

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 628 873**

51 Int. Cl.:

B03B 9/06

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.06.2015** E 15173513 (1)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.04.2017** EP 2959976

54 Título: **Dispositivo y procedimiento de reciclado mediante energía pulsada de materiales compuestos con refuerzos y matriz**

30 Prioridad:

27.06.2014 FR 1456089

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

04.08.2017

73 Titular/es:

**CAMILLE COMPAGNIE D'ASSISTANCE MINIÈRE
ET INDUSTRIELLE (100.0%)
1, rue du Rapporteur
95310 Saint Ouen l'Aumone, FR**

72 Inventor/es:

**BENTAJ, ABDELAZIZ;
DEMARET, GAUTHIER y
BENTAJ, MOURAD**

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 628 873 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

Dispositivo y procedimiento de reciclado mediante energía pulsada de materiales compuestos con refuerzos y matriz.

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere en general al reciclaje de materiales compuestos a base de refuerzo/matriz.

10 En particular propone un dispositivo y un procedimiento de reciclaje de refuerzo/matriz mediante la inyección de una fuerte corriente pulsada a través del compuesto, y encuentra ventajosamente aplicación en el reciclaje de materiales compuestos a base de fibras de carbono.

Antecedente tecnológico

15 Se sabe que las fibras de carbono tienen unas propiedades mecánicas particularmente interesantes, particularmente en términos de resistencia, de módulo de Young y de densidad. Por eso, se utilizan cada vez más en aeronáutica o en unos campos relacionados (fabricación de palas de aerogeneradores de gran envergadura y de bajo peso, por ejemplo) o también para la fabricación de materiales deportivos.

20 La capacidad mundial de producción de fibras de carbono fue de 111785 toneladas en 2012. Alcanzará 156845 t en 2016 y 169300 t en 2020. Con respecto a estas capacidades nominales, la producción real representa solamente una parte, evaluada en 60% en 2012, 68% en 2016 y 72% en 2020. La demanda por su parte, fue de 47220 t en 2012. Debería alcanzar 74740 t en 2016 y 102460 t en 2020. Esta situación de sobrecapacidad podría contribuir a mantener unos precios competitivos. Las matrices de los compuestos con fibras de carbono son de 72% de epoxi (fuente: Consortium PlusComposites).

En 2012, 16% de la demanda provino de la aeronáutica, 62% de la industria, y el resto de los otros sectores (consumo).

30 Por consiguiente, el reciclaje de las fibras de carbono se ha convertido en un objetivo principal.

Un material compuesto tiene unos puntos fuertes que los elementos no tienen por sí mismos: resistencia, ligereza, aislamiento térmico, nuevas propiedades químicas, mecánicas, etc.

35 Estas prestaciones resultan evidentemente de las naturalezas de los materiales de base (refuerzo, matriz y su compatibilidad). Este producto se adapta a innovaciones y permite crear nuevos mercados.

Los materiales compuestos están compuestos así por un refuerzo y por una matriz.

40 El refuerzo permite la resistencia mecánica del compuesto, y pueden ser unas fibras de carbono, unas fibras de vidrio, Kevlar, aluminio o titanio.

45 La matriz utilizada generalmente en la fabricación del compuesto es una resina epoxi, se utiliza también el carbono, poliéster, el éster de vinilo o la poliamida. La matriz, termoendurecible o termoplástica, permite transferir las fuerzas al refuerzo, que es más rígido y resistente.

En aeronáutica, se utilizan unos refuerzos de altas prestaciones, con unas matrices también de altas prestaciones.

50 Ahora bien, las técnicas principales de reciclaje/aprovechamiento de los materiales compuestos conocidas en la actualidad no son completamente satisfactorias.

En particular, las técnicas de incineración no permiten la recuperación de materiales; generan gases tóxicos y permiten como máximo un aprovechamiento energético.

55 Las técnicas de pirólisis (tratamiento térmico de los desechos, a temperatura y presión controladas) y solvolisis (agua, metanol, etc.) en condiciones supercríticas permiten degradar las resinas o separarlas de las fibras. Sin embargo éstas siguen siendo particularmente energívoras. Además, las fibras se degradan en superficie a partir de 500°C, y sus propiedades mecánicas se encuentran reducidas.

60 El solicitante ya ha propuesto, en particular en su patente FR 2 942 149, un procedimiento de reciclaje que se puede utilizar para diferentes tipos de material compuesto y en particular para fibras de carbono. Este procedimiento realiza varias etapas de tratamiento sucesivas:

- una etapa de efecto indirecto con generación de una onda de choque mecánica,
- 65 - una etapa de efecto directo con un arco eléctrico, que crea un impulso electromagnético que atraviesa el baño en el que se encuentra el material a aprovechar, y por último

- una etapa de secado por microondas.

Otro dispositivo de reciclaje de materiales compuestos de tipo con refuerzos y matriz se describe asimismo en el documento WO 2009/135486.

