

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 998 183**

51 Int. Cl.:

C09D 163/00 (2006.01)

C09D 133/02 (2006.01)

H01L 29/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.06.2019 PCT/IB2019/054846**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.12.2019 WO19239304**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.06.2019 E 19746155 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.09.2024 EP 3807370**

54 Título: **Sustrato metálico recubierto**

30 Prioridad:

15.06.2018 WO PCT/IB2018/054428

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

19.02.2025

73 Titular/es:

**ARCELORMITTAL (100.00%)
24-26 Boulevard d'Avranches
1160 Luxembourg, LU**

72 Inventor/es:

**ALVAREZ-ALVAREZ, ABEL;
PEREZ VIDAL, OSCAR;
RODRIGUEZ MARTINEZ, CARLOS JAVIER;
NORIEGA PEREZ, DAVID y
FERNANDEZ ALVAREZ, JOSÉ PAULINO**

74 Agente/Representante:

PONTI & PARTNERS, S.L.P.

ES 2 998 183 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sustrato metálico recubierto

5 La presente invención se refiere a un sustrato metálico recubierto directamente con una imprimación no conductora, estando la imprimación no conductora recubierta al menos parcialmente con una pintura que comprende óxido de grafeno reducido y un polímero termoendurecible, a un procedimiento para la fabricación de este sustrato metálico recubierto, a un procedimiento para detectar la deformación por tensión. Es particularmente adecuado para la industria offshore, la industria electrónica y la industria energética.

10 Son muy necesarios dispositivos de detección de deformación muy sensibles para monitorizar el estado de una estructura, tal como una autopista, un edificio, un puente, un avión, un barco o similar, o para detectar de forma temprana un defecto que se produce en una situación extrema, tal como un desastre natural, tal como un terremoto, un tifón o similar. Por lo tanto, se están investigando elementos piezoeléctricos.

15 Sin embargo, la mayoría de los elementos piezoeléctricos son materiales cerámicos frágiles y son difíciles de utilizar como sensores de deformación flexibles. Se necesita principalmente un proceso de fabricación especial para formar un elemento piezoeléctrico sobre un sustrato flexible.

20 La solicitud de patente US 2014291733 divulga un dispositivo de detección de deformación que comprende: un sustrato flexible; un electrodo de compuerta formado sobre el sustrato flexible; una capa aislante de compuerta configurada para cubrir el electrodo de compuerta, e incluye una parte formada de un material flexible; una capa activa formada de óxido de grafeno reducido (R-GO) para detectar una deformación, sobre la capa aislante de compuerta; y un electrodo de fuente y drenaje formado sobre la capa activa.

25 Sin embargo, este dispositivo es realmente complejo de producir a escala industrial ya que comprende una gran cantidad de elementos. Además, este dispositivo se puede aplicar a un dispositivo electrónico flexible o elástico. Sin embargo, no está adaptado a sustratos metálicos, tales como el acero. De hecho, por ejemplo, en las industrias de energía y offshore, existe la necesidad de monitorizar la deformación por tensión de la turbina eólica para detectar de forma temprana defectos o situaciones críticas, tales como grietas (especialmente importantes en áreas soldadas), corrosión por picaduras, cargas muy altas que podrían evitarse mediante el control de posicionamiento de la turbina eólica o de las palas, etc. y, por lo tanto, para aumentar la vida útil de la turbina eólica. Finalmente, en el procedimiento de formación de la capa activa de óxido de grafeno reducido, el óxido de grafeno se adsorbe sobre una capa aislante de compuerta, utilizando una solución acuosa de óxido de grafeno (0,2 mg/mL) de una nanolámina de óxido de grafeno formada mediante un procedimiento de "striping" de grafito de Hummer. Una capa de óxido de grafeno adsorbida y en red se expone a vapor de hidrato de hidrazina a aproximadamente 40 °C durante 18 horas para que se reduzca, formando así una capa de R-GO que es la capa activa. Sin embargo, la formación de óxido de grafeno reducido es muy larga y la técnica de absorción puede provocar problemas de adherencia y disminuir la calidad de la detección de la deformación.

