

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 651 291**

51 Int. Cl.:

H01L 31/048	(2014.01)
B09B 3/00	(2006.01)
B29B 17/02	(2006.01)
B09B 5/00	(2006.01)
B32B 43/00	(2006.01)
B08B 7/00	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.05.2013 PCT/IT2013/000135**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.09.2014 WO14141311**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.05.2013 E 13742530 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.09.2017 EP 2973744**

54 Título: **Proceso de deslaminación criogénico controlado termomecánico para la recuperación de materiales rígidos revestidos con materiales plásticos**

30 Prioridad:
12.03.2013 IT BA20130021

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
25.01.2018

73 Titular/es:
**POLITECNICO DI BARI (100.0%)
Via Amendola, 126/B
70126 Bari, IT**

72 Inventor/es:
DASSISTI, MICHELE

74 Agente/Representante:
RUO , Alessandro

ES 2 651 291 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

Proceso de deslaminación criogénico controlado termomecánico para la recuperación de materiales rígidos revestidos con materiales plásticos

5 [0001] El objeto de la presente invención está en el campo de los procesos empleados para la recuperación de fin de vida de las materias primas empleadas en la fabricación de artefactos de múltiples capas. Más particularmente, el objeto de la presente invención es un proceso de acondicionamiento criogénico para artefactos compuestos por múltiples capas de material rígido intercaladas con materiales que tienen diferentes características térmicas y de elasticidad y diferente rigidez.

10 [0002] Como se conoce, una buena parte de los residuos electrónicos y eléctricos, tales como los artefactos que se han descrito anteriormente, van a parar a vertederos o alternativamente experimentan incineración y un proceso de recuperación sin ningún tratamiento preliminar y por lo tanto dan como resultado la dispersión posterior de sustancias altamente contaminantes en el medio ambiente.

15 [0003] Por el contrario, numerosos productos electrónicos de final de vida se podrían reutilizar, realmacenar o reciclar obteniendo de este modo un claro beneficio en la protección y la salvaguarda del medio ambiente y la reducción de contaminación. Otra ventaja se podría obtener de la recuperación de materiales que en muchos casos tienen un alto valor económico.

20 [0004] Un ejemplo de un sistema electrónico hecho con materiales que consisten en capas rígidas alternadas con capas de plástico, es decir, el tipo al que es posible aplicar el proceso de acuerdo con la presente invención, y en la que se ha centrado recientemente mucha atención en lo que respecta a su desecho de fin de vida, está representado por los módulos fotovoltaicos.

[0005] A nivel estructural, los módulos fotovoltaicos están hechos de un sándwich de diversas capas unidas conjuntamente por medio de un proceso de laminación en caliente.

30 [0006] El componente principal de cada módulo está representado por celdas fotovoltaicas que están contenidas dentro de una capa polimérica hecha de etileno acetato de vinilo (EVA).

35 [0007] Dicho sándwich está constituido por una pluralidad de capas, adyacentes entre sí, en concreto: una capa de revestimiento resistente al agua polimérica trasera, hecha de acuerdo con los requisitos en etileno acetato de vinilo (EVA), tereftalato de polietileno (PET) o fluoruro de polivinilo (Tedlar); un par de capas de aproximadamente 0,6 mm de espesor realizadas en etileno acetato de vinilo (EVA) que protegen las celdas fotovoltaicas (dicha capa rígida); una capa delantera rígida de vidrio templado de aproximadamente 3 mm de espesor que sirve como superficie protectora que también es receptiva a la luz. Al final de su vida operacional de aproximadamente veinte a treinta años, cada módulo de PV se puede someter a un tratamiento especial que permite el desecho seguro de materiales tóxicos (habitualmente metal) y que también permite la recuperación de algunos elementos que comprenden el módulo, algunos de los cuales están caracterizados por un alto valor económico (silicio y metales preciosos).

40 [0008] La técnica anterior relacionada con los procesos de reciclado de final de vida y el tratamiento de partes de paneles fotovoltaicos que no se pueden retirar, como ya se ha mencionado, consiste en recuperar las capas rígidas de material (silicio de calidad electrónica) y los elementos de plástico (copolímeros) que se encuentran en capas adyacentes unidas conjuntamente mediante procesos de fusión. Esto consiste en una serie de procesos diferentes, tanto desde los puntos de vista tecnológico e industrial como desde el punto de vista de resultados de proceso.

45 [0009] Uno de estos procesos para el reciclado de módulos fotovoltaicos, como se describe en el documento de Patente n.º US6063995, implica la separación de los componentes que constituyen el módulo fotovoltaico por medio de un proceso de cocido que aumenta su temperatura, de un modo tal que se funde solo el componente polimérico del módulo, dejando sin alterar el vidrio templado y las propias celdas fotovoltaicas.

50 [0010] En particular, dicho proceso proporciona el módulo fotovoltaico, desprovisto del marco exterior y los bloques terminales, que se calienta inicialmente la temperatura cercana a 100 °C, permitiendo de este modo una fácil separación manual del revestimiento polimérico de la capa trasera. A continuación, se coloca posteriormente en un horno eléctrico donde experimenta un proceso de cocción a temperaturas entre 480 °C y 540 °C.

55 [0011] Durante el proceso de cocción del módulo fotovoltaico, con el fin de conseguir una atmósfera inerte, se introduce un gas inerte, preferentemente nitrógeno, en el horno a través de un conducto alimentador.

60 [0012] El proceso de cocción del módulo fotovoltaico se produce a temperaturas entre 480 °C y 540 °C y durante un periodo de tiempo necesario para la degradación de las capas poliméricas de EVA. Cuando las dos capas poliméricas de EVA alcanzan la temperatura de fusión, se produce la separación física de las celdas fotovoltaicas momento en el que, junto con el vidrio templado, se desprenden y descansan en los soportes contenidos en el horno.

[0013] Los productos de descomposición gaseosos de las capas poliméricas se queman posteriormente en un quemador posterior que produce como productos residuales dióxido de carbono y vapor de agua.

5 **[0014]** Dicho proceso permite la recuperación total del vidrio templado y las celdas fotovoltaicas. A continuación, las últimas se pueden someter a un procesamiento adicional, tal como cimentación o ataque con ácido de un modo tal que se recuperen la plata u otros metales presentes dentro de las celdas.

10 **[0015]** Un proceso conocido adicional y diferente, que permite el reciclaje de módulos fotovoltaicos, se describe en el documento de Patente n.º US6129779. Se basa en un proceso que proporciona el reciclaje y la recuperación de los constituyentes metálicos de un módulo fotovoltaico por trituración del propio módulo fotovoltaico y posterior extracción por disolución de los metales en un baño de solución ácida. La solución obtenida de ese modo se separa a continuación de los fragmentos sólidos y se trata con un agente de precipitación que a continuación permite la recuperación de los metales obtenidos del módulo fotovoltaico.