Presentación de la invención

Un objetivo general de la invención es proponer una técnica de aprovechamiento y de tratamiento de materiales compuestos de tipo refuerzo/matriz (en particular - pero no limitativamente de fibras de carbono), que sea simple, fiable, poco contaminante y poco consumidora en términos de energía.

Para este propósito propone un dispositivo de reciclaje, que comprende dos raíles metálicos entre los cuales los materiales compuestos a reciclar están destinados a ser extendidos y un generador de corriente cuyos bornes están unidos o destinados a ser unidos a los dos raíles metálicos.

Dichos raíles constituyen así unos electrodos en cortocircuito cuando los materiales compuestos a tratar están dispuestos sobre dichos raíles.

El generador está adaptado para suministrar entre estos dos raíles por lo menos un impulso de corriente de una potencia del orden de o superior al MW, que permita la separación de los refuerzos y de su matriz.

La invención propone además un procedimiento de reciclaje utilizando un dispositivo de este tipo. Este procedimiento comprende las etapas siguientes:

- posicionar una cantidad de materiales compuestos de tipo refuerzo/matriz a reciclar entre los dos raíles de dicho dispositivo,
- controlar el generador de dicho dispositivo de manera que suministre entre estos dos raíles por lo menos un impulso de corriente de una potencia del orden de o superior al MW, que permita la separación de los refuerzos y su matriz.

Breve descripción de los dibujos

Otras características, objetivos y ventajas de la presente invención aparecerán mejor con la lectura de la descripción detallada siguiente, y con referencia a los dibujos adjuntos proporcionados a título de ejemplos no limitativos y en los que:

La figura 1 es una representación esquemática de un modo de realización posible de un dispositivo de acuerdo con un modo de realización posible de la invención;

La figura 2 es una vista en sección que ilustra una disposición de fibras de carbono en los raíles que forman electrodos del dispositivo de la figura 1;

La figura 3 ilustra un ejemplo de un impulso de tensión suministrado por el dispositivo de la figura 1;

La figura 4 ilustra diferentes etapas de una realización posible para el procedimiento de la invención;

La figura 5 ilustra un ejemplo de un sistema de mecanización, que permite tratar en continuo unas fibras a reciclar;

Las figuras 6a a 6c ilustran diferentes etapas de funcionamiento del sistema de la figura 5.

Descripción detallada de un modo de realización

El dispositivo para el aprovechamiento ilustrado en la figura 1 comprende dos raíles metálicos 1 y 2 que constituyen dos electrodos, así como un generador de corriente 3 que está destinado a generar unos impulsos de alta potencia entre estos dos raíles 1 y 2.

Los dos raíles 1 y 2 se extienden a una cierta distancia entre sí. Están destinados a ser cortocircuitados por los materiales compuestos de tipo refuerzo/matriz a reciclar, los cuales son por ejemplo unas fibras de carbono 5.

Dichos raíles 1 y 2 pueden ser rectos y extenderse paralelamente. También pueden extenderse según otras configuraciones, por ejemplo presentar diferentes zonas de separación diferentes con el fin de recibir unas longitudes de fibras/materiales a reciclar diferentes.

Un descargador 4 también puede estar previsto entre los raíles 1 y 2 para securizar el dispositivo.

5 La separación entre los dos electrodos 1 y 2 puede ir desde algunos cm a 2 m aproximadamente, pudiendo los materiales compuestos 5 ser orientados en cualquier dirección entre estos dos electrodos. Como se habrá comprendido, cuanto más importante sea la corriente pulsada pasando que atraviesa la fibra, más importante será la longitud de fibras (más generalmente de materiales compuestos) que puede ser tratada.

Unos medios de manipulación externos están previstos para permitir colocar los materiales 5 a reciclar sobre los raíles 1 y 2, sin importar mucho su orientación sobre éstos.

10 Para permitir efectuar unas descargas de corriente muy alta, el generador 3 comprende unas capacidades de alta tensión que le permiten un almacenamiento de energía eléctrica sin necesitar una gran potencia de alimentación. Un sistema de conmutación rápida permite suministrar la energía así almacenada.

15 El generador de corriente 3 genera unos impulsos de corriente, de polaridad positiva o negativa, de forma cuadrada o sinusoidal amortiguados del tipo de los representados en la figura 3.

Estos impulsos son de una potencia del orden del MW, o incluso muy superior (entre 10^6 y 10^{14} W).

20 Corresponden por ejemplo a una tensión máxima entre los electrodos 1 y 2 que va de 20 kV a 200 kV.

La duración media de un impulso es de aproximadamente 50 μ s.

La frecuencia de la descarga (*a priori* sin gran influencia en el fenómeno de separación) está comprendida entre 15 y 300 kHz.

