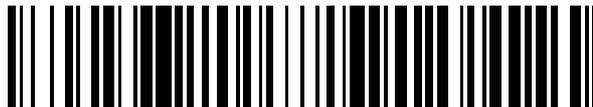


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 536 051**

51 Int. Cl.:

B29C 33/02 (2006.01)

B29C 33/38 (2006.01)

B29C 70/30 (2006.01)

B29C 70/88 (2006.01)

B29C 70/70 (2006.01)

H05B 3/14 (2006.01)

H05B 3/26 (2006.01)

B29K 105/16 (2006.01)

B29K 307/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.08.2011 E 11177982 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.02.2015 EP 2422949**

54 Título: **Un método para formar una herramienta auto-calefactora y herramienta correspondiente**

30 Prioridad:

27.08.2010 US 870556

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

20.05.2015

73 Titular/es:

**ALLIANT TECHSYSTEMS INC. (100.0%)
7480 Flying Cloud Drive, MN05-1W
Minneapolis, MN 55344-3720, US**

72 Inventor/es:

**GLANCY, GEORGE J y
JOHNSON, DAVID L.**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 536 051 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

Un método para formar una herramienta auto-calefactora y herramienta correspondiente

5 **DECLARACIÓN RELATIVA PATROCINADA FEDERALMENTE**

INVESTIGACIÓN O DESARROLLO

El Gobierno de los Estados Unidos de Norteamérica puede tener ciertos derechos a esta solicitud bajo contrato N° FA9453-06-D0368-0003.

10

ANTECEDENTES

La estructuras compuestas formadas a partir de material pre-impregnado ("pre-preg") son utilizadas en la formación de estructuras de elevada resistencia mecánica - bajo peso tales como piezas utilizadas para construir aviones y naves espaciales, pero no están limitadas a ellas. El material pre-impregnado está hecho de fibras compuestas tales como carbono, vidrio, aramida y similares, que son unidas juntas con una resina que es activada con calor para que cure. El material pre-impregnado es suministrado típicamente en láminas u hojas. El fabricante forma entonces apilamientos de hojas de material pre-impregnado sobre una superficie de formación de un útil o herramienta que tiene una forma deseada. Una vez que se ha formado el material pre-impregnado sobre el útil o herramienta, el útil o herramienta es colocado en un autoclave u horno o estufa convencional para curar la resina. El deseo de la industria aeroespacial de disponer de estructuras cada vez más grandes ha dado como resultado mayores autoclaves y hornos convencionales necesarios para curar el material pre-impregnado. Cuanto mayores son los autoclaves y los hornos convencionales, mayores son los costes asociados con la construcción y el funcionamiento de los mismos.

15

20

25

El documento DE 10 2004 042422 A1 describe un molde que se puede calentar para la fabricación de componentes hechos de compuestos de fibras. El molde comprende compuestos de fibras con una matriz plástica y un calentador de resistencia eléctrica embebido en la matriz plástica.

30

El documento US 2009/0194525 A1 describe un elemento calefactor que utiliza nanotubo de carbono que incluye un miembro resistente al calor que tiene una característica de resistencia al calor, una capa de revestimiento de nanotubos de carbono formada sobre al menos una superficie de este miembro resistente al calor, y un par de electrodos conectados eléctricamente a la capa de revestimiento de nanotubos de carbono y que incluye el calentamiento de la capa de revestimiento de nanotubos de carbono cuando son conectados a una alimentación de corriente.

35

El documento JP 2008 1984407 A describe un calentador de láminas.

El documento US 2010/0140448 A1 describe moldes de álabe de una turbina eólica con calentamiento integrado y métodos para fabricar los mismos. El molde es fabricado proporcionando una estructura de soporte que tiene una forma predeterminada.

40

El documento DE 10 2006 058198 A1 describe moldes que se pueden calentar eléctricamente hechos de plástico. El molde comprende compuestos de fibra y un calentador de resistencia eléctrica.

45

Por las razones indicadas anteriormente y por otras razones establecidas más adelante que resultarán evidentes para los expertos en la técnica al leer y comprender la presente solicitud, existe una necesidad en la técnica de un método efectivo y eficiente de formar estructuras compuestas sin el uso de un autoclave u horno convencional.

SUMARIO DEL INVENTO

50

Los problemas antes mencionados de los sistemas actuales son abordados por realizaciones del presente invento y serán comprendidos leyendo y estudiando la siguiente memoria. Realizaciones del presente invento incluyen tanto aparatos como métodos. El siguiente resumen está hecho a modo de ejemplo y no a modo de limitación. Es simplemente proporcionado para ayudar al lector a comprender algunos de los aspectos del invento.

55

En una realización, se proporciona un método para curar material compuesto para formar una estructura compuesta. El método incluye, colocar material pre-impregnado sobre un útil o herramienta de formación de estructura compuesta y calentar el útil o herramienta internamente para curar el material pre-impregnado.

60

En otra realización, se proporciona un útil o herramienta de curado. El útil o herramienta de curado incluye resina impregnada con nanotubos curados, al menos dos conductores formados en la resina impregnada con nanotubos curados, al menos una capa de material compuesto curado y al menos una capa de aislamiento que separa el material compuesto curado de la resina impregnada con nanotubos curados.

65

En aún otra realización, se proporciona un método para formar un útil o herramienta auto-calefactora, el método incluye formar al menos una capa de aislamiento. Aplicar al menos un primer revestimiento de resina impregnada con nanotubos sobre la primera capa de al menos una capa de aislamiento. Colocar selectivamente al menos dos tiras conductoras sobre la primera capa de resina compuesta de nanotubos. Aplicar al menos un segundo revestimiento de resina impregnada con nanotubos curados sobre al menos las dos tiras conductoras y el primer revestimiento de resina

impregnada con nanotubos. Curar al menos el primer y segundo revestimientos de resina impregnada con nanotubos. Formar pasos al menos a dos tiras conductoras a través de una parte de la resina impregnada con nanotubos curada y acoplar hilos conductores al menos a las dos tiras conductoras a través de los pasos.

5 **BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

El presente invento puede ser comprendido más fácilmente y otras ventajas y usos del mismo serán más fácilmente evidentes, cuando es considerado a la vista de la descripción detallada y de las siguientes Figuras en las que:

La Figura 1 es un diagrama de flujo de formación de útil o herramienta de una realización del presente invento.

10 La Figura 2 es una ilustración en vista en perspectiva lateral parcial de la formación de una parte de base de soporte de un útil o herramienta de una realización del presente invento.

Las Figuras 3A-3I son vistas en perspectiva laterales parciales que ilustran la formación adicional de un útil o herramienta de calentamiento de una realización del presente invento.

15 La Figura 3J es una vista en perspectiva inferior del útil o herramienta con pasos formados de una realización del presente invento.

La Figura 3K es una vista de extremidad en sección transversal de un útil o herramienta de calentamiento de una realización del presente invento.

La Figura 3L es una vista de extremidad en sección transversal del útil o herramienta de calentamiento de la Figura 3H acoplado a un controlador y fuente de alimentación de una realización del presente invento.

20 La Figura 3M es una vista en perspectiva lateral de la formación de conductores en un útil o herramienta de calentamiento de otra realización del presente invento.

La Figura 4 es un diagrama de flujo de formación de una estructura compuesta de una realización del presente invento.

25 Las Figuras 5A y 5B son vistas en perspectiva laterales parciales en la formación de una estructura compuesta sobre un útil o herramienta auto-calentada de una realización del presente invento, y

La Figura 6 es una vista en perspectiva lateral de una colocación del útil o herramienta de calentamiento de otra realización; y

La Figura 7 es un diagrama de flujo de formación de un útil o herramienta de la formación del útil o herramienta de la Figura 6.

30 De acuerdo con la práctica común, las distintas características descritas no están dibujadas a escala sino que están dibujadas para enfatizar características específicas relevantes para el presente invento. Los caracteres de referencia indican elementos similares a lo largo de todas las Figuras y texto.

35 **DESCRIPCIÓN DETALLADA**

En la siguiente descripción detallada, se ha hecho referencia a los dibujos adjuntos, que forman una parte de este documento, y en los que se han mostrado a modo de ilustración realizaciones específicas en las que el invento puede ser puesto en práctica. Éstas realizaciones están descritas con suficiente detalle para permitir a los expertos en la técnica poner en práctica el invento, y ha de comprenderse que pueden utilizarse otras realizaciones y que pueden hacerse cambios sin salir del espíritu y marco del presente invento. La siguiente descripción detallada no ha de ser por ello tomada en un sentido limitativo, y el marco del presente invento está definido solamente por las reivindicaciones y equivalencias de las mismas.

