

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 672 333**

51 Int. Cl.:

C08J 5/24

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.12.2013 PCT/US2013/076819**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.06.2014 WO14100543**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.12.2013 E 13819147 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.03.2018 EP 2900739**

54 Título: **Compuestos curables previamente impregnados con aberturas superficiales**

30 Prioridad:

21.12.2012 US 201261740560 P

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

13.06.2018

73 Titular/es:

**CYTEC ENGINEERED MATERIALS INC. (100.0%)
2085 East Technology Circle Suite 300
Tempe, AZ 85284, US**

72 Inventor/es:

**ROMAN, MARK;
HOWARD, STEPHEN J.;
BOYD, JACK D. y
LUCAS, SCOTT**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 672 333 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

Compuestos curables previamente impregnados con aberturas superficiales

5 Antecedentes

Los compuestos poliméricos reforzados con fibra son materiales estructurales de alto rendimiento que están compuestos por una matriz de resina y fibras de refuerzo. Estos compuestos poliméricos reforzados con fibras se han utilizado para fabricar piezas estructurales que requieren alta resistencia y/o bajo peso y resistencia a ambientes agresivos. Los ejemplos de tales porciones estructurales incluyen componentes de avión (por ejemplo, colas, alas, fuselajes, hélices). Las fibras refuerzan la resina de la matriz, sosteniendo la mayor porción de la carga soportada por el material compuesto, mientras que la matriz de resina soporta una porción menor de la carga soportada por el compuesto y también transfiere la carga de fibras rotas a las fibras intactas. De esta manera, estos compuestos poliméricos pueden soportar cargas mayores que las que pueden soportar solas la resina o las fibras. Además, al colocar las fibras de refuerzo en una geometría u orientación particular, el compuesto puede diseñarse eficientemente para minimizar el peso y el volumen.

Los materiales compuestos poliméricos reforzados con fibras se fabrican tradicionalmente a partir de láminas de fibras impregnadas con resina, también conocidas como previamente impregnadas o prepreg. Para formar una porción compuesta a partir de las prepreg, se puede disponer una pluralidad de capas de prepreg dentro de un molde, y se puede aplicar calor para hacer que la resina de la matriz fluya, permitiendo la consolidación de las capas de prepreg. El calor aplicado puede curar o polimerizar adicionalmente el componente de la matriz.

El documento EP 1 046 666 A1 por ejemplo divulga una prepreg resistente al aplastamiento del núcleo que comprende una tela tejida impregnada con una composición de resina polimérica endurecible y enseña que la resina debe aplicarse a la tela de modo que la tela esté sustancialmente impregnada (véase el párrafo [0040], primera oración). Sin embargo, la consolidación de prepreg para formar compuestos de esta manera presenta problemas. Los gases tales como el aire y otros compuestos volátiles pueden quedar atrapados dentro del prepreg individual y entre las capas de prepreg durante el apilado. Además, también pueden escapar los volátiles durante el calentamiento y/o el curado de los productos prepreg. Estos gases son difíciles de eliminar del apilado, ya que la matriz inhibe sustancialmente el movimiento de los gases y puede dar como resultado la porosidad dentro del compuesto curado final. La porosidad se refiere a los espacios dentro del material compuesto curado. Esta porosidad podría afectar negativamente aún más las propiedades mecánicas del compuesto curado final.

Se han desarrollado técnicas para mejorar la eliminación de gases atrapados durante la fabricación del compuesto, sin embargo, persisten los problemas. Por ejemplo, se pueden emplear respiraderos en los bordes para aplicar vacío al borde de los prepreg con el fin de extraer gases de los lados de las capas de prepreg. Sin embargo, la eliminación de los gases atrapados de los prepreg de esta manera es lenta y puede que no elimine sustancialmente todos los gases atrapados.

La fabricación de piezas compuestas a partir de estos prepreg requiere de reducción del volumen y un cierto ciclo de curado para fabricar la pieza y desarrollar las propiedades estructurales necesarias para el uso final en cualquier estructura. Potencialmente y dependiendo del método de fabricación, los ciclos de reducción del volumen antes del curado pueden consumir mucho tiempo, lo que agrega un costo adicional. Sería deseable contar con una metodología que pueda ayudar a reducir la cantidad de tiempo para reducción del volumen antes del curado, cuando corresponda.

Resumen

En este documento, se divulgan prepreg curables que poseen una capacidad mejorada para la eliminación de gases dentro de los prepreg y entre las capas de prepreg en un apilado de prepreg antes y/o durante la consolidación y el curado. Cada prepreg curable es una tela tejida impregnada de resina que ha sido tratada para crear una serie de aberturas en al menos una superficie principal. La ubicación de las aberturas es específica del patrón del tejido de la tela. Además, cuando estos prepreg se acumulan y se someten a un proceso de reducción de volumen para formar una pieza compuesta, se puede lograr un tiempo de reducción del volumen más corto en comparación con el uso de prepreg sin las mismas aberturas superficiales.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 ilustra esquemáticamente una porción de tela tejida en la que el haz de fibras en una dirección del tejido pasa por encima y luego por debajo del haz de filamentos en la dirección transversal.

La Figura 2 muestra esquemáticamente un tejido parcialmente impregnado de acuerdo con una realización de la presente divulgación.

65

- La Figura 3 muestra esquemáticamente las aberturas creadas en una superficie de un prepreg de acuerdo con una realización de la presente divulgación.
- 5 La Figura 4 muestra esquemáticamente las aberturas creadas en superficies opuestas de un prepreg de acuerdo con una realización de la presente divulgación.
- La Figura 5 muestra esquemáticamente un prepreg parcialmente impregnado de acuerdo con una realización.
- 10 La Figura 6 muestra el prepreg de la Figura 5 después del tratamiento térmico.
- La Figura 7 muestra esquemáticamente una porción de una tela de tejido satinado.
- 15 La Figura 8 muestra esquemáticamente una superficie de resina con aberturas superficiales formadas sobre la tela de tejido satinado de la Figura 7.
- La Figura 9 muestra esquemáticamente un prepreg parcialmente impregnado que ha sido sometido a tratamiento térmico para crear aberturas superficiales de acuerdo con otra realización.
- 20 La Figura 10 muestra esquemáticamente una porción de un tejido plano.
- La Figura 11 muestra esquemáticamente una superficie de resina con aberturas superficiales formadas sobre el tejido plano.
- 25 La Figura 12 ilustra un sistema de preimpregnación a modo de ejemplo que es capaz de fabricar una tela prepreg.
- La Figura 13 muestra esquemáticamente una configuración para ensamblar una estructura tipo sándwich de núcleo de panal de acuerdo con un ejemplo.
- 30 La Figura 14 muestra esquemáticamente la estructura tipo sándwich de núcleo de panal producida a partir del montaje mostrado en la Figura 13.
- 35 Las Figuras 15-17 son micrografías que muestran una imagen desde arriba de una superficie de prepreg tratada térmicamente a 1 minuto, 4 minutos y 7,5 minutos, respectivamente, en donde se produjo el prepreg usando un tejido de tejido satinado de acuerdo con un ejemplo.
- La Figura 18 es una micrografía que muestra la imagen desde arriba de una superficie de prepreg tratada térmicamente, en la que el prepreg se produjo usando un tejido plano de acuerdo con otro ejemplo.
- 40 La Figura 19 es una micrografía que muestra la imagen desde arriba de una superficie prepreg curada con burbujas de aire formadas debajo de la superficie.
- La Figura 20 muestra la vista en sección transversal de un panel compuesto curado que consta de material prepreg no tratado.
- 45 La Figura 21 muestra la vista en sección transversal de un panel compuesto curado que consta de material prepreg tratado térmicamente.
- 50 La Figura 22 muestra el efecto de un proceso de reducción estándar del volumen y la porosidad resultante en materiales compuestos fabricados a partir de material prepreg 5320-1/8HS sin tratar aplicando vacío durante 16 horas antes del curado.
- 55 La Figura 23 muestra el efecto de un proceso mejorado de reducción del volumen y la porosidad resultante en materiales compuestos fabricados a partir de material prepreg 5320-1/8HS tratado térmicamente aplicando vacío durante 16 horas antes del curado.
- La Figura 24 muestra el efecto de un proceso estándar y la porosidad resultante en materiales compuestos fabricados a partir de material prepreg 5320-1/8HS sin tratar aplicando vacío durante 0,5 horas antes del curado.
- 60 La Figura 25 muestra el efecto del proceso mejorado y la porosidad resultante en materiales compuestos fabricados a partir de material prepreg 5320-1/8HS tratado térmicamente aplicando vacío durante 0,5 horas antes del curado.
- La Figura 26 muestra el efecto de un proceso estándar y la porosidad resultante en materiales compuestos fabricados a partir de material prepreg 5320-1/PW sin tratar aplicando vacío durante 16 horas antes del curado.
- 65 La Figura 27 muestra el efecto de un proceso mejorado y la porosidad resultante en los materiales compuestos fabricados de material prepreg 5320-1/PW tratado térmicamente aplicando vacío durante 16 horas antes del curado.

La Figura 28 muestra el efecto de un proceso estándar y la porosidad resultante en materiales compuestos fabricados a partir de material prepreg 5320-1/PW no tratado procesado aplicando vacío durante 0,5 horas antes del curado.

- 5 La Figura 29 muestra el efecto de un proceso mejorado y la porosidad resultante en materiales compuestos fabricados a partir de material prepreg 5320-1/PW tratado térmicamente, procesado aplicando vacío durante 0,5 horas antes del curado.

Descripción detallada

10 El prepreg curable divulgado en la presente invención está compuesto de una tela tejida impregnada de resina. La tela tejida tiene dos caras opuestas y un patrón de tejido en el que uno o más haces de filamentos en una primera dirección del tejido flotan sobre uno o más haces de filamentos en una segunda dirección del tejido, luego pasan bajo uno o más haces de filamentos en la segunda dirección del tejido, el sitio de cruce por encima/debajo en una cara de la tela cuando un primer haz de filamentos en la primera dirección del tejido cruza sobre un segundo haz de filamentos en la segunda dirección del tejido y luego pasa debajo de un tercer haz de filamentos adyacente en la segunda dirección del tejido, o cuando el primer haz de filamentos pasa bajo un segundo haz de filamentos en la segunda dirección del tejido y luego cruza un tercer haz de filamentos adyacente en la segunda dirección del tejido. El sitio de cruce por encima/debajo en este contexto se refiere a la porción del primer haz de filamentos que está subiendo o bajando entre el segundo y tercer haces de filamentos adyacentes.

25 La tela tejida para producir el prepreg está hecha de haces de filamentos de fibra. Los haces de filamentos están entrelazados en un patrón de tejido en el que uno o más haces de filamentos en una primera dirección de tejido flotan sobre uno o más haces de filamentos en una segunda dirección de tejido, luego pasan bajo uno o más haces de filamentos en la misma segunda dirección del tejido. Debido a la configuración del tejido, las dos caras principales de la tela contienen bolsillos en el interior, por lo tanto, no son lisas ni planas.

30 La Figura 1 ilustra esquemáticamente que, debido a la configuración del tejido de la tela tejida, existen bolsillos P creados en la superficie del tejido cada vez que haya una porción de haz de filamentos que cruza sobre o pasa por debajo de otro haz de filamentos transversal, es decir, el sitio de cruce por encima/debajo. Todavía en referencia a la Figura 1, yendo de izquierda a derecha, cuando un haz 11 de filamentos en la primera dirección del tejido cruza sobre otra haz 12 de filamentos en una segunda dirección transversal del tejido pasa luego debajo de un haz 13 de filamentos adyacente en la misma segunda dirección transversal del tejido, se crea una porción "hacia abajo" del haz de filamentos T_1 , y cuando el haz 11 de filamentos pasa bajo el haz 13 de filamentos, entonces se crea sobre un haz 14 de filamentos adyacente en la segunda dirección transversal del tejido, una porción T_2 de haz de filamentos "hacia arriba". Estas porciones de haz de filamentos "hacia arriba" y "hacia abajo" dan como resultado los bolsillos P. En otras palabras, si la tela está sobre una superficie plana horizontal, el bolsillo P se crea siempre que haya un cambio en la elevación del haz de filamentos en relación con la superficie plana. Debe entenderse que la Figura 1 muestra solo un ejemplo de un tejido de tela, y que los tejidos de tela más complejos como el tejido triaxial se contemplan aquí.

45 El prepreg curable tiene además una película de resina curable y de fusión en caliente que cubre cada cara del tejido y penetra parcialmente a través del espesor del tejido, dejando una sección central del tejido, en la dirección del espesor, sustancialmente libre de la película de resina. Se forma una serie de aberturas en una o ambas películas de resina, en donde cada abertura expone el bolsillo (P en la Figura 1) formado en el sitio de cruce por encima/debajo en el patrón de tejido de la tela, de acuerdo con una realización. En algunas realizaciones, la película de resina es continua en todas partes excepto en donde están ubicadas las aberturas. De acuerdo con otra realización, la serie de aberturas en la resina está alineada con los intersticios en el tejido de la tela. Esta realización se refiere a ciertas telas tejidas tales como telas tejidas planas.

50 Las aberturas están configuradas para permitir que los gases, tales como el aire, fluyan desde la sección central del tejido hasta al menos una superficie exterior del prepreg, o desde al menos una superficie exterior del prepreg hasta la sección central, o desde una superficie exterior del prepreg hasta una superficie opuesta, o una combinación de los mismos. Las aberturas también permiten la transferencia de gases, así como el establecimiento de vacío que proporciona la fuerza motriz para que la resina impregne las áreas ricas en vacío.

55 Las aberturas divulgadas en este documento son específicas para el tejido de tela, a diferencia de los prepreg con aberturas superficiales formadas por técnicas mecánicas convencionales, que se usan para formar un patrón global de orificios o un patrón aleatorio de orificios.

