción de la superficie exterior de la pieza a revestir situada en torno al punto de confluencia, de tal forma que el polvo metálico se adhiere firmemente a la pieza. Repitiendo este procedimiento se forma un revestimiento uniforme.

5

En esta técnica de laser cladding, el gas transportador se limita a arrastrar el polvo metálico hasta la boquilla y a evitar la oxidación de dichas partículas de polvo metálico por el efecto de las altas temperaturas inducidas por el láser: la presencia de argón evita que en las proximidades de la zona de trabajo se acumule oxígeno. De hecho, como dicho gas es inerte, no reacciona químicamente, ni con la pieza a revestir, ni con el polvo metálico. Además, esta técnica está exclusivamente pensada para realizar revestimientos de un único material, mientras que la presente invención tiene por objeto fabricar in situ materiales compuestos que pueden ser opcionalmente empleados como revestimientos. A diferencia de la técnica anterior, los revestimientos formados según la presente invención son, tal y como se verá a continuación, de materiales compuestos.

10

15

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

Con objeto de abordar los problemas y desventajas de la técnica anterior arriba indicados, la invención proporciona un procedimiento de obtención de material compuesto Al/AlN o Ti/TiN que comprende las siguientes etapas:

20

25

30

35

- a) Introducir polvo de aluminio (Al) o alternativamente polvo de titanio (Ti) en una tolva provista de al menos un conducto de salida, estando dicho conducto de salida conectado a una boquilla coaxial y a una fuente de gas nitrógeno (N₂),
- b) Generar una corriente de gas nitrógeno presurizado que arrastra el polvo de aluminio, o alternativamente el polvo de titanio, por el conducto de salida formando un flujo de polvo, de modo que dicho flujo de polvo sale por la boquilla coaxial;
- c) Generar un haz láser que sale a través de la boquilla de forma coaxial al flujo de polvo;
- d) Poner en contacto el flujo de polvo con el haz láser, de forma que el polvo de aluminio o alternativamente el polvo de titanio se funda al menos parcialmente y una porción de dicho polvo de aluminio o de titanio reaccione con el nitrógeno dando lugar a partículas de AlN o de TiN, adhiriéndose dichas partículas de AlN o de TiN al polvo de aluminio o titanio fundido, obteniéndose así un polvo de material compuesto Al/AlN o Ti/TiN; y

- e) Recoger el polvo de material compuesto de Al/AlN , o alternativamente, el material compuesto de Ti/TiN , que cae desde la boquilla hasta un dispositivo de recogida.

5 El haz láser utilizado imparte al aluminio (o alternativamente al titanio) una temperatura suficiente como para fundirlo (unos 900—1.800 °C). Asimismo, la alta temperatura del láser permite que al menos una porción del nitrógeno se disocie y reaccione en un tiempo inferior a un segundo con una porción del aluminio fundido (o alternativamente del titanio fundido), dando lugar a partículas de AlN (o alternativamente partículas de TiN) de tamaño reducido. Dichas partículas de AlN o TiN recién formadas se unen a gránulos del polvo de aluminio (o
10 alternativamente de titanio) que no ha reaccionado con el nitrógeno dando lugar a un polvo de material compuesto de aluminio (o alternativamente de titanio), reforzado con partículas de nitruro de aluminio (o alternativamente de nitruro de titanio) de tamaño reducido.

15 En otras palabras, en dicho material compuesto Al/AlN o Ti/TiN obtenido mediante un procedimiento según la invención, la matriz estaría formada por gránulos del polvo de aluminio o titanio que no han reaccionado con el nitrógeno, y el refuerzo estaría formado por las partículas AlN o de TiN de tamaño reducido que se adhieren a dichos gránulos.

20 La eficiencia energética del procedimiento según la invención es mayor que la de los procedimientos del estado de la técnica, ya que para obtener las partículas de material compuesto Al/AlN (o alternativamente Ti/TiN), dado que el único gasto energético que implica es el necesario para operar el láser, lo que supone una ventaja técnica adicional.

25 Por medio de este procedimiento según la invención es posible obtener material compuesto Al/AlN o Ti/TiN de forma cuasi instantánea y sin que sea imprescindible el uso de catalizadores, tales como el magnesio o el silicio. Asimismo, las partículas de AlN o TiN creadas son partículas de tamaño reducido.

30 A los efectos de la presente memoria descriptiva se entiende que una “partícula de tamaño reducido” es toda aquella partícula con un tamaño de partícula igual o inferior a 2 μm .

35 El hecho de que, gracias al procedimiento según la presente invención, en el material compuesto Al/AlN (o alternativamente Ti/TiN) haya partículas de AlN (o alternativamente de TiN) de tamaño reducido supone una ventaja con respecto a la técnica anterior, porque dicho material puede dar lugar a refuerzos con mejores propiedades mecánicas (mayor dureza, mejor resistencia al desgaste, etc.) que los refuerzos de la técnica anterior,

formados por micro partículas (de tamaño igual o superior a 5 μm).