40 Por tanto, el objetivo de la invención es proporcionar un sistema sencillo para detectar y monitorizar la deformación por tensión de sustratos metálicos. Además, el objetivo es proporcionar un sistema que tenga una alta sensibilidad de detección y, por tanto, mejore la vida útil de los sustratos metálicos.

45 Esto se logra proporcionando un sustrato metálico recubierto según la reivindicación 1. El sustrato de acero recubierto también puede comprender cualquier característica de las reivindicaciones 2 a 7.

50 La invención también cubre un procedimiento para la fabricación del sustrato metálico recubierto según las reivindicaciones 8 a 10.

La invención también cubre un procedimiento para detectar una deformación por tensión con el sustrato metálico recubierto según las reivindicaciones 11 a 12.

Se definen los siguientes términos:

- 55 - El óxido de grafeno reducido significa óxido de grafeno que se ha reducido. El óxido de grafeno reducido comprende una o varias capas de grafeno que tienen algunos grupos funcionales de oxígeno, incluidos grupos cetona, grupos carboxilo, grupos epoxi y grupos hidroxilo, y
- Los biopolímeros son polímeros producidos por organismos vivos; en otras palabras, son biomoléculas poliméricas. Los biopolímeros contienen unidades monoméricas que se unen covalentemente para formar
- 60 estructuras más grandes.

Otras características y ventajas de la invención se resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de la invención.

65 Para ilustrar la invención, se describirán diversas realizaciones y ensayos de ejemplos no limitativos, particularmente con referencia a las siguientes Figuras:

- La Figura 1 ilustra un ejemplo de una nanoplaqueta de óxido de grafeno reducido según la presente invención.
- La Figura 2 ilustra un ejemplo de algunas nanoplaquetas de óxido de grafeno reducido según la presente invención.

5 La invención según las reivindicaciones adjuntas se refiere a un sustrato metálico recubierto directamente con una imprimación no conductora, estando la imprimación no conductora recubierta al menos parcialmente sobre al menos una cara con una pintura que comprende óxido de grafeno reducido y un polímero termoendurecible.

10 Sin querer limitarnos a ninguna teoría, parece que la pintura que incluye el óxido de grafeno reducido y el polímero termoendurecible se adhiere bien a la imprimación no conductora, aumentando la vida útil del sustrato metálico recubierto y, muy importante, la transferencia de carga al sensor. De hecho, se cree que el óxido de grafeno reducido está altamente disperso en la pintura, lo que conduce a una mejora de la calidad de detección. Finalmente, la pintura depositada sobre la imprimación no conductora es un sistema fácil y simple que permite una detección rápida de la deformación por tensión.

15 El óxido de grafeno reducido se puede producir a partir de grafito kish, tal como se describe en las solicitudes de patente PCT/IB2017/000348 o PCT/IB2018/053416. También se puede producir a partir de restos de electrodos tal como se describe en PCT/IB2018/053643.

20 Preferiblemente, la imprimación no conductora está recubierta en ambas caras.

El sustrato metálico recubierto puede estar cubierto por una capa protectora. La capa protectora puede estar fabricada de polímeros termoendurecibles. En este caso, el sustrato no conductor recubierto está protegido contra la corrosión.

25 Preferiblemente, el tamaño lateral del óxido de grafeno reducido está entre 1 y 80 μm , más preferiblemente entre 40 y 80 μm y ventajosamente entre 60 y 80 μm .

30 Preferiblemente, el porcentaje en peso de oxígeno en el óxido de grafeno reducido está comprendido entre el 2 y el 20% y preferiblemente entre el 2 y el 10%. De hecho, sin querer limitarnos a ninguna teoría, se cree que el porcentaje de oxígeno juega un papel en la conductividad y la resistencia eléctrica de la pintura.