60 Para los fines del presente documento, el término "curable" significa que no está completamente curado, e incluye condiciones no curadas.

65 Cada haz de filamentos es un haz de filamentos de fibra. El número de filamentos en cada haz puede estar en múltiplos de 1.000, por ejemplo, 1.000-75.000. Los haces de filamentos que tienen menos de 15.000 filamentos por

haz se contemplan para los fines previstos divulgados en este documento. El término "filamento" se refiere a una estructura continua relativamente flexible que tiene una alta relación de longitud con respecto al ancho.

5 Los materiales de fibra para los haces de filamentos de fibra incluyen, pero no se limitan a, vidrio (incluido el eléctrico o vidrio E), carbono (incluido grafito), aramida (por ejemplo, Kevlar), polietileno de alto módulo (PE), boro, cuarzo, basalto, cerámica, poliéster, poli-p-fenilen-benzobisoxazol (PBO) y combinaciones de los mismos. Para producir materiales compuestos de alto rendimiento, por ejemplo, materiales para aplicaciones aeroespaciales, son deseables fibras que tengan una resistencia a la tracción superior a 3.500 MPa.

10 La configuración del tejido de la tela no está limitada y puede incluir tejido plano, tejido satinado, tejido de sarga y similares. En un rollo de tela, los haces de filamentos longitudinales están en la dirección de la urdimbre y los haces de filamentos laterales están en la dirección de la trama. En el tejido plano, los hilos de urdimbre y trama forman un simple patrón entrecruzado. Cada haz de filamentos de trama cruza el haz de filamentos de urdimbre al pasar por encima de uno, luego por debajo del siguiente, y así sucesivamente. El tejido satinado se caracteriza por dos o más haces de filamentos de trama que pasan sobre un único haz de filamentos de urdimbre, o viceversa, dos o más haces de filamentos de trama que flotan sobre un solo haz de filamentos de trama. El tejido de sarga se caracteriza por pasar el haz de filamentos de trama sobre uno o más haces de filamentos de urdimbre y luego debajo de uno o más haces de filamentos de urdimbre, y así sucesivamente, con un desplazamiento entre filas para crear el patrón diagonal característico.

20 La Figura 2 ilustra esquemáticamente un tejido parcialmente impregnado (es decir, una capa prepreg o tejido prepreg) de acuerdo con una realización de la presente divulgación. Una tela con haces 20 de filamentos de fibra está cubierta en ambas caras principales con una película 21 superior de resina y una película 22 inferior de resina. Cada película de resina penetra parcialmente a través del espesor (T_f) de la tela, dejando una sección media de la tela sustancialmente libre de la resina. Después de la impregnación parcial, se forma una pluralidad de bolsillos 23 de aire encerrados entre las películas de resina y la tela como se ilustra en la Figura 2. Los bolsillos de aire encerrados coinciden con los bolsillos formados en los sitios de cruce por encima/debajo en el tejido de la tela.

30 La relación en peso de tejido con respecto a la resina de la matriz en el material prepreg poroso curable se puede variar, según lo dicte la aplicación. En una realización, la fracción en peso del tejido puede oscilar entre 20% en peso y 80% en peso, con base en el peso total del prepreg. En otra realización, la fracción en peso del tejido en un material prepreg poroso es inferior al 20% en peso, cuando el material prepreg poroso se usa como una película de superficie sobre un sustrato compuesto o un apilado de material prepreg. La fracción del prepreg ocupada por la resina de la matriz también se puede variar según se desee. En ciertas realizaciones, la resina de la matriz puede ocupar entre aproximadamente el 20% en peso y el 80% en peso del prepreg con base en el peso total del prepreg.

Método de preimpregnación

40 De acuerdo con la invención, el método para fabricar el material prepreg curable divulgado anteriormente incluye impregnar parcialmente una tela tejida con una resina de la matriz curable seguido de un tratamiento térmico para crear un conjunto de aberturas superficiales. El método para impregnar parcialmente la tela tejida con una resina de la matriz no está limitado, pero se prefiere un método de impregnación previo de "fusión en caliente". En general, este método de impregnación previo se caracteriza por impregnar una capa de tela con una composición de resina de fusión en caliente, en forma fundida, para producir una prepreg parcialmente impregnada. La impregnación se puede hacer intercalando una capa de tela entre dos películas de resina y presionando el laminado obtenido mediante placas calientes, rodillos calentados, o mediante un método en el que el laminado se presiona entre las bandas de metal calientes. Alternativamente, la tela se lamina con una película de resina en un solo lado, dejando el otro lado sustancialmente libre de resina.

50 De acuerdo con la invención, se aplica una composición de resina curable de fusión en caliente en forma de una película delgada de resina sobre un papel de desprendimiento, y la película de resina resultante liberada a partir de la misma se lamina y forma una capa de tela. Se aplica calor para reducir la viscosidad de la película de resina de modo que se encuentre en estado fundido y pueda penetrar la tela hasta un nivel deseado, es decir, solo parcialmente a través de la tela con el fin de dejar una porción central seca. Debe entenderse que la temperatura elevada aplicada durante la impregnación es menor que la temperatura de curado inicial de la resina de fusión en caliente. También se aplica suficiente presión durante la laminación de manera que la película de resina penetra parcialmente a través del espesor de la capa de tela, lo que da como resultado que la capa de tela se impregne parcialmente con la composición de resina en la dirección del espesor. La resina de la matriz permanece sin curar inmediatamente después de la impregnación. Para algunas realizaciones, la película de resina aplicada en cada cara de la tela puede tener un peso de película de 10-200 gsm (g/cm^2), y la tela puede tener un peso superficial de la tela (FAW) de 100-600 gsm. Después de la impregnación parcial, una película continua de resina cubre una o ambas caras principales de la tela y penetra parcialmente a través del espesor de la tela, dejando la sección central de la tela sustancialmente libre de la resina.

65

Durante el tratamiento térmico, se deja un papel desprendible o soporte sobre la superficie expuesta de la película de resina de prepreg y se aplica calor hasta que la película de resina se vuelve fluida. En ciertas realizaciones, la viscosidad de la resina durante el tratamiento térmico es inferior a 500 Poise a 90°C. El calentamiento se lleva a cabo hasta que las porciones de película de resina sobre los bolsillos de aire se rompen, creando aberturas en la película de resina que corresponden a las ubicaciones de los bolsillos de aire. La película de resina se rompe por deshumedecimiento de la superficie de la película desprendible con la resina moviéndose lateralmente hacia áreas adyacentes al bolsillo. En algunos casos, la película de resina se rompe en los bordes de la burbuja de aire y se mueve lateralmente hacia adentro, dejando una pequeña gota de resina que se elimina cuando el papel desprendible se despega del prepreg. Las aberturas pueden crearse en una superficie del prepreg como se ilustra en la Figura 3 (aberturas 30), o en ambas superficies opuestas del prepreg como se ilustra en la Figura 4 (aberturas 40). Como resultado del tratamiento térmico, las aberturas crean pasajes de fluido para transportar aire u otros gases desde la superficie o superficies externas del prepreg hasta la sección central de la tela.

El tratamiento térmico para crear aberturas en el prepreg se puede llevar a cabo como un postratamiento después de que la tela ha sido parcialmente impregnada con las películas de resina mediante un proceso de preimpregnación estándar. Alternativamente, el tratamiento térmico puede realizarse *in situ* durante el proceso de preimpregnación. Debe entenderse que la temperatura elevada aplicada durante el tratamiento térmico es menor que la temperatura de curado inicial de la resina de la matriz, y se usa para iniciar el flujo de resina con el fin de abrir los bolsillos de aire encerrados. Este flujo de resina puede conducir a un factor de volumen menor. El factor de volumen se define como la relación entre el espesor de los materiales prepreg sin curar y su espesor cuando están completamente curados.

En una realización, una tela de tejido satinado impregnada con resina se somete a un postratamiento para crear una serie de aberturas. Con referencia a la Figura 5, una tela de tejido 50 satinado está intercalada entre una película 51 de resina superior y una película 52 de resina inferior. La película 51 de resina superior está formada sobre un papel 53 desprendible y la película 52 de resina inferior está formada sobre un papel 54 desprendible (o de respaldo). El papel desprendible puede estar recubierto con una película de silicona. El laminado resultante se somete a prensado en caliente para formar un prepreg parcialmente impregnado, por ejemplo, en una máquina de preimpregnación.

Después de la impregnación de la resina, se crean bolsillos 55 de aire debajo de la película de resina. A continuación, haciendo referencia a la Figura 6, el papel 54 desprendible que está unido a la película 52 de resina inferior se reemplaza con una película 56 de poliéster. La película de poliéster se coloca a un lado después de la remoción de uno de los papeles desprendibles para facilitar el enrollado del prepreg final. Todavía haciendo referencia a la Figura 6, el prepreg parcialmente impregnado con el papel desprendible y la película de poliéster sobre el mismo se calienta luego en un ciclo de calentamiento por lo que las porciones de resina de la película 52 de resina superior que se encuentran sobre los bolsillos de aire se rompen y se mueven/fluyen fuera de los bolsillos de aire. Como resultado, se crean aberturas 57 en la película 51 de resina. El tratamiento térmico se puede llevar a cabo exponiendo el prepreg a una fuente de calor, que se ajusta a una temperatura predeterminada, durante un período de tiempo seleccionado. El prepreg puede estar estacionario durante la exposición al calor, o puede moverse a través de una zona de calentamiento a través de un proceso continuo. Alternativamente, se pueden emplear otras fuentes de calentamiento tales como una placa caliente, un láser, un tambor calentado, ultrasonido, un chorro de aire caliente, etc.). La temperatura y el período de tiempo del tratamiento térmico pueden variar dependiendo de la viscosidad mínima de la resina para permitir el flujo y el tiempo suficiente para que se produzca el flujo. Las películas de resina más delgadas fluyen más rápido, por lo tanto, los pesos de película más altos requieren más tiempo. Como ejemplo, el postratamiento puede aplicarse a un rollo de material prepreg, en forma de una lámina continua que se ha formado a través de un método de fabricación de prepreg continuo estándar. En dicho postratamiento, el prepreg continuo se desenrolla y se transporta continuamente, bajo tensión, a través de un horno de calentamiento horizontal donde el prepreg se expone al calor, y luego se enrolla en un rodillo de recolección. Dependiendo de la longitud del horno, el tiempo de exposición al calor frente a la velocidad de transporte se puede controlar para crear las aberturas deseadas. En una realización, la resina de impregnación es una matriz basada en epoxi de fusión en caliente que es un sólido viscoelástico a temperatura ambiente (20°C-25°C) y es curable dentro del intervalo de temperatura de 250°F-350°F (121°C-177°C); el ciclo de calentamiento se puede llevar a cabo durante 0,25-20 minutos dentro del intervalo de 120°F-250°F (49°C-121°C).

La Figura 7 muestra un ejemplo de una configuración de tejido satinado, más específicamente, tejido satinado de 8 arcadas, y las ubicaciones 70 donde se pueden crear bolsillos de aire cuando la tela tejida satinada está parcialmente impregnada con las películas de resina como se describió anteriormente. Debe entenderse que, en realidad, los haces de filamentos que se cruzan mostrados en la Figura 7 están realmente más juntos y más firmemente tejidos. La Figura 8 muestra esquemáticamente una superficie de prepreg tratada térmicamente, después de la impregnación de resina y el tratamiento térmico como se describió anteriormente con referencia a las Figs. 5 y 6, y las ubicaciones de las aberturas en la película de resina con respecto a los sitios de cruce por encima/debajo en la tela tejida.

La Figura 9 muestra esquemáticamente una tela 95 tejida plana parcialmente impregnada que ha sido sometida a tratamiento térmico para crear aberturas 100, que se forman a través de las películas 96, 97 de resina superior e inferior. Las películas 96, 97 de resina están soportadas por los papeles 98, 99 desprendibles, respectivamente.

La Figura 10 muestra un ejemplo de una tela tejida plana y los intersticios 101 formados en la misma. Debe entenderse que, en realidad, los haces de filamentos de intersección mostrados en la Figura 7 están realmente más juntos y más firmemente tejidos. La Figura 11 muestra esquemáticamente una superficie prepreg tratada térmicamente, después de la impregnación de resina y el tratamiento térmico como se describió anteriormente con referencia a la Figura 9, y las ubicaciones de las aberturas en la película de resina con relación a los intersticios 101 en el tejido de la tela. Téngase en cuenta que las aberturas están alineadas con los intersticios 11.

La Figura 12 muestra esquemáticamente un ejemplo de un sistema de prepreg que es capaz de fabricar una tela impregnada previamente y proporcionar un tratamiento térmico *in situ*. Con referencia a la Figura 12, se transporta una banda 80 de tela continua a un primer punto de sujeción de presión formado por un par de rodillos 81, 82 de presión calentados. La banda 80 de tejido está emparedada entre dos películas 83, 84 de resina, que se desenrollan de rodillos 85, 86 de suministro. Cada una de las películas 83, 84 de resina está formada en un papel desprendible continuo. Las películas 83, 84 de resina se presionan sobre las caras superior e inferior, respectivamente, de la banda 80 de tela con la ayuda de rodillos 81, 82 de presión. La presión y el calor de los rodillos 81, 82 de presión hacen que las películas 83, 84 de resina impregnen parcialmente la banda 80 de tela, formando así un prepreg parcialmente impregnado. El prepreg parcialmente impregnado pasa luego sobre una placa 87 de calentamiento. En este punto, se lleva a cabo el calentamiento para crear aberturas en el prepreg. Después del tratamiento térmico, el prepreg poroso resultante se transporta a través de una placa 88 de enfriamiento, donde el prepreg poroso se enfría para solidificar la resina. El prepreg enfriado se transporta a continuación mediante rodillos 89, 90 de tracción y guiado mediante rodillos de guía adicionales a un rodillo 91 de enrollamiento donde se enrolla. Este tipo de proceso es particularmente adecuado para crear aberturas en un prepreg que se basa en el uso de un tejido plano, en particular, telas de bajos GSM donde el tratamiento térmico es rápido debido a la delgadez de la tela y la o las películas de impregnación.