Asimismo, en este procedimiento según la invención no es necesario que el polvo de aluminio (o alternativamente el polvo de titanio) estén previamente fundidos, ya que dichos
 5 polvos se funden de forma cuasi instantánea al entrar en contacto con el rayo láser. Esto simplifica y abarata el procedimiento al no ser necesario el uso de un horno para fundir dicho polvo de aluminio (o alternativamente polvo de titanio). Por otro lado, el hecho de que el nitruro de aluminio (o alternativamente nitruro de titanio) se obtenga en forma de partículas, facilita su conformado posterior, para el que se pueden emplear técnicas convencionales
 10 conocidas en la técnica, tales como la pulvimetalurgia (compactación del polvo de material compuesto Al/AlN (o Ti/TiN) para darle una forma determinada, y posterior calentamiento en atmósfera controlada para la obtención de una pieza sólida) o colada (fundición del polvo de material compuesto Al/AlN (o Ti/TiN) y posterior vertido en un molde).

15 A los efectos de la presente memoria descriptiva se entiende como “conformado” al proceso de fabricación de piezas a partir de los polvos finos de material compuesto Al/nitruro de aluminio (o alternativamente de nitruro de titanio) para darles una forma determinada.

Un segundo objeto de la invención se refiere a un procedimiento de revestimiento in situ de
 20 sustratos con un revestimiento monocapa de material compuesto Al/AlN o Ti/TiN, que comprende las siguientes etapas:

- a) Introducir polvo de aluminio (Al) o alternativamente polvo de titanio (Ti) en una tolva provista de al menos un conducto de salida, estando dicho conducto de salida conectado a una boquilla coaxial y a una fuente de gas nitrógeno (N_2) presurizado,
- 25 b) Generar una corriente de gas nitrógeno presurizado que arrastra el polvo de aluminio, o alternativamente el polvo de titanio, por el conducto de salida formando un flujo de polvo, de modo que dicho flujo de polvo sale por la boquilla coaxial, estando la boquilla coaxial orientada hacia un sustrato a revestir previamente dispuesto en las proximidades de la boquilla axial;
- 30 c) Generar un haz láser que sale a través de la boquilla de forma coaxial al flujo de polvo y alcanza la superficie exterior de dicho sustrato;
- d) Poner en contacto el flujo de polvo con el haz láser, de forma que el polvo de aluminio o alternativamente el polvo de titanio) se funda al menos parcialmente y una porción de dicho polvo de aluminio o titanio reaccione con el nitrógeno dando
 35 lugar a partículas de AlN o de TiN, adhiriéndose dichas partículas de AlN o de TiN al polvo de aluminio o titanio fundido, obteniéndose así un polvo de material

compuesto Al/AlN o Ti/TiN que se adhiere a la superficie exterior del sustrato formando una capa de revestimiento de material compuesto Al/AlN o Ti/TiN;

5 Este procedimiento de revestimiento según la invención permite la formación in situ de un revestimiento de refuerzo que contiene partículas de AlN, o alternativamente, de TiN de tamaño reducido. Esto garantiza que dicho AlN (o alternativamente TiN) se distribuya de forma homogénea sobre el sustrato, dando lugar a un revestimiento con las siguientes ventajas adicionales: baja dilución con el sustrato y baja distorsión térmica.

10 Por otro lado, el procedimiento de revestimiento de sustratos con revestimientos de Al/AlN, o alternativamente, de Ti/TiN según la invención, permite revestimientos con partículas de AlN, o alternativamente de TiN, de un tamaño reducido (igual o inferior a 2 μm). Esto hace posible que exista una alta relación superficial (cantidad de partículas AlN o TiN por unidad de superficie del sustrato), lo que maximiza el efecto reforzante de dichas partículas de AlN
15 o TiN.

Además, en el procedimiento de revestimiento in situ de materiales según la invención no es necesario fundir previamente el aluminio (o alternativamente el titanio) del revestimiento, lo que hace innecesario el uso de horno. Tampoco es necesaria la formación de vacío.

20 La presente invención también se refiere a un procedimiento de revestimiento in situ de sustratos con un revestimiento de múltiples capas de material compuesto Al/AlN o Ti/TiN Al/AlN o Ti/TiN, que comprende las siguientes etapas:

- 25
- a) Introducir polvo de aluminio (Al) o alternativamente polvo de titanio (Ti) en una tolva provista de al menos un conducto de salida, estando dicho conducto de salida conectado a una boquilla coaxial y a una fuente de gas nitrógeno (N_2) presurizado,
 - b) Generar una corriente de gas nitrógeno presurizado que arrastra el polvo de aluminio, o alternativamente el polvo de titanio, por el conducto de salida formando
30 un flujo de polvo, de modo que dicho flujo de polvo sale por la boquilla coaxial, estando la boquilla coaxial orientada hacia un sustrato a revestir, previamente dispuesto en las proximidades de la boquilla axial;
 - c) Generar un haz láser que sale a través de la boquilla de forma coaxial al flujo de polvo y alcanza la superficie exterior de dicho sustrato;
 - 35 d) Poner en contacto el flujo de polvo con el haz láser, de forma que el polvo de aluminio o alternativamente el polvo de titanio se funda al menos parcialmente y una

porción de dicho polvo de aluminio o de titanio reaccione con el nitrógeno dando lugar a partículas de AlN o de TiN , adhiriéndose dichas partículas de AlN o de TiN al polvo de aluminio o titanio fundido, obteniéndose así un polvo de material compuesto Al/AlN o Ti/TiN que se adhiere a la superficie exterior del sustrato metálico formando una capa de revestimiento de material compuesto Al/AlN o Ti/TiN;

5 e) Repetir las etapas a) a d) hasta obtener sobre el sustrato las capas de revestimiento de material compuesto Al/AlN o Ti/TiN deseadas.