45 Realizaciones del presente invento proporcionan métodos y aparatos para fabricar moldes, formas o mandriles (que pueden ser en general denominados como un útil o herramienta) que son auto-calefactores. Por tanto, en realizaciones, se proporciona un útil o herramienta que incluye una fuente de calentamiento interno. Las realizaciones permiten que estructuras compuestas sean curadas en el mismo útil o herramienta en el que fueron fabricadas o sin necesidad de un autoclave o un horno o estufa. Por tanto, son curadas grandes estructuras fuera de autoclave mientras se asientan sobre un suelo de producción eliminando por ello restricciones de tamaño en autoclaves y hornos. También, realizaciones de los útiles o herramientas auto-calefactoras permiten la producción en masa de piezas compuestas menores. En vez de apilar cientos de piezas sin curar en un autoclave en un proceso que consume tiempo, cada pieza tendría su propio útil o herramienta de auto-calentamiento. Cada útil o herramienta de auto-calentamiento puede ser calentado sobre el suelo de producción proporcionando por ello un flujo de piezas eficiente a través de la instalación de fabricación.

55 En realizaciones, se forma un útil o herramienta con resina impregnada con nanotubos. Los nanotubos en realizaciones son eléctricamente conductores. En una realización los nanotubos utilizados para impregnar la resina son nanofibras de carbono (nanotubos). Hacer pasar corriente a través de la resina da como resultado calor que es generado debido a la resistencia eléctrica en la resina impregnada con nanotubos. En realizaciones, variando la corriente eléctrica, se varía la cantidad de calor creada por el útil o herramienta. Además, en realizaciones, tiras conductoras, tales como tiras de cobre, pero no limitadas a ellas, están embebidas en la resina impregnada con nanotubos curada. Un potencial eléctrico es creado entre tiras conductoras adyacentes (tiras conductoras que están cerca unas de otras) lo que hace que una corriente pase a través de la resina impregnada con nanotubos. En una realización, se aplica una corriente alterna (AC) a las tiras conductoras adyacentes para producir la corriente a través de la resina impregnada con nanotubos.

65 Con referencia a la Figura 1, se ha ilustrado un diagrama de flujo 100 de formación de una realización. El diagrama de flujo 100 de formación esta descrito más abajo de acuerdo con ilustraciones en las Figuras 2 a 3I. En la formación de un

útil o herramienta, una primera operación es determinar qué resina es compatible con un rango de calor necesario para curar el material pre-impregnado (fuera del material de autoclave) utilizado para formar una estructura compuesta (102). A continuación se determina (104) qué porcentaje de nanotubos debería haber en relación a la resina. La relación de porcentaje está basada en un resultado deseado (calor que se desea sea generado por un útil o herramienta). Los nanotubos son a continuación mezclados con la resina para formar (106) resina impregnada con nanotubos de carbono. Un tipo de resina que puede ser utilizada es la resina de factor K proporcionada por Boyce Components LLC. Nanotubos ejemplares utilizados son nanotubos de carbono proporcionados por Polygraf Products que es una parte de Applied Sciences Inc.

Una base para la resina impregnada con nanotubos ha de ser proporcionada para formar el útil o herramienta auto-calefactor. En una realización, se colocan hojas de material pre-impregnado 204a, 204b, 204c y se forman (108) sobre un mandril 202. Las hojas de material pre-impregnado forman una parte de base de soporte 204. En una realización se utilizan de seis a ocho capas (hojas) de material pre-impregnado de carbono para formar la parte de base de soporte 204 que es aproximadamente de 0,004572 a 0,00635 m (0.180 a 0.250 pulgadas) de espesor. La Figura 2 ilustra capas de hojas 204a, 204b y 204c que son aplicadas al mandril 202. En una realización, las capas de hojas de material pre-impregnado 204a, 204b y 204c incluyen fibras de carbono. Las hojas que constituyen la parte de base de soporte 204 son a continuación curadas (110). Después de que se ha curado la parte de base de soporte 204, se aplica (112) una primera capa de aislamiento 300. Esto está ilustrado en la Figura 3A. En una realización la primera capa de aislamiento 300 es una capa 300 de vidrio trenzado en seco que es estratificada sobre la parte de base de soporte 204. La capa de aislamiento (capa 300 de vidrio trenzado en seco) es a continuación curada (113) sobre la parte de base de soporte 204. El espesor de la capa de aislamiento 300 en una realización es del orden de 0,000076 a 0,000127 m (0.003 a 0.005 pulgadas).

Una vez que la primera capa 300 de vidrio trenzado en seco ha sido curada, se aplica (114) un primer revestimiento de resina 302 impregnada con nanotubos de carbono sobre la capa 300 de vidrio trenzada en seco. Esto está ilustrado en las Figuras 3B y 3C. En una realización, un cepillo de esponja 304 es utilizado para aplicar el primer revestimiento de resina 302a impregnada con nanotubos de carbono a una primera capa 300 de vidrio trenzado en seco. En una realización el primer revestimiento de resina 302a impregnada con nanotubos de carbono es aplicado con un espesor uniforme de aproximadamente 0,000254 a 0,000279 m (10 a 11 mils). La separación deseada de las tiras conductoras 306 que ha de ser utilizada en el útil o herramienta es determinada a continuación (116). En una realización, las tiras conductoras 306 (conductores) están hechas de un metal tal como cobre. Las tiras conductoras 306 son a continuación colocadas (118) sobre una superficie del primer revestimiento de resina 302a impregnada con nanotubos de carbono como se ha ilustrado en la Figura 3D. Un segundo revestimiento de resina 302b impregnada con nanotubos de carbono es aplicado (120) a continuación sobre el primer revestimiento de resina 302a impregnada con nanotubos de carbono y las tiras conductoras 306. El primer y segundo revestimientos de resina 302a y 302b impregnada con nanotubos de carbono son curados a continuación (122). El útil o herramienta en este estado está ilustrado en la Figura 3F. Aunque, las tiras conductoras 306 están ilustradas anteriormente como siendo sustancialmente rectas en la realización ilustrada en las Figuras 3D y 3E, en otras realizaciones, las tiras conductoras 306a pueden tener cualquier forma que sea necesaria para distribuir el calor en el útil o herramienta 350 como se desee. Por ejemplo, en la Figura 3M las tiras conductoras 306a y 306b tienen un patrón para conseguir una distribución de calentamiento deseada.

Una segunda capa de aislamiento 310 es estratificada y luego colocada y estratificada (124) sobre la resina 302b impregnada con nanotubos de carbono. Esta capa de aislamiento 310 es curada a continuación (125). En una realización, la segunda capa de aislamiento 310 es una capa 310 de vidrio trenzado en seco que tiene un espesor del orden de 0,000076 a 0,000127 m (0.003 a 0.005 pulgadas). La adición de la segunda capa de aislamiento 310 está ilustrada en la Figura 3G. Una vez que la segunda capa de aislamiento 310 ha sido formada, las capas de hojas 312a y 312b de material pre-impregnado son depositadas (126) y curadas (126) para formar una superficie 312 de formación de útil o herramienta del útil o herramienta 350. La colocación de las capas de hojas 312a y 312b está ilustrada en la Figura 3H y la superficie 312 de formación del útil o herramienta formado está ilustrada en la Figura 3I. La Figura 3I también ilustra las capas de un útil o herramienta formado 350 en una realización. En una realización, las capas de hojas de material pre-impregnado 312a y 312b incluyen fibras de carbono. Además, el número de capas de hojas 312a y 312b utilizadas para formar la parte 312 de superficie de formación del útil o herramienta pueden variar dependiendo de un resultado deseado. En una realización, el espesor de la superficie 312 de formación del útil o herramienta es del orden de 0,00889 a 0,01016 m (0.035 a 0.040 pulgadas). Aunque, el útil o herramienta formado 350 ilustrado en la Figura 3I tiene generalmente forma de C, el útil o herramienta puede tener cualquier forma deseada en sección transversal dependiendo de la aplicación. Además, el útil o herramienta puede ser recto en toda su longitud, puede estar curvado a lo largo de su longitud y su geometría en sección transversal puede variar a lo largo de su longitud. Por tanto, se ha considerado cualquier útil o herramienta conformado y el útil o herramienta 350 de la Figura 3I es simplemente un ejemplo de una forma de un útil o herramienta utilizado para formar una estructura compuesta en forma de C.