Las aberturas formadas en los prepreg tratados térmicamente son de forma irregular y no son de tamaño uniforme. Las formas y tamaños de las aberturas dependen del patrón de tejido y del tiempo de tratamiento térmico. El tamaño de las aberturas aumenta a medida que el flujo de resina progresa con el tiempo. Como ejemplos, las aberturas pueden tener una sección transversal sustancialmente circular con un diámetro dentro del intervalo de 0,1-3 mm o de sección transversal aproximadamente rectangular con un ancho y longitud dentro del intervalo de 0,1 mm - 3 mm. Además, después de cierta cantidad de tiempo de tratamiento, como ejemplo, el tiempo de tratamiento de 1-8 minutos puede ser suficiente para crear las aberturas. Además, después de cierto período de tiempo de tratamiento, algunas aberturas pueden conectarse entre sí, dependiendo de la proximidad inicial de las aberturas entre sí. En algunos casos, algunos bolsillos de aire atrapados pueden no abrirse debido a condiciones de procesamiento imperfectas, por ejemplo, cuando el papel desprendible no se adhiere a la película de resina durante el tratamiento térmico.

Resina de la matriz

La resina de la matriz para la producción del prepreg curable descrita en este documento se basa en una composición curable de fusión en caliente, caracterizada porque es inicialmente un sólido o semisólido a temperatura aproximadamente ambiente (20°C-25°C), se funde a una temperatura elevada a la que se aplica el material, se solidifica al enfriarse, y puede endurecerse mediante curado. Además, la resina de la matriz debe tener suficientes características de viscosidad y humectación para permitir la formación de bolsillos de aire y, posteriormente, la formación de aberturas sobre los bolsillos de aire con tratamiento térmico. En una realización, la composición de la resina de fusión en caliente es una composición de resina termoendurecible curable compuesta de una o más resinas termoendurecibles como el componente principal, y está sustancialmente libre de cualquier disolvente orgánico tal como acetona, metil etil cetona (MEK), dioxolano, alcohol. Cuando se usan para producir un producto curado terminado, estas resinas termoendurecibles se curan mediante el uso de un catalizador o agente de curado, calor o una combinación de los dos.

Las resinas termoendurecibles adecuadas pueden incluir, pero sin limitarse a, epóxicas, poliésteres insaturados, bismaleimidias y combinaciones de los mismos. Estas resinas termoendurecibles se pueden curar completamente mediante el uso de calor, o un agente de curado, o una combinación de los mismos. Los catalizadores se pueden usar para acelerar la reacción de curado. Cuando las resinas termoendurecibles están completamente curadas, se endurecen y no pueden volver a su forma original.

En una realización, la resina de la matriz es una composición termoendurecible a base de epoxi que contiene una o más resinas epóxicas multifuncionales como el componente polimérico principal. Las resinas epóxicas adecuadas incluyen derivados de poliglicidilo de diamina aromática, monoaminas primarias aromáticas, aminofenoles, fenoles polihídricos, alcoholes polihídricos, ácidos policarboxílicos. Los ejemplos de resinas epóxicas adecuadas incluyen éteres poliglicidílicos de los bisfenoles tales como bisfenol A, bisfenol F, bisfenol S y bisfenol K; y poliglicidil éteres de cresol y novolacas a base de fenol.

Las resinas de bismaleimida adecuadas pueden incluir N,N'-bismaleimidias de 1,2-etanodiamina, 1,6-hexanodiamina, trimetil-1,6-hexanodiamina, 1,4-bencinodiamina, 4,4'-metilbisbencenamina, 2-metil-1,4-bencenodiamina, 3,3'-metilbisbencenamina, 3,3'-sulfonilbisbencenamina, 4,4'-sulfonil-bisbencenamina, 3,3'-oxibisbencenamina, 4,4'-

oxibisbencenamina, 4,4'-metilbisciclohexanamina, 1,3-benceno-dimetanamina, 1,4-benceno-dimetanolamina y 4,4'-ciclohexanobisbencenamina y mezclas de los mismos.

5 La resina de la matriz puede incluir, además, en pequeñas cantidades, materiales termoplásticos tales como polisulfonas, poliéter sulfonas, poliéter cetonas (por ejemplo, poliéter cetona (PEK), poliéter éter cetona (PEEK), poliéter cetona cetona (PEKK) y similares), combinaciones de los mismos y precursores de los mismos. Se añaden uno o más materiales termoplásticos a la resina de la matriz para aumentar la dureza, adhesividad y la capacidad de drapeado del prepreg.

10 La resina de la matriz, como se discute en este documento, puede comprender además aditivos, en cantidades menores, para influir en una o más de las propiedades mecánicas, reológicas, eléctricas, ópticas, químicas y/o térmicas de la matriz. Dichos aditivos pueden comprender además materiales que reaccionan químicamente con la matriz, interactúan con la matriz o son no reactivos con la matriz. Los ejemplos de aditivos pueden incluir, pero no están limitados a, partículas endurecedoras, retardantes de llama, estabilizadores ultravioleta (UV), antioxidantes, colorantes y rellenos (por ejemplo, sílice pirógena, alúmina, carbonato de calcio, talco) para mejorar uno o más de
15 tolerancia, a los daños, dureza, resistencia al desgaste.

Los prepreg con aberturas superficiales (es decir, prepreg porosos), tal como se divulga en el presente documento, están configurados para permitir la estabilidad dimensional de las aberturas. Las aberturas, una vez formadas, pueden permanecer dimensionalmente estables durante un período de tiempo seleccionado. En ciertas realizaciones, las aberturas pueden permanecer dimensionalmente estables durante el almacenamiento de los prepreg porosos. La estabilidad dimensional puede lograrse adaptando la viscosidad de la resina de la matriz. La resina de la matriz está formulada para formar aberturas dimensionalmente estables aproximadamente a temperatura ambiente, pero la resina es capaz de fluir a una temperatura elevada durante la consolidación o curado para rellenar las aberturas.
20
25

"Impregnación completa", como se discute en el presente documento, se refiere a incrustar sustancialmente todas las fibras de tela dentro de la resina de la matriz. La "impregnación parcial", como se discute en este documento, se refiere a una impregnación menor que la impregnación total, por lo que hay regiones de fibras secas que no están incrustadas dentro de la resina de la matriz. En una realización preferida, la resina de la matriz se aplica a ambas superficies de la capa de tela, pero la resina penetra solo parcialmente a través del espesor de la tela para dejar una sección central de la tela, en la dirección del espesor, sustancialmente libre de resina.
30

El término "estabilidad dimensional" como se usa en la presente memoria se refiere a la capacidad de una estructura para mantener una dimensión dentro de un intervalo seleccionado durante un período de tiempo seleccionado. En ciertas realizaciones, el intervalo seleccionado puede determinarse por la capacidad de la estructura para realizar una función prevista, tal como permitir el paso de un gas a una velocidad seleccionada bajo una presión seleccionada.
35

El término "temperatura ambiente" tal como se usa en el presente documento se refiere a temperaturas dentro del intervalo de 20°C a 25°C.
40

Apilados impregnados previamente y partes compuestas

45 Para formar una parte compuesta, una pluralidad de prepreg curables descritos en la presente memoria se pueden disponer en un apilado prepreg, y luego el apilado se consolida y se cura. La consolidación y el curado pueden realizarse en una sola etapa o por separado.

Se ha descubierto que los prepreg con aberturas superficiales (es decir, materiales prepreg porosos) facilitan la eliminación de gases de los prepreg individuales y los apilados prepreg que contienen uno o más materiales prepreg porosos antes y/o durante la consolidación, y así reducen el volumen de porosidad dentro de los materiales compuestos formados a partir de los mismos, en comparación con los materiales compuestos formados sin materiales prepreg porosos. Por ejemplo, las aberturas proporcionan rutas de escape para los gases desde el interior de los prepreg porosos y permiten que los gases se eliminen de los prepreg con mayor facilidad y en mayor volumen en comparación con los prepreg no tratados. Los gases pueden incluir gases que se originan dentro de la resina de la matriz o zona libre de resina del prepreg parcialmente impregnado, o gases que se originan en la región entre capas entre las capas de prepreg. En particular, los materiales prepreg porosos permiten la eliminación de gases que pueden evolucionar de la composición de resina durante la consolidación.
50
55

El término "apilado de prepreg" tal como se usa en el presente documento se refiere a una pluralidad de prepreg que se colocan adyacentes entre sí en una disposición de apilamiento. En ciertas realizaciones, los prepreg dentro del apilamiento pueden colocarse en una orientación seleccionada uno con respecto al otro. En una realización adicional, los materiales prepreg pueden coserse opcionalmente junto con un material de enhebrado para inhibir su movimiento relativo desde una orientación seleccionada. En realizaciones adicionales, los "apilamientos" pueden comprender cualquier combinación de prepreg totalmente impregnados, prepreg parcialmente impregnados y materiales prepreg porosos como se divulga en este documento. Los apilamientos se pueden fabricar mediante
60
65

técnicas que pueden incluir, entre otras cosas, apilamiento manual, apilamiento de cinta automático (ATL), colocación automatizada de fibra (AFP) y bobinado de filamentos.

5 La consolidación o reducción del volumen se refiere a un proceso que tiene lugar bajo la acción de una o más de calentamiento, aplicación de vacío y presión aplicada, con lo que la resina de la matriz fluye para desplazar espacios vacíos. Por ejemplo, la consolidación puede dar como resultado, pero no se limita a, flujo de resina en espacios vacíos entre fibras en el prepreg, espacios vacíos entre prepreg y similares.

10 Los términos "curar" y "curado" como se usan en la presente memoria pueden incluir procesos de polimerización y/o entrecruzamiento. El curado puede realizarse mediante procesos que incluyen, entre otros, calentamiento, exposición a la luz ultravioleta y exposición a la radiación. En realizaciones adicionales, la resina de la matriz dentro del prepreg poroso puede formularse o curarse parcialmente con el fin de exhibir una adhesividad o pegajosidad seleccionada.

15 Cuando se usa una pluralidad de prepreg curables con aberturas superficiales en un apilamiento de prepreg, el apilamiento posee una capacidad mejorada para la eliminación de los gases (por ejemplo, aire) atrapados dentro de los prepreg y entre las capas de prepreg. Durante la consolidación / reducción del volumen del apilamiento de prepreg, las aberturas y las regiones libres de resina dentro de los prepreg proporcionan varias rutas para que los gases atrapados dentro de los prepreg y entre los prepreg escapen, reduciendo así la porosidad dentro del compuesto consolidado resultante. En consecuencia, después del curado, el compuesto curado exhibe propiedades mecánicas mejoradas. Por ejemplo, los compuestos curados que tienen una porosidad residual de menos de 1% en volumen, con base en el volumen total del material compuesto, se pueden conseguir de esta manera.

25 Cuando se forman aberturas en ambas superficies principales del prepreg curable, los gases pueden viajar a través del prepreg al entrar en una superficie y salir a través de la superficie opuesta. Las aberturas también permiten que el vacío penetre completamente en la pila laminada de prepreg. Además, las aberturas crean canales con sitios de cruce por encima/debajo adyacentes para crear un paso de aire a lo largo de la interfaz de dos capas de prepreg adyacentes. Se pueden crear varias rutas de flujo mediante cualquier combinación de aberturas superficiales, las regiones de intercalado y las porciones no impregnadas (sin resina) de los prepreg. Por ejemplo, los gases de la región de intercalado entre los prepreg adyacentes pueden entrar a través de las aberturas en un lado de un prepreg, y luego a través de la sección media libre de resina del mismo prepreg para escapar al exterior.

35 Alternativamente, los gases pueden fluir desde una región de intercalado a la siguiente región de intercalado a través de aberturas en lados opuestos de cada prepreg, y eventualmente fluir fuera del apilamiento de prepreg. Esto es una mejora en comparación con los productos estándar sin tratamiento térmico, porque en un producto estándar donde la película de resina permanece intacta, es más difícil hacer pasar el aire de entre las capas dentro del núcleo de la capa, mientras que, con el material tratado térmicamente, la transferencia de aire se mejora debido a la cantidad de aperturas. Estas diversas rutas de flujo mejoran en gran medida la capacidad de los gases atrapados para escapar del apilamiento de prepreg y también crean canales con regiones ascendentes / descendentes adyacentes para crear una aireación a lo largo de la interfaz de dos capas adyacentes.

40 La viscosidad de la resina de la matriz se puede controlar para que fluya y llene espacios vacíos dentro y entre los prepreg durante la consolidación. Por ejemplo, en una realización, la viscosidad de la resina de la matriz puede controlarse mediante la formulación de la resina para que fluya y llene espacios vacíos tras la aplicación de calor, sin presión externa. En otra realización, la viscosidad de la resina de la matriz puede controlarse mediante formulación de la resina para fluir y llenar espacios vacíos tras la aplicación de calor y presión externa, y opcionalmente al vacío. Beneficiosamente, al permitir que las aberturas y otros espacios vacíos se llenen durante la consolidación, la porosidad del material compuesto resultante se reduce o se elimina sustancialmente.