10 En cualquiera de los procedimientos de revestimiento de la invención (es decir, tanto en el procedimiento de revestimiento monocapa con material compuesto Al/AlN o Ti/TiN, como en el procedimiento de revestimiento con múltiples capas de material compuesto Al/AlN o Ti/TiN), antes de la etapa c) el sustrato puede opcionalmente calentarse hasta una temperatura de 80 - 250°C. Dicha temperatura no es lo suficientemente alta como para fundir el sustrato, pero sí sirve para facilitar la formación del revestimiento al reducir el choque térmico que se produce cuando el haz láser alcanza las proximidades del sustrato. Asimismo, el sustrato es preferiblemente un sustrato metálico y más preferiblemente, un sustrato metálico de aluminio, titanio y/o magnesio.

15 20 Asimismo, en una realización preferida de cualquiera de los procedimientos de revestimiento de la invención, la boquilla coaxial es móvil y orientable para que pueda trasladarse a lo largo, ancho y alto de la superficie del sustrato a revestir.

En otra realización preferida de cualquiera de los procedimientos de revestimiento de la invención el sustrato está dispuesto sobre un soporte que permite su movimiento y giro para que el haz láser y el flujo de partículas puedan revestir toda su superficie en las 3 dimensiones.

El haz láser utilizado en la etapa c) de cualquiera de los procedimientos según la invención arriba descritos, tiene preferiblemente una potencia en el rango de 900 a 1500W,

Asimismo, en una realización preferida de cualquiera de los procedimientos de la invención la mezcla de polvo de aluminio (o titanio) y gas nitrógeno sale a través de la boquilla a razón de 1 a 5 g/min, preferiblemente a razón de 2 g/min.

35 En una realización preferida de cualquiera de los procedimientos de la invención, el flujo de

polvo atraviesa una cámara, preferiblemente una cámara de turbulencia, antes de salir por la boquilla coaxial. El uso de este tipo de cámara favorece la formación de las partículas de AlN o, alternativamente TiN.

- 5 Asimismo, en una realización alternativa de cualquiera estos procedimientos según la invención la invención en la etapa a), además de polvo de aluminio (o alternativamente polvo de titanio), también se añaden catalizadores, elementos o compuestos químicos que favorecen la formación de partículas de AlN (o alternativamente de TiN).
- 10 En otra realización de cualquiera de estos procedimientos según la invención, por la boquilla coaxial además del haz láser y el flujo de polvo, también sale una corriente adicional de gas. Dicho gas puede ser nitrógeno, o alternativamente, un gas inerte. Dicha corriente adicional facilita la creación de partículas de AlN o TiN debido a que, bien al haber una mayor corriente de N₂ se generan más partículas de AlN o TiN más fácilmente, o bien, cuando el
- 15 gas adicional es un gas inerte, se evita la oxidación del Al o el Ti.

Otro objeto de la invención se refiere a material compuesto Al/AlN, o alternativamente a material compuesto Ti/TiN, obtenible según cualquiera de las variantes del procedimiento anteriormente descrito y en las que las partículas de AlN o TiN tienen un tamaño igual o

20 inferior a 2µm.

Según lo expuesto anteriormente, dicho material compuesto de Al/AlN, o alternativamente dicho material compuesto de Ti/TiN, debido al procedimiento utilizado en su fabricación presentan, entre otras propiedades, una mayor dureza y una mejor resistencia al desgaste,

25 debidas a que las partículas de AlN o TiN creadas tienen un tamaño de partícula reducido, que las diferencian de las micro partículas de material compuesto Al/AlN, o alternativamente de Ti/TiN de mayor tamaño, descritas en el estado de la técnica y obtenidas por otros procesos.

30 Otro objeto de la invención es un sustrato y con un revestimiento de material compuesto Al/AlN, o alternativamente, de Ti/TiN, fabricable según cualquiera de los procedimientos anteriormente descritos y en el que en dicho material las partículas de AlN o TiN tienen un tamaño igual o inferior a 2 µm.

35 Dicho revestimiento de dichos sustratos puede consistir en una o varias capas.

Dichos materiales formados por un sustrato y un revestimiento de Al/AlN, o alternativamente, de Ti/TiN, fabricables según los procedimientos de la invención, presentan las siguientes características que los diferencian de materiales, descritos en el estado de la técnica y obtenidos por otros procesos:

5

- Alta dureza (según se describirá más adelante en detalle en la sección realización preferente de la invención);
- Alta resistencia a la abrasión;
- Alta resistencia mecánica; y
- 10 - Muy pequeño tamaño de grano.