25 La corriente entre los raíles 1 y 2 va de 10 a 100 kA según la configuración del generador.

30 Por otra parte, la cantidad de materiales compuestos 5 dispuestos sobre los electrodos 1 y 2 y tratados simultáneamente está adaptada para permitir que el tratamiento sea tan eficiente como sea posible. Esta cantidad y la corriente que atraviesa los materiales a reciclar son muy dependientes. En el caso de fibras compuestas, por ejemplo, la densidad de corriente en las fibras 5 debe ser del orden de o superior a 10^4 A/cm² con el fin de separar las fibras de su resina con una sola descarga. Son necesarias varias descargas cuando la densidad de corriente no es suficiente.

35 La corriente tiene tendencia a circular en la periferia debido al efecto pelicular. Sin embargo, cuando la corriente se vuelve muy alta, la cantidad de corriente que circula en el núcleo de la fibra aumenta. Experimentalmente, se observa la separación fibra/resina cuando la corriente en el centro de la fibra excede un cierto valor. La corriente pulsada atraviesa entonces todos los filamentos de la fibra.

40 Al cruzar los resultados de la separación de fibra/resina obtenidos experimentalmente con la densidad de corriente en el núcleo de la fibra calculados por simulación con el programa QuickfieldTM, se constata la siguiente proporción de energía:

| Densidad de corriente máxima J_{max} Sección = Anchura x Altura | Proporción energía gastada/separación fibra-resina |
|---|--|
| $J_{max} > 1000$ A/mm ² | Muy buena |
| $650 < J_{max} < 1000$ A/mm ² | Buena |
| $300 < J_{max} < 650$ A/mm ² | Media |
| $100 < J_{max} < 300$ A/mm ² | Pobre |
| $J_{max} < 100$ A/mm ² | / |

45 Para una misma sección de fibra, cuanto más importante sea la corriente pico de la descarga, mejor será el resultado. Además, existe un umbral de densidad de corriente por debajo del cual el fenómeno de separación ya no se reproduce, o no se obtiene de manera satisfactoria (en este caso 300 A/mm² para fibras de carbono).

El fenómeno de separación se produce en función de la sección de fibra a tratar, el número de descargas necesarias para la separación aumenta a continuación proporcionalmente a la longitud de fibra a tratar.

50 En la tabla anterior, la densidad de corriente J_{max} que recorre una sección de fibra se calcula según la siguiente fórmula:

$$J_{max} = \frac{I_{descarga}}{S}$$

- 55
- J_{max} : Densidad de corriente (A/mm²)
 - $I_{descarga}$: Corriente pico (Amperios)
 - S: Sección (mm²) = Anchura (mm) x Altura (mm), sección conductora conectada a los electrodos 1 y 2.

El valor J_{max} obtenido permite así estimar la facilidad de separación de fibra/resina, y observar cuál sería la corriente pulsada necesaria para el tratamiento de una sección de fibra dada.

5 Se observará que para una cantidad de fibra idéntica tratada, el balance energético es mejor cuando la sección es pequeña con respecto a la longitud.

También se observa experimentalmente que la separación mejora cuando la fibra está compactada, es decir cuando la anchura es parecida a la altura (fibra de sección cuadrada).

10

La corriente que atraviesa los filamentos de la fibra permite entonces extraer la resina de la fibra de carbono, enganchándose los filamentos de fibras en los electrodos 1 y 2 mientras que la propia resina es liberada y puede ser recuperada.

15 También está previsto un recinto de protección 6 de material plástico aislante.

Este recinto 6 tiene varias funciones:

- 20 - proteger al usuario, teniendo en cuenta las altas tensiones aplicadas dentro del dispositivo; se trata por lo tanto de un elemento de seguridad indispensable para el operario,
- permitir recoger los depósitos de fibras ya que se debe observar que la resina se deposita de nuevo en las paredes del recinto 6,
- 25 - utilizar un fluido newtoniano o no newtoniano en el tratamiento, pudiendo la operación tener lugar en un líquido o en gas neutro por ejemplo.

La figura 4 ilustra diferentes etapas de un tratamiento de reciclaje por medio de un dispositivo del tipo del que acaba de ser descrito.

30

En una etapa inicial (etapa a) en la figura 4, el operario conecta los dos bornes del generador 3 a los dos electrodos 1 y 2.

35 Posiciona, con la ayuda de medios de manipulación previstos a este fin, las fibras de carbono 5, sin importar la orientación tomada por las fibras, entre los electrodos 1 y 2 de manera que realicen un cortocircuito entre ellos (etapa B). Una vez que las fibras 5 están posicionadas, el operario enciende el generador 3 que se carga y suministra los impulsos de corriente fuertes que permitirán la separación entre la resina y las fibras de carbono (etapa C).

40 Por último, en una última etapa, el procedimiento comprende finalmente la recuperación de la resina y de la fibra (paso D). Para ello, el operario recupera la resina proyectada en el recinto 6 después del paso de la corriente eléctrica y recupera la fibra que ha permanecido enganchada a los electrodos 1 y 2.