En una realización, el útil o herramienta 350 es retirado del molde de base 124 una vez que se ha formado el útil o herramienta. A continuación son formadas (130) ánimas 330 de manera selectiva a través de la parte de soporte de base 204, de la primera capa de aislamiento 300 y de la primera resina 302a impregnada con nanotubos de carbono curada a las tiras conductoras 306. Esto está ilustrado en la Figura 3J y en la Figura 3K. En una realización, una herramienta eléctrica Dremel® de Robert Bosch Tool Corporation, o herramienta similar, es utilizado para hacer las ánimas a través del útil o herramienta 350 a las tiras conductoras respectivas 306. Unos hilos conductores 340 son acoplados (132) a

continuaación a las tiras conductoras 306 como se ha ilustrado en la Figura 3L. La Figura 3L ilustra además, una fuente de alimentación 342 acoplada a los hilos conductores 340 y un controlador 344. El controlador 344 está diseñado para controlar la fuente de alimentación 342. Como se ha establecido anteriormente, en una realización, la fuente de alimentación 342 proporciona una corriente alterna (AC) a las tiras conductoras respectivas 306 para calentar el útil o herramienta 350. Como se ha ilustrado en la Figura 3L, la primera y segunda capas de aislamiento 300 y 310 aíslan los conductores 306 y la resina 302a impregnada con nanotubos del material que constituye la parte de base de soporte 204 y de la parte 312 de superficie de formación del útil o herramienta. Esto impide que la parte de base de soporte 204 y la parte 312 de superficie de formación del útil o herramienta dejen pasar corriente fuera del útil o herramienta 350. Esto sería un problema en una realización en la que la parte de base de soporte 204 y la superficie 312 de formación del útil o herramienta incluyen material conductor tal como fibras de carbono. Las capas de aislamiento 300 y 310 ayudan también a impedir que la resina impregnada con nanotubos se distribuya sobre el material compuesto de la parte de base de soporte 204 y de la parte 312 de superficie de formación del útil o herramienta durante la formación del útil o herramienta.

Con referencia a la Figura 4, se ha mostrado una ilustración de un diagrama de flujo 400 de formación de estructura compuesta. El diagrama de flujo 400 está descrito en relación con las Figuras 5A y 5B. El proceso comienza colocando y formando material pre-impregnado sobre el útil o herramienta (402). En una realización esto se hace aplicando una o más capas de material pre-impregnado sobre la parte 312 de superficie de formación del útil o herramienta del útil o herramienta 350 y presionando la capa o más capas de material pre-impregnado sobre la parte 312 de superficie de formación del útil o herramienta del útil o herramienta 350 para conformar el material pre-impregnado a la forma de la parte 312 de superficie de formación del útil o herramienta. Un ejemplo de colocación de una capa de material en capas 500 sobre un útil o herramienta 350 está ilustrado en la Figura 5A. Cualquier método conocido en la técnica para colocar y formar el material pre-impregnado 500 sobre el útil o herramienta 350 puede ser utilizado. Un método ejemplar de colocar y formar un material pre-impregnado está ilustrado en las Patente Norteamericana nº 7,249,943 de cesionaria común titulada "Aparato para Formar Rigidizadores Compuestos y Estructuras Reforzadas" que fue concedida el 31 de julio de 2007 y la Patente Norteamericana nº 7,513,769 titulada "Aparato y Métodos para Formar Rigidizadores Compuestos y Estructuras de Refuerzo" que fue concedida el 7 de abril de 2009, las cuales están incorporadas aquí como referencia. Además, puede ser utilizado cualquier otro método para colocar y formar el material pre-impregnado sobre un útil o herramienta, tal como formación por drapeado en caliente y otros métodos conocidos en la técnica. Una vez que el material pre-impregnado es posicionado sobre el útil o herramienta, la fuente de corriente 342 proporciona corriente (404) a las tiras conductoras 306 en el útil o herramienta 350. Un ejemplo de la fuente de corriente 342 acoplada para calentar un útil o herramienta 350 está ilustrado en la Figura 5B. En la Figura 5B material pre-impregnado sobre el útil o herramienta 350 es curado para formar una estructura compuesta 550. En particular, el calor del útil o herramienta 350, como resultado de que la corriente es suministrada a los conductores (tiras conductoras) en el útil o herramienta 350, cura el material pre-impregnado (404) para formar la estructura compuesta 550. En una realización, un sistema de bolsa de vacío conocido en la técnica es utilizado para compactar el material pre-impregnado durante el curado (403). Una vez que ha curado el material pre-impregnado, la estructura compuesta formada 550 es retirada (406) del útil o herramienta 350.

Con referencia a la Figura 6, se ha ilustrado una colocación (formación) del útil o herramienta 350 de otra realización. En esta realización el útil o herramienta está formado sobre un maestro 602 (mandril) de una manera opuesta a la de la realización descrita anteriormente. En esta realización, el maestro 602 tiene generalmente la forma de la parte que ha de ser hecha sobre el útil o herramienta calentado 305. Por tanto, la formación del útil o herramienta sobre un mandril puede ser hecha de diferentes modos. Una ventaja en la formación del útil o herramienta 350 como se ha ilustrado en la Figura 6 es que la parte 312 de superficie de formación del útil o herramienta es relativamente lisa y proporciona una buena superficie para formar las estructuras compuestas. De manera inversa, una superficie de la parte de base de soporte 102 será más rugosa debido al uso de uno o más bolsas de vacío utilizadas para curar el útil o herramienta 350.

La Figura 7 ilustra un diagrama de flujo 700 de formación de útil o herramienta de acuerdo con la implantación ilustrada en la Figura 6. El diagrama de flujo 700 comienza de manera similar al diagrama de flujo 100 descrito anteriormente. La resina es seleccionada (102). El porcentaje de nanotubos es seleccionado (104). Los nanotubos y la resina son mezclados para formar (106) la resina 302 impregnada con nanotubos. Las capas de material pre-impregnado son colocadas sobre el maestro (708). Las capas son a continuación curadas (710) para formar la parte 312 de superficie de formación del útil o herramienta sobre una superficie del maestro 602. Una primera capa de aislamiento 300 es a continuación estratificada (712) sobre un lado posterior de la parte 312 de superficie de formación del útil o herramienta. La primera capa de aislamiento 300 es a continuación curada (713). Un primer revestimiento de resina 302a con nanotubos es a continuación aplicado (714) a la primera capa de aislamiento curada 300. A continuación se determina (716) qué separación debería haber entre las tiras conductoras. Las tiras conductoras 306 son a continuación colocadas (718) sobre el primer revestimiento de resina 302a con nanotubos. Un segundo revestimiento de resina 302b con nanotubos es a continuación aplicado (720) cubriendo las tiras conductoras 306. La resina 302a y 302b con nanotubos es a continuación curada (722). Una segunda capa de aislamiento 310 es a continuación estratificada (724) sobre la resina 302a y 320b con nanotubos. La capa de aislamiento 310 es curada a continuación (725). Las hojas de material pre-impregnado son a continuación depositadas (726) sobre la segunda capa de aislamiento 310. Las hojas de material pre-impregnado son a continuación curadas (128) para formar la parte de base de soporte. A continuación se forman ánimas (130) a través de la parte 204 de base de soporte a las tiras conductoras como se ha descrito anteriormente con respecto a la Figura 3J. Unos hilos conductores son acoplados (132) a continuación a las tiras conductoras. Como se ha comprendido en la técnica, el curado de los distintos materiales hace que el útil o herramienta 350 pueda incluir distintas

formas de técnicas de embolsado en vacío.

5 Aunque se han ilustrado y descrito aquí realizaciones específicas, los expertos en la técnica apreciarán que cualquier disposición, que esté calculada para conseguir el mismo propósito, puede sustituir a la realización específica mostrada. Esta aplicación está destinada a cubrir cualesquiera adaptaciones o variaciones del presente invento. Por ello, se pretende de manera manifiesta que este invento esté limitado sólo por las reivindicaciones y las equivalencias de las mismas.