Las características arriba enunciadas se deben a que el revestimiento de material compuesto comprende partículas de AlN o TiN de tamaño reducido, es decir, igual o inferior a 2 μm .

15

La presente invención también se refiere a un dispositivo para la formación de material compuesto Al/AlN o Ti/TiN y para el revestimiento de sustratos con dicho material compuesto, caracterizado porque comprende: una tolva de almacenamiento de polvo de aluminio o titanio provista de un conducto de salida, estando dicho conducto de salida
20 conectado a una fuente de gas nitrógeno que arrastra el polvo de aluminio o titanio hasta una boquilla coaxial por la que sale dicho polvo de forma coaxial a un haz láser emitido por una fuente láser; estando dicho dispositivo caracterizado además porque también comprende un sistema de recogida situado debajo de la boquilla coaxial.

25

En el dispositivo según la invención, el haz láser emitido por la fuente láser tiene preferiblemente una potencia de 900 a 1.500W.

El dispositivo según la invención puede estar opcionalmente provisto de una segunda fuente de gas, siendo dicho gas nitrógeno o un gas inerte.

30

En una realización preferida de la invención, el dispositivo tiene una boquilla coaxial móvil y orientable para que pueda trasladarse a lo largo, ancho y alto de la superficie del sustrato a revestir.

35

En otra realización preferida del dispositivo de la invención, el sustrato está dispuesto sobre un soporte que permite su movimiento y giro para que el haz láser y el flujo de partículas

puedan revestir toda su superficie en las 3 dimensiones.

La presente invención también se refiere al uso de material compuesto Al/AlN o Ti/TiN obtenible según cualquiera de los procedimientos de acuerdo con la invención para revestir
5 sustratos, caracterizado porque las partículas de AlN o alternativamente las partículas de TiN tienen un tamaño de partícula igual o inferior a 2 μm . Los sustratos son preferiblemente sustratos metálicos, de aluminio titanio, titanio y/o magnesio.

La invención también se refiere específicamente al uso de material compuesto Al/AlN
10 obtenible según cualquiera de los procedimientos de acuerdo con la invención para revestir sustratos metálicos de aluminio, caracterizado porque las partículas de AlN tienen un tamaño de partícula igual o inferior a 2 μm .

La invención también se refiere específicamente al uso de material compuesto Ti/TiN
15 obtenible según cualquiera de los procedimientos de acuerdo con la invención para revestir sustratos metálicos de titanio, caracterizado porque las partículas de AlN tienen un tamaño de partícula igual o inferior a 2 μm .

A los efectos de la presente memoria descriptiva “sustrato metálico, de aluminio titanio,
20 titanio y/o magnesio” significa un sustrato compuesto por dichos metales o bien sustratos de materiales distintos al aluminio, al titanio o al magnesio, pero cuya superficie más externa a revestir está compuesta de aluminio titanio, y/o magnesio.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA FIGURAS

25

Se explicarán ahora características adicionales de la invención con relación a las figuras adjuntas, dadas solamente a modo de ejemplo explicativo y no limitativo, en las que:

La Figura 1 es una representación esquemática, que no está hecha a escala, de las
30 partículas de material compuesto Al/AlN o Ti/TiN obtenibles por un procedimiento según la invención; y

La Figura 2 es una representación esquemática, que no está hecha a escala, de un revestimiento de material compuesto Al/AlN o Ti/TiN formado sobre un sustrato, obtenible
35 según un procedimiento de acuerdo con la invención.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

5 A continuación se describen tres posibles realizaciones de un procedimiento de obtención de material compuesto Al/AlN según la invención, dadas como ejemplos ilustrativos y no limitativos.

En la primera realización se utilizó un polvo de aluminio Castolin Roto Tec 29220™ (marca comercial) con una pureza del 99 % en peso y un tamaño de partícula de 40,4 µm.

10 En la segunda realización se utilizó un polvo de aleación de aluminio AA6061™ (marca comercial) con una pureza de entre el 95,85 y el 98,56 % y un tamaño de partícula de 47, 4 µm.

15 En la tercera realización se utilizó un polvo de aleación de aluminio con una pureza del 12 % en peso y un tamaño de partícula de 71 µm.

20 En todos los procedimientos de la invención, el polvo de aluminio, o alternativamente, el polvo de titanio que se suministra inicialmente en la tolva en la etapa a) tienen preferiblemente un tamaño de partícula de 20 – 71 µm.

En las tres realizaciones según la invención se introdujo el polvo de aluminio en un alimentador *GTV – Powder feeder PF 2/2™* (marca comercial) conectado a cuatro mangueras que estaban conectadas, a su vez, a una cámara de turbulencia.

25 Por cada una de las mangueras se introduce una corriente de gas nitrógeno de tal forma que la mezcla de polvo de aluminio y nitrógeno ingresa en la cámara de turbulencia a una velocidad total de 2 g/min formando una nube de polvo. La nube de polvo atraviesa unos canales donde se disminuye la turbulencia y el flujo se transforma en quasi-laminar.

