

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 931 957**

51 Int. Cl.:

**B29C 70/50** (2006.01)  
**B29B 15/12** (2006.01)  
**B29B 11/16** (2006.01)  
**B29C 43/48** (2006.01)  
**B29K 63/00** (2006.01)  
**B29K 307/04** (2006.01)  
**B29L 7/00** (2006.01)  
**B29L 9/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.10.2014 PCT/US2014/062325**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **28.05.2015 WO15076981**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.10.2014 E 14796633 (7)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.08.2022 EP 3071399**

54 Título: **Método y sistema de impregnación de fibras para formar un preimpregnado**

30 Prioridad:

**22.11.2013 US 201361907561 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**05.01.2023**

73 Titular/es:

**CYTEC INDUSTRIES INC. (100.0%)  
5 Garret Mountain Plaza  
Woodland Park, NJ 07424, US**

72 Inventor/es:

**JUNKER, SHAWN y  
REYNOLDS, LARRY**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 931 957 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

Método y sistema de impregnación de fibras para formar un preimpregnado

## 5 ANTECEDENTES

Los materiales compuestos preimpregnados se han utilizado ampliamente en diversas estructuras de alto rendimiento, tales como componentes de aeronaves y automóviles, y equipamiento deportivo (p. ej., cañas de pescar, varillas de palos de golf, raquetas de bádminton, raquetas de tenis, etc.). Un preimpregnado es un refuerzo de fibra que está preimpregnado con una resina matriz, normalmente una resina termoestable. Las fibras refuerzan la resina matriz, soportando la mayor parte de la carga soportada por el material preimpregnado, mientras que la matriz de resina soporta una parte minoritaria de la carga soportada por el material preimpregnado y también transfiere la carga de las fibras rotas a las fibras intactas. De esta manera, el material preimpregnado puede soportar cargas mayores que las que la resina matriz o las fibras pueden soportar por sí solas. Por otra parte, al adaptar las fibras de refuerzo a una geometría u orientación particular, un material compuesto se puede diseñar de manera eficiente para minimizar el peso y el volumen al tiempo que se maximiza la resistencia.

Los preimpregnados se pueden fabricar mediante la impregnación de una banda de fibras continuas o un tejido con una resina matriz, lo que crea una lámina de material plegable y pegajosa. Durante la impregnación, las fibras de refuerzo se impregnan con la resina matriz de una forma controlada. Se pueden especificar las especificaciones precisas de las fibras, su orientación y la formulación de la matriz de resina para lograr el rendimiento óptimo para el uso previsto de los preimpregnados. La masa de fibras por metro cuadrado también se puede especificar de acuerdo con los requisitos.

El término "impregnar" hace referencia a la introducción de una resina matriz en las fibras de refuerzo de manera que se encapsule parcial o totalmente las fibras con la resina. El proceso de impregnación controla la cantidad de resina en el interior del lecho de fibra y en la superficie del lecho de fibra. Por otra parte, el nivel de impregnación de la resina afecta los métodos utilizados para ensamblar la pieza compuesta acabada y a la calidad de la pieza. La resina matriz para elaborar preimpregnados puede adoptar la forma de películas o líquidos de resina. Normalmente, la impregnación se ve facilitada por la aplicación de calor y/o presión. Los preimpregnados resultantes producidos a partir del proceso de fabricación de preimpregnados se encuentran en un estado sin curar o curable (es decir, no endurecido) y se pueden congelar para inhibir la polimerización de la resina. Para la fabricación de piezas compuestas a partir de preimpregnados, los preimpregnados fríos se descongelan a temperatura ambiente, se cortan a medida y se ensamblan en una herramienta de moldeo mediante diversos métodos, tal como un laminado manual, laminado de cinta automatizada (ATL) y una colocación avanzada de fibra (AFP). El material preimpregnado para cada método de ensamblaje requiere distintos niveles de impregnación y distintos niveles de pegajosidad. El nivel de "pegajosidad" hace referencia a cuán bien se adhieren los preimpregnados entre sí y a la superficie de una herramienta. Por ejemplo, para el laminado manual, hay menos necesidad de un nivel de impregnación elevado y una mayor necesidad de pegajosidad, mientras que con AFP el lecho de fibra requiere unos niveles de impregnación mucho más elevados. Una vez en su lugar, los preimpregnados se consolidan y curan a presión para lograr la fracción volumétrica de fibra requerida con mínimos huecos.

En la actualidad, muchos métodos convencionales para impregnar material de fibra continua implican la utilización de un mecanismo de aplicación de presión estática. Los puntos de contacto de los rodillos, por ejemplo, se han utilizado para suministrar presión desde una posición fija en el espacio mientras una banda continua se mueve a través de los puntos de contacto estáticos. Estos procesos convencionales se limitan en general a una velocidad de banda de 1 a 4 m/min para una impregnación elevada de las películas de resina gruesa y materiales de fibra. También están limitados en sus temperaturas de trabajo ya que unas temperaturas más elevadas tienden a provocar problemas con el curado prematuro de la resina o la dilatación en el caso de la resina termoplástica. Esencialmente, lo que domina el mundo de los preimpregnados son las limitaciones físicas fundamentales descritas en la ley de Darcy: la tasa de flujo del fluido es una función de la presión suministrada, el grosor del cuerpo, la permeabilidad del cuerpo de interés y la viscosidad del fluido. En el caso de las bandas de fibras de carbono, el cuerpo tiene una permeabilidad dinámica y el fluido tiene una viscosidad dinámica, es decir, una viscosidad que cambia con la tasa de corte y la temperatura. Esta ley no puede ser anulada. Distintos materiales de fibra, distintas resinas, distintas presiones y velocidades de la banda, todos cambian la forma y el movimiento de la función, pero no cambian la ley. De modo que un punto de contacto estático o una cinta sometidos a ciertas presiones y temperaturas siempre limitarán la velocidad de producción del material. Si la banda se mueve demasiado rápido, un punto de contacto estático puede no presionar suficiente resina al interior de la banda de fibras. Si la temperatura aplicada a la resina es demasiado elevada, el material se distorsionará y se estropeará, y si es demasiado fría, no habrá fuerza suficiente para presionar la resina en la banda de fibras. El documento GB2040801 divulga un método y un sistema de acuerdo con los preámbulos de las reivindicaciones 1 y 10 respectivamente.