45 La figura 5 y las figuras 6a a 6c ilustran un ejemplo de sistema mecánico que puede ser utilizado en un dispositivo del tipo de los previstos con referencia a las figuras anteriores, para tratar un rodillo de tela T de fibras de carbono 5 o más generalmente de material compuesto con refuerzos y matriz.

50 Este sistema integra dos raíles 1 y 2 destinados a formar un electrodo, sobre los cuales la tela del material a reciclar está desenrollada. Dos patines de embridado 7 y 8, complementarios de los raíles 1 y 2, están previstos para cerrarse sobre estos dos raíles 1 y 2 con el fin de mantener la tela estirada entre los dos raíles cuando tiene lugar un tratamiento por arco eléctrico. Estos dos patines de embridado 7 y 8 están montados con este fin sobre una estructura de soporte 9 montada a su vez en un cilindro 10. Este cilindro 10 es apto para ser controlado para cerrar los patines de embridado 7 y 8 sobre los raíles 1 y 2 y embridar así la tela, o por el contrario para elevar dichos patines de embridado 7 y 8 con respecto a los raíles 1 y 2 y liberar la tela T.

55 El sistema comprende asimismo, a la salida de los raíles 1 y 2, un rodillo de devanado 11 y un motorreductor 12. El rodillo de devanado 11 está montado entre dos guías 13 verticales que le permiten desenrollarse, bajo el efecto de su peso, entre una posición alta y una posición baja y accionar así la tela T cuando los patines de embridado 7 y 8 se levantan. El motorreductor 12 acciona por su parte un rodillo 14 sobre el cual se rebobina la tela T, lo cual tiene entonces por efecto levantar el rodillo 11.

60

El funcionamiento de este sistema es el siguiente.

65 Se carga el rodillo de tela T, se pasa sobre los raíles 1 y 2, el rodillo de devanado 11 y el rodillo 14, y después se tensa. El cilindro 10 desciende la estructura 11 y cierra los patines 7 y 8 sobre los raíles 1 y 2, con el fin de embridar la tela T entre dichos raíles 1 y 2 (figura 6a).

ES 2 628 873 T3

Uno o varios impulsos de corriente se generan entonces entre los dos electrodos 1 y 2 con el fin de realizar un reciclaje de la tela T.

5 Después del tratamiento, los patines 7 y 8 se levantan. El rodillo 11 se desenrolla entonces y acciona por su peso la tela T. La bobina corriente arriba se devana, estando sin embargo previsto un rodillo de freno 17 para ganar una buena tensión de material.

10 Cuando es detectado en posición baja por el sensor 15, el cilindro 10 desciende la estructura 11 y cierra nuevamente los patines 7 y 8 sobre los raíles 1 y 2. El motorreductor 12 es puesto en marcha a continuación para bobinar la tela T sobre el rodillo 14. Se detiene cuando el sensor 16 es activado, mientras el rodillo 11 vuelve a la posición alta.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Dispositivo de reciclaje de materiales compuestos de tipo con refuerzos y matriz (5), caracterizado por que comprende dos raíles metálicos (1, 2) entre los cuales los materiales a reciclar (5) están destinados a ser extendidos, así como un generador de corriente (3) cuyos bornes están unidos o destinados a estar unidos a los dos raíles metálicos (1, 2), constituyendo así dichos raíles (1, 2) unos electrodos (1, 2) en cortocircuito cuando los materiales a reciclar (5) están dispuestos sobre dichos raíles (1, 2), estando dicho generador (3) adaptado para suministrar entre estos dos raíles (1, 2) por lo menos un impulso de corriente de una potencia del orden de o superior al MW, que permita la separación de los refuerzos y su matriz.
- 10 2. Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado por que los raíles (1, 2) son paralelos y/o presentan unas áreas de separación diferentes, adaptadas para recibir unas longitudes de materiales a reciclar diferentes.
- 15 3. Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado por que la separación entre los dos raíles (1, 2) está comprendida entre 10 cm y 2 m.
- 20 4. Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado por que el generador (3) está adaptado para generar unos impulsos de corriente de 10 a 100 kA.
- 25 5. Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado por que el generador está adaptado para generar entre los raíles (1, 2) unos impulsos de una duración media del orden de 50 μ s.
6. Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado por que comprende un recinto (6) de un material aislante para la recuperación de la matriz.
7. Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado por que comprende un descargador de seguridad (4) montado entre los dos raíles (1, 2).
- 30 8. Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado por que comprende un sistema mecánico adaptado para desenrollar sobre los raíles que constituyen los electrodos y rebobinar de forma automática un rodillo de tela de material compuesto a reciclar.
- 35 9. Procedimiento de reciclaje de materiales compuestos de tipo con refuerzos y matriz (5), caracterizado por que se realiza por medio de un dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores y comprende unas etapas de:
- i. posicionar una cantidad de materiales compuestos a reciclar entre los dos raíles (1, 2) de dicho dispositivo,
 - ii. controlar el generador de dicho dispositivo para que suministre entre estos dos raíles (1, 2) por lo menos un impulso de corriente de una potencia del orden de o superior o igual al MW, permita la separación entre los refuerzos y su matriz.
- 40 10. Procedimiento de reciclaje según la reivindicación 9, caracterizado por que los materiales a reciclar son unas fibras de carbono.
- 45 11. Procedimiento de reciclaje según la reivindicación 9, caracterizado por que la corriente pico genera una densidad de corriente en las fibras superior a 300 A/mm².
- 50 12. Procedimiento según la reivindicación 9, caracterizado por que se desenrolla sobre los raíles que constituyen los electrodos y se rebobina de forma automática un rodillo de tela de material compuesto a reciclar.