35 Preferiblemente, el óxido de grafeno reducido no está funcionalizado por un biopolímero. De hecho, sin querer limitarnos a ninguna teoría, se cree que el biopolímero puede disminuir la sensibilidad de la detección de la deformación por tensión.

40 Preferiblemente, el óxido de grafeno reducido se encuentra en forma de una o más nanoplaquetas. De hecho, sin querer limitarnos a ninguna teoría, se cree que la forma del óxido de grafeno reducido puede desempeñar un papel en la detección, ya que parece que las nanoplaquetas pueden formar fácilmente un camino en la pintura por donde circula la electricidad. La figura 1 ilustra un ejemplo de una nanoplaqueta de óxido de grafeno reducido. El tamaño lateral significa la longitud más alta de la capa a través del eje X, el grosor significa la altura de la capa a través del eje Z y el ancho de la nanoplaqueta se ilustra a través del eje Y. La Figura 2 ilustra un ejemplo de algunas nanoplaquetas de óxido de grafeno reducido.

45 Preferiblemente, el óxido de grafeno reducido tiene un área superficial inferior a 300 $\text{m}^2\cdot\text{g}^{-1}$ y más preferiblemente inferior a 290 $\text{m}^2\cdot\text{g}^{-1}$. Preferiblemente, el óxido de grafeno reducido tiene un área superficial superior a 200 $\text{m}^2\cdot\text{g}^{-1}$. Cuando el área superficial es igual o superior a 300 $\text{m}^2\cdot\text{g}^{-1}$, parece que la calidad de la detección de fugas de sustratos no conductores disminuye ya que la pintura es demasiado sensible y, por lo tanto, también se detecta el ruido de fondo.

50 Ventajosamente, el grosor de la pintura es inferior a 1 mm y preferiblemente comprendido entre 25 y 500 micras.

55 Preferiblemente, la concentración del óxido de grafeno reducido en la pintura está comprendida entre el 0,05 y el 10% en peso, preferiblemente entre el 0,05 y el 7% en peso y ventajosamente entre el 0,5 y el 4% en peso. De hecho, sin querer limitarnos a ninguna teoría, parece que tener el óxido de grafeno reducido en la concentración anterior mejora aún más la sensibilidad de detección en caso de deformación porque en ese intervalo la conductividad de la red de nanopartículas formada en el interior de la resina termoendurecible es más sensible a las deformaciones permitiendo detectar deformaciones más pequeñas.

60 Preferiblemente, la pintura no comprende un polímero termoplástico. En particular, la pintura no comprende un polímero acrílico. De hecho, se cree que el termoplástico mejora la viscosidad de la pintura, lo que conduce a una mala dispersión del óxido de grafeno reducido y, por lo tanto, a una mala calidad del sustrato metálico recubierto.

65 Ventajosamente, el polímero termoendurecible se elige entre: resina epoxi, resina de poliéster, poliuretanos, poliurea/poliuretano, caucho vulcanizado, urea-formaldehído, resina de melamina, benzoxazinas, poliimididas, bismaleimidadas, ésteres de cianato, policianuratos, furano, resinas de silicona, resinas de tiolitos y de ésteres de vinilo o una mezcla de los mismos.

Preferiblemente, la distribución de masa molar del polímero es inferior o igual a 1300 y ventajosamente comprendida entre 700 y 1200.

5 Preferiblemente, la imprimación no conductora está fabricada de polímeros.

En una realización preferida, el polímero se elige entre: Poli(metacrilato de metilo), resina epoxi, resina de poliéster, poliuretanos, poliurea/poliuretano, caucho vulcanizado, urea-formaldehído, resina de melamina, benzoxazinas, poliimididas, bismaleimididas, ésteres de cianato, policianuratos, furano, resinas de silicona, resinas de tiolitos y de ésteres de vinilo o una mezcla de los mismos.