30 La nube de polvo es proyectada entonces coaxialmente a un haz láser a través de un cabezal coaxial *Fraunhofer IWS COAX 8™* (Marca comercial). Las partes interiores y exteriores de dicho cabezal están preferiblemente refrigeradas con agua. Asimismo, la dirección del flujo de la nube de polvo es paralela al eje del haz láser.

35 El láser empleado es un láser de diodo de alta potencia modelo *Rofin DL013S™* (marca comercial), cuya longitud de onda característica oscila entre 808 y 940nm y presenta

configuración de pulso continuo y potencia máxima de salida 1300W. El láser se encuentra acoplado a un sistema de brazo robotizado de seis ejes *ABB IRB 2400/16*, que cuenta con sistemas de extracción, gas de protección y seguridad automáticas.

5 Un software específico controla los siguientes parámetros:

- Potencia del haz láser (la cantidad de energía por unidad de tiempo que transmite el láser).
- Velocidad de alimentación de la nube de polvo.

10

Se utilizó una potencia de 1200 W y una velocidad de alimentación de 2 g/min, con los que se asegura la reacción entre el gas de nitrógeno y el polvo de aluminio que se funde al ser proyectado coaxialmente al haz láser. El polvo de material compuesto Al/AlN producido se recogió en un dispositivo de recogida en la forma de un recipiente cerámico. La cantidad de AlN formado en los tres casos fue de aproximadamente el 10% en peso.

15

En la Figura 1 se representa esquemáticamente la estructura del polvo de material compuesto Al/AlN, obtenible según cualquiera de las posibles realizaciones del procedimiento de la invención, arriba descritas.

20

Como puede observarse en dicha figura 1, los gránulos (1) de polvo de material compuesto Al/AlN comprenden una matriz (2) de aluminio, reforzada con partículas (3) de nitruro de aluminio. Dichas partículas (3) de nitruro de aluminio tienen un tamaño reducido, igual o inferior a 2 μm .

25

En los ejemplos arriba mostrados sólo se muestra, por simplicidad, un material compuesto de Al/AlN. No obstante, la estructura del material compuesto de Ti/TiN obtenible según cualquiera de los procedimientos de la invención sería a todas luces similar a la del material compuesto de Al/AlN, con la excepción de que en este caso el gránulo de polvo (1) estaría formado por una matriz (2) de titanio y las partículas (3) que forman el refuerzo serían de TiN. El tamaño de dichas partículas de TiN también sería, en este caso, igual o inferior a 2 μm .

30

En la Figura 2 se representa esquemáticamente la estructura de un revestimiento de material compuesto Al/AlN formado sobre un sustrato (4) y obtenible por un procedimiento cualquiera según la invención.

35

Se fabricaron in situ mediante procedimientos según la invención tres revestimientos sobre sustratos de magnesio (aleación de magnesio ZE41) de material compuesto Al/AlN, utilizando gas de nitrógeno y tres polvos de aluminio diferentes:

- 5 - Aluminio puro, Castolin 29220TM (marca comercial), con una pureza del 99 % en peso y un tamaño de partícula de 40,4 µm;
- Polvo de aleación de aluminio AA6061TM (marca comercial); con una pureza de entre el 95,85 y el 98,56 % y un tamaño de partícula de 47, 4 µm; y
- 10 - Polvo de aleación de aluminio Al12%pSi con una pureza del 12 % en peso y un tamaño de partícula de 71 µm. El silicio actúa como catalizador de la reacción de formación de AlN para que el revestimiento con Al12pSi tenga una mayor cantidad de nitruro de aluminio y una mayor dureza..

A continuación, se evaluó la microdureza Vickers HV0.2 de dichos revestimientos, y se comparó con la de revestimientos creados únicamente a partir de los polvos de aluminio arriba indicados. La microdureza del revestimiento del material compuesto Al /AlN según la invención fue entre un 40 – 62% mayor que la del revestimiento formado exclusivamente por aluminio. Más en particular, en torno a un 40% mayor en el caso del aluminio puro, un 60% mayor en el caso del polvo de aleación de aluminio AA6061TM y un 62% mayor en el caso del polvo de aleación de aluminio Al12pSi.

Aunque la presente invención ha sido descrita en relación a realizaciones preferidas de la misma, se apreciará a partir de la descripción que se pueden hacer diversas combinaciones de elementos, variaciones o mejoras en ella, y están dentro del alcance de la invención, definido exclusivamente por el siguiente juego de reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de obtención de material compuesto Al/AlN o Ti/TiN que comprende las siguientes etapas:

5

- a) Introducir polvo de aluminio (Al) o alternativamente polvo de titanio (Ti) en una tolva provista de al menos un conducto de salida, estando dicho conducto de salida conectado a una boquilla coaxial y a una fuente de gas nitrógeno (N₂) presurizado;
- b) Generar una corriente de gas nitrógeno que arrastra el polvo de aluminio, o
10 alternativamente el polvo de titanio, por el conducto de salida formando un flujo de polvo, de modo que dicho flujo de polvo sale por la boquilla coaxial;
- c) Generar un haz láser que sale a través de la boquilla de forma coaxial al flujo de polvo;
- d) Poner en contacto el flujo de polvo con el haz láser, de forma que el polvo de
15 aluminio o alternativamente el polvo de titanio se funda al menos parcialmente y una porción de dicho polvo de aluminio o de titanio reaccione con el nitrógeno dando lugar a partículas de AlN o de TiN, adhiriéndose dichas partículas de AlN o TiN al polvo de aluminio o titanio fundido, obteniéndose así un polvo de material compuesto Al/AlN o Ti/TiN; y
- e) Recoger el polvo de material compuesto de Al/AlN, o alternativamente, el material
20 compuesto de Ti/TiN , que cae desde la boquilla hasta un dispositivo de recogida.