FIG. 1

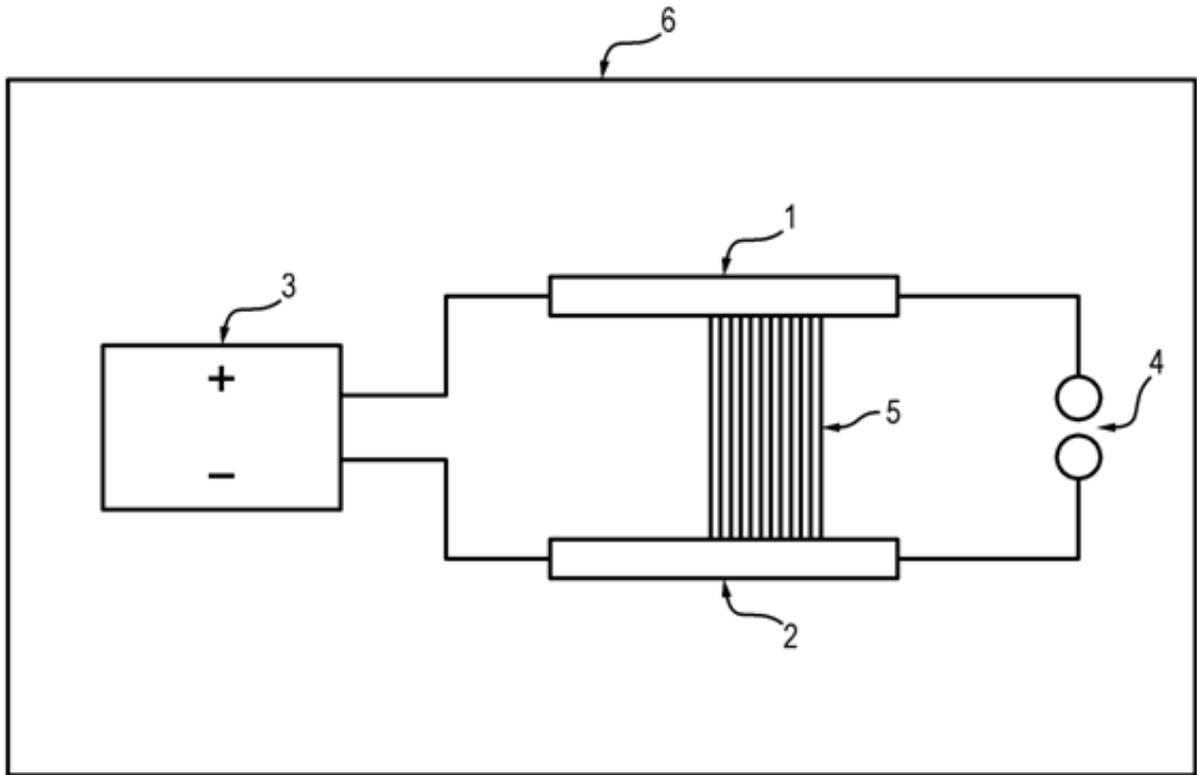
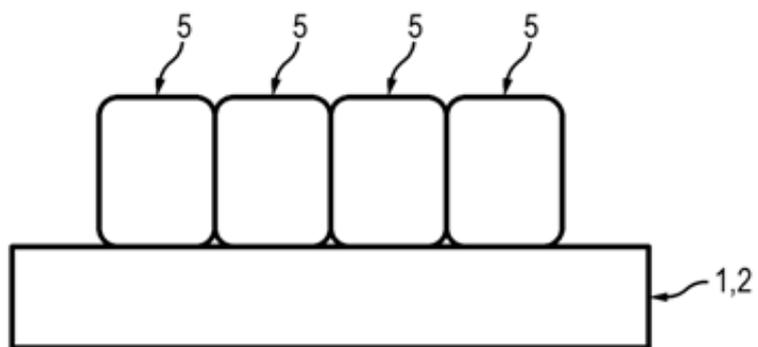