REIVINDICACIONES

1. Un método de formación de un útil o herramienta auto-calefactora (350), comprendiendo el método:

5 depositar una pluralidad de hojas de material pre-impregnado (312a, 312b) que incluyen fibras de carbono sobre un mandril (602);
 curar la pluralidad de hojas para formar una superficie de formación (312) del útil o herramienta auto-calefactora (350) adyacente al mandril (602);
 formar una primera capa de aislamiento (310) sobre la pluralidad de hojas curadas;
 10 aplicar al menos un primer revestimiento de resina (302b) impregnada con nanotubos eléctricamente conductores sobre la primera capa de aislamiento (310);
 colocar selectivamente al menos dos tiras conductoras (306) sobre el primer revestimiento de resina (302b) impregnada con nanotubos;
 15 aplicar al menos un segundo revestimiento de resina (302a) impregnada con nanotubos eléctricamente conductora sobre al menos dos tiras conductoras (306) y el primer revestimiento de resina (302b) impregnada con nanotubos;
 curar al menos el primer y segundo revestimientos de resina (302a, 02b) impregnada con nanotubos;
 colocar una segunda capa de aislamiento (300) sobre la resina impregnada con nanotubos;
 curar la segunda capa de aislamiento (300);
 20 colocar y curar capas de hojas (204a, 204b) de un material pre-impregnado para formar una parte de base de soporte (204) del útil o herramienta (350);
 formar pasos (330) al menos a las dos tiras conductoras (306) a través de una parte de la resina impregnada con nanotubos curada; y
 acoplar hilos conductores (340) al menos a las dos tiras conductoras (306) a través de los pasos (330).

25 2. El método según la reivindicación 1, en el que al menos una de la primera y segunda capas de aislamiento (300, 310) es una capa de vidrio trenzado en seco.

30 3. El método según la reivindicación 2, en el que formar la capa de vidrio trenzado en seco comprende además: estratificar la capa de vidrio trenzado en seco.

4. El método según la reivindicación 2, en el que la primera capa de aislamiento (310) es una capa de vidrio trenzado en seco, comprendiendo el método además:

35 curar la capa de vidrio trenzado en seco antes de que se apliquen el primer y segundo revestimientos de la resina (302a, 302b) impregnada con nanotubos.

40 5. El método según la reivindicación 1, en el que la resina impregnada con nanotubos incluye nanotubos de carbono impregnados en resina.

6. El método según la reivindicación 5, que comprende además:

seleccionar la resina que sea compatible para un rango de calor dado utilizado para curar el material compuesto.

45 7. El método según la reivindicación 5, que comprende además: determinar el porcentaje de nanotubos y resina.

8. El método según la reivindicación 1, que comprende además:

50 formar una parte de base de soporte (204) sobre la segunda capa de aislamiento (300); y
 formar una parte de superficie de formación del útil o herramienta, estando al menos las dos tiras conductoras (306) posicionadas entre la parte de base de soporte (204) y la superficie de formación del útil o herramienta.

9. Un útil o herramienta de curado que comprende:

55 una pluralidad de hojas de material pre-impregnado (312a, 312b) que incluyen fibras de carbono colocadas sobre un mandril (602);
 una superficie de formación (312), formada por la pluralidad de hojas, en la que la pluralidad de hojas son curadas;
 una primera capa de aislamiento (310) formada sobre la pluralidad de hojas curadas;
 60 comprendiendo la primera capa de aislamiento (310) al menos un primer revestimiento de resina (302b) impregnada con nanotubos eléctricamente conductores;
 al menos dos tiras conductoras (306) que son colocadas selectivamente sobre el primer revestimiento de resina (302b) impregnada con nanotubos;
 al menos un segundo revestimiento de resina (302a) impregnada con nanotubos eléctricamente conductores que es aplicado al menos sobre las dos tiras conductoras (306) y
 65 un primer revestimiento de resina (302b) impregnada con nanotubos;

siendo curados al menos el primer y segundo revestimientos de resina (302a, 302b) impregnada con nanotubos; y siendo curada una segunda capa de aislamiento (300) colocada sobre la resina impregnada con nanotubos; una parte de base de soporte (204) formada por capas de hojas (204a, 204b, 204c) de un material pre-impregnado depositado y curado sobre la segunda capa de aislamiento (300);
5 pasos (330) formados al menos en las dos tiras conductoras (306) a través de una parte de la resina impregnada con nanotubos curada;
hilos conductores (340) acoplados al menos a las dos tiras conductoras (306) a través de los pasos (330); en el que la primera capa de aislamiento (310) está posicionada entre la parte de superficie (312) del útil o herramienta de formación y la resina (302a, 302b) impregnada con nanotubos curada; y
10 la segunda capa de aislamiento (300) está posicionada entre la base de soporte y la resina (302a, 302b) impregnada con nanotubos curada.

10. El útil o herramienta de curado según la reivindicación 9, en el que al menos uno de la primera y segunda capas de aislamiento (300, 310) es una hoja de vidrio curado.
15

11. El útil o herramienta de curado según la reivindicación 9, que comprende además:
la parte de base de soporte (204), la primera capa de aislamiento (310) y una parte de la resina impregnada con nanotubos curada tienen pasos alineados (330) al menos a los dos conductores; y
20 un alambre conductor (340) para cada paso alineado (330), pasando cada alambre conductor (340) a través de pasos alineados asociados (330), estando cada alambre conductor (340) acoplado a un conductor asociado.

12. El útil o herramienta de curado según la reivindicación 11, que comprende además:
25 una alimentación de corriente (342) acoplada a la pluralidad de hilos conductores (340); y un controlador (344) configurado para controlar la alimentación de corriente (342).

13. El útil o herramienta de curado según la reivindicación 12, en el que el controlador (344) está configurado para variar la corriente de la alimentación de corriente (342) para ajustar el calor producido por el útil o herramienta de curado.
30

14. El útil o herramienta de curado según la reivindicación 12, en el que la alimentación de corriente suministra (342) una corriente alterna.

15. El útil o herramienta de curado según la reivindicación 9, en el que al menos dos conductores son tiras conductoras posicionadas relativamente paralelas entre sí y separadas a distancias seleccionadas.
35