50 La reducción del volumen del apilamiento de prepreg se puede llevar a cabo utilizando una configuración de bolsa de vacío. En esta configuración, el apilamiento de prepreg curable se puede colocar en contacto con una herramienta y luego se puede encerrar con una membrana impermeable. La herramienta puede tener una superficie relativamente plana, una superficie curva u otra configuración tridimensional. En una realización, una capa de aireación, tal como una lámina de fibra de vidrio no impregnada, puede colocarse adyacente a al menos una de las superficies horizontales del apilamiento para la aireación superficial. Las cintas sellantes pueden usarse adicionalmente, según sea necesario, para crear un sello hermético al vacío aproximadamente entre la herramienta y la membrana. Para inhibir el flujo de la resina fuera del apilamiento, o para mejorar el flujo de gas, también se pueden colocar uno o más embalses adyacentes a los bordes del apilamiento. Se puede insertar una película desprendible perforada (por ejemplo, película de poliéster perforada) entre la capa de aireación y el apilamiento de prepreg y se puede insertar una película desprendible sólida (por ejemplo, película de poliéster) entre el apilamiento de prepreg y la herramienta para facilitar la eliminación del material compuesto de la configuración. El volumen encerrado se evacua y el apilamiento se calienta lentamente para provocar la consolidación. Se puede aplicar calefacción colocando la configuración de la bolsa de vacío en un horno o en un autoclave. Además, el calentamiento puede llevarse a cabo con presión (por ejemplo, en un autoclave) o sin presión (por ejemplo, dentro de un horno), a fin de reducir la viscosidad de la matriz e inducir diferenciales de presión que permitan que fluya la resina de la matriz. El flujo de resina puede llenar los espacios vacíos dentro del apilamiento de prepreg y desplazar

los gases del apilamiento cuando la viscosidad de la matriz sea suficientemente baja para facilitar la reducción del volumen. En consecuencia, el apilamiento se cura a una temperatura más elevada dentro del mismo autoclave u horno para producir una parte compuesta final.

- 5 Se ha encontrado que la cantidad de tiempo al vacío antes del curado, también denominado como ciclo de eliminación del volumen, podría reducirse sustancialmente cuando los prepreg tratados térmicamente se procesan en la configuración de bolsa de vacío descrita anteriormente. Esto es el resultado de la capacidad de los prepreg mejorados para eliminar el aire y los gases como se discutió anteriormente.
- 10 Se puede producir una estructura compuesta en sándwich usando los materiales prepreg porosos descritos en este documento. En una realización, un núcleo 130 central compuesto de madera, espuma, panales u otros materiales estructurales está intercalado entre dos apilamientos 131, 132 de prepreg, como se muestra en la Figura 13, en la que algunas o todas las capas impregnadas previamente en el apilamiento contienen aberturas superficiales. La estructura en sándwich compuesta resultante se ilustra en la Figura 14. Opcionalmente, las capas dobles pueden colocarse entre capas de prepreg porosas para crear regiones de refuerzo alargadas. Además, se pueden introducir gases difusoras ligeras no impregnadas o impregnadas parcialmente, tales como fibra de vidrio, carbono, material termoplástico u otros materiales tejidos o no tejidos, dentro de los apilamientos en sitios seleccionados con el fin de facilitar la eliminación de gases o aumentar las propiedades mecánicas tales como tolerancia al daño.
- 15
- 20 Cuando el apilamiento de prepreg incorpora una estructura de núcleo, también se puede emplear un material adhesivo para unir el núcleo al material prepreg antes de curar el apilamiento de prepreg. Como las estructuras de núcleo central abierto, tales como la estructura de panal, pueden contener una cantidad significativa de gases, la capa adhesiva también puede ser perforada para facilitar la eliminación de los gases.
- 25 El tratamiento térmico divulgado en la presente memoria se puede incorporar en el proceso de fabricación de la parte compuesta en un aditivo reforzante posición, bien antes o durante el apilamiento. El tratamiento térmico de cualquier prepreg se podría llevar a cabo *in situ* durante el proceso de apilamiento de prepreg mediante la aplicación de calor a un material prepreg o una capa antes de depositarlo, según se va depositando, o después de que se haya depositado una capa de prepreg y antes de la colocación de una capa siguiente. Por ejemplo, el proceso puede incluir: colocar una capa de prepreg cubierta en una superficie con un papel desprendible o una película de poliéster; tratamiento térmico usando un rodillo calentado, varilla de aire caliente, plancha caliente, etc., para formar aberturas en la superficie; retirar el papel desprendible / película de poliéster; depositar la siguiente capa de prepreg; y se repite según sea necesario hasta que se forma un apilamiento de prepreg del espesor deseado.
- 30

35 Ejemplos

Los siguientes ejemplos se proporcionan para demostrar los beneficios de las realizaciones de los prepreg curables divulgados. Estos ejemplos se discuten con fines ilustrativos y no deben interpretarse como limitantes del alcance de las realizaciones divulgadas.

40 Ejemplo 1

Se preparó una tela prepreg mediante un proceso de fusión en caliente usando una máquina de preimpregnación, en la que dos películas de resina formadas a partir de una resina endurecida de base epóxica, Cycom 5320 (disponible a través de Cytec Industries Inc.) se presionan contra las superficies superior e inferior de un tejido de satén de 8 arcadas, tejido de fibra de carbono, con lo que la tela se intercala entre las dos películas de resina. Cada película de resina se formó en un papel desprendible revestido de silicona y tiene un peso por unidad de área de 106 gsm por película. La tela de fibra de carbono tiene un FAW de (370) gsm y un espesor de 0,0146 pulgadas. Se aplicaron calor y presión al laminado para hacer que las películas de resina se fundan y penetren parcialmente a través del espesor de la tela. Uno de los papeles desprendibles fue reemplazado por una película de poliéster lisa después de preimpregnación para facilitar el enrollamiento en un rollo. El prepreg previamente impregnado con el papel antiadherente en la porción superior y la película de poliéster por debajo se calentó en un horno durante 2-5 minutos a 200°F (93°C). Se ha encontrado que este tiempo del ciclo de calor es suficiente para abrir los bolsillos de aire encerrados sin afectar las características mecánicas o físicas del prepreg. Las Figs. 15-17 muestran la imagen de la vista superior de la superficie del prepreg, con el papel antiadherente, a 1 minuto, 4 minutos y 7,5 minutos, respectivamente, del período de calentamiento. Las aberturas coincidieron con los sitios de cruce encima / debajo (es decir, porciones de haz de filamentos hacia arriba / hacia abajo) en la tela de tejido satinado. Como puede verse a partir de las Figs. 15-17, los tamaños de las aberturas se hicieron más grandes con el tiempo. Después de 7,5 minutos, algunas aberturas, que se alinearon en la misma fila y adyacentes a los sitios de cruce por encima / debajo de los haces de filamentos adyacentes, se tocaron entre sí, como puede observarse a partir de la imagen de la Figura 13. Estas aberturas corresponden a las porciones de haz de filamentos hacia arriba / hacia abajo en la tela de tejido satinado (como se indica con el número de referencia 70 en la Figura 7). Se observó que las aberturas se formaron solo en el lado del papel desprendible del prepreg tratado térmicamente.

65

Ejemplo 2

Se preparó una tela prepreg usando el sistema de preimpregnación representado en la Figura 12. La tela utilizada era una tela de fibra de carbono de tejido plano, y las películas de resina aplicadas a lados opuestos de la tela se formaron a partir de resina con base epóxica Cycom 5320. Cada película de resina se formó en un papel desprendible recubierto de silicona y tiene un peso por unidad de área de 55 gsm. La tela de fibra de carbono tiene un FAW de 190 gsm y un espesor de 0,0083". Para la impregnación parcial, se aplicaron 20 psi en el primer punto de contacto de presión; 220°F (104°C) era la temperatura en la placa de calentamiento; y se proporcionó un espacio de menos de 0,5 pulgadas (12,7 mm) en el segundo punto de contacto de presión para limitar la fuerza de compactación. La Figura 18 muestra la imagen de la vista superior de la superficie de prepreg tratada térmicamente con el papel desprendible desprendido. Las aberturas en la superficie del prepreg coinciden con los intersticios en el tejido plano. Además, se observó que las aberturas se formaron en las dos superficies principales del prepreg tratado térmicamente.

Ejemplo 3

Para comparación, se preparó un prepreg de control como se describe en el Ejemplo 1 sin el postratamiento térmico para crear aberturas superficiales. La Figura 19 muestra la superficie de prepreg resultante con burbujas de aire encerradas formadas debajo de la película de resina continua. Estas burbujas de aire corresponden a las porciones de haz de filamentos hacia arriba / hacia abajo en la tela de tejido satinado. Por lo tanto, se puede observar que, sin el tratamiento térmico antes del curado, el aire atrapado en los bolsillos de aire y el aire entre capas que no pueden escapar permanecieron en el prepreg curado resultante debido a que la película continua de resina limita la eliminación de aire del prepreg.

Ejemplo 4

Se construyó y curó un panel monolítico de 12" x 12" que consiste en 15 capas de material prepreg 5320 / 8HS como se describe en el Ejemplo 1. Para comparación, se construyó el mismo panel usando material prepreg 5320 / 8HS no tratado y se curó en las mismas condiciones. La porosidad resultante se redujo de 1,31% sin tratamiento a 0,04% con tratamiento térmico. La Figura 20 muestra que la sección transversal del panel consistió en material sin tratamiento, y la Figura 21 muestra que la sección transversal del panel consistió en material tratado térmicamente.

Ejemplo 5

Se ensambló una estructura de sándwich de núcleo de panel con base en la configuración mostrada en la Figura 13, en la que se colocaron 10 capas (201) prepreg porosas sobre un núcleo (202) de panel y se colocaron 14 capas (203) de prepreg porosas debajo del núcleo de panel. Las capas de prepreg porosas se produjeron impregnando parcialmente tejido satinado, tela de fibra de carbono con resina Cycom 5320, seguido de tratamiento térmico para crear aberturas superficiales como se describe en el Ejemplo 1. La estructura en sándwich ensamblada se empacó al vacío, se consolidó a temperatura ambiente y se curó en un horno (no autoclave).

Para comparación, se ensambló, consolidó y curó una estructura tipo sándwich de núcleo de panel estándar de la misma manera excepto que las capas de prepreg no se trataron térmicamente para crear aberturas superficiales.

Se midió la porosidad en diferentes secciones del producto curado, incluyendo bridas, secciones de bisel, núcleo central, y se calculó una porosidad promedio. La porosidad se midió mediante microscopía visual de secciones transversales de paneles pulidos.

Se encontró que el producto curado que resulta de usar prepreg porosos contiene aproximadamente 0,05% de porosidad en promedio, en comparación con 2,0% de porosidad para el producto estándar curado.

Ejemplo 6

Se ensambló una estructura tipo sándwich de núcleo de panel utilizando capas prepreg porosas y con base en la configuración de la Figura 13. Las capas de prepreg porosas usadas para esta estructura estaban compuestas de tejido plano, de tela de fibra de carbono y resina Cycom 5320, y las aberturas en las capas de prepreg se produjeron por calentamiento *in situ* durante el proceso de preimpregnación como se divulga en el Ejemplo 2. Posteriormente, la estructura tipo sándwich ensamblada se empacó al vacío, se consolidó a temperatura ambiente y se curó en un horno (no en autoclave). Para comparación, se ensambló, consolidó y curó una estructura tipo sándwich de núcleo de panel estándar de la misma manera, excepto que las capas de prepreg no se trataron térmicamente para crear aberturas superficiales.

Se encontró que el producto curado que resulta de usar prepreg porosos contiene aproximadamente 0,18% de porosidad en promedio, en comparación con 1,74% de porosidad para el producto estándar curado.

Ejemplo 7

Se fabricaron paneles compuestos a partir de materiales prepreg 5320-1/8HS con el fin de determinar si la cantidad de tiempo al vacío antes del curado, también denominado ciclo de reducción del volumen, podría reducirse, reduciendo así el tiempo total de curado. El tiempo al vacío antes del curado varió desde 0,5 horas a 16 horas usando prepreg tratados térmicamente y prepreg no tratados (como control).

Se construyó y se curó un panel monolítico de 12" x 12" que constaba de 15 capas de material prepreg tratado con 5320-1/8HS como se describe en el Ejemplo 1 usando dos ciclos de curado diferentes. Para comparación, se construyó el mismo panel usando material prepreg 5320 / 8HS no tratado y se curó bajo los mismos dos ciclos de curado. El primer ciclo de curado consistió en mantener durante 16 horas al vacío antes del curado. El segundo ciclo de curado consistió en mantener durante 0,5 horas al vacío antes del curado.

Se utilizó barrido en C para determinar si los paneles curados estaban libres de porosidad. El barrido en C es una técnica de inspección no destructiva para materiales compuestos en los que un pulso corto de energía ultrasónica incide en una muestra. La medición del pulso transmitido indica la atenuación de la muestra del pulso incidente. La atenuación del pulso está influenciada por huecos, deslaminaciones, estado de curado de la resina, la fracción del volumen de fibra, la condición de la interfaz fibra / matriz y cualquier inclusión extraña presente. Por lo tanto, la capacidad del barrido en C para determinar la cantidad de porosidad presente en un panel o pieza terminada es una forma de control de calidad aceptada en la industria. La sensibilidad del barrido en C puede detectar la porosidad en un porcentaje muy bajo, tal como menos del 2% de huecos. Estos paneles se comparan con un panel de referencia de porosidad conocida para determinar la cantidad de porosidad presente en la muestra bajo inspección. Los paneles demostraron la capacidad de mostrar la diferenciación medida por barrido en C en el intervalo de 0,00% a 2,00% con precisión. Los paneles también se probaron destructivamente y se seccionaron transversalmente para determinar el % de porosidad para comparar con el barrido en C usando una superficie pulida de sección transversal. Las imágenes de la sección transversal de los paneles compuestos probados se muestran en las Figs. 22-25.

La porosidad resultante del mantenimiento de 16 horas al vacío redujo la porosidad de 1,46% sin tratamiento a 0,02% con tratamiento térmico. La Figura 22 muestra que la sección transversal del panel consistió en material prepreg sin tratamiento térmico, y la Figura 23 muestra que la sección transversal del panel consistió en material tratado térmicamente. La porosidad resultante del mantenimiento de 0,5 horas al vacío redujo la porosidad de 2,53% sin tratamiento a 1,06% con tratamiento térmico. La Figura 24 muestra que la sección transversal del panel consistió en material sin tratamiento, y la Figura 25 muestra que la sección transversal del panel consistió en material tratado térmicamente.