A la luz de los problemas analizados anteriormente, sigue existiendo la necesidad de una técnica de impregnación de resina mejorada que pueda aumentar la tasa de producción de preimpregnado sin sacrificar el control del nivel de impregnación.

**BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

La figura 1 ilustra el concepto general de la técnica de impregnación de velocidad relativa de acuerdo con la presente divulgación.

La figura 2 ilustra una técnica convencional de aplicación de un punto de contacto a presión estático para afectar la impregnación.

La figura 3 es un gráfico que muestra la relación entre la presión en el tiempo y la velocidad relativa ( $V_{rel}$ ) entre un material en banda en movimiento y el punto de contacto a presión aplicado durante la impregnación.

La figura 4 muestra una realización de un sistema de fabricación de preimpregnados.

La figura 5 muestra una realización de un aplicador de presión estática para presionar un rodillo loco contra un material en banda.

La figura 6 muestra otra realización de un aplicador de presión estática para presionar un rodillo loco contra un material en banda.

La figura 7 ilustra la progresión de una cadena de rodillos sometida a aplicadores de presión estática de acuerdo con una realización de aplicación de presión contra un material en banda en movimiento.

**DESCRIPCIÓN DETALLADA**

En la presente se divulga un método de fabricación de preimpregnados con una técnica de impregnación de resina mejorada, que se denomina en la presente impregnación de velocidad relativa (RSI). La técnica de impregnación divulgada en la presente está relacionada con la impregnación de películas de resina, en la que se presiona al menos una película de resina contra cada una de las superficies superior e inferior de una banda fibrosa continua para producir un preimpregnado continuo, en el que el material fibroso está integrado dentro de una resina matriz. La banda fibrosa está compuesta por fibras de refuerzo y pueden estar en forma de fibras unidireccionales o de un tejido (entrelazadas o no entrelazadas). El término "impregnar", tal como se utiliza en la presente, hace referencia a la introducción de una resina matriz curable en las fibras de refuerzo de manera que se encapsulen parcial o totalmente las fibras con la resina matriz.

Un objetivo de la técnica RSI es generar la máxima velocidad de producción de preimpregnado con la menor distorsión del lecho de fibras y la mínima presión para lograr un nivel de impregnación deseado. Con esta finalidad y de acuerdo con las reivindicaciones independientes, se diseña una configuración de la zona de impregnación de modo que una banda de material fibroso de resina se desplace a una primera velocidad ( $V_w$ ), denominada con frecuencia "velocidad de la línea", a través de una zona de impregnación mientras se aplica presión mediante al menos un punto de contacto a presión móvil que se mueve a una segunda velocidad ( $V_n$ ) y en la misma dirección que la de la banda en movimiento. El punto de contacto a presión móvil se forma entre un rodillo de presión móvil y una superficie móvil que soporta el material en banda. La superficie móvil está configurada para mitigar las fuerzas de fricción sobre la superficie de contacto del material en banda. De acuerdo con una realización preferida, la superficie móvil es parte de un tambor rotativo con un diámetro de la sección transversal relativamente grande.  $V_w$  y  $V_n$  son las velocidades de trabajo con relación a un punto fijo en el suelo.  $V_w$  es diferente de  $V_n$ , donde la diferencia entre  $V_w$  y  $V_n$  es la velocidad relativa ( $V_{rel}$ ) entre el material en banda y el punto de contacto a presión. El nivel de impregnación se ve afectado por la velocidad relativa ( $V_{rel}$ ).

La **figura 1** ilustra el concepto general de la técnica RSI. En esta figura, el material en banda W (compuesto por una capa de fibras de refuerzo intercaladas entre dos películas de resina) se mueve a una velocidad de la línea de 21 m/min mientras se aplica presión mediante el punto de contacto a presión móvil formado entre el rodillo de presión móvil 1 y el rodillo a modo de superficie de soporte móvil 2, rotando cada rodillo en torno a su propio eje central. El punto de contacto a presión se mueve en la misma dirección que el material en banda W a una velocidad de 18 m/min. Esto implica que la velocidad relativa ( $V_{rel}$ ) entre el material en banda W y el punto de contacto a presión móvil es de 3 m/min. Es decir, la velocidad de la línea (es decir, la tasa de producción) del material en banda es 7 veces mayor que la velocidad relativa ( $V_{rel}$ ). Las velocidades de la línea, tal como se analiza en la presente divulgación, se pueden medir utilizando dispositivos de detección de la velocidad convencionales, tales como tacómetros.

Por el contrario, los métodos de fabricación de preimpregnados convencionales normalmente implican la aplicación de un punto de contacto a presión estático para afectar la impregnación, tal como se ilustra en la figura 2. En la **figura 2**, el punto de contacto a presión formado por los rodillos 1 y 2 es estacionario (es decir, la velocidad es de 0 m/min) cuando el material en banda pasa a través del contacto. En este caso, la velocidad de la línea del material en banda es la misma que la velocidad relativa ( $V_{rel}$ ) y, en consecuencia, la velocidad de la línea del material en banda está limitada a la velocidad relativa ( $V_{rel}$ ). Es decir, con el fin de lograr el mismo nivel de impregnación a una  $V_{rel}$  de 3 m/min como en la técnica RSI, la velocidad de la línea del material en banda está limitada a 3 m/min.