FIG. 2



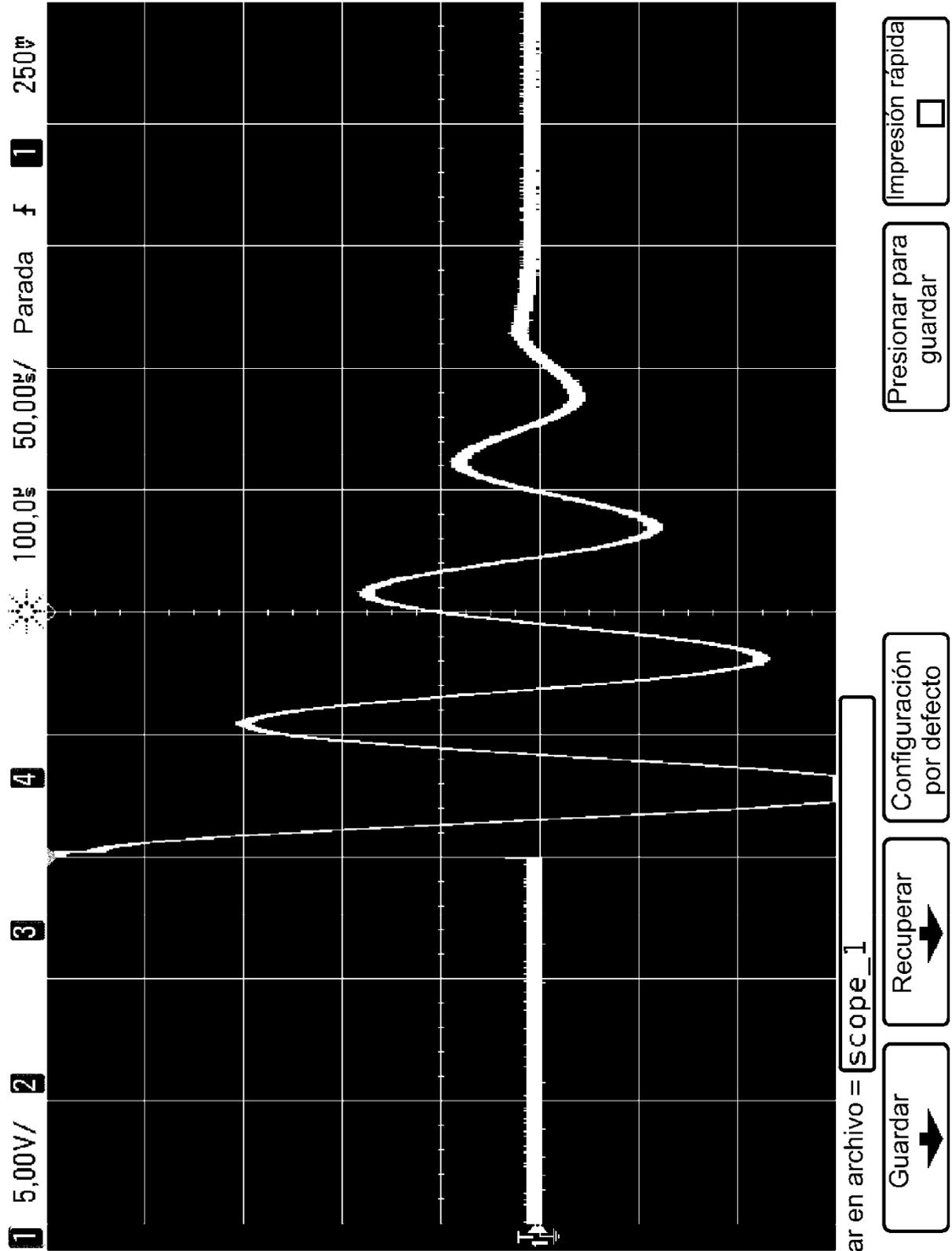


FIG. 3

FIG. 4

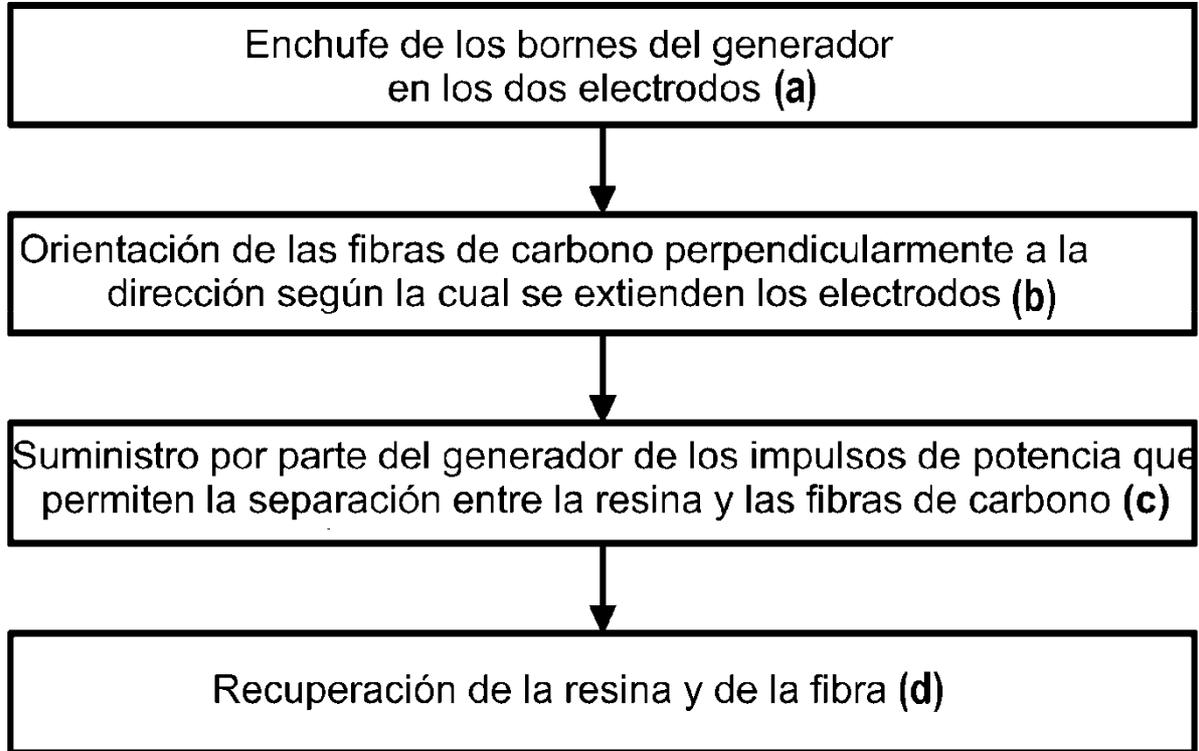