Los resultados muestran que la cantidad de tiempo al vacío antes del curado puede disminuirse sustancialmente mediante el uso de los prepreg tratados térmicamente. Esto es el resultado de la capacidad de los prepreg tratados térmicamente para eliminar el aire y los gases como se discutió anteriormente.

Ejemplo 8

Se fabricaron paneles compuestos a partir de prepreg 5320-1/PW con el fin de determinar si la cantidad de tiempo de reducción del volumen al vacío antes del curado podría reducirse, por lo tanto, disminuyendo el tiempo total de curado. El tiempo al vacío antes del curado varió desde 0,5 horas a 16 h utilizando tanto los prepreg tratados térmicamente como los prepreg no tratados (como control).

Se construyó y curó un panel monolítico de 12" x 12" que constaba de 15 capas de material prepreg 5320-1/PW tratado térmicamente como se divulga en el Ejemplo 1 usando dos ciclos de curado diferentes. Para comparación, se construyó el mismo panel usando material prepreg 5320-1/PW sin tratar y se curó bajo los mismos dos ciclos de curado. El primer ciclo de curado consistió en un mantenimiento de 16 horas al vacío antes del curado. Un segundo ciclo de curado consistió en un mantenimiento de 0,5 horas al vacío antes del curado. Los paneles compuestos producidos se probaron como se describe en el Ejemplo 7, y las imágenes de sección transversal de los paneles compuestos probados se muestran en las Figs. 26-29.

La porosidad resultante del mantenimiento de 16 horas al vacío redujo la porosidad de 0,83% sin tratamiento a 0,23% con tratamiento térmico. La Figura 26 muestra que la sección transversal del panel consistió en material prepreg sin tratamiento térmico, y la Figura 27 muestra que la sección transversal del panel consistió en material tratado térmicamente. La porosidad resultante del mantenimiento de 0,5 horas al vacío no redujo la porosidad, lo que indica que 0,5 horas de permanencia al vacío antes del curado, es un tiempo insuficiente para eliminar el aire para el material basado en PW probado. La Figura 28 muestra que la sección transversal del panel consistió en material prepreg sin tratamiento, y la Figura 29 muestra que la sección transversal del panel consistió en material tratado térmicamente.

5 Aunque la descripción anterior ha mostrado, descrito y señalado las características novedosas fundamentales de las presentes enseñanzas, se entenderá que varias omisiones, sustituciones y cambios en la forma del detalle del aparato como se ilustra, así como como los usos del mismo, pueden ser realizados por los expertos en la materia, sin apartarse del alcance de las presentes enseñanzas. En consecuencia, el alcance de las presentes enseñanzas no debería limitarse a la discusión anterior, sino que debería definirse por las reivindicaciones adjuntas.

10 Los términos "aproximadamente", "alrededor de" y "sustancialmente" tal como se usan en la presente memoria representan una cantidad próxima a la cantidad establecida que todavía realiza la función deseada o que consigue el resultado deseado. Por ejemplo, los términos "aproximadamente", "alrededor de" y "sustancialmente" pueden referirse a una cantidad que está dentro de menos del 10%, dentro de menos del 5%, dentro de menos del 1%, dentro de menos del 0,1%, y dentro de menos del 0,01% de la cantidad indicada.

REIVINDICACIONES

1. Un material compuesto curable que comprende:

5 una tela tejida que tiene dos caras opuestas y un patrón de tejido en el que uno o más haces de filamentos en una primera dirección del tejido flotan sobre uno o más haces de filamentos en una segunda dirección del tejido, luego pasan bajo uno o más haces de filamentos en la segunda dirección del tejido;

10 en el que un bolsillo se define en la superficie del tejido cuando un primer haz de filamentos en la primera dirección de tejido pasa sobre un segundo haz de filamentos en la segunda dirección de tejido y luego bajo un tercer haz de filamentos adyacente en la segunda dirección de tejido, o cuando el primer haz de filamentos pasa bajo un segundo haz de filamentos en la segunda dirección del tejido y luego sobre una tercera haz de filamentos adyacente en la segunda dirección del tejido, y la ubicación del bolsillo está definida por la porción del primer haz de filamentos que sube o baja entre el segundo y tercer haces de filamentos adyacentes;

15 una película de resina de fusión en caliente curable que cubre una o ambas caras de la tela y que penetra parcialmente a través del espesor de la tela dejando una sección interna de la tela, en la dirección del espesor, sustancialmente libre de la película de resina, en la que la película de resina de fusión en caliente es sustancialmente sólida a una temperatura dentro del intervalo de 20°C-25°C y llega a fluir a una temperatura elevada por debajo de la temperatura de curado inicial de la película de resina; y

20 una serie de aberturas en al menos una de las películas de resina, cada abertura expone al menos una porción del bolsillo en la superficie del tejido y configurada para crear un recorrido de flujo de fluido desde la sección interna del tejido hasta al menos una superficie exterior del material compuesto, o desde al menos una superficie exterior del material compuesto a la sección interior, o desde una superficie exterior del material compuesto a una superficie exterior opuesta, o una combinación de los mismos.

2. Un material compuesto curable que comprende:

30 una tela tejida que tiene dos caras opuestas y un patrón de tejido en el que un haz de filamentos en una primera dirección del tejido pasa sobre otro haz de filamentos en una segunda dirección del tejido, luego pasa debajo de un haz de filamentos adyacente en la segunda dirección del tejido, y los intersticios se definen entre haces de filamentos adyacentes;

35 una película de resina de fusión en caliente curable que cubre una o ambas caras de la tela y que penetra parcialmente a través del espesor de la tela dejando una sección interna de la tela, en la dirección del espesor, sustancialmente libre de la película de resina, en la que la película de resina de fusión en caliente es sustancialmente sólida a una temperatura dentro del intervalo de 20°C-25°C y se vuelve fluida a una temperatura elevada por debajo de la temperatura de curado inicial de la película de resina; y

40 una serie de aberturas en al menos una de las películas de resina, cada abertura exponiendo un intersticio en la tela y configurada para crear una trayectoria de flujo de fluido desde la sección interna de la tela hasta al menos una superficie exterior del material compuesto, o desde al menos una superficie externa del prepreg a la sección interna, o desde una superficie externa del material compuesto a una superficie externa opuesta, o una combinación de los mismos.

3. El material compuesto curable de la reivindicación 1, en el que el patrón de tejido de la tela tejida es tejido satinado o tejido de sarga.

50 4. El material compuesto curable de la reivindicación 2, en el que el patrón de tejido de la tela tejida es un tejido plano.

55 5. El material compuesto curable de la reivindicación 4, en el que las aberturas se forman a través de superficies externas opuestas del prepreg.

6. El material compuesto curable de la reivindicación 1, en el que el patrón de tejido es tejido satinado, las aberturas se forman a través de una o ambas superficies del prepreg.

60 7. El material compuesto curable de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la película de resina de fusión en caliente comprende una o más resinas termoendurecibles como componente principal, y está sustancialmente libre de cualquier disolvente orgánico; y/o

65 en el que la película de resina de fusión en caliente comprende una o más resinas epóxicas, un agente de curado y al menos un compuesto termoplástico o elastomérico; y/o

en el que cada haz de filamentos comprende una pluralidad de filamentos de fibra, que comprenden un material seleccionado entre: vidrio, carbono, aramida, polietileno (PE), boro, cuarzo, basalto, cerámica, poliéster, poli-p-fenileno-benzobisoxazol (PBO), y combinaciones de los mismos.

5 8. Un método para fabricar un material compuesto curable con una serie de aberturas superficiales, comprendiendo el método:

10 (a) impregnar parcialmente una tela tejida con una resina curable de fusión en caliente de manera que después de la impregnación parcial una película continua de resina cubre una o ambas caras principales de la tela y penetra parcialmente a través del espesor de la tela dejando una sección media de la tela, en la dirección del espesor, sustancialmente libre de dicha resina,

15 en el que la resina curable de fusión en caliente está en forma de una película delgada de resina aplicada sobre un papel desprendible, donde la película de resina de fusión en caliente es sustancialmente sólida a una temperatura dentro del intervalo de 20°C-25°C y se vuelve fluida a una temperatura elevada por debajo de una temperatura de curado inicial de la película de resina y en la que, durante la impregnación parcial, se aplica calor a una temperatura inferior a la temperatura de curado inicial de la resina de fusión en caliente,

20 en el que la tela tejida tiene dos caras opuestas y un patrón de tejido en el que uno o más haces de filamentos en una primera dirección del tejido pasan sobre uno o más haces de filamentos en una segunda dirección del tejido, y luego pasan por debajo de uno o más haces de filamentos en la segunda dirección del tejido,

25 en el que un bolsillo está definido en una cara del tejido cuando un primer haz de filamentos en la primera dirección del tejido pasa un segundo haz de filamentos en la segunda dirección del tejido y luego bajo un tercer haz de filamentos adyacente en la segunda dirección del tejido, o cuando el primer haz de filamentos pasa por debajo de un segundo haz de filamentos en la segunda dirección del tejido y luego sobre un tercer haz de filamentos adyacente, y en el que el tejido parcialmente impregnado comprende una pluralidad de bolsillos de aire encerrados, cada bolsillo de aire coincide con un bolsillo en la superficie del tejido; y

30 (b) calentar la tela parcialmente impregnada mientras se deja el papel desprendible sobre la superficie expuesta de la película de resina en al menos una cara de la tela de manera que la película de resina se vuelve fluida, y posteriormente, porciones de la película de resina sobre los bolsillos de aire se abren por deshumedecimiento de la superficie del papel desprendible, creando así aberturas en la película de resina que corresponden a las ubicaciones de los bolsillos de aire expandido,

35 en el que las aberturas están configuradas para proporcionar trayectorias de flujo de fluido desde la sección interna de la tela hasta al menos una superficie exterior del material compuesto, o desde al menos una superficie exterior del material compuesto a la sección interna, o desde una superficie exterior de el material compuesto a una superficie opuesta, o una combinación de los mismos.

40 9. Un método para fabricar un material compuesto curable con una serie de aberturas superficiales, comprendiendo el método:

45 (a) impregnar parcialmente una tela tejida con una resina curable de fusión en caliente de manera que después de la impregnación parcial una película continua de resina cubre una o ambas caras principales de la tela y penetra parcialmente a través del espesor de la tela dejando una sección media de la tela, en la dirección del espesor, sustancialmente libre de dicha resina,

50 en el que la resina curable de fusión en caliente está en forma de una película delgada de resina aplicada sobre un papel desprendible, donde la película de resina de fusión en caliente es sustancialmente sólida a una temperatura dentro del intervalo de 20°C-25°C y se vuelve fluida a una temperatura elevada por debajo de una temperatura de curado inicial de la película de resina y en la que, durante la impregnación parcial, se aplica calor a una temperatura inferior a la temperatura de curado inicial de la resina de fusión en caliente,

55 en el que la tela tejida tiene dos caras opuestas y un patrón de tejido en el que un haz de filamentos en una primera dirección del tejido pasa sobre otro haz de filamentos en una segunda dirección del tejido, luego pasa debajo de un haz de filamentos adyacente en la segunda dirección del tejido, y los intersticios se definen entre haces de filamentos adyacentes; y

60 (b) calentar el tejido parcialmente impregnado mientras el papel desprendible se deja sobre la superficie expuesta de la película de resina sobre al menos una cara del tejido para que la película de resina se vuelva fluida y, posteriormente, se abran porciones de la película de resina sobre los intersticios por deshumedecimiento desde la superficie del papel desprendible, creando así aberturas en la película de resina que corresponden a las ubicaciones de los intersticios,

65

en el que las aberturas están configuradas para proporcionar trayectorias de flujo de fluido desde la sección interna de la tela hasta al menos una superficie exterior del material compuesto, o desde al menos una superficie exterior del material compuesto a la sección interna, o desde una superficie exterior de el material compuesto a una superficie opuesta, o una combinación de los mismos.

5 10. El método de la reivindicación 8 o 9, en el que la superficie exterior de la película de resina se cubre con un papel desprendible o una película de poliéster durante el calentamiento.

10 11. Un método para fabricar una pieza compuesta curable que comprende:
depositar una pluralidad de capas prepreg para formar un apilamiento de material prepreg, en el que al menos algunas de las capas prepreg son capas prepreg porosas con aberturas superficiales, y cada capa prepreg porosa es el material compuesto producido por el método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10.

15 12. Un método para fabricar una pieza compuesta curable que comprende:
formar un material compuesto ancho de acuerdo con el método de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10;
20 cortar el material compuesto ancho en capas prepreg de tamaños predeterminados;
depositar las capas prepreg para formar un apilamiento prepreg,
en el que la etapa de calentamiento se lleva a cabo para formar aberturas en el material antes de cortar el material.

25 13. Un método para fabricar una porción compuesta en el que se reduce el tiempo total de curado como resultado de una disminución en el tiempo de reducción del volumen antes del curado, comprendiendo dicho método:

30 depositar una pluralidad de material compuesto curable de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, para formar un apilamiento compuesto;
reducir el apilamiento compuesto para eliminar el aire y los volátiles del mismo mediante: (a) sellar una bolsa de vacío sobre el apilamiento compuesto; (b) extraer el vacío desde dentro de dicha bolsa de vacío; (c) aplicar presión externa a la bolsa de vacío; y (c) continuar extrayendo el vacío y aplicar presurización durante un intervalo de tiempo predeterminado; y

35 curar el apilamiento compuesto después de la reducción del volumen.