La ventaja del proceso RSI es que la física de la impregnación está desacoplada de la velocidad de la línea del material en banda, lo que hace posible de ese modo una tasa de producción de preimpregnado significativamente más elevada para unos niveles idénticos de impregnación en comparación con los métodos de impregnación convencionales que utilizan cintas o puntos de contacto a presión estáticos. Estos métodos convencionales requieren en general unas fuerzas inmensas y unos sistemas de control complicados.

Con el fin de proporcionar la impregnación se requiere una presión en el tiempo, la presión aplicada sobre el material en banda (ni demasiado elevada ni demasiado baja) y el tiempo proporcionado por la velocidad lenta. La presión en el tiempo se puede calcular como  $P/V_{rel}$ , siendo (P) la fuerza lineal aplicada sobre el material en banda dividida por la velocidad relativa ( $V_{rel}$ ) y se mide en unidades de Pascal-segundo (Pa\*s), equivalente a kg/m/s. La fuerza lineal (P) es la fuerza hacia abajo por ancho lineal, p. ej., libras por pulgada (PLI) o Newtons por metro (N/m), ejercida por el rodillo de presión (rodillo superior 1, figura 1), que se mide a lo largo del ancho del material en banda. La relación entre la presión en el tiempo y la velocidad relativa  $V_{rel}$  es hiperbólica tal como se ilustra en la **figura 3**. A medida que disminuye  $V_{rel}$ , la presión en el tiempo aumenta de manera dramática. Y el nivel de impregnación sube con la presión en el tiempo. Es decir, es deseable mantener la  $V_{rel}$  tan baja como sea posible. La  $V_{rel}$  óptima depende de las propiedades de la resina (p. ej., la viscosidad) y la permeabilidad de la banda de fibras (p. ej., las aberturas o los huecos en la capa de fibras, los espacios/intersticios entre las fibras, etc.).

De acuerdo con una realización preferida, el proceso RSI se lleva a cabo moviendo un material en banda (que está compuesto por una capa de fibra intercalada entre dos películas de resina) a través de un conjunto de impregnación que tiene uno o más puntos de contacto a presión móviles que aplican una presión en el tiempo de hasta a 10 MPa\*s, o de hasta 7 MPa\*s en ciertas realizaciones, para lograr el nivel requerido de impregnación, p. ej., de hasta un 100 % del nivel de impregnación. La presión en el tiempo en este contexto se refiere a la aplicada por todo el conjunto de impregnación. El nivel de impregnación hace referencia a cuánto ha penetrado la resina a través del grosor de la capa de fibra. Si la resina ha penetrado a través de todo el grosor de la capa de fibra, llenando todos los intersticios/huecos/aberturas de esta, y no hay región alguna sustancialmente libre de resina en el centro de la capa de fibra, en ese caso se ha logrado una impregnación total o de un 100 %. Debido a que la impregnación está desacoplada de la velocidad de la línea del material en banda, la velocidad de la línea está limitada únicamente por el tamaño del equipo de fabricación. A modo de ejemplo, en los métodos de impregnación convencionales que utilizan una disposición de puntos de contacto estáticos, envolturas en S o correas de presión, la velocidad de la línea de un material en banda de viscosidad elevada con un lecho de fibra grueso puede ser de hasta 15 ft/min (3 m/min) mientras que el proceso RSI es capaz de aumentar la velocidad de la línea en más de 10 veces.

En la **figura 4** se muestra una realización de un sistema de fabricación de preimpregnados con medios para implementar el proceso RSI. Haciendo referencia a la figura 4, el proceso de fabricación de preimpregnados comienza con el transporte de haces de fibras continuas 11 desde una unidad de suministro de fibras 10 hasta una sección de extensión de fibras 12. La unidad de suministro de fibras 10 incluye una pluralidad de bobinas para enrollar los haces de fibras y bastidores para soportar las bobinas. Cada haz de fibras está compuesto por una pluralidad de filamentos de fibras. La sección de extensión de fibras 12 está equipada con unos medios adecuados para extender los haces de fibras antes de que las fibras entren en contacto con las películas de resina. Es decir, las fibras extendidas aparecen como una lámina de filamentos de fibras alineados de manera unidireccional con un pequeño espacio entre filamentos adyacentes. Los rodillos guía están situados a lo largo de la trayectoria de desplazamiento de los haces de fibras para guiar los haces de fibras y proporcionar la tensión necesaria a estos. Los filamentos de fibras extendidos de la sección de extensión de fibras 12 se combinan a continuación con una película de resina superior 13a y una película de resina inferior 13b con la ayuda de rodillos 14, de modo que los filamentos de fibras queden intercalados entre las dos películas de resina. Cada película de resina se suministra con su propio rollo de suministro y la superficie que no está en contacto con los filamentos de fibras se cubre con un papel antiadherente. El material en banda resultante 15 se transporta a continuación a través de una zona de impregnación 16, que incluye una cámara aislada 17 que contiene un rodillo de precalentamiento 18, un tambor rotativo 19, una cadena de rodillos sin fin 20 de rodillos locos unidos y un rodillo enfriador 21 térmicamente aislado.

El rodillo de precalentamiento 18 está situado al principio de la zona de impregnación y antes del tambor 19. Antes de entrar en la zona de impregnación 16, las películas de resina se encuentran en estado sólido y se pueden mantener a una temperatura fría durante el almacenamiento con el fin de mantener su estado solidificado. Inmediatamente después de que el material en banda 15 entre en la cámara 17, el rodillo de precalentamiento 18 aplica una cantidad suficiente de calor al material en banda como para disminuir la viscosidad de la resina, de modo que la resina se ablande pero no lo suficiente como para provocar un curado sustancial de la resina.