10

Preferiblemente, la imprimación no conductora no comprende poli-4-vinilfenol, polietersulfona o polidimetilsiloxano. De hecho, sin querer limitarnos a ninguna teoría, se cree que la presencia de estos polímeros puede reducir la sensibilidad de detección.

15

Preferiblemente, el sustrato metálico se elige entre: aluminio, acero, acero inoxidable, cobre, hierro, aleaciones de cobre, titanio, cobalto, compuesto metálico o níquel o una mezcla de los mismos.

20 Ventajosamente, la pintura no comprende dióxido de titanio ni cobre.

Preferiblemente, la imprimación no conductora se recubre con tiras de pintura para formar una alternancia entre imprimación no conductora pintada y no pintada.

25 La imprimación no conductora puede recubrirse con una capa entera de pintura.

El segundo objetivo de la presente invención según las reivindicaciones adjuntas es un procedimiento para la fabricación del sustrato metálico según la presente invención, que comprende las siguientes etapas sucesivas:

A. La deposición de una imprimación no conductora sobre un sustrato metálico,

30 B. La deposición de una mezcla que comprende óxido de grafeno reducido, un monómero termoendurecible, un agente de curado y opcionalmente un disolvente sobre dicha imprimación no conductora que se deposita previamente sobre dicho sustrato metálico y

C. Una etapa de curado.

35 Preferiblemente, en la etapa B), la mezcla se realiza de la siguiente manera:

i. La mezcla de óxido de grafeno reducido y un polímero base termoendurecible y opcionalmente un disolvente,

ii. La adición de un agente de curado,

iii. La mezcla de la mezcla obtenida en la etapa B).

40 Preferiblemente, en la etapa A), la deposición de la imprimación no conductora se realiza mediante: recubrimiento por centrifugación, recubrimiento por pulverización, recubrimiento por inmersión, recubrimiento con película, recubrimiento en bobina, recubrimiento con brocha o recubrimiento con espátula.

45 Preferiblemente, en la etapa B), el disolvente se elige entre otros: xileno, n-butanol, etilbenceno, disolventes nafta, acetato de n-butilo, tolueno, hidrocarburos cíclicos, isopropanol y alcohol bencílico o una mezcla de los mismos.

50 Preferiblemente, en la etapa B), el monómero termoendurecible se elige entre: resina epoxi, éster, uretano, urea/poliuretano, caucho vulcanizado, urea-formaldehído, resina de melamina, benzoxazinas, imidas, bismaleimididas, ésteres de cianato, cianuratos, furano, resinas de silicona, resinas de tiolitos y ésteres de vinilo o una mezcla de los mismos.

Ventajosamente, en la etapa B), el agente de curado se elige entre: poliamida, poliamida, fenoles, aminas e isocianato de poliadición o una mezcla de los mismos.

55 Preferiblemente, en la etapa B), la deposición del recubrimiento se realiza mediante recubrimiento por centrifugación, recubrimiento por pulverización, recubrimiento por inmersión, recubrimiento con película, recubrimiento en bobina, recubrimiento con brocha o recubrimiento con espátula.

Preferiblemente, en la etapa C), la etapa de curado se realiza mediante secado a temperatura ambiente.

60 El tercer objeto de la presente invención, según las reivindicaciones adjuntas, es un procedimiento para detectar una deformación por tensión con el sustrato metálico recubierto según la presente invención que comprende las siguientes etapas sucesivas:

1. la aplicación de tensión eléctrica al sustrato metálico recubierto directamente con una imprimación no conductora, estando la imprimación no conductora recubierta al menos parcialmente con una pintura mediante un sistema electrónico,

65 2. la medición de la variación de la resistencia eléctrica después de deformaciones del sustrato metálico recubierto

directamente con una imprimación no conductora, estando la imprimación no conductora al menos parcialmente recubierta con una pintura.

5 Sin querer limitarnos a ninguna teoría, se cree que en la pintura, las nanopartículas de óxido de grafeno reducido forman una red conductora. Cuando el material se somete a una tensión, la geometría interna de la red, que es más fuerte que la del termoendurecible, cambia de manera importante. La consecuencia es un cambio en la resistencia eléctrica de la pintura.