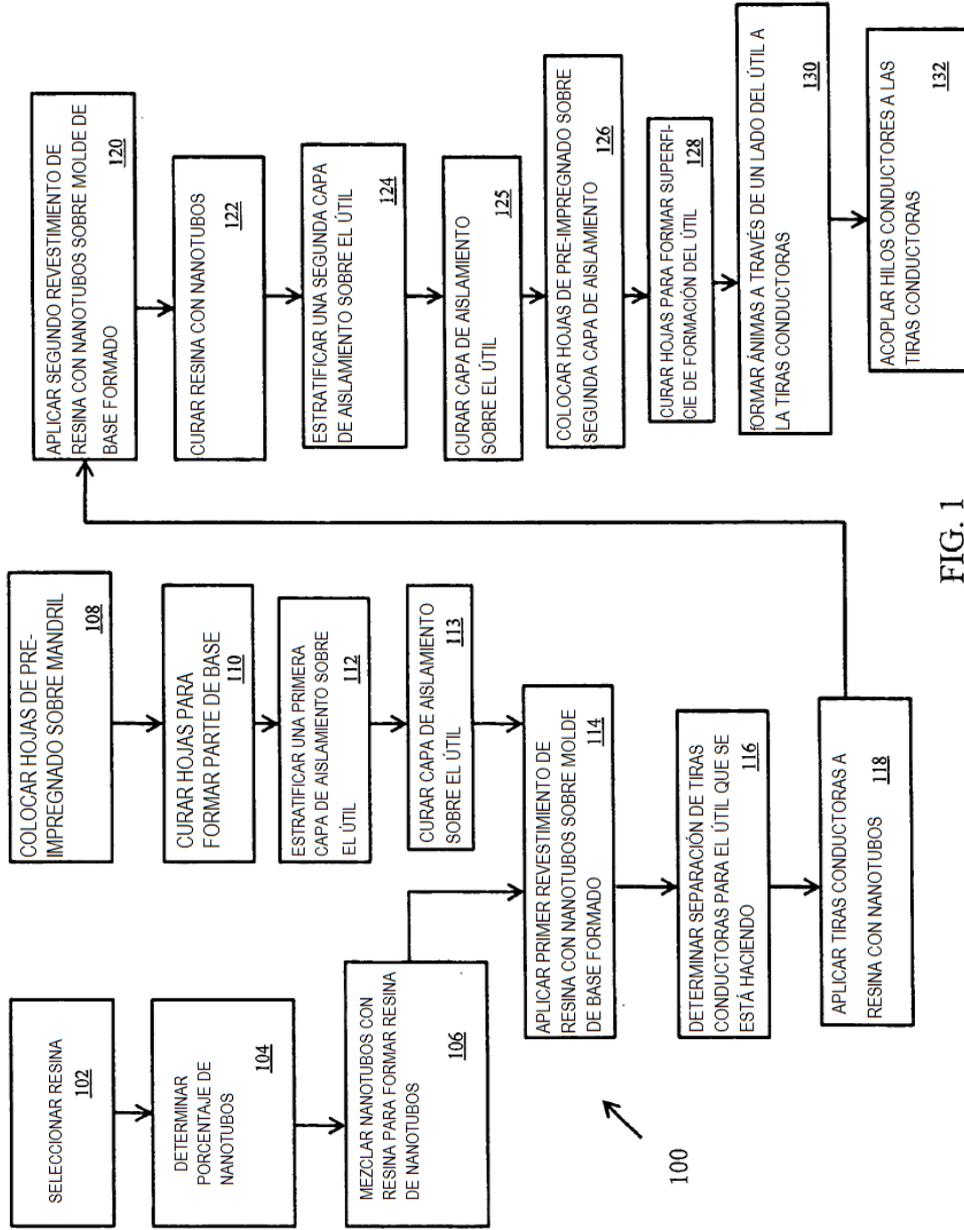


FIG. 1

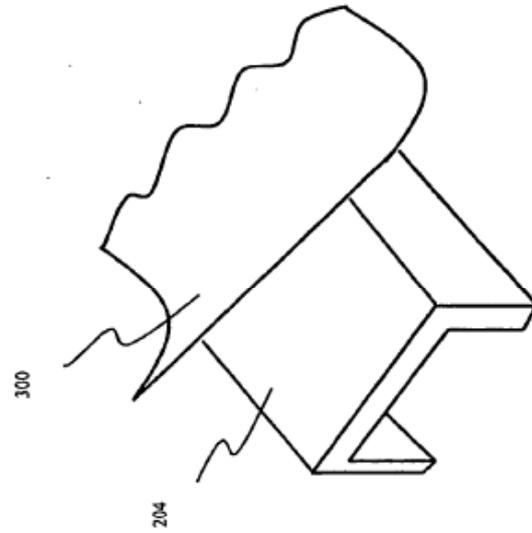


FIG. 3A

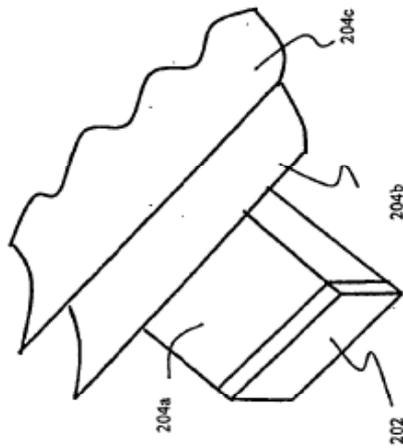


FIG. 2

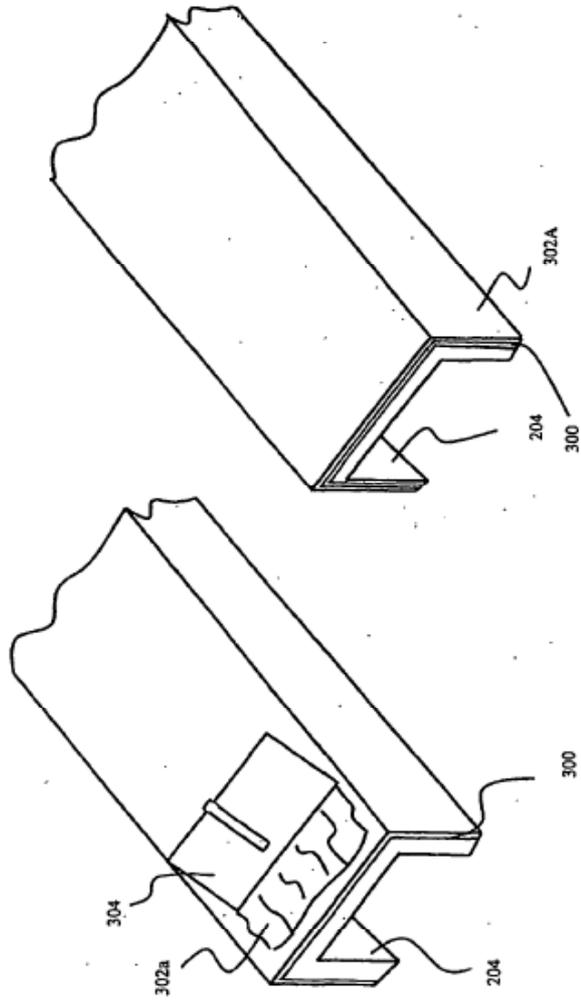


FIG. 3C

FIG. 3B

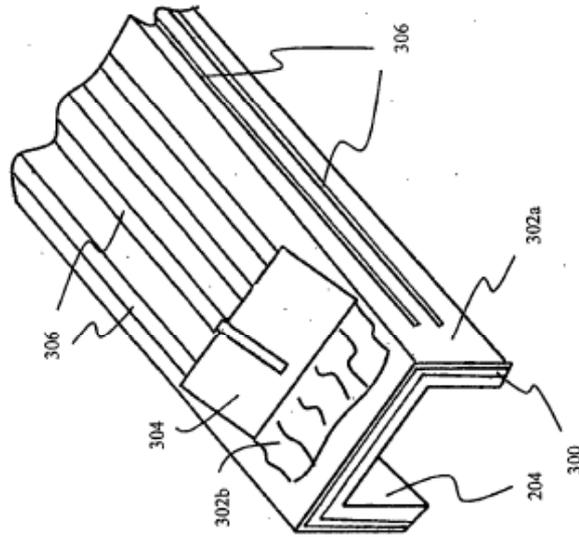