La cámara 17 está equipada con unos mecanismos de control de la temperatura adecuados (no se muestran), por ejemplo, sensores infrarrojos montados en la pared lateral de la cámara 17, para proporcionar datos de temperatura del material en banda, el tambor 19, la cadena de rodillos 20 así como también la tensión del material en banda que entra y sale de la cámara 17. De acuerdo con una realización, la temperatura en la cámara 17 se puede mantener dentro del rango de 50 °C a 120 °C, que es suficiente para la mayoría de los sistemas de resina comercializados en el mercado. Durante la impregnación, la resina penetra en los intersticios/espacios entre los filamentos de fibras. La viscosidad de la resina se estabiliza y mantiene en el nivel deseado a medida que el material en banda se desplaza a través de toda la zona de impregnación con la ayuda del mecanismo de control de temperatura de la cámara 17. De

acuerdo con una realización, la viscosidad de la resina durante la impregnación depende del sistema de resina objetivo, aunque puede oscilar entre 0.03 Pa·s y 7000 Pa·s.

El tambor 19 proporciona una superficie de soporte móvil para el material en banda durante la impregnación y coopera con la cadena de rodillos 20 para establecer puntos de contacto a presión móviles a través de los cuales pasa el material en banda. El material en banda envuelve una parte de la superficie exterior del tambor a medida que rota el tambor. El gran diámetro de la sección transversal del tambor 19 proporciona una plataforma física para manipular las presiones de los puntos de contacto con la menor cantidad de curvatura posible. La cadena de rodillos 20 está configurada para transportar una serie de rodillos locos separados de manera estrecha que tienen cuerpos cilíndricos alargados con longitudes que se extienden transversalmente a la dirección de desplazamiento del material en banda, pudiendo rotar libremente cada rodillo loco en torno a su propio eje. Los rodillos locos están unidos entre sí por mecanismos de unión adecuados, por ejemplo, cada rodillo loco puede tener un pasador (un mecanismo de conexión) en un extremo axial conectado a un enlace correspondiente en una cadena sin fin de enlaces de conexión. La cadena de rodillos 20 se hace girar mediante un dispositivo de accionamiento de la cadena adecuado. El número de rodillos locos en la cadena 20 puede variar dependiendo de factores tales como los niveles de fuerza y la presión sobre la banda requeridos, el ancho de banda deseado y las necesidades de deflexión correspondientes.

Durante el funcionamiento, la cadena de rodillos 20 gira en una dirección opuesta a la dirección de rotación del tambor 19, mientras algunos de los rodillos locos de la cadena de rodillos 20 son presionados contra una parte de la superficie exterior del tambor y contra el material en banda que pasa entre ellos, lo que crea de ese modo una pluralidad de puntos de contacto a presión que se mueven a una velocidad  $V_n$ . La velocidad de rotación del tambor 19, que está accionado por un motor de accionamiento adecuado, es equivalente a la velocidad de la línea  $V_w$  del material en banda, a medida que este se mueve a través de la zona de impregnación 16, y la velocidad de giro de la cadena de rodillos 20 es equivalente a la velocidad  $V_n$  de los puntos de contacto a presión móviles. Es decir, el material en banda está siendo comprimido por la superficie circunferencial exterior del tambor rotativo 19 y los rodillos locos móviles en la cadena 20 para afectar la impregnación. Tal como se analizó anteriormente, la velocidad de la línea  $V_w$  del material en banda, a medida que se mueve a través de la zona de impregnación 16, es diferente de la velocidad  $V_n$  de los puntos de contacto a presión móviles creados por el tambor 19 y la cadena de rodillos 20, de modo que se pueda establecer una velocidad relativa predeterminada  $V_{rel}$ , donde  $V_{rel} = V_w - V_n$ . Mediante esta disposición se puede lograr una presión en el tiempo de hasta 10 MPa·s. La presión en el tiempo en este contexto hace referencia a la aplicada por los puntos de contacto a presión creados entre el tambor 19 y la cadena de rodillos 20.

Haciendo referencia aún a la figura 4, el rodillo enfriador 21 está situado tras el tambor 19 en un compartimiento independiente aislado térmicamente y está configurado para bajar la temperatura del material en banda lo suficiente como para aumentar la viscosidad de la resina y fijar la impregnación. El material en banda enfriado que sale de la zona de impregnación 16 es un preimpregnado 22 con un espesor establecido y un componente de resina solidificado. Una vez que el preimpregnado 22 sale de la zona de impregnación 16, se despega el papel antiadherente 23 de un lado del preimpregnado 22 y a continuación se recoge el preimpregnado 22 en un rodillo de enrollado 24.

Los mecanismos para aplicar la carga de presión sobre los rodillos locos cuando entran en contacto con la superficie exterior del tambor 19 pueden variar según el diseño de los equipos. En las **figuras 5 y 6** se muestran algunos ejemplos. La figura 5 muestra una realización para ejercer presión sobre un eslabón de la cadena conectado al rodillo loco en la cadena de rodillos 20 utilizando un aplicador de presión estática. Haciendo referencia a la figura 5, se muestra que uno de los rodillos locos 51 en la cadena de rodillos 20 tiene un eje loco 51a en su extremo axial conectado a un eslabón 52 correspondiente, que forma parte de una cadena de eslabones sin fin. El aplicador de presión estática incluye un pistón 53 conectado a un rodillo de presión 54 de manera que accione el movimiento del rodillo de presión 54 hacia arriba o hacia abajo. El rodillo de presión 54 puede rotar libremente sobre su propio eje y está configurado para entrar en contacto y dejar de estar en contacto de manera acoplada con el eslabón de la cadena 52. El pistón 53 está situado sobre el rodillo de presión 54 y controlado de modo que proporcione la presión hacia abajo necesaria sobre el eslabón de la cadena 52 o de modo que libere la presión.