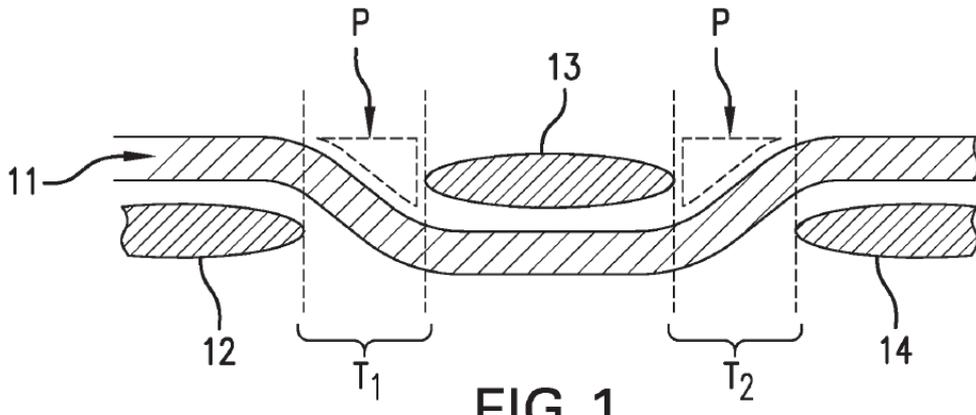


FIG. 1

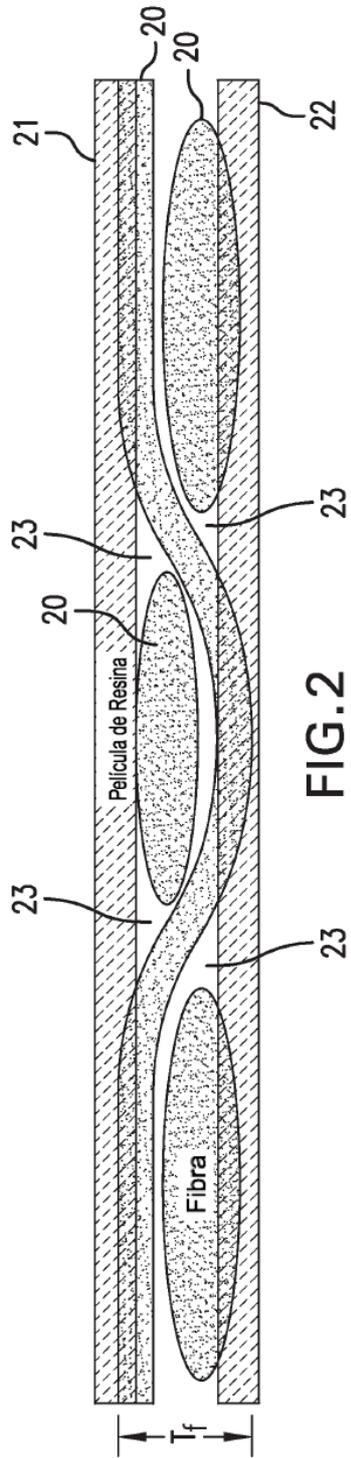


FIG. 2

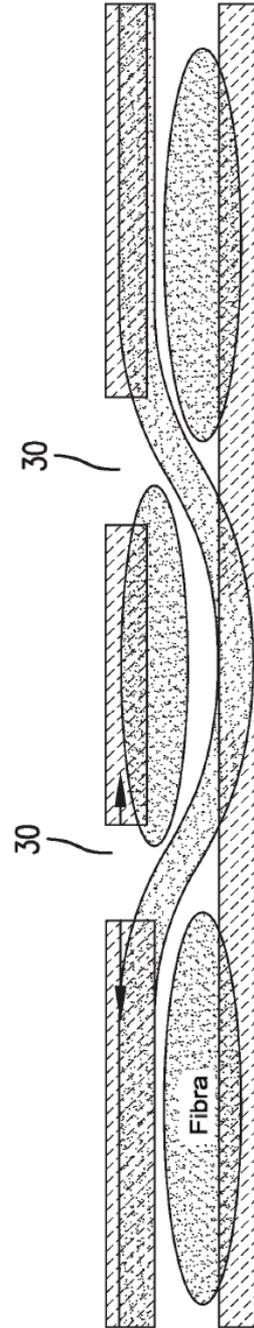


FIG. 3

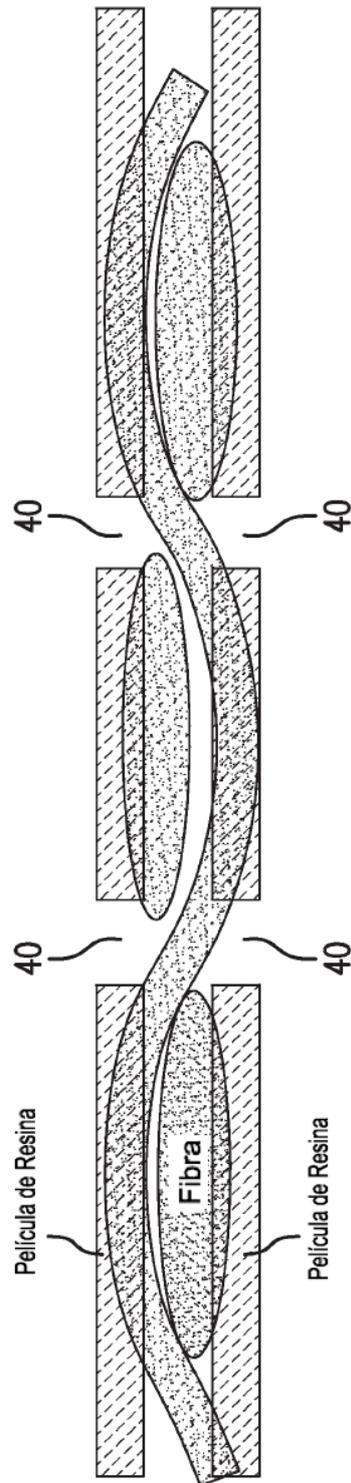


FIG.4

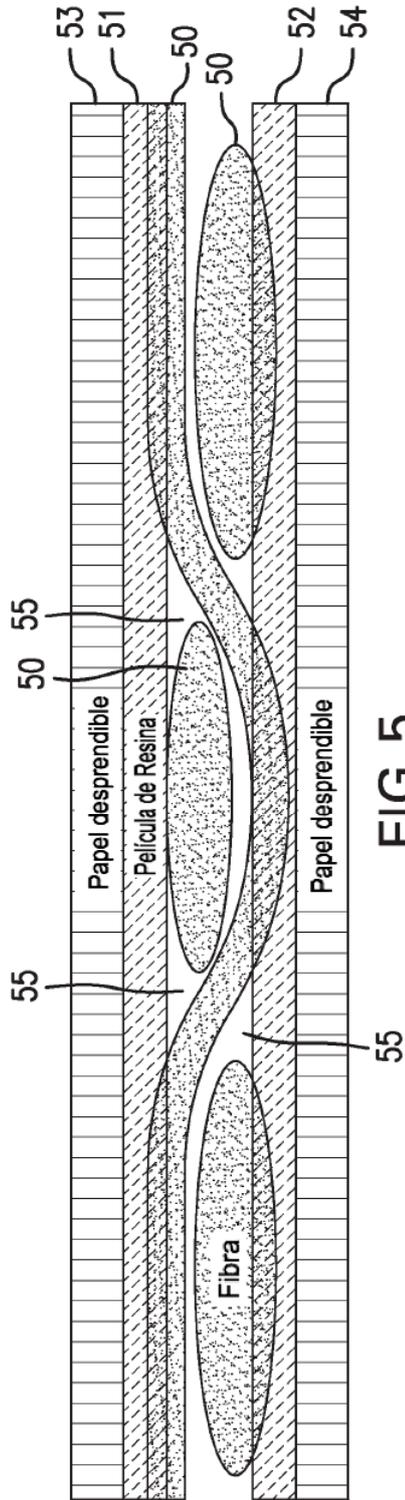


FIG. 5

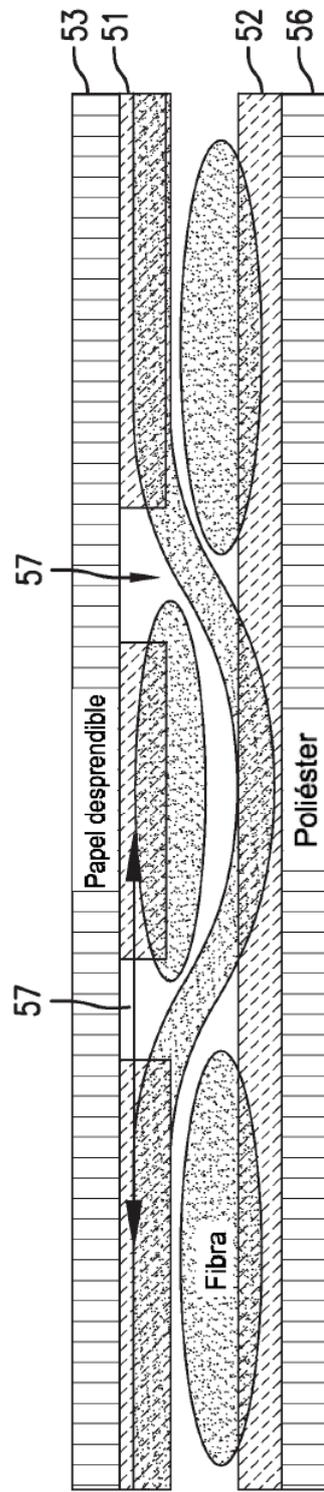


FIG. 6

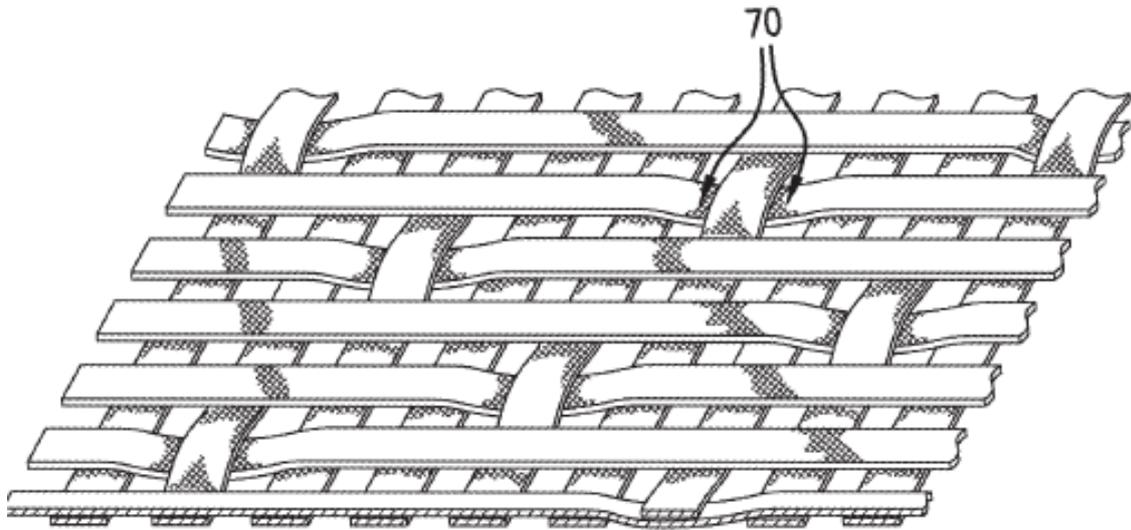


FIG. 7