15 **[0016]** Más particularmente, dicho proceso comprende una primera etapa en la que el módulo fotovoltaico se tritura con el fin de obtener una pluralidad de fragmentos que tienen un tamaño suficientemente pequeño para ser tratados químicamente. Los fragmentos del módulo obtenido de ese modo se transfieren a un recipiente que contiene un ácido, por ejemplo ácido sulfúrico, ácido nítrico o ácido clorhídrico, que es capaz de disolver el material metálico que se recupera separándolo de ese modo del resto de los fragmentos. Tras la reacción química entre los metales de las celdas fotovoltaicas y el ácido, se produce la disolución del material metálico con la formación posterior de una fase líquida que consiste en metales combinados con el ácido mordiente y una fase sólida formada por los fragmentos no metálicos del módulo PV.

20 **[0017]** La fase sólida presente en la solución se separa a continuación de la fase líquida por medio de un proceso de filtración, y a diferencia de los materiales no metálicos contenidos en la fase sólida se separa de la fase líquida por medio de un tamiz vibratorio.

25 **[0018]** Finalmente, en la última fase del proceso, se produce la recuperación de los metales de la solución. Un método para separar los componentes de la solución consiste en precipitar los metales en solución a través de la adición de un agente químico de precipitación adecuado.

30 **[0019]** Otro proceso conocido de reciclaje de módulos fotovoltaicos se describe en el documento de Patente n.º US5997718, que se refiere a un procedimiento para recuperar los metales semiconductores de los módulos fotovoltaicos de final de vida por medio de un proceso "hidrometalúrgico".

35 **[0020]** Tras la fragmentación mecánica del módulo fotovoltaico, las celdas fotovoltaicas o cualquier otro residuo fotovoltaico se someten a un proceso de lixiviación que por medio de una solución ácida proporciona la retirada de todos los metales de los materiales remanentes del módulo fotovoltaico.

40 **[0021]** Antes del tratamiento químico, se retira el sustrato de vidrio y después de eso se puede reutilizar adicionalmente en la fabricación de módulos fotovoltaicos o se puede reciclar o desechar en un vertedero como residuo no peligroso.

45 **[0022]** La solución de lixiviación se neutraliza posteriormente mezclándola con un compuesto básico que contiene cierta cantidad de calcio que conduce la formación de un precipitado sólido de cadmio y telurio.

[0023] Finalmente, el precipitado sólido se somete a un proceso de combustión y se enfría y se lava posteriormente con el fin de recuperar el óxido de cadmio (CdO) y el óxido de telurio (TeO).

50 **[0024]** Finalmente, se describe en un proceso conocido adicional en el documento de Patente n.º DE102008058530A1, que se refiere a un método para el reciclaje de módulos fotovoltaicos y residuos de origen fotovoltaico, y en particular celdas solares de película delgada de telururo de cadmio y CIS. Específicamente, este documento de patente alemana proporciona información que se refiere un método para desmontar los módulos en sus elementos constituyentes de un modo tal que se use fácilmente en la fabricación de nuevos módulos.

55 **[0025]** En primer lugar, el método implica que los módulos fotovoltaicos, o partes de los mismos, en los que la capa polimérica no se ha dañado estructuralmente, se sometan a procesos de trituración mecánica continua o discontinua por medio de un molino de disco vibratorio.

60 **[0026]** Los fragmentos obtenidos de ese modo se someten a continuación a un tratamiento de baño químico a temperatura ambiente en una solución al 15% de ácido clorhídrico en la que se produce la disolución completa de los metales contenidos en los fragmentos. Esta fase está influida por la cantidad de peróxido de hidrógeno (35% en pesos) contenida en la solución y se facilita mediante el uso de un agitador magnético adecuado.

65 **[0027]** Finalmente, al final del proceso de disolución de los metales, la solución se filtra obteniendo de este modo la recuperación del vidrio y los polímeros. Estos se someten posteriormente a un proceso adicional de lavado para

recuperar de ese modo definitivamente el vidrio y el EVA.

[0028] El documento de solicitud de Patente Japonesa JP 2006 346636 A desvela un proceso de deslaminación criogénica controlada termomecánica para la recuperación de materiales rígidos contenidos en artefactos compuestos por múltiples capas de material rígido intercaladas con materiales que tienen diferentes características térmicas y de elasticidad y diferente rigidez, es decir, metal revestido con resina, que comprende el uso de al menos un sistema para la refrigeración criogénica controlada de los elementos o las partes de los mismos, al menos un sistema de control de temperatura selectivo para calentamiento a alta velocidad, y al menos un sistema de transmisión de energía, comprendiendo el proceso las siguientes fases: - homogeneización de la temperatura de dichas múltiples capas de material rígido y de dichos materiales que tienen diferentes características térmicas y de elasticidad; - refrigeración rápida o superrápida a temperaturas criogénicas de las capas adyacentes a la capa rígida de material que se recupera, por medio del sistema de refrigeración criogénico controlado que controla el caudal y la presión de un vehículo frío a través de un compresor de fluidos u otro sistema adecuado; - cuando la temperatura criogénica es estable, superposición de un ciclo térmico para transmitir una diferencia de temperatura entre las capas externas y la capa rígida que se recupera, para explotar las diferentes propiedades mecánicas de expansión a diferentes temperaturas y a continuación producir diferentes tensiones de cizalladura entre las capas; - separación mecánica de una o más capas externas con respecto a la capa del material rígido que se recupera por medio de dispositivos adecuados de acción mecánica. El proceso que se describe en la técnica anterior tiene cierto número de desventajas, tales como en el caso de los procesos de recuperación de módulos fotovoltaicos en caliente que, a pesar de hacer posible la recuperación completa de las celdas fotovoltaicas y el vidrio que las cubre, implica un alto consumo de energía.

[0029] Con respecto al proceso de reciclaje que comprende la trituración de los módulos y posterior baño químico, como tales estos procesos no permiten la recuperación de los componentes de los módulos fotovoltaicos de mayor valor añadido y dan lugar, al final del proceso, a una serie de fragmentos cuya reintegración en el ciclo de producción requiere un procesamiento adicional que es costoso desde un punto de vista tanto económico como medioambiental.

[0030] El fin del presente documento de patente es solucionar las desventajas de la técnica anterior proporcionando un proceso que permita la recuperación de materiales rígidos contenidos en artefactos compuestos por múltiples capas de material rígido intercaladas con materiales que tienen diferentes características térmicas y de elasticidad y diferente rigidez, con un alto valor añadido o, como originalmente están presentes en artefactos de tipo industrial, minimizando el deterioro mecánico químico y por lo tanto la necesidad de continuar con tratamientos posteriores.

[0031] Un objetivo adicional es reducir los costes del tratamiento de materiales de múltiples capas de abeto de final de vida con diferentes características térmicas y elásticas y su reutilización en los procesos de recuperación en uso en la actualidad. Otro objetivo es proporcionar un proceso que permita la reutilización casi inmediata de los componentes y los materiales recuperados siguiendo el mismo proceso, alargando de ese modo la vida útil de los propios componentes y no requiriendo ningún tratamiento adicional.

[0032] El proceso, objeto de la presente invención, se refiere a una metodología más sostenible, por lo tanto con un menor impacto económico y medioambiental en comparación con los procesos conocidos en la actualidad en el campo del reciclaje y/o la recuperación de sistemas del tipo en cuestión tales como, por ejemplo, la recuperación de celdas de silicio contenidas en módulos fotovoltaicos.