FIG. 3E

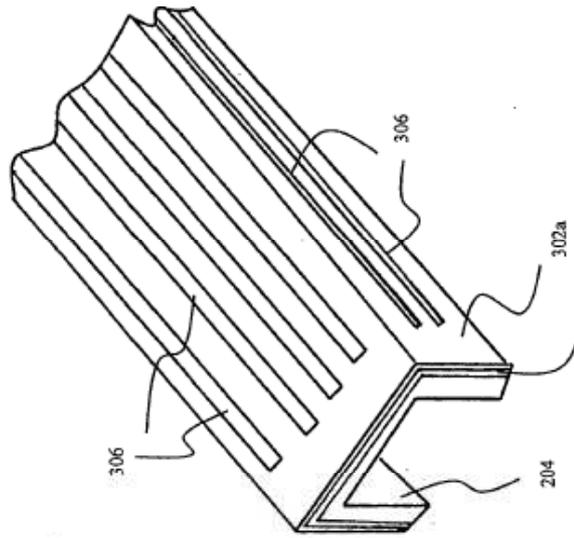
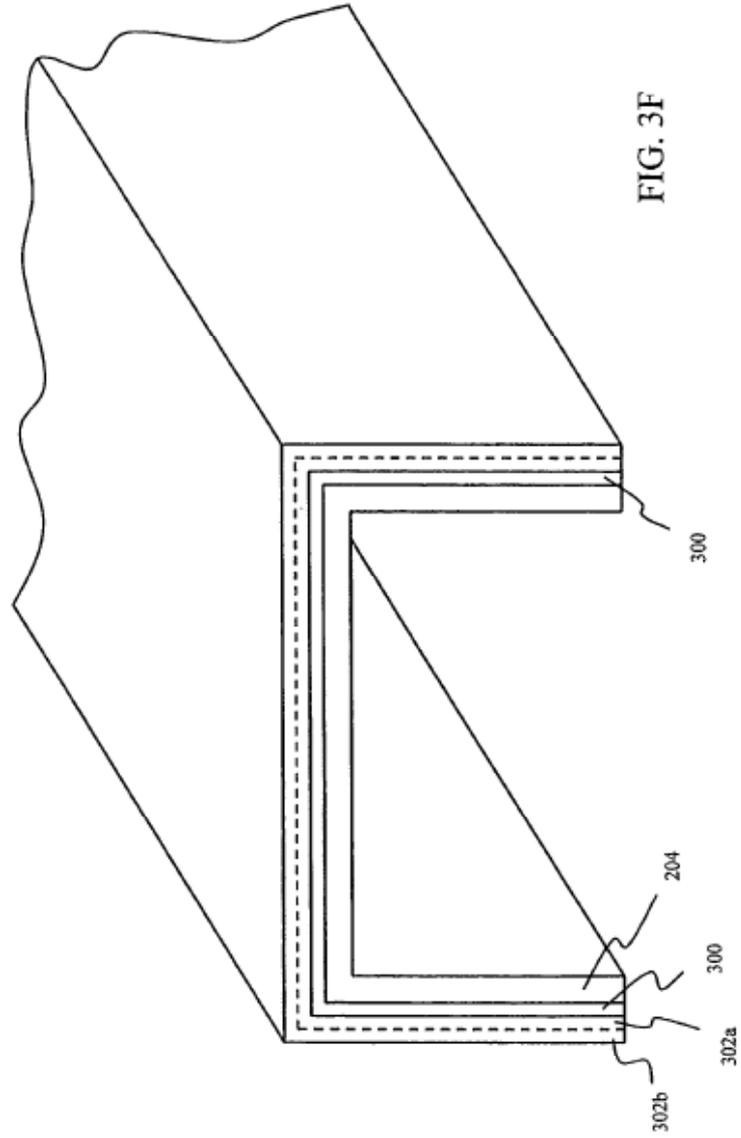
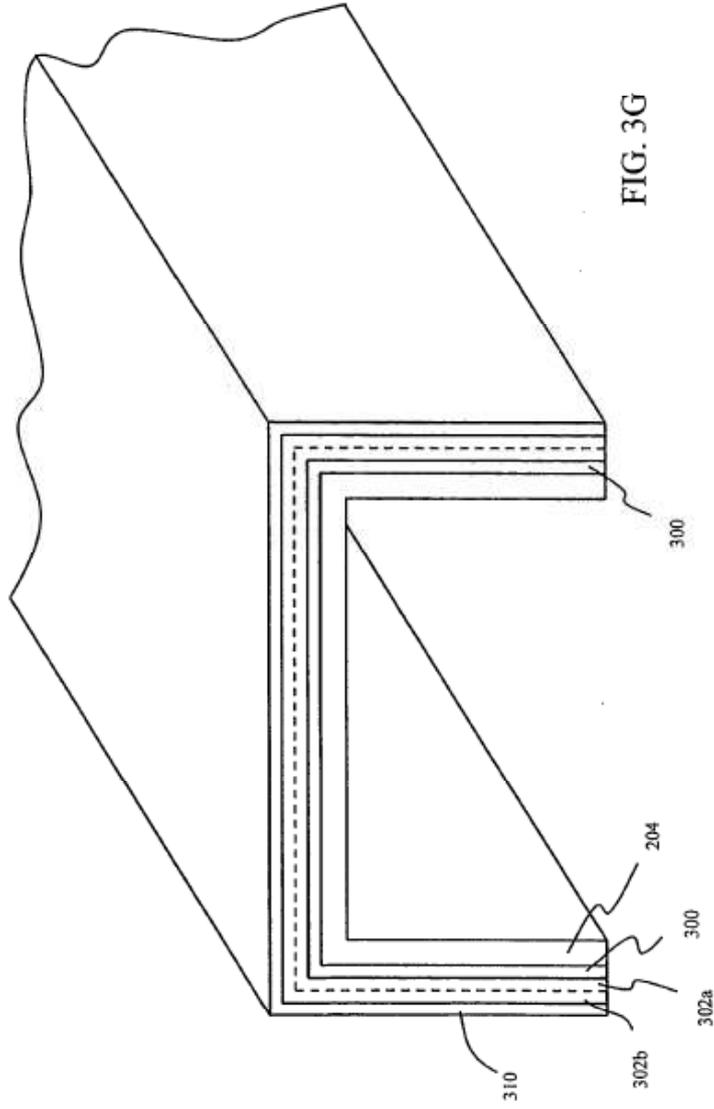
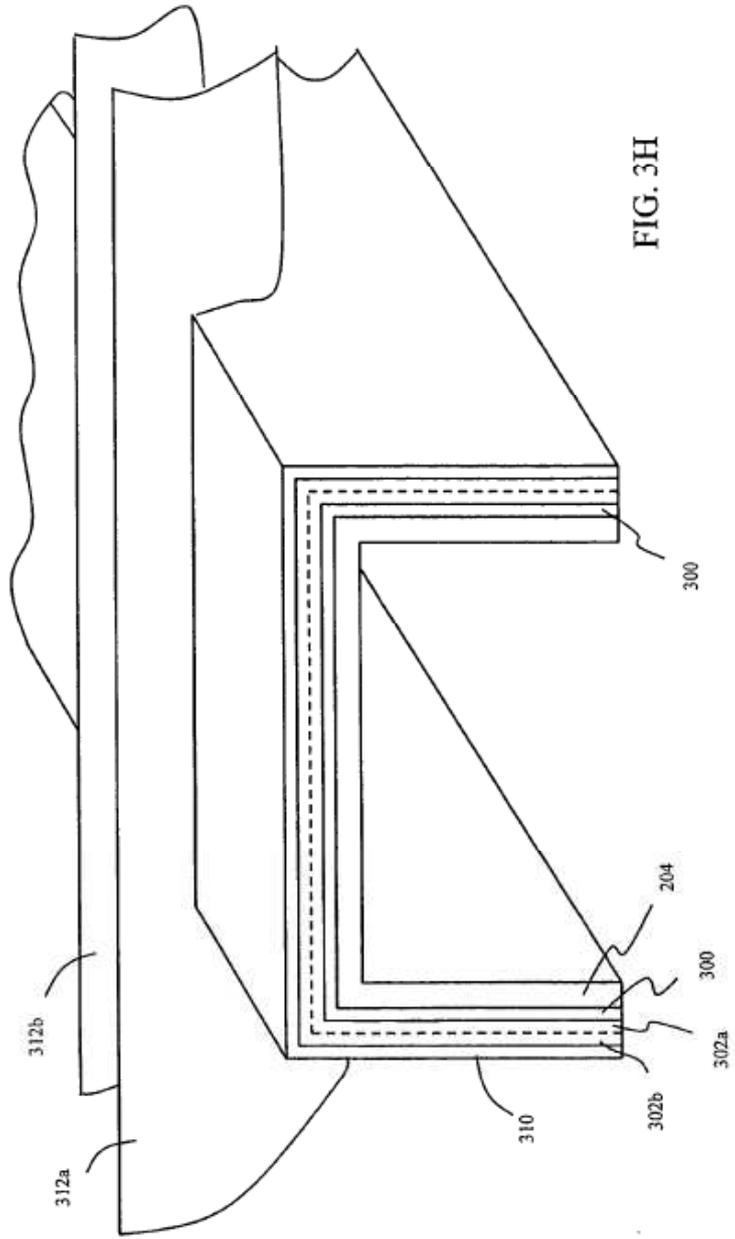
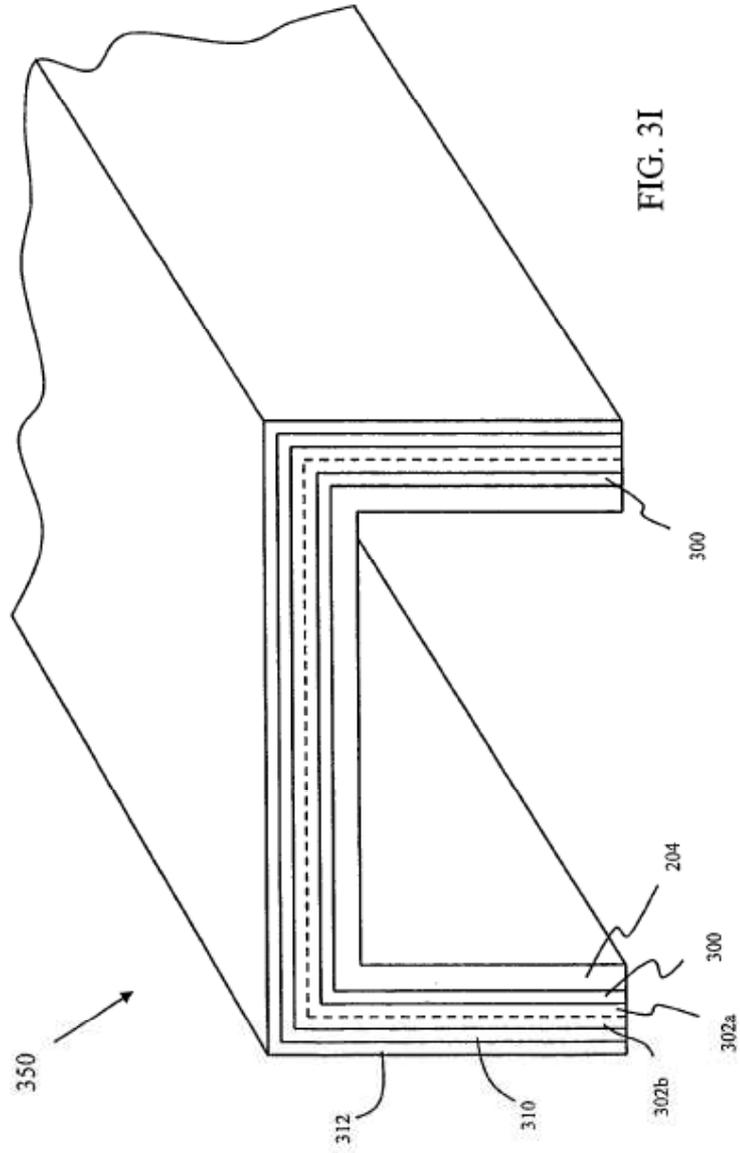