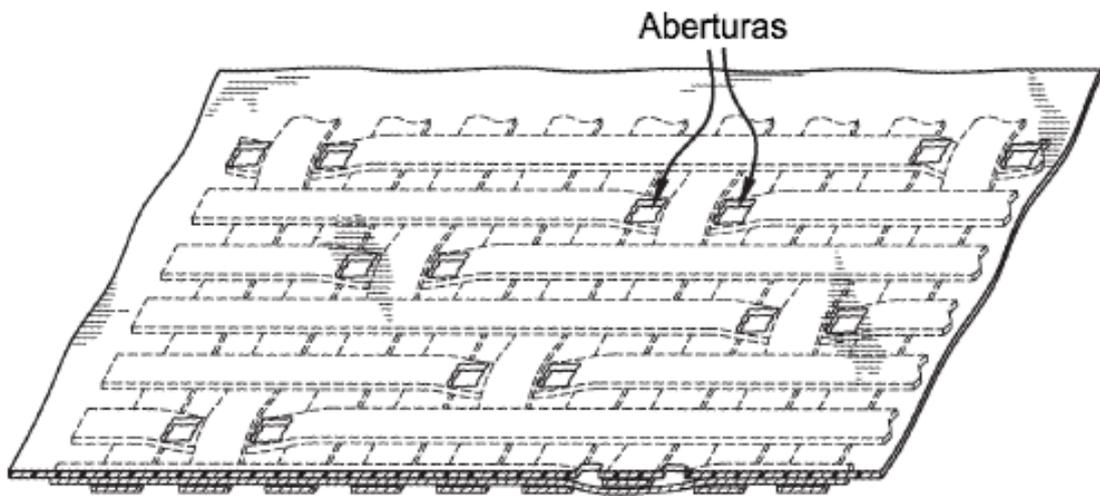


FIG. 8

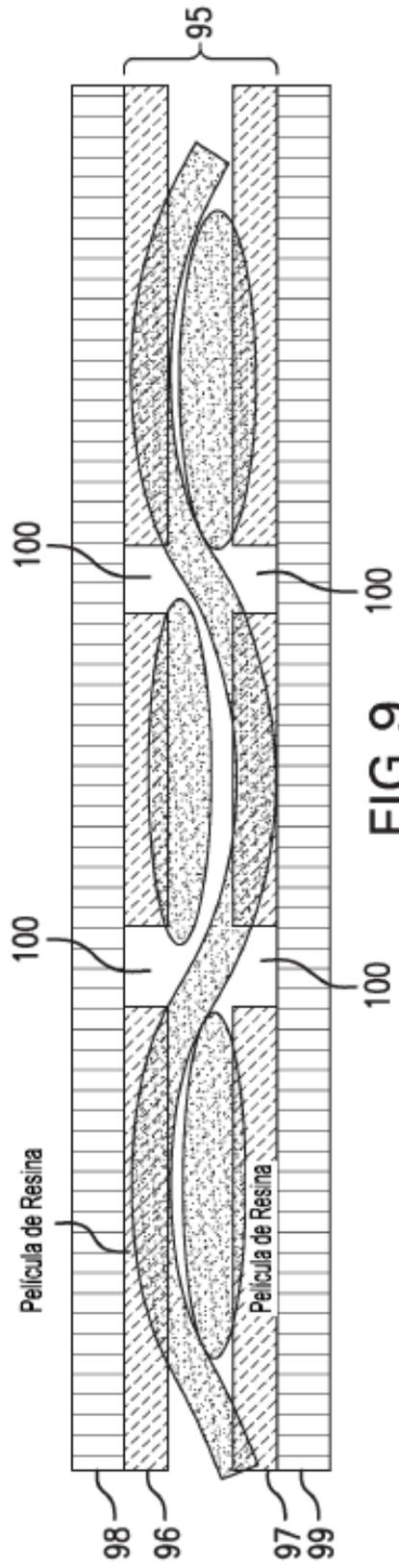


FIG.9

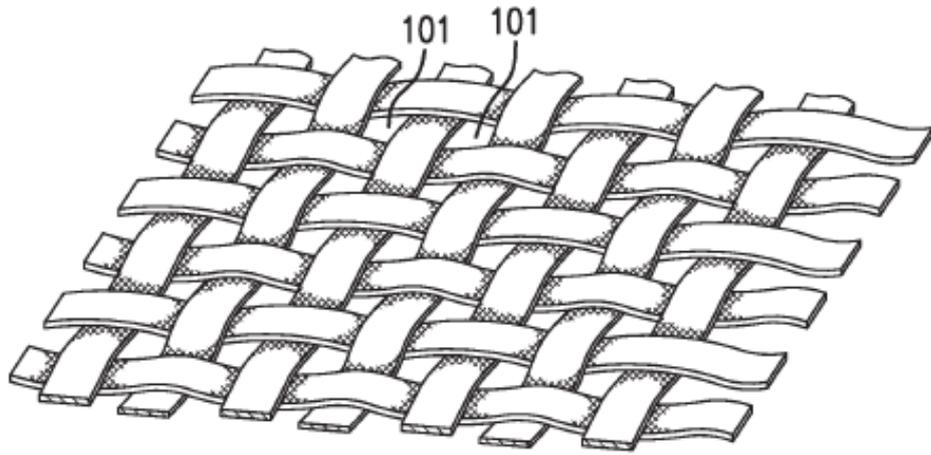


FIG. 10

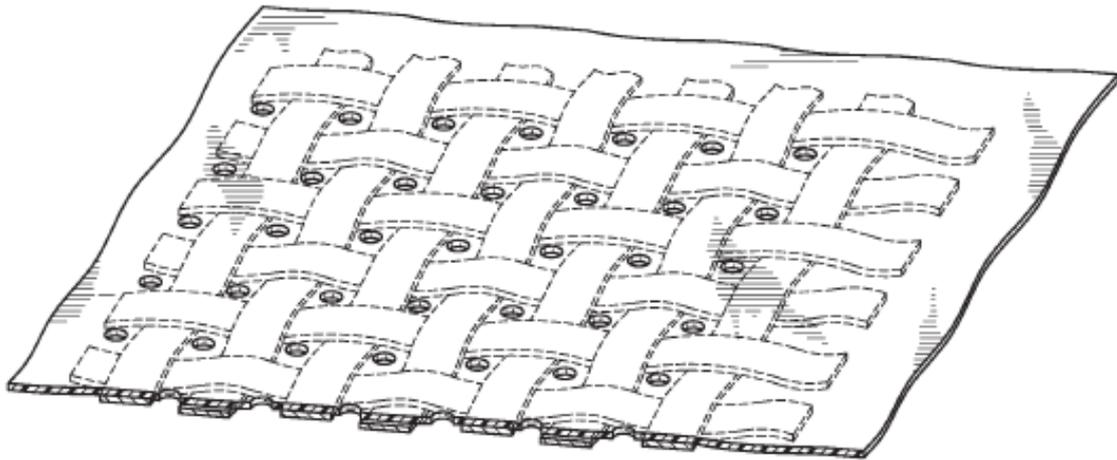


FIG. 11

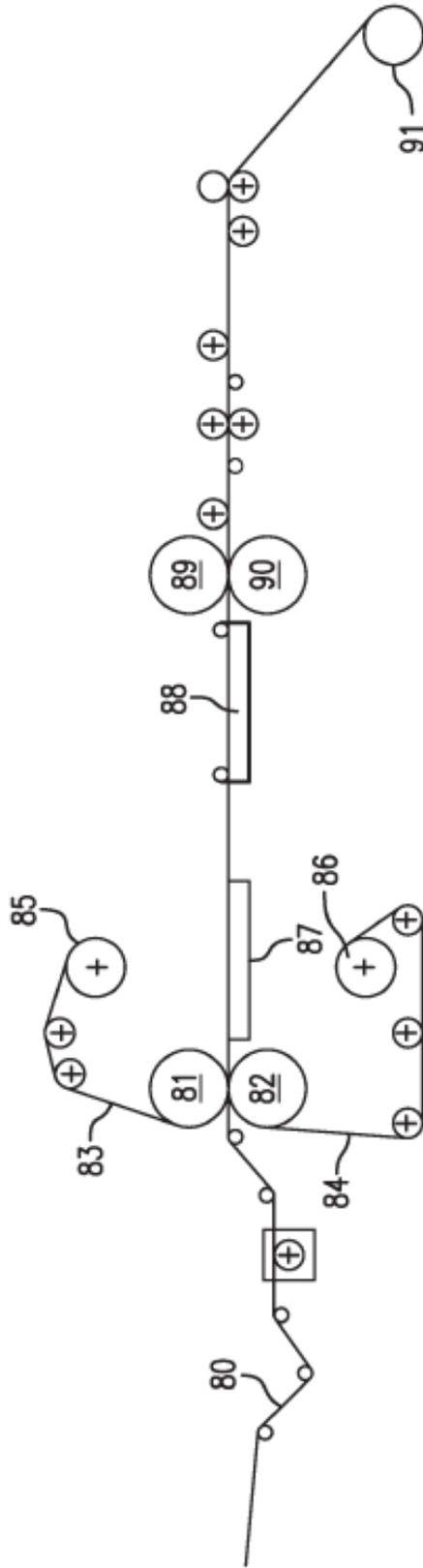


FIG.12

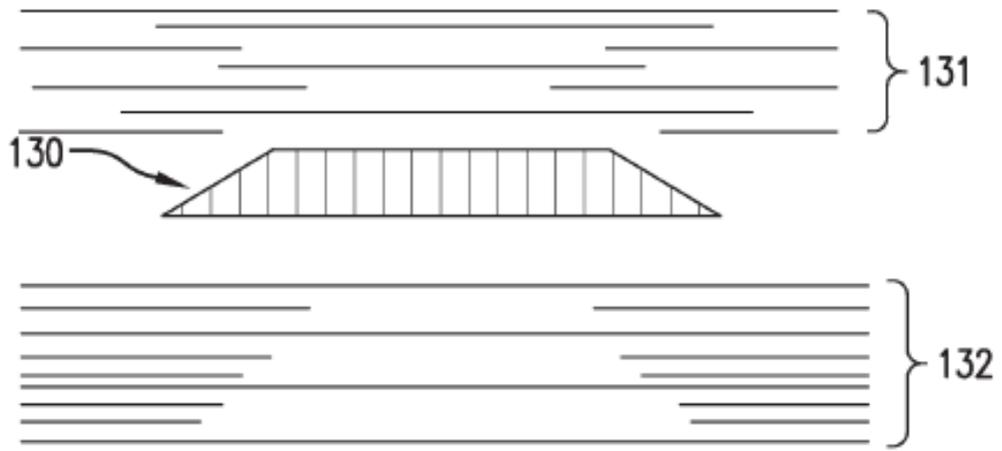


FIG. 13

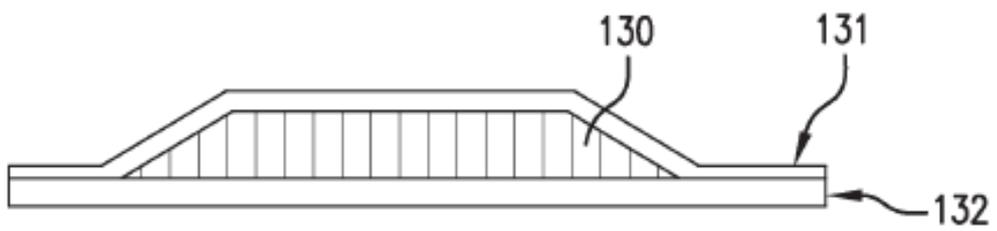
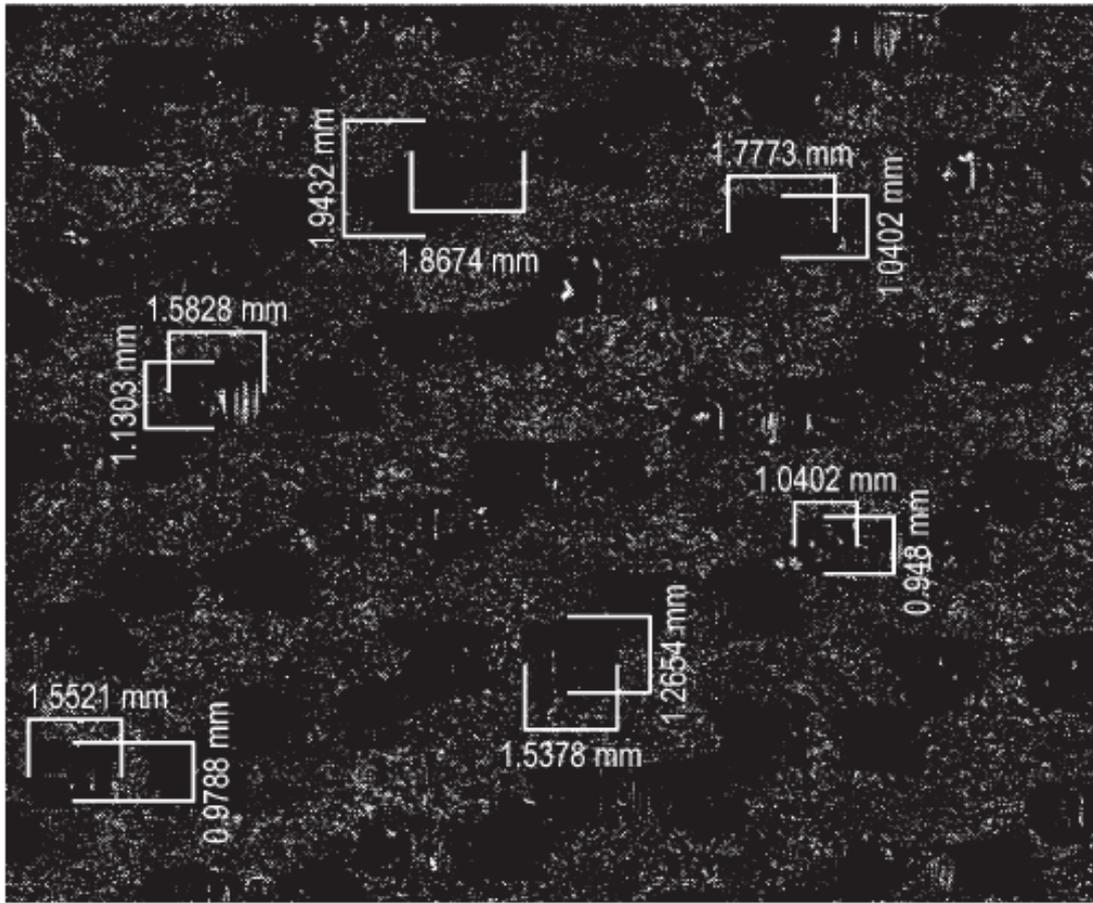