[0033] El principio de operación de este proceso de tratamiento no excluye su aplicación en diferentes campos de aplicación, en lo que respecta a la presencia de capas separadas que consisten en materiales rígidos (por ejemplo, metales) conectadas mediante materiales de intercalación con diferentes niveles de rigidez y conductividad térmica (por ejemplo, plástico o amorfo) minimizando el tratamiento químico y/o destructivo sin alterar la estructura geométrica o las propiedades mecánicas y explotando las propiedades físicas de los materiales que exhiben diferente expansión.

[0034] El proceso de deslaminación criogénica controlada termomecánica para la recuperación completa de materiales rígidos mono, policristalinos o amorfos revestidos con materiales plásticos de acuerdo con la presente invención se describe en lo sucesivo en el presente documento con la ayuda de los dibujos acompañantes que ilustran respectivamente las siguientes figuras:

la Figura 1 es un diagrama de bloques de las etapas del proceso;

la Figura 2 es una vista seccionada de un componente de múltiples capas genérico;

la Figura 3 es una vista en despiece axonométrica de un módulo fotovoltaico;

la Figura 4 es una vista axonométrica de un módulo fotovoltaico cuando se somete a la fase de refrigeración criogénica;

la Figura 5 es una vista axonométrica de un módulo fotovoltaico cuando la capa del material que se recupera se somete a la fase de oscilación térmica y mecánica mientras que al mismo tiempo se mantienen las capas adyacentes a temperatura criogénica;

la Figura 6 es una vista en despiece axonométrica de un módulo fotovoltaico cuando se somete a insuflación de

mezclas de líquidos y la deslaminación consecuente final de las capas;

la Figura 7 es un diagrama que ilustra las variaciones de temperatura en función del tiempo durante el curso del proceso criogénico completo;

5 la Figura 8 son diagramas que se refieren a cambios en la tracción y deformación mecánica, temperatura, deformaciones inducidas por vibraciones ocasionadas por la primera frecuencia natural de resonancia y con respecto a las fuerzas aplicadas en función del tiempo.

10 **[0035]** El proceso de deslaminación criogénica controlada termomecánica de acuerdo con la presente invención se basa en una metodología que se basa en la explotación de las diferentes características de expansión térmica de los materiales plásticos adyacentes a componentes rígidos (mono, policristalinos o amorfos en el caso de paneles fotovoltaicos) y a las diferentes curvas de ductilidad/fragilidad que producen, posiblemente junto con una vibración mecánica simultánea, el mismo efecto de deslaminación termomecánica controlada.

15 **[0036]** Y de hecho, el control apropiado de las transiciones de temperatura combinado con las acciones mecánicas inducidas por la vibración a la primera frecuencia natural de resonancia es el mecanismo que permite la separación de los materiales de diferentes naturaleza y características, recuperando de ese modo al final del proceso los constituyentes de un elemento de múltiples capas en tal estado, que se pueden usar de nuevo sin ningún tratamiento especial, obteniendo básicamente de ese modo una extensión de la vida útil del componente o sus partes.

20 **[0037]** Un ejemplo de una aplicación del proceso de acuerdo con la presente invención, es la que se proporciona para la recuperación de silicio de calidad electrónica presente en un módulo fotovoltaico.

25 **[0038]** De ese modo, como se ilustra en las Figuras 2 y 3, cada módulo fotovoltaico A consiste en las siguientes capas:

- una capa de silicio o un material M conductor o semiconductor diferente;
- un par de capas poliméricas P de etileno-acetato de vinilo;
- una capa C₁ de revestimiento resistente al agua polimérica trasera;
- 30 - una capa C₂ de vidrio templado delantera.

[0039] Como se ilustra en la Figura 1, el proceso implica las siguientes etapas:

- 35 - Estabilización y homogeneización de la temperatura para un tiempo dado de todas las capas componentes que se van a tratar de un modo tal que todas las capas alcancen la misma temperatura criogénica al colocar dicho componente en un entorno acondicionado: por ejemplo, una cámara climática; en el caso descrito, el componente de múltiples capas es un módulo fotovoltaico A.
- Cuando la temperatura es estable, sigue un periodo de refrigeración rápida o superrápida del módulo fotovoltaico A y en particular de las capas adyacentes a la capa M de material semiconductor, por medio de un sistema 1 de refrigeración criogénica que proporciona el control continuo del caudal y la presión de un vehículo frío por medio de un compresor de fluidos u otro sistema adecuado que ofrezca la posibilidad de acondicionamiento de temperatura, como se ilustra en las Figuras 4 y 7.
- 40 - El sistema de alta refrigeración criogénica se equipa con un sistema que permite el control en tiempo real de las condiciones de refrigeración, en concreto, tanto la temperatura como el caudal del vehículo de refrigeración.
- 45 - Como se ilustra en las Figuras 5, 7 y 8, la segunda fase va seguida por una fase durante la cual se imponen ciclos térmicos a una frecuencia controlada sobre la capa M de material semiconductor (metálica, de silicio). Esto produce una diferencia térmica entre las capas a la temperatura criogénica P y la capa M de materiales semiconductores a mayores temperaturas. De este modo, se saca partido de las diferentes características de expansión mecánica a diferentes temperaturas produciendo de ese modo una tensión tangencial diferencial entre las diversas capas del componente A de múltiples capas; esta tensión se define como "tensión de deslaminación térmica o τ_T ".
- 50 - Dicha fase se lleva a cabo mediante un sistema selectivo 2, que solo proporciona calor a la capa M de alta conductividad sin calentar las capas P adyacentes que son de baja conductividad térmica. El sistema 2 puede ser un sistema de contacto basado en el efecto térmico de Joule ocasionado por la explotación de la propiedad de cascada de diodos, en el caso de paneles fotovoltaicos por superposición de una corriente que sea mayor que su resistencia en el circuito interno o bien mediante excitación fotónica mediante irradiación directa sin contacto o cualquier otro sistema equivalente. Además, siempre en las condiciones de refrigeración del módulo A y el calentamiento simultáneo de la capa semiconductor a M, puede ser oportuno, dependiendo de los componentes, aplicar ciclos de tensiones de doblado a una frecuencia controlada del elemento A completo o de una combinación de las capas para producir una tensión de cizalladura mecánica secundaria (definida aquí como tensión de deslaminación mecánica o τ_M) entre la capa M de semiconductor y las capas P contiguas cuya frecuencia esté en fase con los ciclos térmicos y produzca una tensión de deslaminación total que sea sinérgica con respecto a los efectos individuales. La acción de doblado resultante en la liberación del elemento A se lleva a cabo mediante sistemas 3 de agitación adecuados.
- 55 - La siguiente fase proporciona la deslaminación controlada inducida por el efecto total de las tensiones de deslaminación térmica y mecánica producidas entre las capas P externas y la capa M de semiconductor,
- 60
- 65

produciendo una acción de deslizamiento relativo gobernada por los diferentes planos de expansión τ_{TOT} de los materiales que son objeto de una fuerza de cizalladura $\tau_{TOT} = \tau_T + \tau_M$.