FIG. 3D









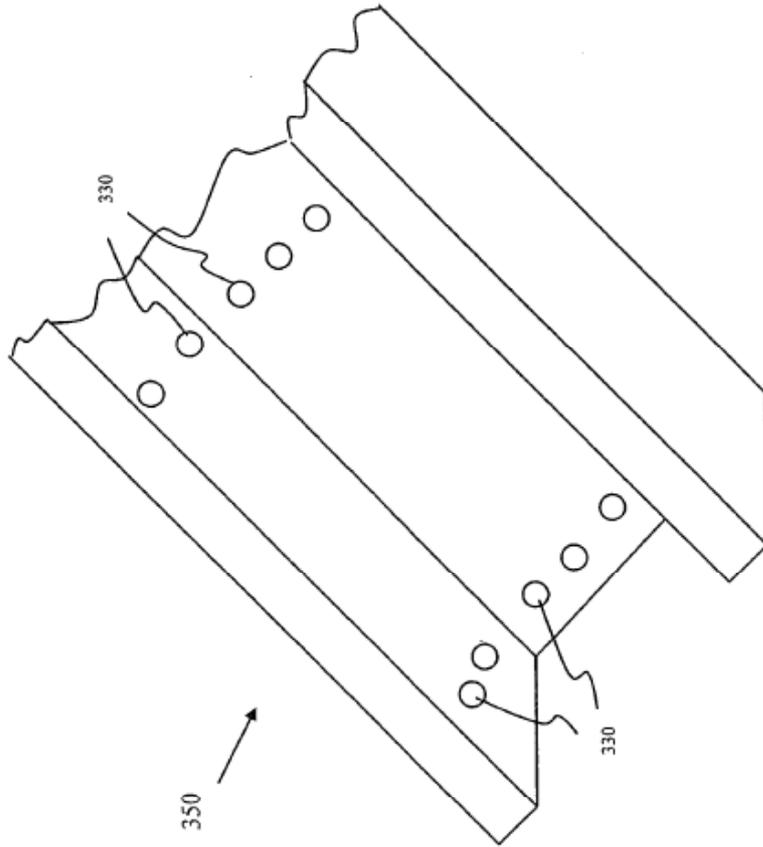


FIG. 3J

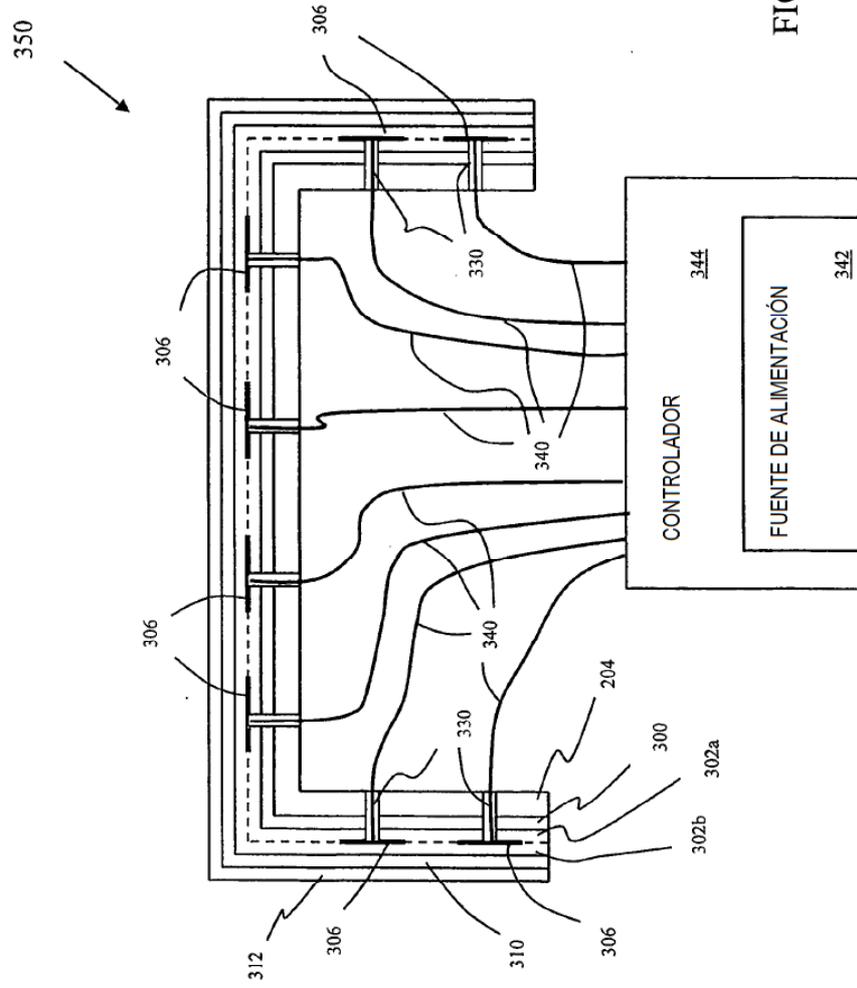


FIG. 3L

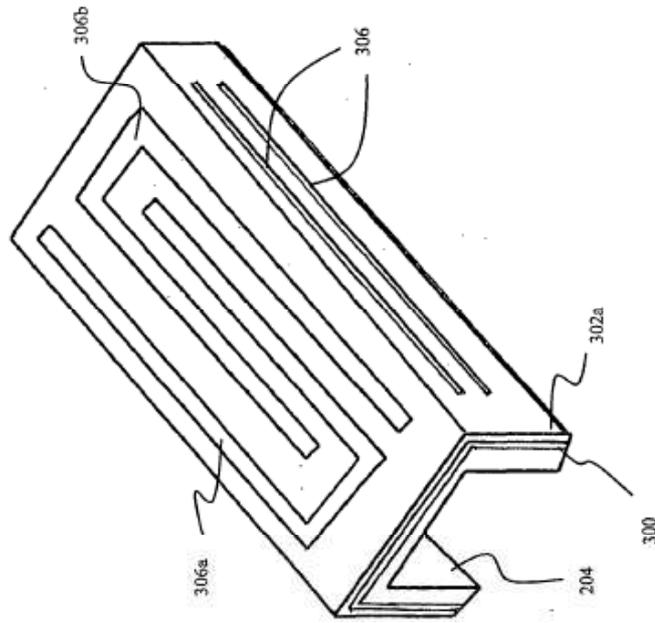


FIG. 3M

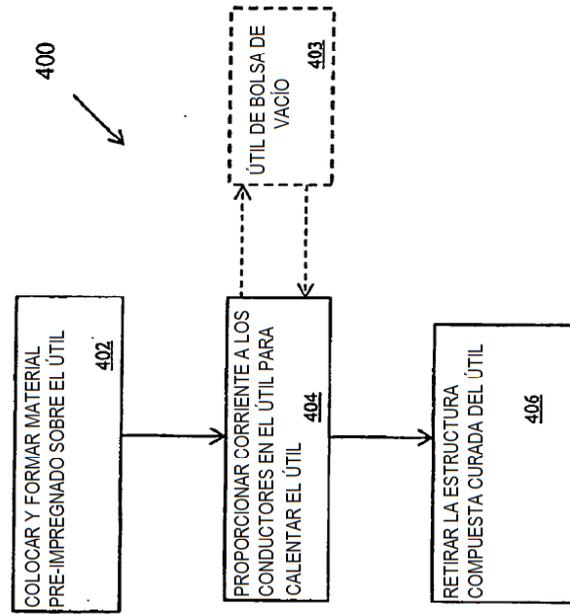