2. Procedimiento de revestimiento in situ de sustratos con un revestimiento monocapa de material compuesto Al/AlN o Ti/TiN, que comprende las siguientes etapas:

25

- a) Introducir polvo de aluminio (Al) o alternativamente polvo de titanio (Ti) en una tolva provista de al menos un conducto de salida, estando dicho conducto de salida conectado a una boquilla coaxial y a una fuente de gas nitrógeno (N₂) presurizado,
- b) Generar una corriente de gas nitrógeno presurizado que arrastra el polvo de
30 aluminio, o alternativamente el polvo de titanio, por el conducto de salida formando un flujo de polvo, de modo que dicho flujo de polvo sale por la boquilla coaxial, estando la boquilla coaxial orientada hacia un sustrato a revestir previamente dispuesto en las proximidades de la boquilla axial;
- c) Generar un haz láser que sale a través de la boquilla de forma coaxial al flujo de
35 polvo y alcanza la superficie exterior de dicho sustrato;
- d) Poner en contacto el flujo de polvo con el haz láser, de forma que el polvo de

aluminio o alternativamente el polvo de titanio se funda al menos parcialmente y una porción de dicho polvo de aluminio o de titanio reaccione con el nitrógeno dando lugar a partículas de AlN o de TiN, adhiriéndose dichas partículas de AlN o TiN al polvo de aluminio o titanio fundido, obteniéndose así un polvo de material compuesto Al/AlN o Ti/TiN que se adhiere a la superficie exterior del sustrato formando una capa de revestimiento de material compuesto Al/AlN o Ti/TiN.

3. Procedimiento de revestimiento in situ de sustratos con un revestimiento de múltiples capas de material compuesto Al/AlN o Ti/TiN Al/AlN o Ti/TiN, que comprende las siguientes etapas:

a) Introducir polvo de aluminio (Al) o alternativamente polvo de titanio (Ti) en una tolva provista de al menos un conducto de salida, estando dicho conducto de salida conectado a una boquilla coaxial y a una fuente de gas nitrógeno (N₂) presurizado,

b) Generar una corriente de gas nitrógeno presurizado que arrastra el polvo de aluminio, o alternativamente el polvo de titanio, por el conducto de salida formando un flujo de polvo, de modo que dicho flujo de polvo sale por la boquilla coaxial, estando la boquilla coaxial orientada hacia un sustrato a revestir, previamente dispuesto en las proximidades de la boquilla axial;

c) Generar un haz láser que sale a través de la boquilla de forma coaxial al flujo de polvo y alcanza la superficie exterior de dicho sustrato;

d) Poner en contacto el flujo de polvo con el haz láser, de forma que el polvo de aluminio o alternativamente el polvo de titanio se funda al menos parcialmente y una porción de dicho polvo de aluminio o de titanio reaccione con el nitrógeno dando lugar a partículas de AlN o de TiN, adhiriéndose dichas partículas de AlN o TiN al polvo de aluminio o titanio fundido, obteniéndose así un polvo de material compuesto Al/AlN o Ti/TiN que se adhiere a la superficie exterior del sustrato formando una capa de revestimiento de material compuesto Al/AlN o Ti/TiN; y

e) Repetir las etapas a) a d) hasta obtener sobre el sustrato las capas de revestimiento de material compuesto Al/AlN o Ti/TiN deseadas.

4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 2 y 3, caracterizado porque el sustrato es un sustrato metálico, preferiblemente un sustrato metálico de aluminio, titanio y/o magnesio.

5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, caracterizado porque antes de la etapa c) el sustrato se calienta hasta una temperatura de 80- 250°C.
- 5 6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 5, caracterizado porque la boquilla coaxial es móvil y orientable para que pueda trasladarse a lo largo, ancho y alto de la superficie del sustrato a revestir.
- 10 7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 5, caracterizado porque el sustrato está dispuesto sobre un soporte que permite su movimiento y giro para que el haz láser y el flujo de partículas puedan revestir toda su superficie en las 3 dimensiones.
8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado porque el haz láser utilizado en la etapa c) tiene una potencia en el rango de 900 a 1500W.
- 15 9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la mezcla de polvo de aluminio o titanio y gas nitrógeno sale a través de la boquilla a razón de 1 a 5 g/min, preferiblemente a razón de 2 g/min.
- 20 10. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el flujo de polvo atraviesa una cámara, preferiblemente una cámara de turbulencia, antes de salir por la boquilla coaxial.
- 25 11. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque en la etapa a), además de polvo de aluminio o alternativamente polvo de titanio, también se añaden catalizadores.
- 30 12. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque por la boquilla coaxial además del haz láser y el flujo de polvo, también sale una corriente adicional de gas nitrógeno, o alternativamente, de un gas inerte.
- 35 13. Material compuesto de Al/AlN o de Ti/TiN, obtenible por un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 y 8 a 12, caracterizado porque las partículas de AlN o TiN tienen un tamaño igual o inferior a 2 μm .
14. Sustrato con un revestimiento de material compuesto de Al/AlN, o alternativamente, de Ti/TiN, obtenible por un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 12 y