- 5 - En la última fase, cuyo fin es obtener una deslaminación final de la capa P del vidrio templado C_2 , por medio de sistemas 4 adecuados, se introduce una mezcla de líquidos a una presión y un caudal controlados como se muestra en la Figura 6 de un modo tal que permita la separación final de las partes de plástico de las rígidas. Esto se debe a la variación en las propiedades estructurales y la unión de dichos materiales de plástico (mecanismo de envejecimiento inducido artificialmente).

- 10 **[0040]** Al final de la fase de insuflación, el proceso continúa con una fase de separación mecánica de una o más capas externas con respecto a la capa M de material semiconductor, por medio de sistemas mecánicos adecuados que son adecuados para producir una tensión que sea tanto tangencial como normal a los planos de la capa e inducida en los mismos por sistemas de contacto, por ejemplo, por sistemas 5 de depresión de contacto, es decir, mediante corte mecánico por medio de un sistema de tope rígido que afecta al espesor de las capas externas.

REIVINDICACIONES

1. Proceso de deslaminación criogénico controlado termomecánico para la recuperación de materiales rígidos contenidos en artefactos compuestos por múltiples capas de material rígido intercaladas con materiales que tienen diferentes características térmicas y de elasticidad y diferente rigidez, que comprende el uso de al menos un sistema para la refrigeración criogénica controlada (1) de los elementos o las partes de los mismos, al menos un sistema de control de temperatura selectivo para calentamiento de alta velocidad (2), un sistema para transmisión a alta frecuencia de movimiento para producir vibraciones en la primera frecuencia natural de resonancia (3), al menos un sistema de insuflación a presión controlada (4) y al menos un sistema de transmisión de energía, al menos un accionador mecánico (5) para manipular las capas; estando el proceso **caracterizado por** las siguientes fases:
- Homogeneización de temperatura de todas las capas múltiples de dicho material rígido y de dichos materiales que tienen diferentes características térmicas y de elasticidad;
 - Refrigeración rápida o superrápida a temperaturas criogénicas de las capas adyacentes a la capa del material rígido que se recupera, por medio del sistema de refrigeración criogénica controlada (1) que controla el caudal y la presión de un vehículo frío a través de un compresor de fluidos u otro sistema adecuado;
 - Cuando la temperatura criogénica es estable, superposición de ciclos térmicos a frecuencia controlada en la capa del material rígido que se recupera, para transmitir un diferencial de temperatura entre las capas externas mantenidas a temperatura criogénica y la capa que se va recuperar, a una temperatura considerablemente mayor, para explotar las diferentes propiedades mecánicas de expansión a diferentes temperaturas y a continuación producir una tensión de cizalladura diferente entre las capas es decir, una tensión de deslaminación térmica o τT ;
 - Siempre en condiciones de temperatura criogénica estable, posible superposición simultánea de ciclos de tensiones de doblado controladas por vibraciones del elemento completo o de la combinación de capas a frecuencias en la primera frecuencia de resonancia; esta acción es para producir una tensión de cizalladura mecánica secundaria, es decir, una tensión de deslaminación mecánica o τM entre la capa de material rígido que se recupera y las capas contiguas, cuya frecuencia está en fase con los ciclos térmicos;
 - Insuflación de mezclas líquidas a presión y caudal controlados para la deslaminación final de las capas o inmersión completa de las capas en una mezcla líquida o gaseosa;
 - Separación mecánica, también a través de inmersión en una mezcla líquida o gaseosa apropiada, de una o más capas externas con respecto a la capa del material rígido que se recupera por medio de dispositivos de acción mecánica adecuados.
2. El proceso de la reivindicación 1 **caracterizado por que** el sistema de refrigeración criogénica (1) es adecuado para refrigerar y para el control en tiempo real de las condiciones de refrigeración, es decir, de la temperatura y el caudal del vehículo frío.
3. El proceso de acuerdo con las reivindicaciones previas **caracterizado por que** un compresor del vehículo frío controla continuamente la presión y el caudal, y es adecuado para operar a temperaturas menores de 0 grados centígrados.
4. El proceso de acuerdo con las reivindicaciones previas **caracterizado por que** el calentamiento diferencial se consigue a través de un sistema (2) de calentamiento selectivo, ya sea por contacto directo o contacto no directo, siendo adecuado dicho sistema (2) para afectar exclusivamente a las capas de mayor conductividad térmica, es decir, las capas del material rígido que se recupera del componente de múltiples capas que se trata, sin calentar las capas adyacentes.
5. El proceso de acuerdo con las reivindicaciones 1 y 4 **caracterizado por que** en el caso de un sistema de contacto no directo, el sistema de calentamiento selectivo puede ser del tipo inducción magnética, del tipo fotónico o del tipo radiación; mientras que en el caso de un sistema de contacto directo, el sistema de calentamiento de inducción selectivo puede ser un sistema de contacto basado en el efecto térmico de Joule.
6. El proceso criogénico de la reivindicación 1, **caracterizado por que** la separación de los materiales se obtiene exclusivamente por imposición de ciclos térmicos a frecuencia controlada de la capa del material que se recupera, o sin la superposición de vibraciones a la primera frecuencia natural de resonancia.
7. El proceso de acuerdo con las reivindicaciones previas, **caracterizado por que** la insuflación de mezclas líquidas y/o gaseosas a presión y caudal controlados para la deslaminación final de las capas (C2, P, M, CI) se consigue a través de un compresor, o en una cámara de atmósfera controlada en la que se sumerge el elemento (A) que se trata.
8. El proceso de acuerdo con las reivindicaciones previas, **caracterizado por que** el desprendimiento de las capas (C2, P, M, CI) del elemento (A) se consigue por medio de tensiones de cizalladura distribuidas y transferidas a dichas capas (C2, P, M, CI) a través de sistemas de depresión de contacto, o a través de corte mecánico por medio de un sistema de embrague rígido que afecta al espesor de las capas externas (C2, P, CI).