FIG. 4

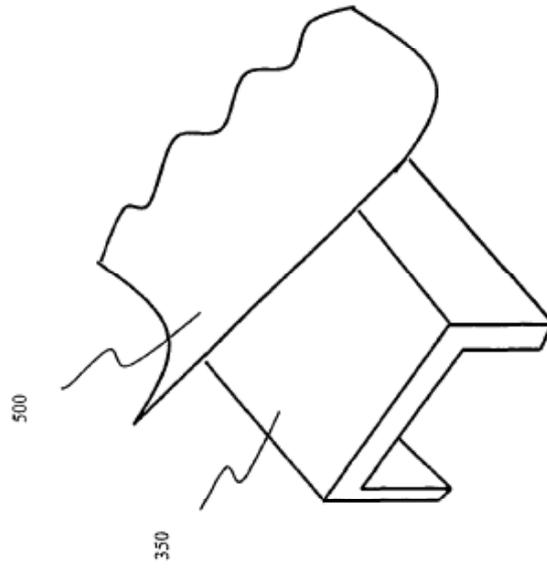


FIG. 5A

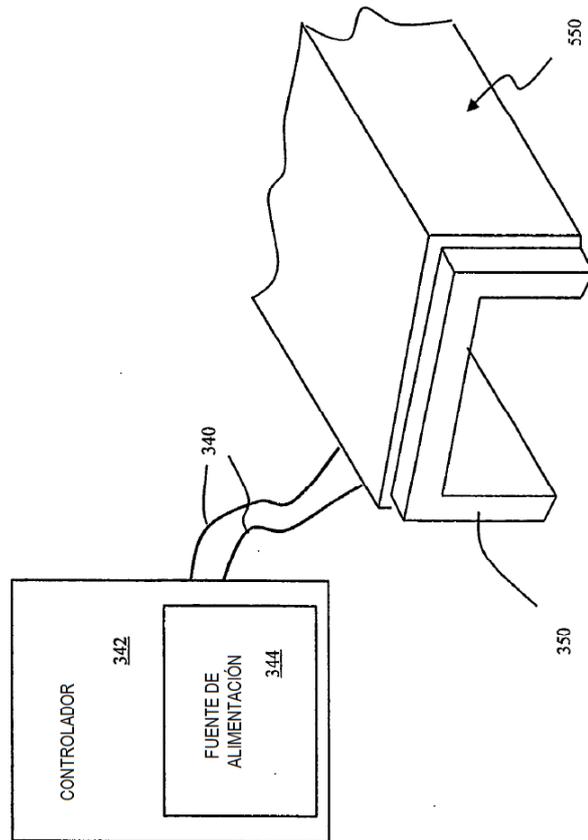


FIG. 5B

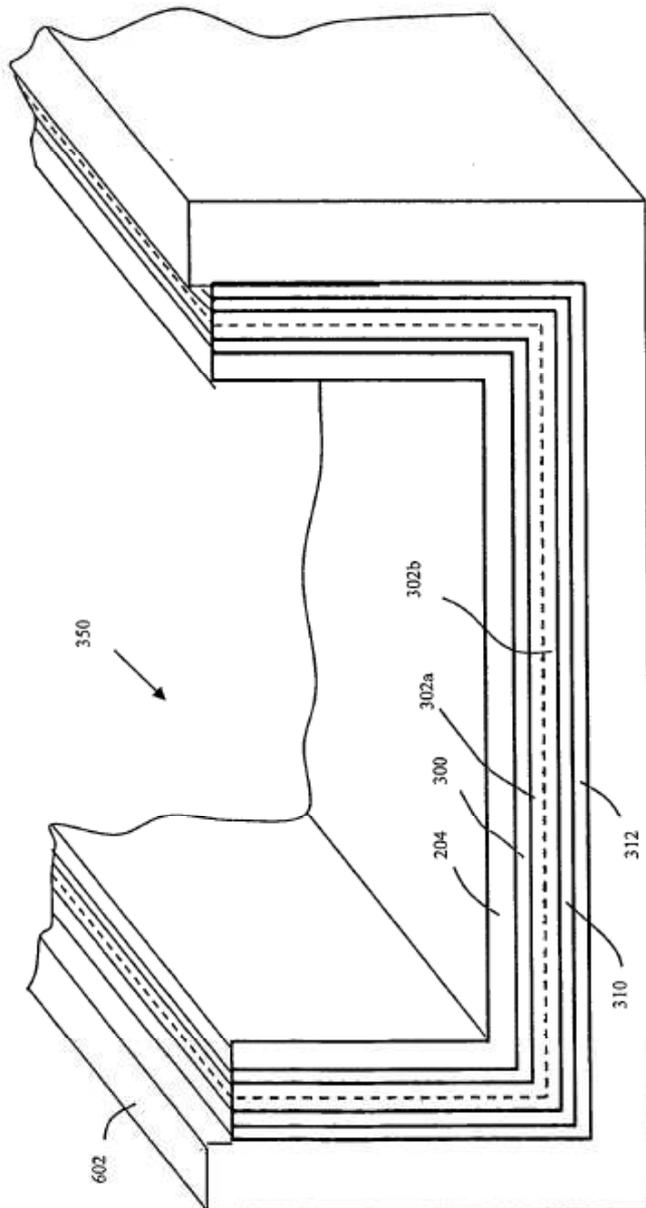


FIG. 6

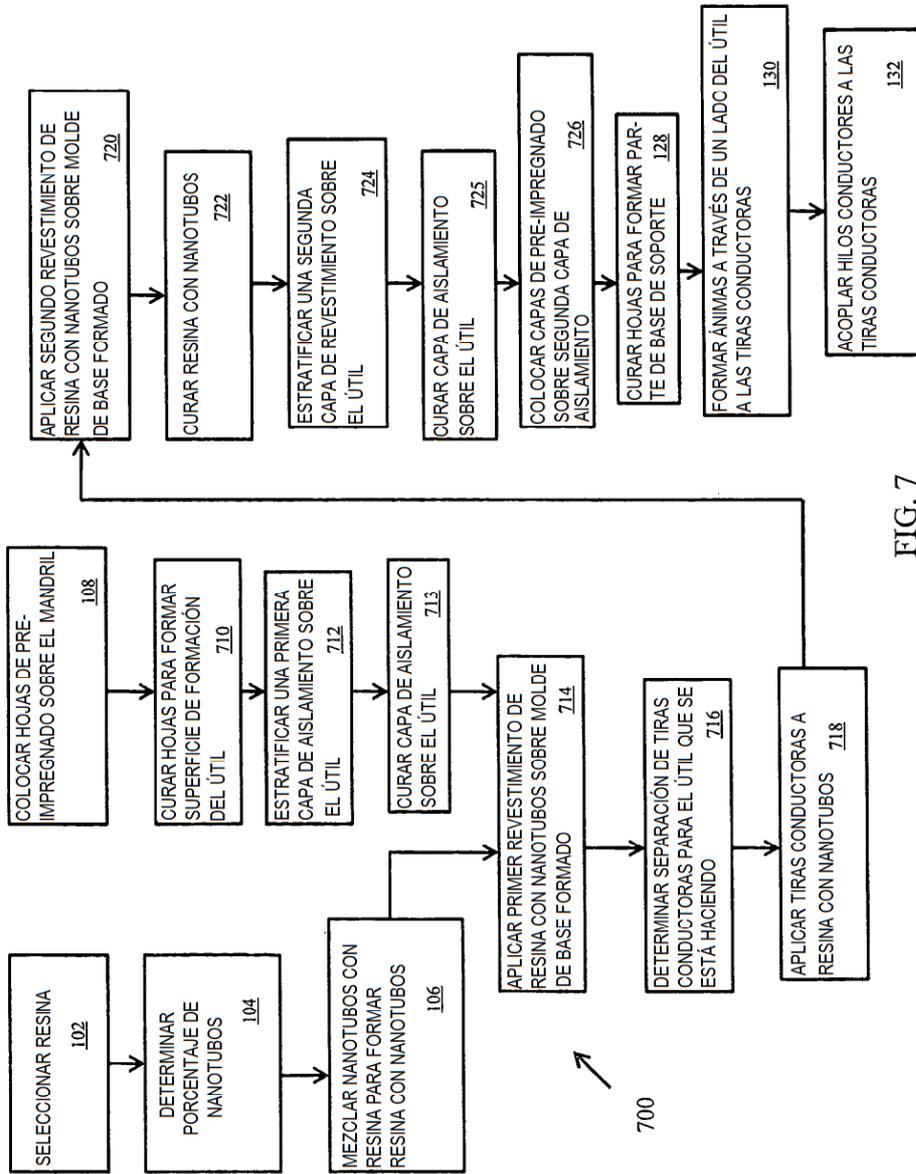


FIG. 7