La figura 6 muestra una realización para tirar hacia abajo del eslabón de la cadena conectado al rodillo loco utilizando un aplicador de presión estática. En esta realización, el rodillo de presión 54 que se acopla al eslabón de la cadena 52 está conectado al pistón 55 a través del brazo de extensión 56 situado debajo del rodillo loco 51. El movimiento del rodillo de presión 54 junto con el brazo de extensión 56 está accionado por el pistón 55. Mediante esta disposición, el pistón 55 puede tirar hacia abajo del rodillo de presión 54 para que entre en contacto con eslabón de la cadena 52 o elevarlo de modo que se aleje de este.

Una pluralidad de aplicadores de presión, del tipo mostrado en la figura 5 o la figura 6, se pueden situar adyacentes a la sección de la cadena de rodillos 20 orientada hacia el tambor 19, de manera que se acoplen con cada rodillo loco en la cadena de rodillos 20 que entra en contacto con el material en banda, que pasa entre la cadena de rodillos 20 y el tambor 19, o únicamente con los rodillos locos en contacto seleccionados (p. ej., rodillos locos alternos).

Las **figuras 7A-7C** muestran la progresión de la cadena de rodillos en una realización en la que un grupo de aplicadores de presión estática (del tipo que se muestra en la figura 5) coopera con la cadena de rodillos 20 para aplicar presión sobre el tambor 19, de modo que la presión experimentada por los rodillos locos de la cadena realice

una transición fluida de un rodillo loco al siguiente. Cada una de las figuras 7A-7C representa una instantánea en un momento diferente en la progresión de la cadena de rodillos.

5 Para medir la carga sobre los rodillos locos divulgados en la presente se pueden emplear células de carga o las presiones hidráulicas/neumáticas se pueden obtener a partir de los sistemas de carga de los rodillos.

10 Se debe sobreentender que se contemplan diversas modificaciones del sistema de fabricación mostrado en la figura 4. En una realización alternativa, la unidad 10 que contiene el bastidor y la sección de extensión 12 se sustituyen por mecanismos para suministrar una banda continua de tejido autoportante. La banda de tejido autoportante puede ser un tejido entrelazado o un tejido no entrelazado (p. ej., un tejido no ondulado) compuesta de fibras de refuerzo.

15 Por otra parte, la figura 4 muestra un método de impregnación de dos películas, en el que una película de resina superior y una película de resina inferior se presionan contra las superficies superior e inferior de la banda de fibras, respectivamente, de modo que la banda de fibras quede intercalada entre las dos películas de resina. No obstante, se debe sobreentender que se puede modificar el mismo sistema de fabricación con el fin de incorporar películas de resina adicionales para la impregnación. A modo de ejemplo, se puede añadir una zona de impregnación adicional tras la zona de impregnación 16 y se pueden aplicar películas de resina adicionales tanto sobre la superficie superior como la superficie inferior del material en banda impregnado que sale de la zona de impregnación 16, de la misma manera que para aplicar las películas de resina 13a y 13b, aunque con la retirada de los papeles antiadherentes de ambos lados del material en banda que sale de la zona de impregnación 16.

20 El proceso RSI divulgado en la presente desvincula la tasa de infiltración de la resina (presión, viscosidad y limitaciones de tiempo) de la tasa de producción al mover los puntos de presión (es decir, los puntos de contacto) con el material en banda, de modo que el material en banda experimente un intervalo más prolongado sometido a presión, aunque el material en banda y los puntos de contacto se estén moviendo rápido. La utilización de un tambor rotativo tal como se muestra en la figura 4 en lugar de una segunda cinta o una placa plana, tal como se conoce en la técnica anterior, mitiga las dificultades asociadas con la alineación de los rodillos superior e inferior y la fricción estática de la placa que desgarraría el papel.

25 Las fibras de refuerzo para fabricar los preimpregnados pueden adoptar la forma de fibras continuas, haces de filamentos o tejidos entrelazados o no entrelazados autoportantes. Las estructuras de fibra pueden comprender una pluralidad de haces de filamentos, cada uno de los cuales está compuesto por múltiples filamentos, p. ej., de 3 a 12 mil filamentos. Los tejidos no entrelazados pueden incluir tejidos no ondulados en los que los haces de filamentos se pueden mantener en posición mediante puntadas cruzadas, puntadas de punto de inserción de trama o una pequeña cantidad de aglutinante de resina, tal como una resina termoplástica.

30 El material de fibra incluye, aunque sin carácter limitante, vidrio (incluyendo vidrio eléctrico o de clase E), carbono, grafito, aramida, poliamida, polietileno (PE) de alto módulo, poliéster, poli-p-fenilen-benzoxazol (PBO), boro, cuarzo, basalto, cerámica y sus combinaciones. Para la fabricación de materiales compuestos de alta resistencia, p. ej., para aplicaciones aeroespaciales y de automoción, se prefiere que las fibras de refuerzo tengan una resistencia a tracción superior a 3500 MPa.

35 En general, la resina matriz para impregnar las fibras de refuerzo se basa en un sistema de resina curable que contiene resinas termoestables o termoplásticas como componente principal en combinación con cantidades menores de aditivos, tales como agentes de curado, catalizadores, comonomeros, agentes de control de la reología, agentes de pegajosidad, modificadores de la reología, rellenos inorgánicos u orgánicos, agentes endurecedores termoplásticos o elastoméricos, estabilizadores, inhibidores, pigmentos/tintes, retardantes de llama, diluyentes reactivos y otros aditivos ampliamente conocidos por aquellos que son expertos en la técnica, para modificar las propiedades de la matriz de resina antes o después del curado.

40 Las resinas termoestables pueden incluir, aunque sin carácter limitante, epoxi, resina de poliéster insaturada, bismaleimida, poliimida, éster de cianato, fenólica, etc. En una realización, la matriz de resina es una formulación de resina de base epoxídica que contiene una o más resinas epoxídicas multifuncionales (es decir, poliepóxidos) como componente polimérico principal.