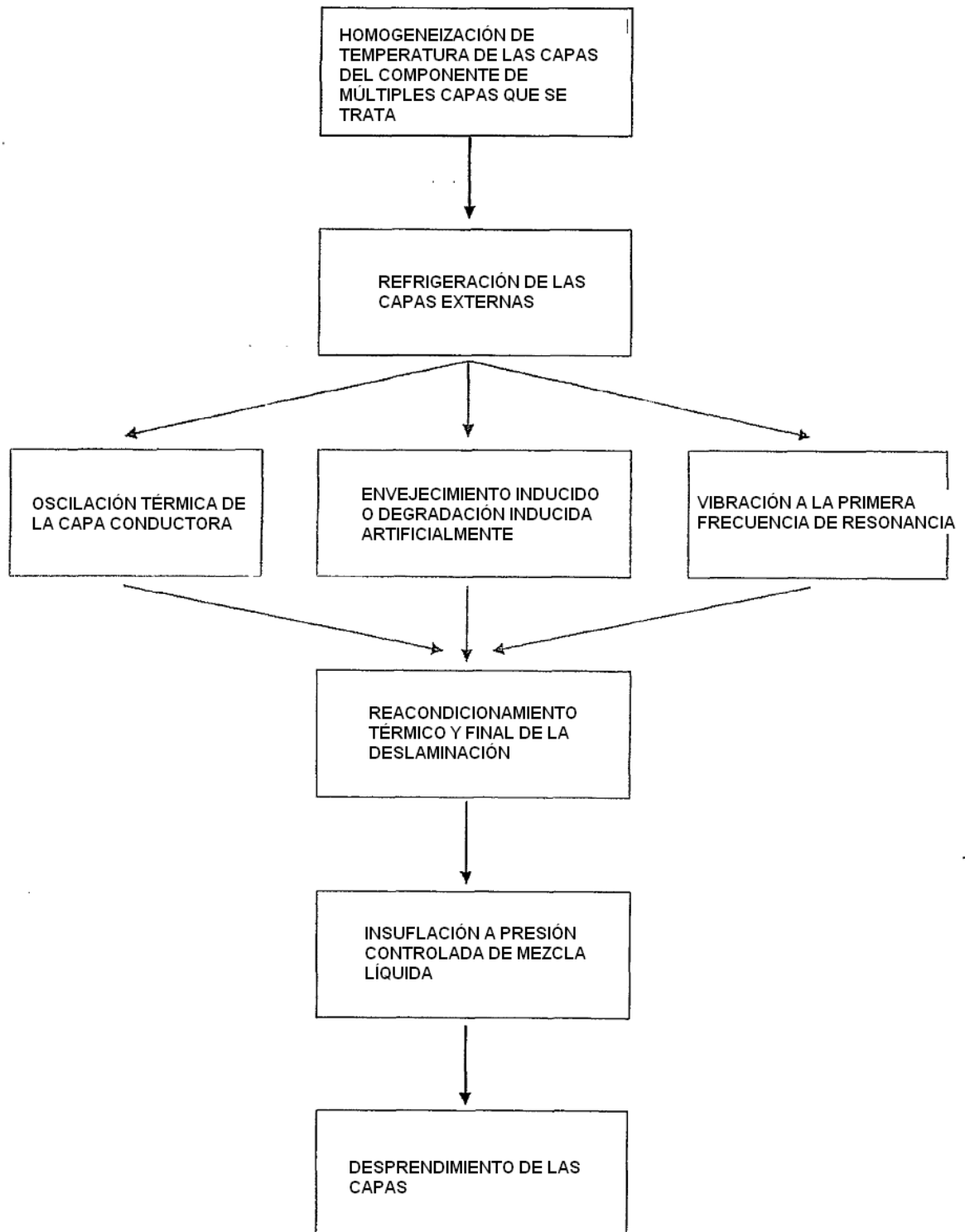


FIG. 1

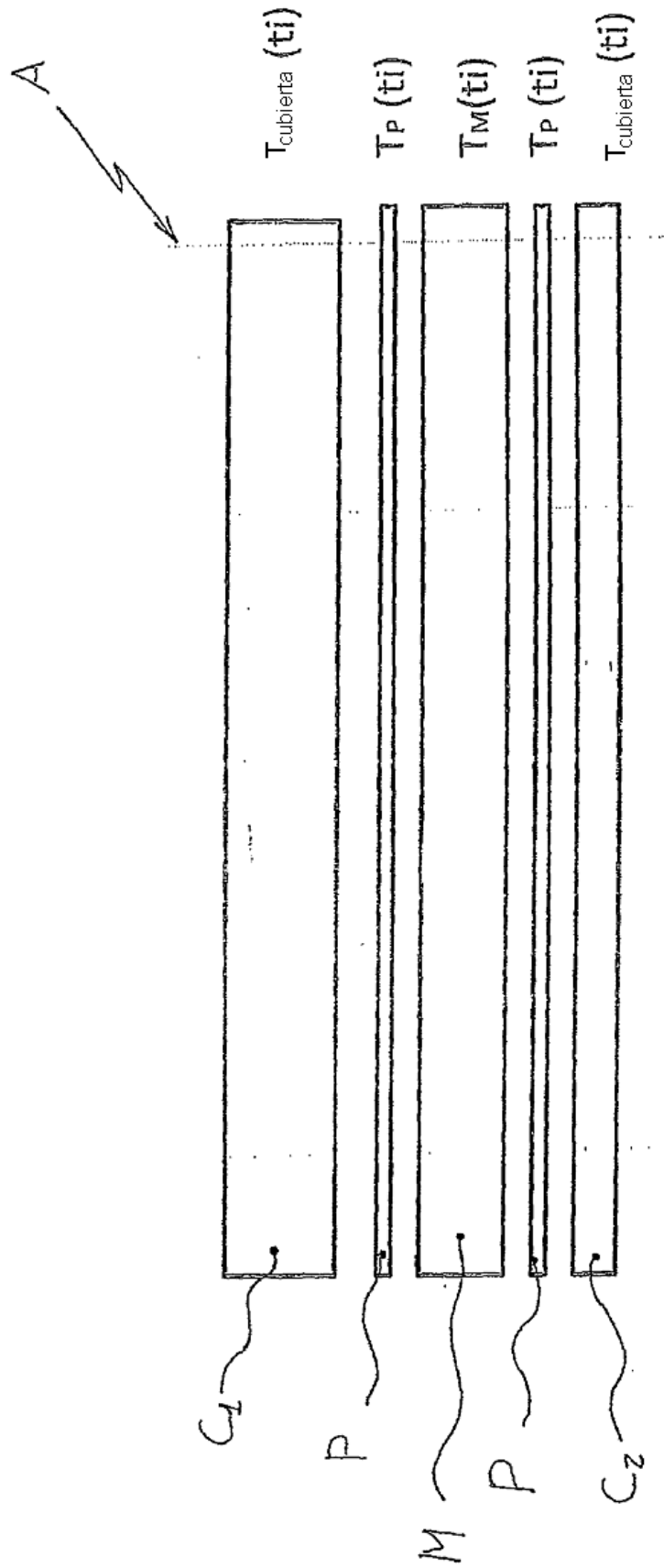


FIG. 2