10 En este caso, preferiblemente, el factor de calibración, que es la relación entre el cambio relativo de la resistencia eléctrica con respecto a la deformación mecánica ϵ , es superior a 5.

Preferiblemente, en la etapa 1), el sistema electrónico comprende un sistema de alimentación eléctrica. Preferiblemente, se trata de una batería.

15 Finalmente, el último objeto de la presente invención es el sustrato metálico recubierto directamente con una imprimación no conductora, estando la imprimación no conductora al menos parcialmente recubierta con una pintura según la presente invención para detectar la deformación por tensión.

20 A continuación se explicará la invención mediante ensayos realizados a título informativo, sin que tengan carácter limitativo.

Ejemplos:

Ejemplo 1: prueba de conductividad

25 Se recubrieron sustratos de acero, que tenían la siguiente composición química en porcentaje en peso: 0,0670% C, 0,4910% Mn, 0,0220% Cu, 0,0110% Si, 0,0100% S, 0,0110% P, 0,0180% Ni, 0,0180% Cr, 0,0480% Nb con resina termoendurecible epoxi que tiene una distribución de masa molar entre 700 y 1200, resina epoxi de bisfenol A-(epiclorhidrina) que tiene una distribución de masa molar inferior o igual a 700 y xileno.

30 Se mezclaron diferentes nanopartículas con una resina epoxi que tiene una distribución de masa molar entre 700 y 1200, resina epoxi de bisfenol A-(epiclorhidrina) que tiene una distribución de masa molar inferior o igual a 700 y xileno. La mezcla se mezcló y dispersó utilizando un dispositivo llamado DISPERMAT. A continuación, se añadió un agente de curado que comprendía poliamida en la mezcla antes de mezclarla. La mezcla se depositó sobre poli(metilmetakrilato) (PMMA).

35 A continuación, se aplicó un voltaje eléctrico (10 V) en todos los ensayos utilizando un sistema electrónico que incluía una batería. Se determinó la resistencia eléctrica. El área superficial se midió mediante Brunauer-Emmett-Teller (BET). Se calculó la conductividad de todos los ensayos. Los resultados se muestran en la siguiente Tabla 1:

40

| Ensayos | Nanopartículas | | | | Concentración de nanopartículas en la pintura (% en peso) | Resistencia de lámina (Ω /sq) | Conductividad mínima (S/m) |
|---------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------|---------------------------------|---|---------------------------------------|----------------------------|
| | Naturaleza | Contenido de oxígeno (% en peso) | Tamaño lateral (μ m) | Área de superficie (m^2 /gr) | | | |
| 1* | Óxido de grafeno reducido (rGO) | Entre 2 y 2,5 | Aproximadamente 70 | 287 | 0,5 | $2,7 \times 10^6$ | $3,7 \times 10^{-3}$ |
| 2* | rGO | Entre 2 y 2,5 | Aproximadamente 70 | 287 | 0,75 | $6,7 \times 10^4$ | $1,5 \times 10^{-1}$ |
| 3* | rGO | Entre 2 y 8 | Aproximadamente 70 | 287 | 0,5 | $3,6 \times 10^8$ | $2,8 \times 10^{-5}$ |
| 4* | rGO | Entre 2 y 10 | Aproximadamente 30 | 287 | 0,6 | $4,8 \times 10^{10}$ | $2,1 \times 10^{-7}$ |
| 5 | grafeno | <2 | > 5 | - | 0,5 | $>10^{12}$ | $<1 \times 10^{-8}$ |
| 6 | grafeno | <2 | > 5 | - | 0,75 | $>10^{12}$ | $<1 \times 10^{-8}$ |

*: de acuerdo con la presente invención.

Los ensayos 1 a 4 muestran una alta conductividad y por lo tanto una alta sensibilidad para detectar fugas y deformaciones por tensión en comparación con los ensayos 5 y 6.