FIG. 5

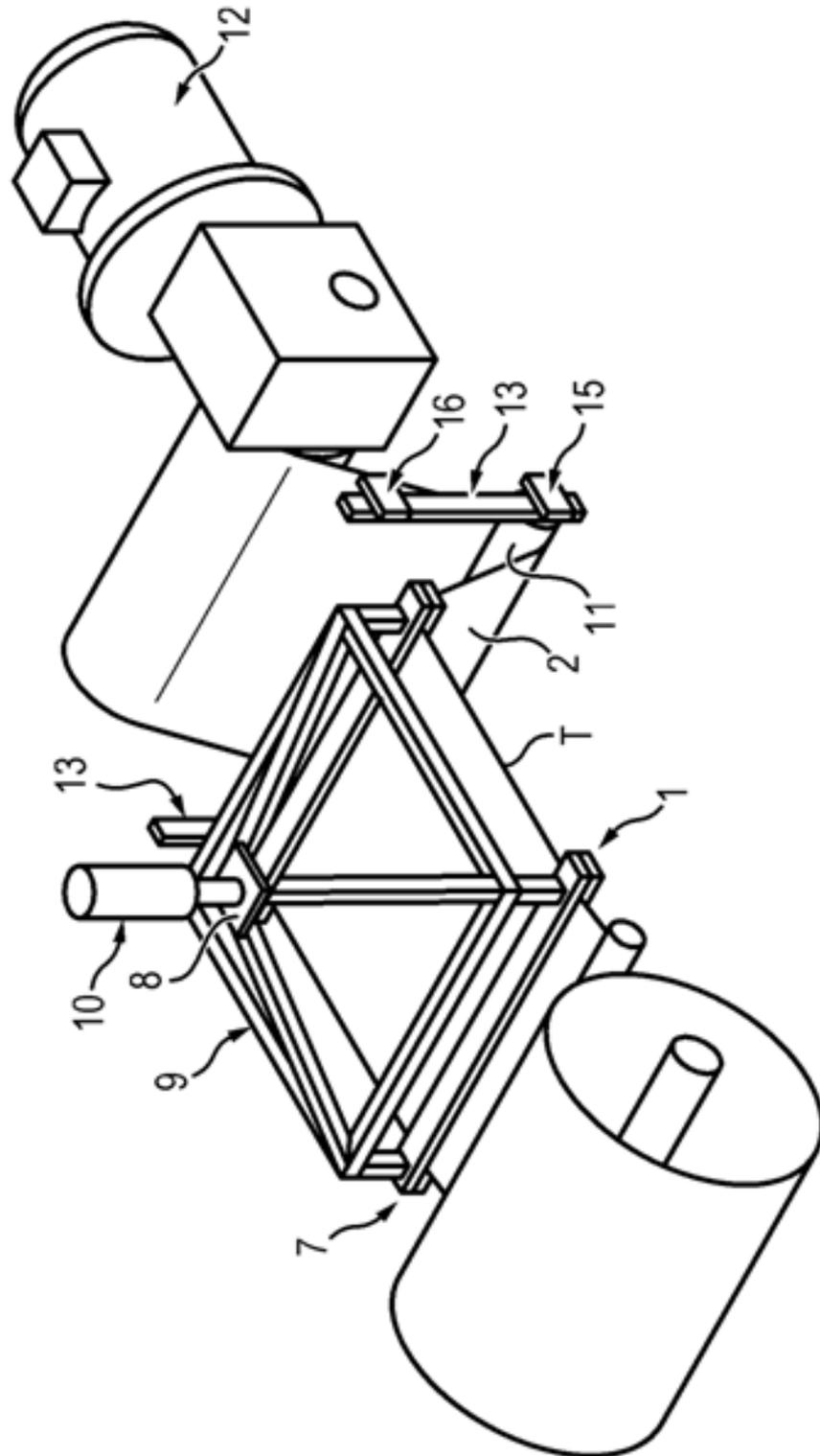


FIG. 6a