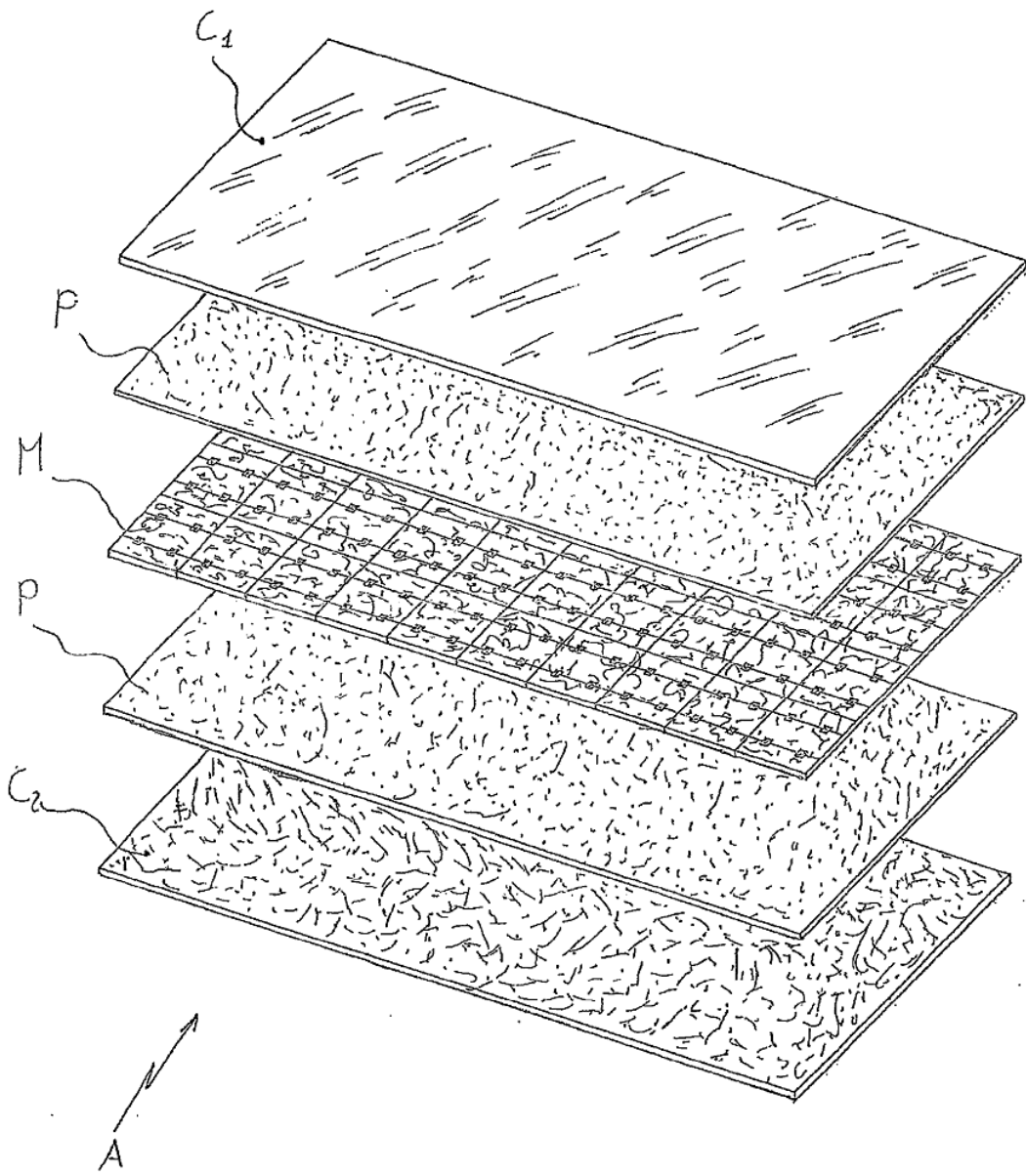


FIG.3

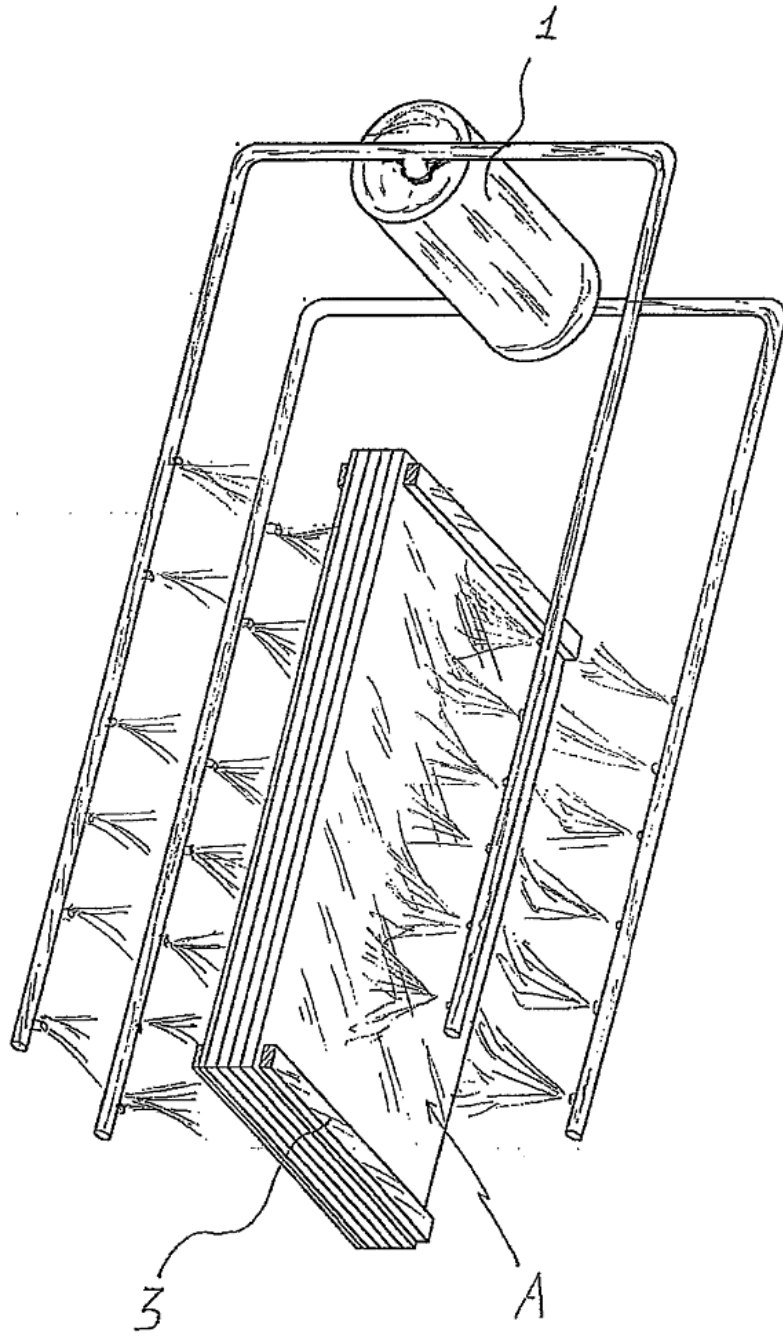


FIG. 4