45 Ejemplo 2: Ensayo de deformación por tensión

Se recubrieron sustratos de acero, que tenían la siguiente composición química en porcentaje en peso: 0,0670% C, 0,4910% Mn, 0,0220% Cu, 0,0110% Si, 0,0100% S, 0,0110% P, 0,0180% Ni, 0,0180% Cr, 0,0480% Nb con resina termoendurecible epoxi que tenían una distribución de masa molar entre 700 y 1200, resina epoxi de bisfenol A-

ES 2 998 183 T3

(epiclorhidrina) que tenía una distribución de masa molar inferior o igual a 700 y xileno.

5 Se mezclaron diferentes nanopartículas con una resina epoxi que tenía una distribución de masa molar entre 700 y 1200, resina epoxi de bisfenol A-(epiclorhidrina) que tenía una distribución de masa molar inferior o igual a 700 y xileno. La mezcla se mezcló y dispersó utilizando un dispositivo llamado DISPERMAT. A continuación, se añadió un agente de curado que comprendía poliamida a la mezcla antes de mezclarla. La mezcla se depositó sobre la misma imprimación no conductora que en el Ejemplo 1.

10 A continuación, se aplicó una carga de tracción a todos los ensayos y se determinó el factor de calibración, que es la relación del cambio relativo de la resistencia eléctrica con respecto a la deformación mecánica ϵ . Se añadió como comparación una sensibilidad de un extensómetro convencional fabricado de constantan[®]. Los resultados se muestran en la siguiente Tabla 2:

| Ensayos | Nanopartículas | | | | Concentración de nanopartículas en la pintura (% en peso) | Deformación (%) | Factor de calibración |
|---------|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---|---|-----------------|-----------------------|
| | Naturaleza | Contenido de oxígeno (% en peso) | Tamaño lateral (μm) | Área de superficie (m^2/gr) | | | |
| 7* | rGO | Entre 2 y 2,5 | Aproximadamente 70 | 287 | 0,6 | 0,04 | 6 |
| 8* | rGO | Entre 2 y 2,5 | Aproximadamente 70 | 287 | 0,6 | 0,08 | 8 |
| 9* | rGO | Entre 2 y 2,5 | Aproximadamente 70 | 287 | 0,6 | 0,12 | 9,8 |
| 10* | rGO | Entre 2 y 2,5 | Aproximadamente 70 | 287 | 0,6 | 0,14 | 10,2 |
| 12 | galga extensométrica convencional | - | - | - | - | 0,04 | 2 |
| 13 | galga extensométrica convencional | - | - | - | - | 0,08 | 2 |
| 14 | galga extensométrica convencional | - | - | - | - | 0,12 | 2 |
| 15 | galga extensométrica convencional | - | - | - | - | 0,14 | 2 |

*: de acuerdo con la presente invención.