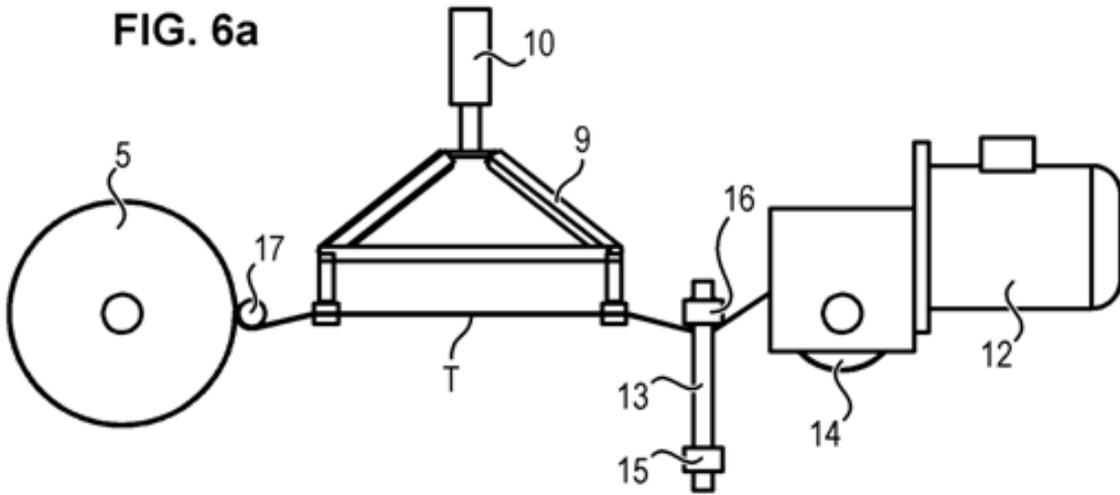


FIG. 6b

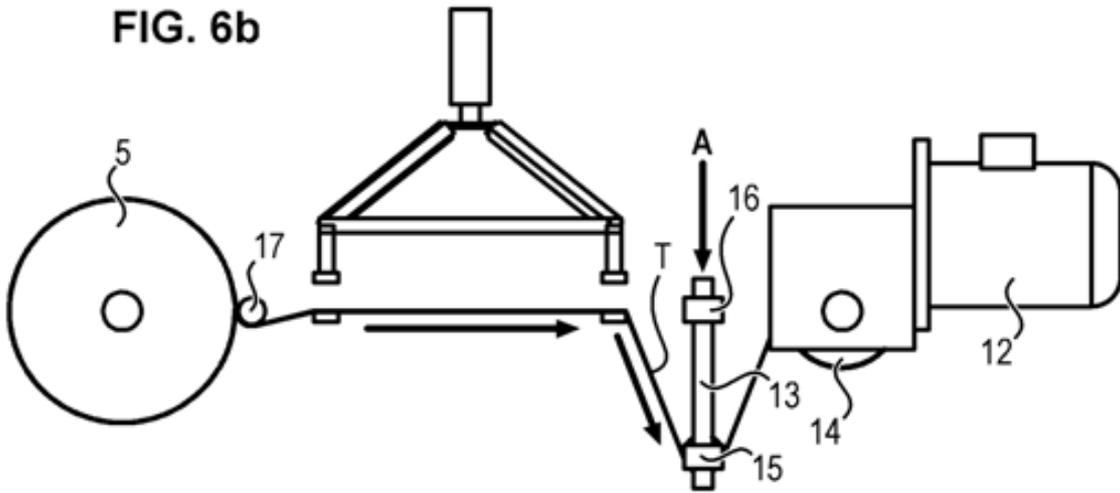


FIG. 6c