45 Resinas epoxídicas adecuadas incluyen derivados poliglicidílicos de diamina aromática, monoaminas primarias aromáticas, aminofenoles, fenoles polihídricos, alcoholes polihídricos, ácidos policarboxílicos. Ejemplos de resinas epoxi adecuadas incluyen éteres poliglicidílicos de bisfenoles, tales como bisfenol A, bisfenol F, bisfenol S, y bisfenol K; y éteres poliglicidílicos de novolacas a base de cresol y fenol.

50 La adición de agente(s) de curado y/o catalizador(es) puede aumentar la tasa de curado y/o reducir las temperaturas de curado de la resina matriz. El agente de curado para resinas termoestables se selecciona de manera adecuada a partir de agentes de curado conocidos, por ejemplo, guanidinas (incluyendo las guanidinas sustituidas), ureas (incluyendo las ureas sustituidas), resinas de melamina, derivados de guanamina, aminas (incluyendo aminas primarias y secundarias, aminas alifáticas y aromáticas), amidas, anhídridos (incluyendo anhídridos policarboxílicos) y sus mezclas.

5 La resina matriz puede incluir agentes endurecedores tales como polímeros termoplásticos y elastoméricos, y partículas poliméricas tales como partículas de caucho con núcleo y cubierta, partículas de poliimida y partículas de poliamida. La resina matriz también puede incluir rellenos inorgánicos tales como polvo de cuarzo de sílice ahumada, alúmina y rellenos laminares tales como mica, talco o arcilla (p. ej., caolín).

10 Con el fin de formar las películas de resina para la fabricación de preimpregnados, la resina matriz se puede preparar en forma líquida y posteriormente recubrir un papel antiadherente (es decir, un soporte) para formar una película de peso superficial adecuado. Después del secado, la película de resina se enrolla a continuación en un rollo de suministro.

### **Ejemplo**

15 A modo de ejemplo, se puede realizar un preimpregnado con un ancho de 12.5 in impregnando una capa de fibras de carbono unidireccionales con unas películas de resina de base epoxídica (p. ej., CYCOM 977-3 de Cytac Industries Inc.; peso superficial de la película 35 g/m<sup>2</sup> por lado) utilizando el sistema de impregnación mostrado en la figura 4 basándose en los siguientes parámetros:

Velocidad de la línea = 15 m/min (o 50 ft/min)

20 Presión en el tiempo = 7 MPa•s

Temperatura del rodillo de precalentamiento = 120 °C

25 Viscosidad de la resina durante la impregnación = 3000 cP

Temperatura del rodillo enfriador = 25°C

## REIVINDICACIONES

1. Un método de impregnación de un material fibroso con una resina curable para formar un preimpregnado, que comprende:
- 5 formar un material en banda continuo (15) que comprende una capa de material fibroso (11) entre dos películas (13a, 13b) de resina curable;
- 10 transportar el material en banda a lo largo de una trayectoria de desplazamiento y a través de al menos un punto de contacto a presión móvil formado entre un rodillo de presión móvil y una superficie de soporte móvil (19),
- 15 caracterizado por que el rodillo de presión móvil y la superficie de soporte móvil se desplazan a velocidades diferentes entre sí, lo que da como resultado una velocidad relativa  $V_{rel}$  entre el material en banda y el punto de contacto a presión, y
- 20 donde el o los puntos de contacto a presión móviles se desplazan en la misma dirección que el material en banda mientras se aplica una presión suficiente como para comprimir el material en banda y afectar la impregnación del material fibroso con la resina curable.
2. El método de la reivindicación 1, donde al menos un punto de contacto a presión móvil aplica una presión en el tiempo de hasta 10 MPa\*s para afectar la impregnación completa, y
- 25 la presión en el tiempo se define como  $P/V_{rel}$ , donde P es la fuerza lineal aplicada sobre el material en banda y  $V_{rel}$  es tal como se define en la reivindicación 1.
3. El método de la reivindicación 2, donde el material en banda (15) se transporta a través de una pluralidad de puntos de contacto a presión móviles configurados para establecer una presión en el tiempo de hasta 10 MPa\*s durante la impregnación.
- 30 4. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el material en banda (15) se desplaza a una velocidad de 15 m/min o superior.
- 35 5. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la superficie de soporte móvil la proporciona un tambor rotativo (19) que tiene una superficie circunferencial exterior, donde el material en banda envuelve una parte de la superficie circunferencial exterior del tambor a medida que el tambor rota durante la impregnación, y
- 40 el o los puntos de contacto a presión móviles comprenden una pluralidad de puntos de contacto a presión móviles, que son creados por una cadena de rodillos sin fin (20) de rodillos locos unidos que giran en una dirección opuesta a la dirección de rotación del tambor rotativo, mientras que algunos rodillos locos en la cadena de rodillos se presionan contra una parte de la superficie circunferencial del tambor y contra el material en banda que pasa entre ellos.
- 45 6. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde, antes de ser transportado a través de al menos un punto de contacto a presión móvil, se calienta el material en banda (15) para reducir la viscosidad de la resina curable, de modo que la resina esté en un estado fundido, y después de la impregnación se enfría el material en banda para aumentar la viscosidad de la resina en su interior.
- 50 7. El método de la reivindicación 6, donde el calentamiento del material en banda (15) se proporciona mediante un rodillo de precalentamiento (18) situado antes del tambor rotativo, a lo largo de la trayectoria de desplazamiento del material en banda, y el enfriamiento del material en banda se proporciona mediante un rodillo enfriador (21) situado tras el tambor rotativo.
- 55 8. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la resina curable comprende al menos una resina termoestable como componente principal.
- 60 9. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la capa de material fibroso se selecciona a partir de un material que comprende unas fibras continuas unidireccionales (11) dispuestas paralelas entre sí con un pequeño espacio entre las fibras adyacentes o un material en forma de un tejido continuo autoportante.
- 65 10. Un sistema de fabricación de preimpregnados, que comprende:



una unidad de suministro de fibras (10) para suministrar una capa continua de material fibroso;

medios para suministrar una primera película de resina (13a) y una segunda película de resina (13b);