FIG. 14



1 Minuto

FIG. 15



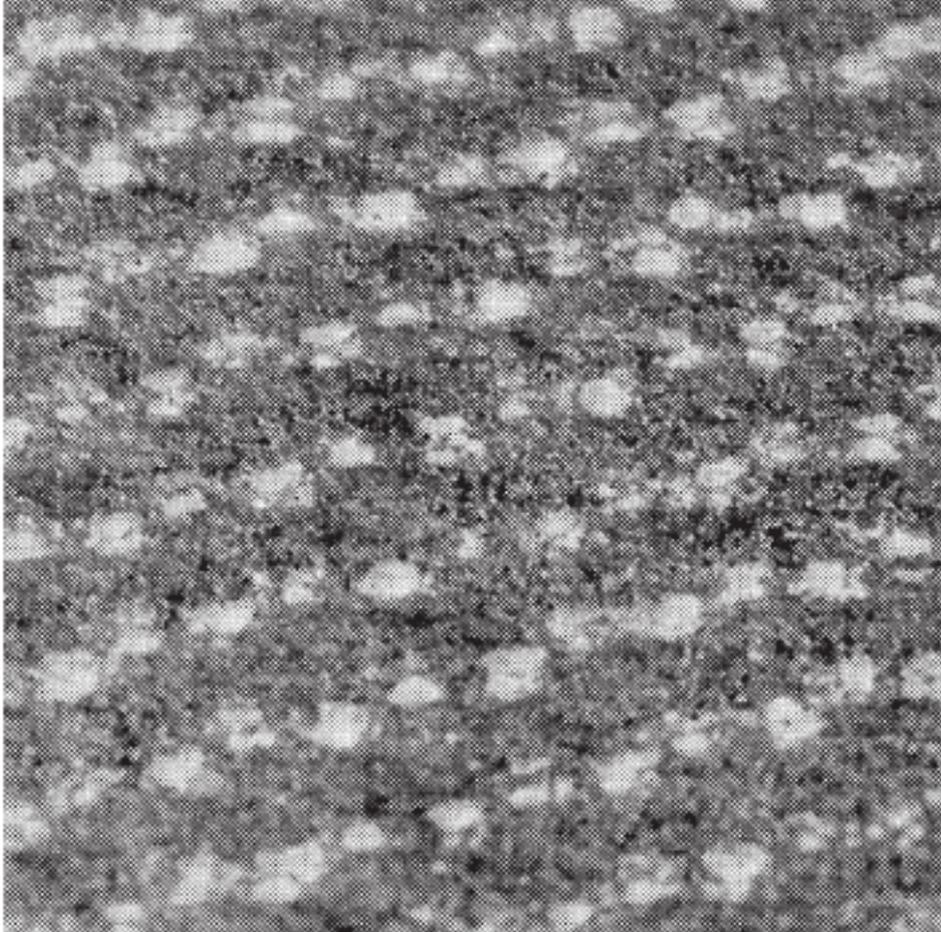
4 Minutos

FIG. 16



7,5 Minutos

FIG.17



Estándar

FIG. 18

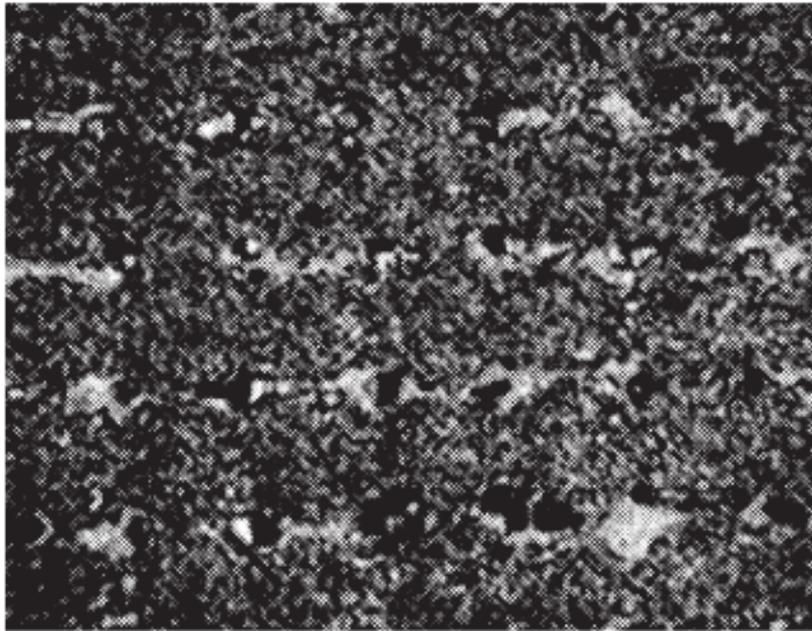


FIG. 19

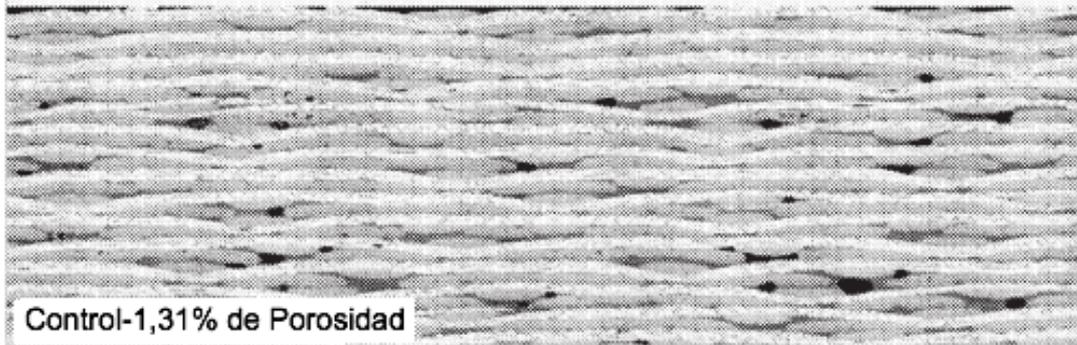


FIG.20

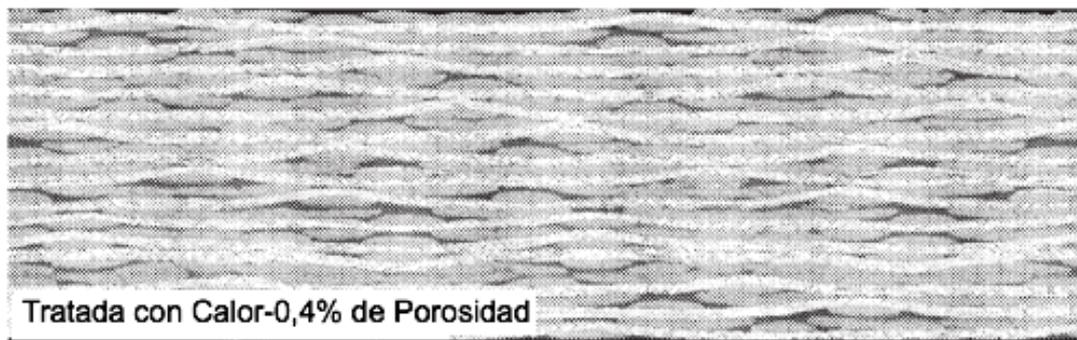


FIG.21

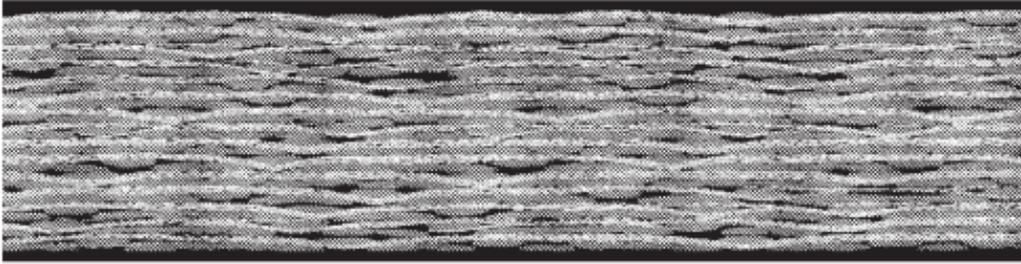


FIG.22

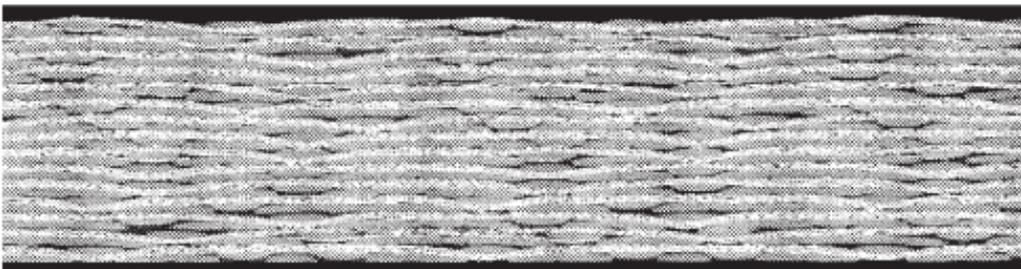


FIG.23

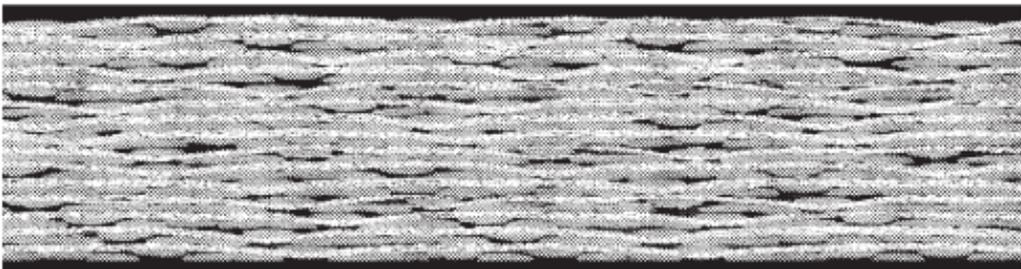


FIG.24

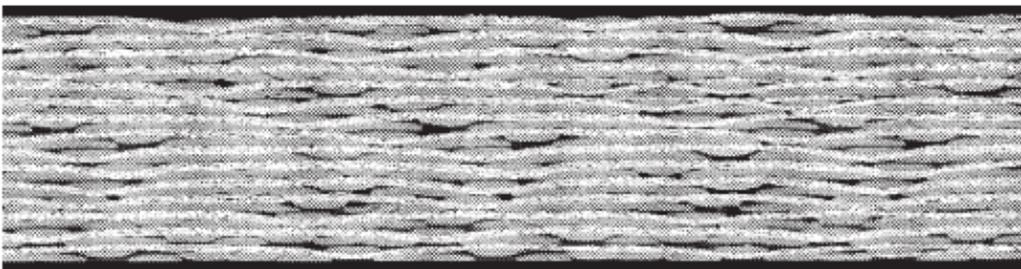


FIG.25

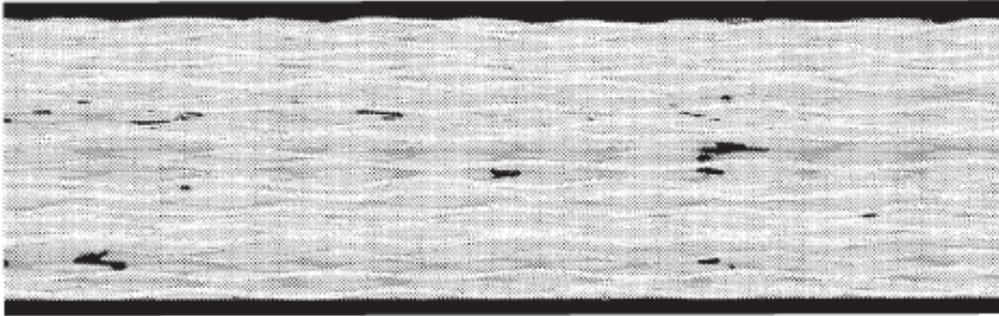


FIG.26

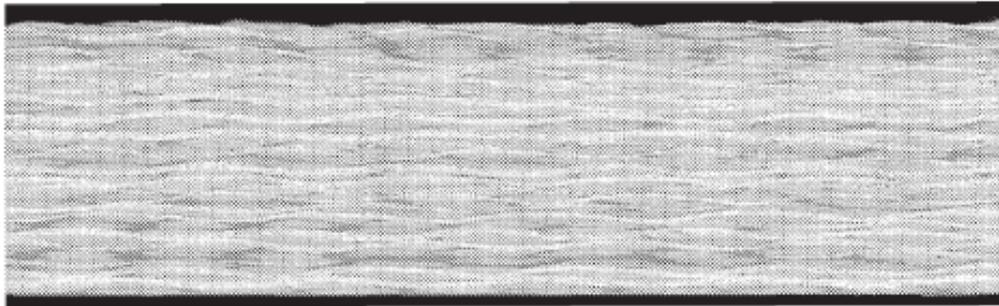


FIG.27

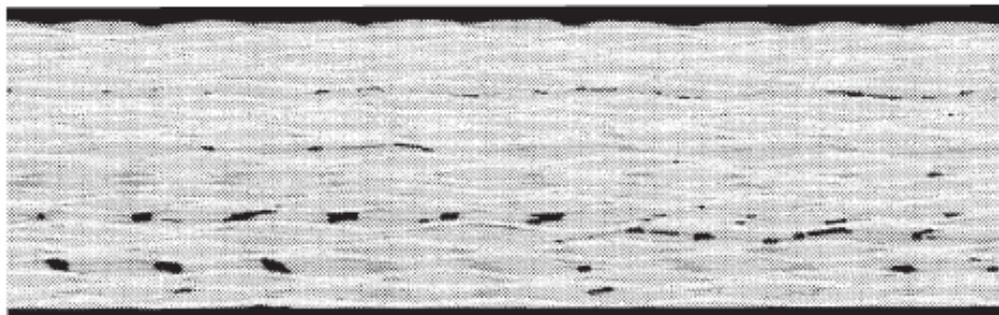


FIG.28

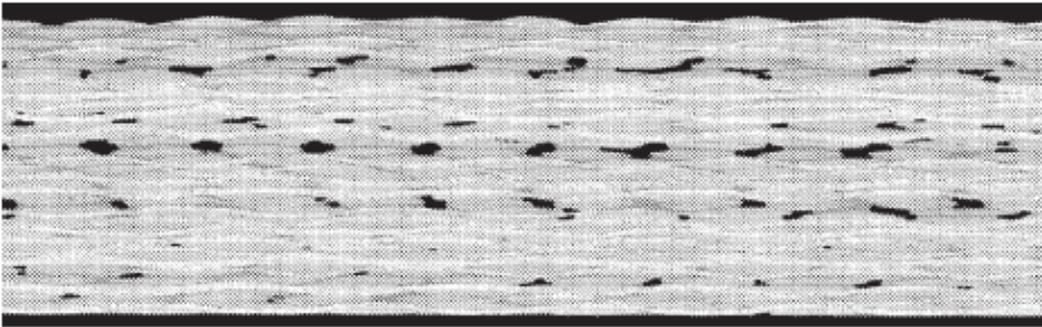


FIG.29