caracterizado porque las partículas de AlN o TiN tienen un tamaño de partícula igual o inferior a 2 μm .

- 5 15. Dispositivo para la formación de material compuesto de Al/AlN o de Ti/TiN y para el revestimiento de sustratos con dicho material compuesto, caracterizado porque comprende: una tolva de almacenamiento de polvo de aluminio o titanio provista de un conducto de salida, estando dicho conducto de salida conectado a una fuente de gas nitrógeno que arrastra el polvo de aluminio o titanio hasta una boquilla coaxial por la que sale dicho polvo de forma coaxial a un haz láser emitido por una fuente láser ; estando
- 10 caracterizado además porque también comprende un sistema de recogida situado debajo de la boquilla coaxial.
16. Dispositivo según la reivindicación 15, caracterizado porque el haz láser emitido por la fuente láser tiene una potencia de 900 a 1.500W.
- 15 17. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 15 y 16, caracterizado porque está provisto de una segunda fuente de gas, siendo dicho gas nitrógeno o un gas inerte.
18. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 15 a 17, caracterizado porque tiene
- 20 una boquilla coaxial móvil y orientable para que pueda trasladarse a lo largo, ancho y alto de la superficie del sustrato a revestir.
19. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 15 a 18, caracterizado porque el sustrato está dispuesto sobre un soporte que permite su movimiento y giro para que el
- 25 haz láser y el flujo de partículas puedan revestir toda su superficie en las 3 dimensiones.
20. Uso de un material compuesto de Al/AlN o Ti/TiN obtenible según cualquiera de las reivindicaciones 1 y 8 a 12 para revestir sustratos, caracterizado porque las partículas de AlN, o alternativamente las partículas de TiN, tienen un tamaño de partícula igual o
- 30 inferior a 2 μm .
21. Uso según la reivindicación 20, caracterizado porque el material compuesto es material compuesto de Al/AlN y el sustrato es un sustrato metálico de aluminio.
- 35 22. Uso según la reivindicación 20, caracterizado porque el material compuesto es material compuesto de Ti/TiN y el sustrato es un sustrato metálico de titanio.