5 medios para colocar la primera película de resina sobre una superficie de la capa de material fibroso y medios para colocar la segunda película de resina sobre una superficie opuesta de la capa de material fibroso, de modo que el material fibroso quede intercalado entre la primera y segunda película de resina; y

10 una zona de impregnación (16) tras los medios de colocación de la primera y segunda película de resina sobre la capa de material fibroso, comprendiendo la zona de impregnación:

(i) una superficie de soporte móvil (19) para soportar un material en banda durante la impregnación;

15 (ii) una cadena de rodillos sin fin (20) que contiene una pluralidad de rodillos locos rotativos unidos, estando orientada una parte de la cadena de rodillos hacia la superficie de soporte móvil;

(iii) unos aplicadores de presión (53, 54) para presionar al menos algunos de los rodillos locos que están orientados hacia la superficie de soporte contra la superficie de soporte para formar los puntos de contacto a presión; y

20 (iv) medios para transportar un material en banda a lo largo de una trayectoria de desplazamiento y a través de los puntos de contacto a presión,

caracterizado por que

25 la superficie de soporte móvil está configurada para moverse a una primera velocidad durante el funcionamiento y la cadena de rodillos está configurada para girar a una segunda velocidad, diferente de la primera velocidad, de manera que se establezca una velocidad relativa entre la cadena de rodillos giratoria y la superficie de soporte móvil, y donde los movimientos relativos de la superficie de apoyo y la cadena de rodillos crean puntos de contacto a presión que se mueven en la misma dirección que la dirección de movimiento de la superficie de apoyo y a una velocidad relativa  $V_{rel}$  con respecto al material en banda.

35 11. El sistema de la reivindicación 10, donde la superficie de soporte móvil la proporciona un tambor rotativo (19), que está configurado para rotar en una dirección de rotación opuesta a la dirección de rotación de la cadena de rodillos (20).

40 12. El sistema de la reivindicación 11, donde la zona de impregnación (16) comprende además un rodillo de precalentamiento (18), situado a lo largo de la trayectoria de desplazamiento del material en banda y antes de los puntos de contacto a presión, para calentar el material en banda antes de la impregnación, y un rodillo enfriador (21) situado tras los puntos de contacto a presión para enfriar el material en banda después de la impregnación.

45 13. El sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, donde la unidad de suministro de fibras comprende:

al menos un bastidor que soporta una pluralidad de bobinas alrededor de las cuales se enrollan los haces de fibras continuos (11), comprendiendo cada haz de fibras una pluralidad de filamentos de fibras, y

50 una unidad de extensión de fibras (12) situada tras el o los bastidores, estando configurada la unidad de extensión de fibras para extender los haces de fibras en filamentos continuos de fibras unidireccionales.

14. El sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, donde la unidad de suministro de fibras se dispone para suministrar un tejido continuo autoportante, tal como la capa continua de material fibroso.

55 15. El sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 14, que comprende además una sección de enrollado (24) situada tras la zona de impregnación para enrollar el material en banda que sale de la zona de impregnación.