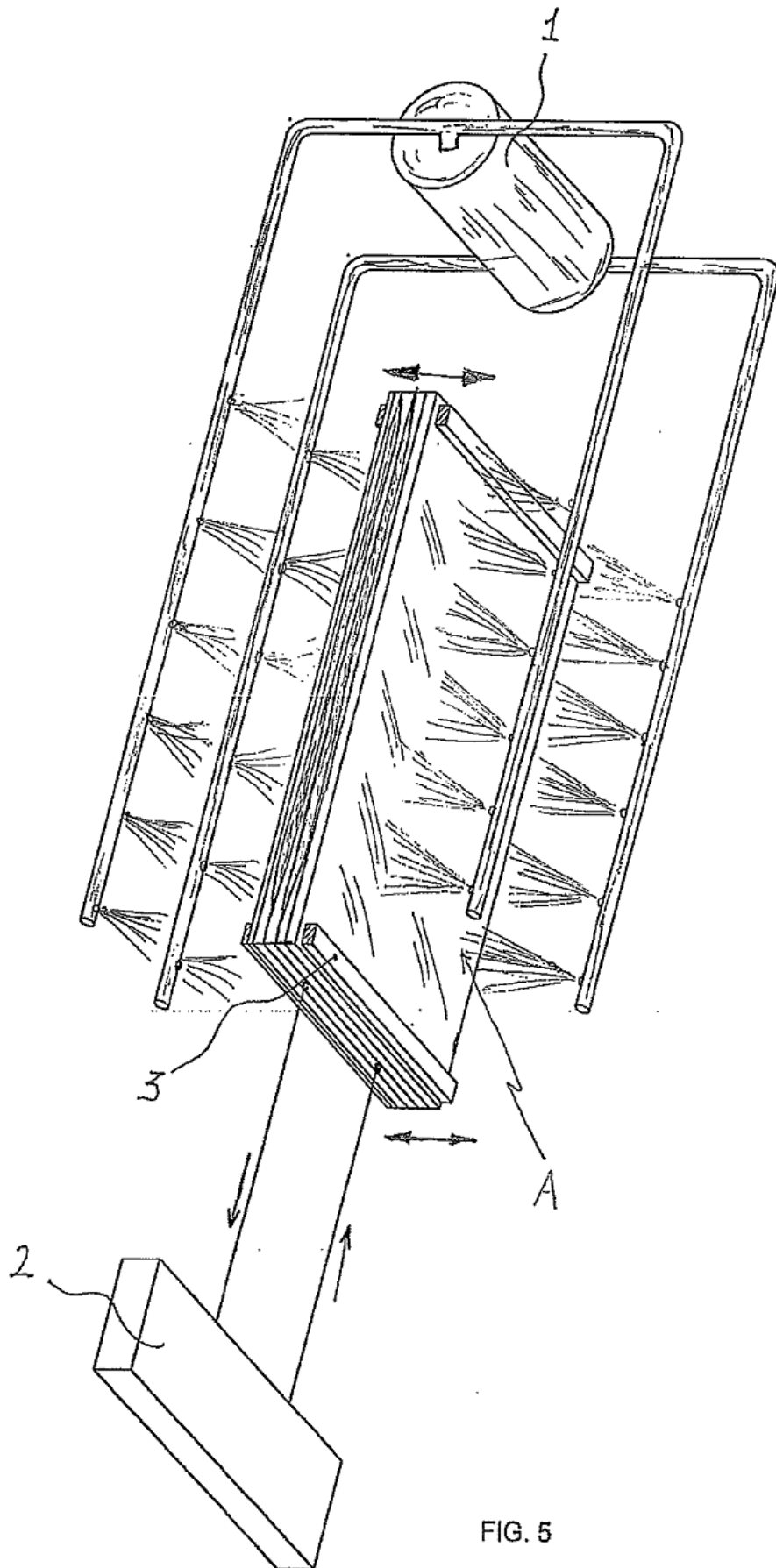


FIG. 5

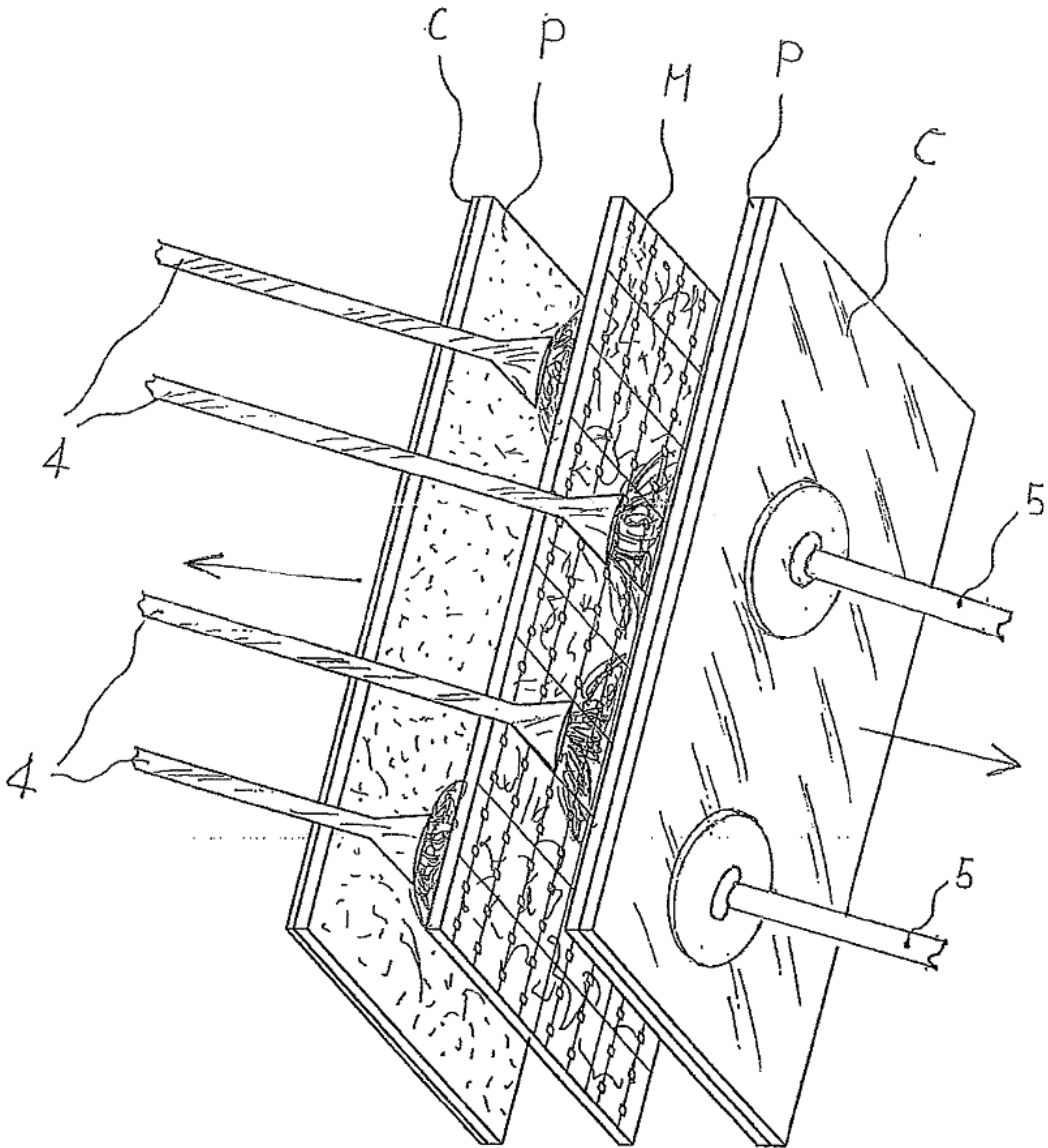


FIG. 6