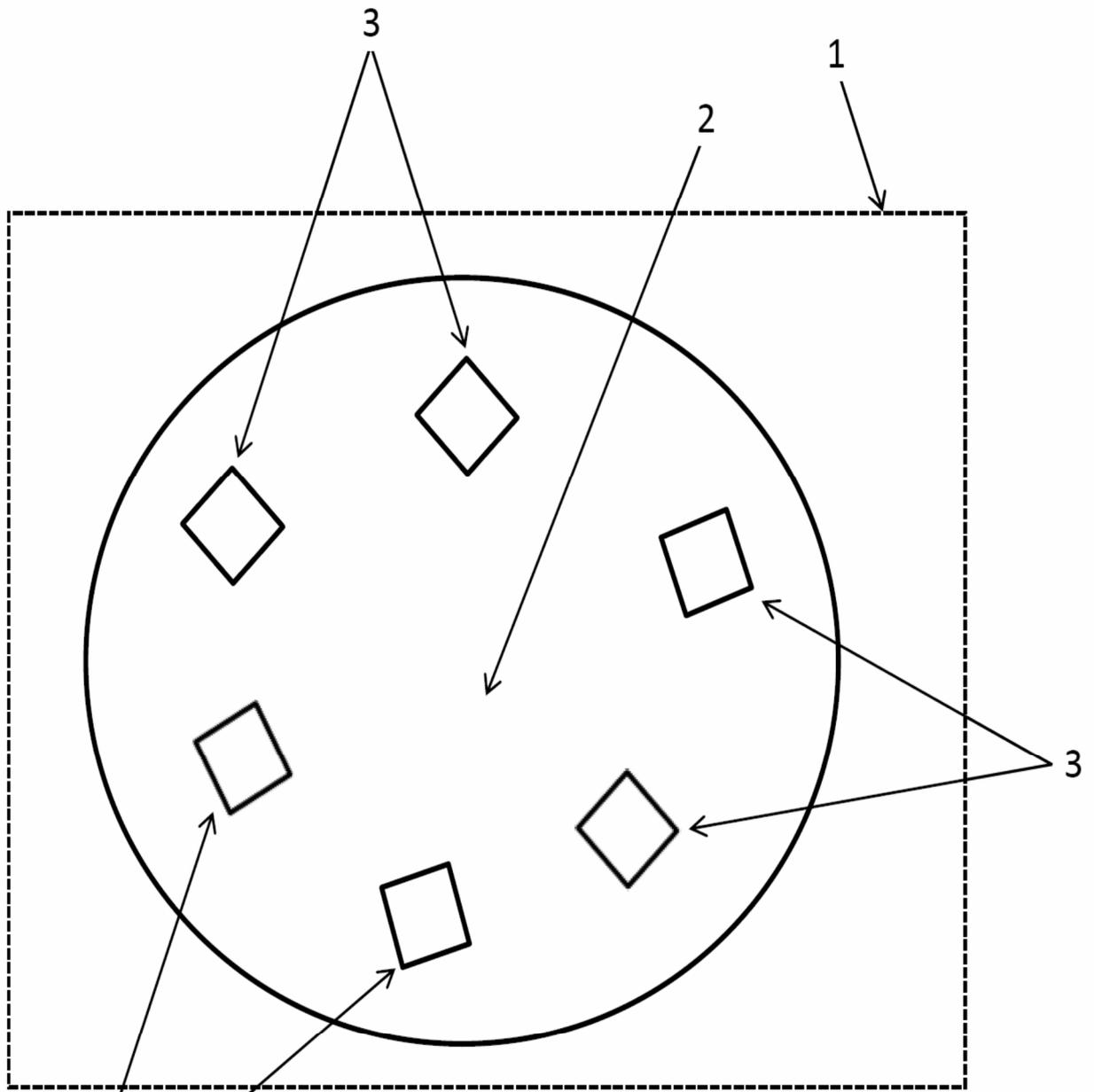


Fig. 1

3

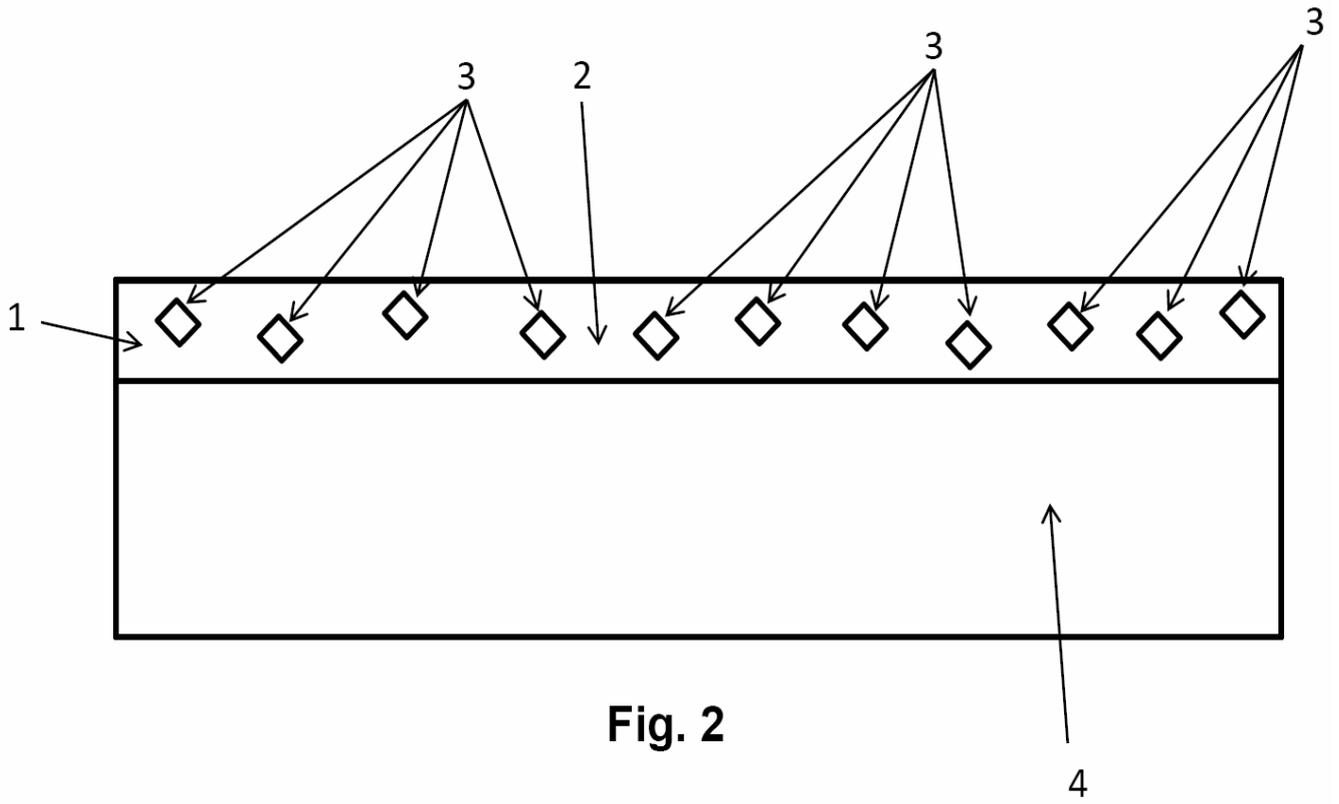


Fig. 2