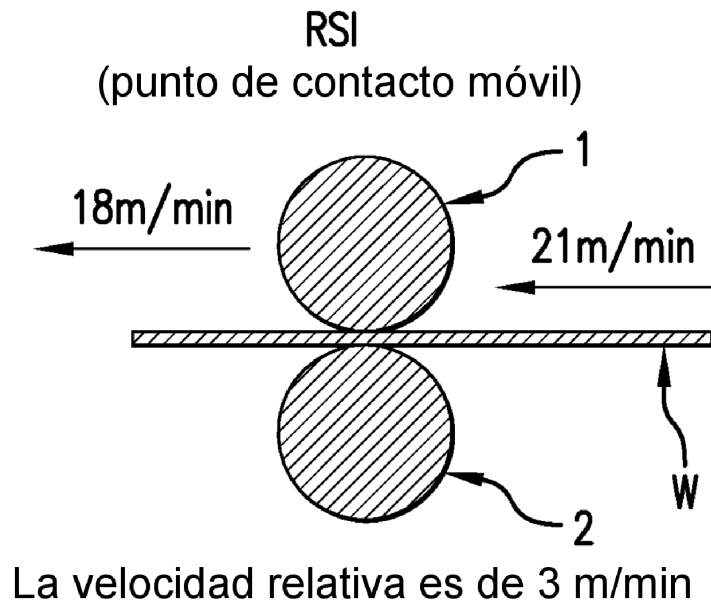


FIG.1

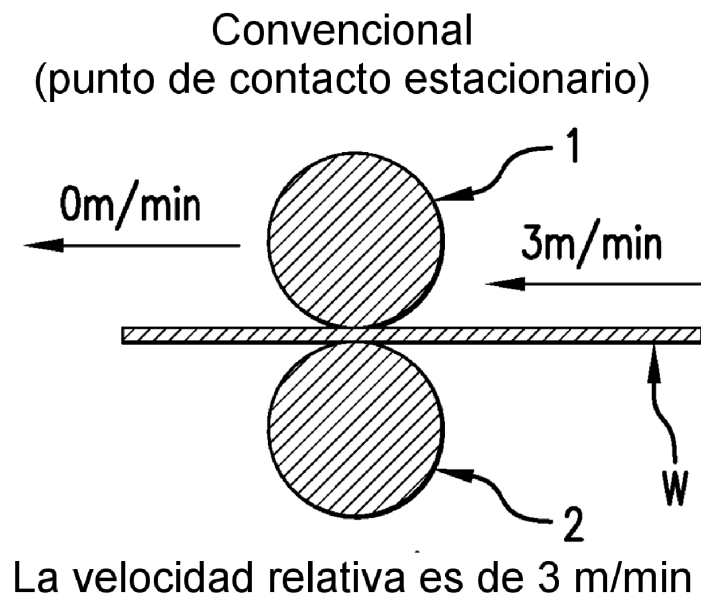
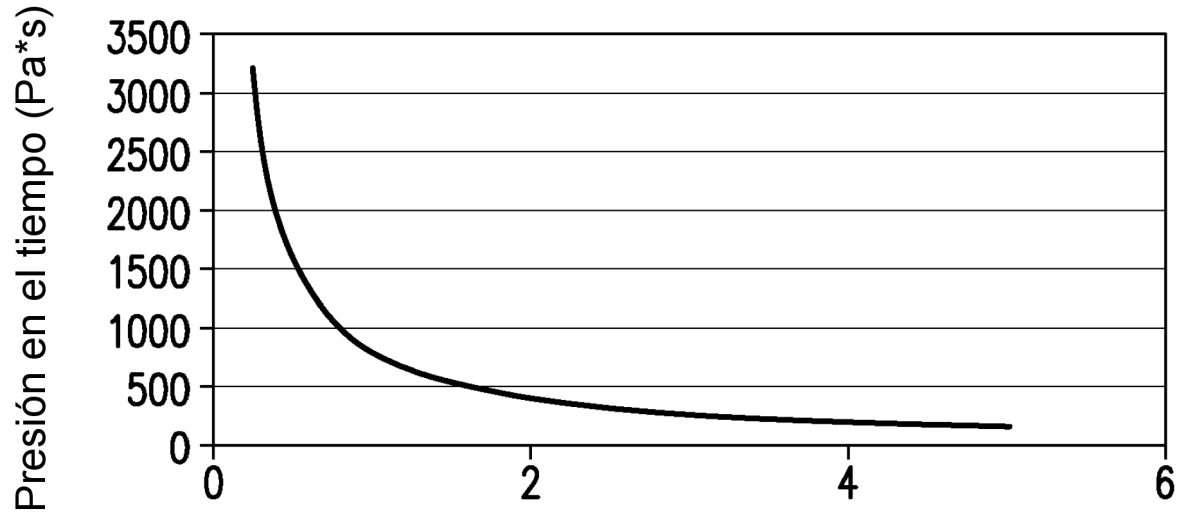


FIG.2

Relación entre la presión en el tiempo y la velocidad de la línea



Velocidad relativa entre la banda y el punto de contacto (m/min)

**FIG.3**

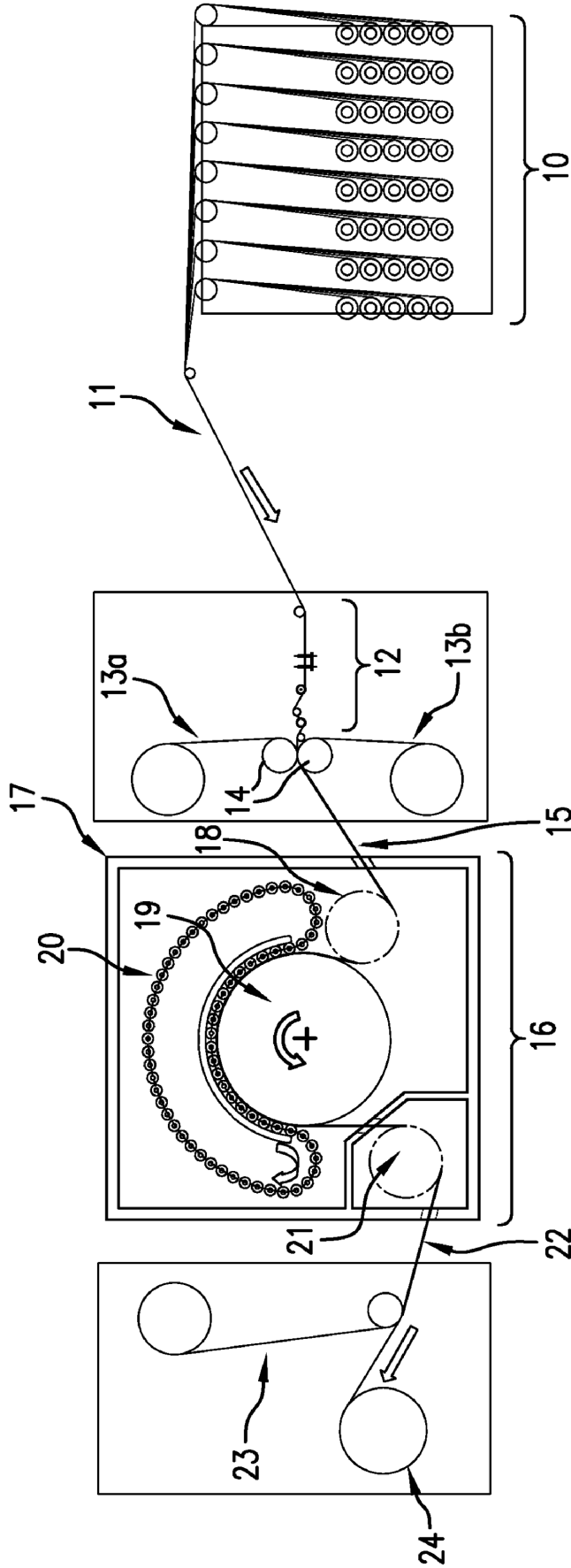


FIG.4