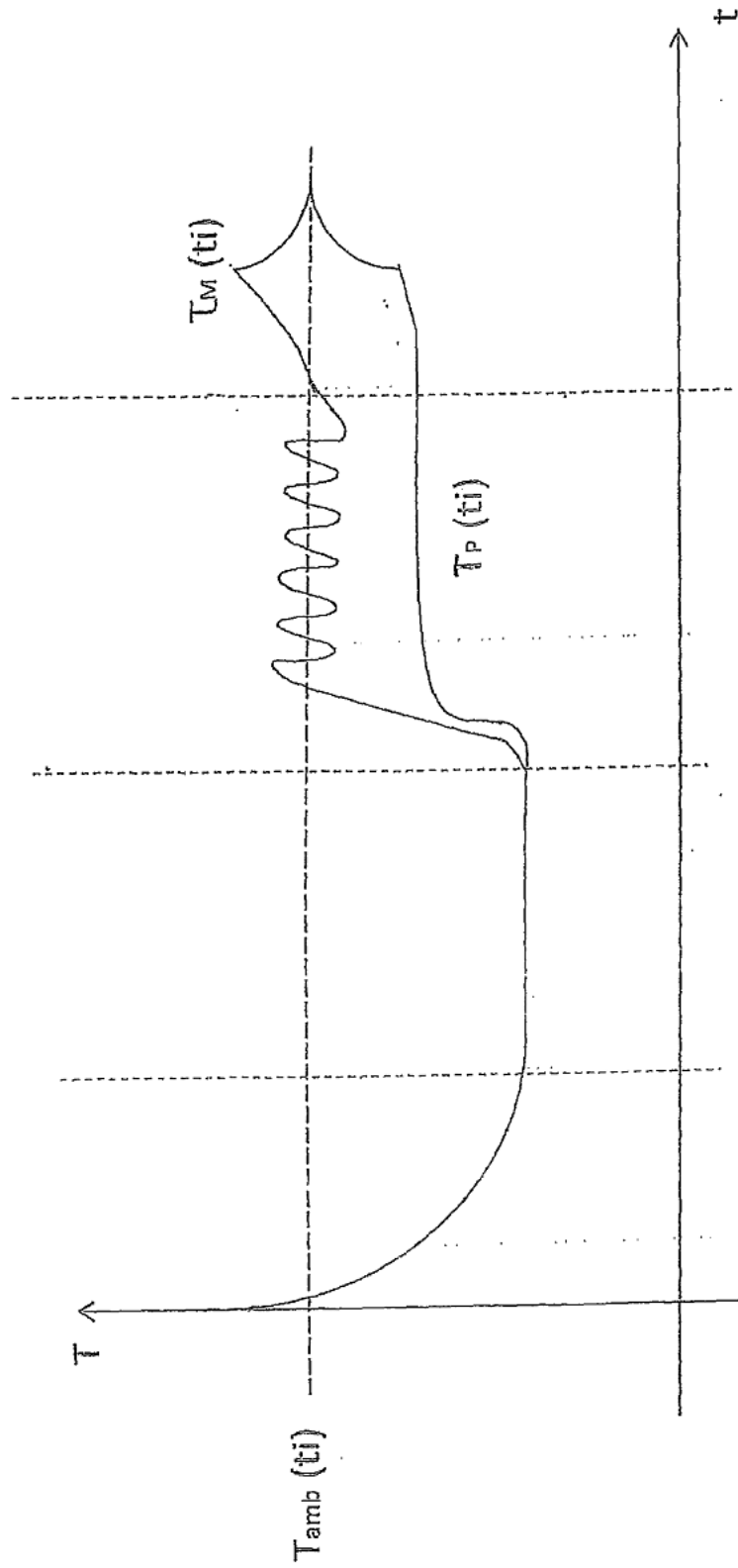


FIG. 7

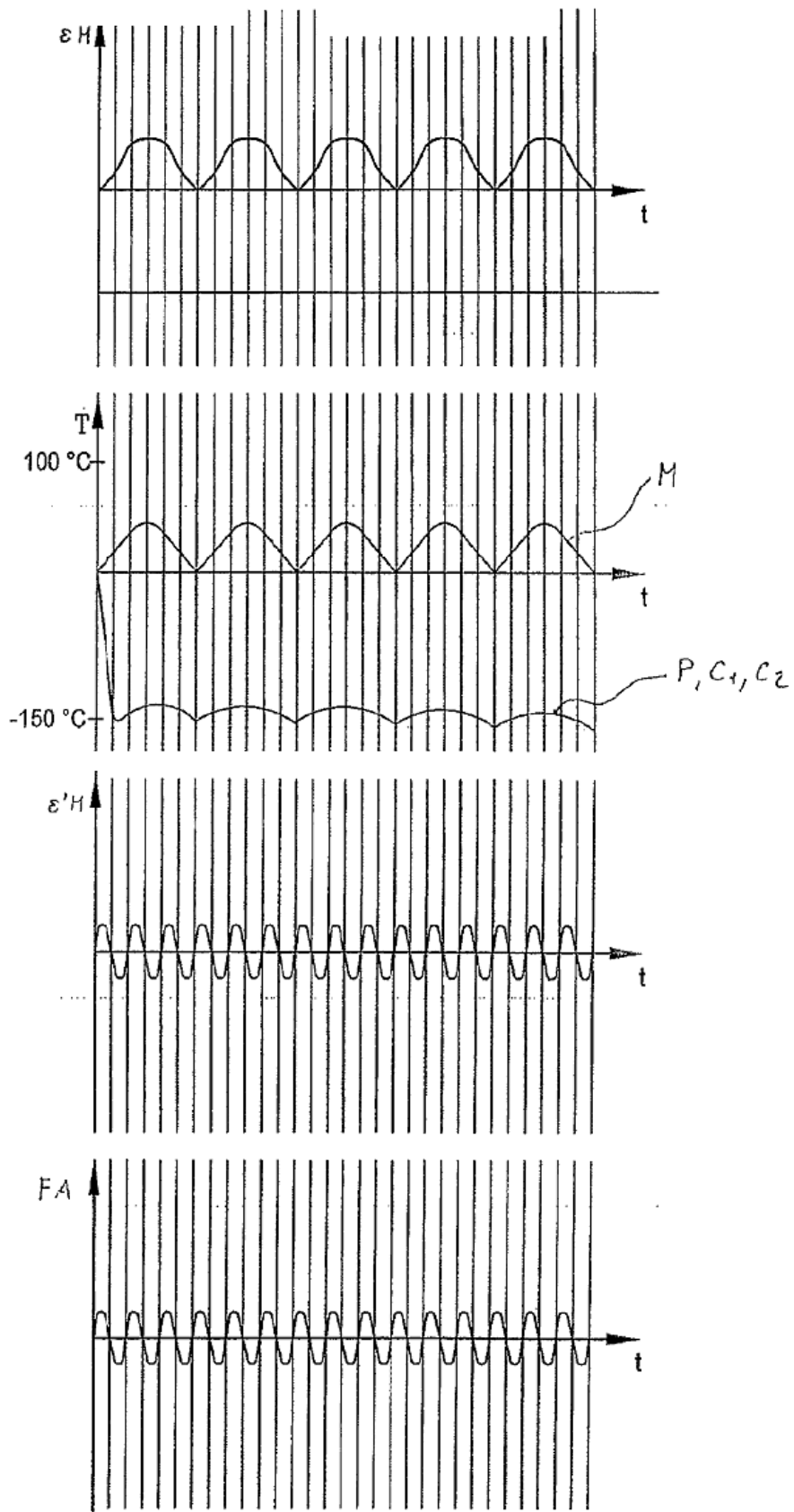


FIG. 8