15 Los ensayos 7 a 10 muestran un factor de calibración elevado y por lo tanto una alta sensibilidad para detectar la deformación por tensión en comparación con el extensómetro convencional.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Sustrato metálico recubierto directamente con una imprimación no conductora, estando la imprimación no conductora recubierta al menos parcialmente en al menos una cara con una pintura que comprende óxido de grafeno reducido y un polímero termoendurecible.
- 10 2. Sustrato metálico, según la reivindicación 1, en el que la concentración del óxido de grafeno reducido en la pintura está comprendida entre 0,05 y 10% en peso.
- 15 3. Sustrato metálico, según las reivindicaciones 1 o 2, en el que el polímero termoendurecible se elige entre: resina epoxi, resina de poliéster, poliuretanos, poliurea/poliuretano, caucho vulcanizado, urea-formaldehído, resina de melamina, benzoxazinas, poliimididas, bismaleimididas, ésteres de cianato, policianuratos, furano, resinas de silicona, resinas de tiolitos y de ésteres de vinilo o una mezcla de los mismos.
- 20 4. Sustrato metálico, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la imprimación no conductora está fabricada de polímeros.
- 25 5. Sustrato metálico, según la reivindicación 4, en el que el polímero se elige entre: poli(metacrilato de metilo), resina epoxi, resina de poliéster, poliuretanos, poliurea/poliuretano, caucho vulcanizado, urea-formaldehído, resina de melamina, benzoxazinas, poliimididas, bismaleimididas, ésteres de cianato, policianuratos, furano, resinas de silicona, resinas de tiolitos y de ésteres de vinilo o una mezcla de los mismos.
- 30 6. Sustrato metálico, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el sustrato metálico se elige entre: aluminio, acero, acero inoxidable, cobre, hierro, aleaciones de cobre, titanio, cobalto, compuesto metálico o níquel o una mezcla de los mismos.
- 35 7. Sustrato metálico, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que la imprimación no conductora está recubierta con tiras de pintura para formar una alternancia entre imprimación no conductora pintada y no pintada.
- 40 8. Procedimiento para la fabricación del sustrato metálico, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que comprende las siguientes etapas sucesivas:
A. La deposición de una imprimación no conductora sobre un sustrato metálico,
B. La deposición de una mezcla que comprende óxido de grafeno reducido, un monómero termoendurecible, un agente de curado y opcionalmente un disolvente sobre dicha imprimación no conductora que se deposita previamente sobre dicho sustrato metálico y
C. Una etapa de curado.
- 45 9. Procedimiento, según la reivindicación 8, en el que en la etapa B), el disolvente se elige entre otros: xileno, n-butanol, etilbenceno, nafta, acetato de n-butilo, tolueno, isopropanol, hidrocarburos cíclicos y alcohol bencílico o una mezcla de los mismos.
- 50 10. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 8 o 9, en el que en la etapa B), el agente de curado se elige entre: poliamida, fenoles, aminas e isocianato de poliadición.
- 55 11. Procedimiento para detectar una deformación por tensión con el sustrato metálico, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 u obtenible, según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, que comprende las siguientes etapas sucesivas:
1. la aplicación de una tensión eléctrica al sustrato metálico recubierto directamente con una imprimación no conductora, estando la imprimación no conductora recubierta al menos parcialmente con una pintura mediante un sistema electrónico,
2. la medición de la variación de la resistencia eléctrica después de deformaciones del sustrato metálico recubierto directamente con una imprimación no conductora, estando la imprimación no conductora al menos parcialmente recubierta con una pintura.
12. Procedimiento, según la reivindicación 11, en el que en la etapa 1), el sistema electrónico comprende un sistema de suministro de energía.

Figura 1

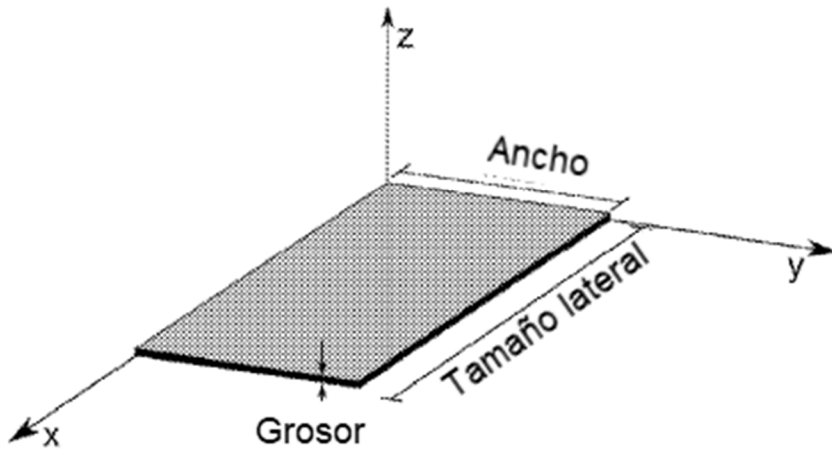


Figura 2

