

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 021 265**

51 Int. Cl.:

B29B 11/16

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.11.2023** **E 23209546 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.03.2025** **EP 4385699**

54 Título: **Preforma en forma de pi y juntas unidas de la misma**

30 Prioridad:

14.12.2022 US 202218065850

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

26.05.2025

73 Titular/es:

LOCKHEED MARTIN CORPORATION (100.00%)
6801 Rockledge Drive
Bethesda, Maryland 20817, US

72 Inventor/es:

KOON, ROBERT WARNER;
NGUYEN, FELIX NHANCHAU;
HECHT, DANIEL H. y
ROUSSEAU, CARL Q.

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 3 021 265 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

Preforma en forma de pi y juntas unidas de la misma

5 Campo técnico

Esta divulgación se refiere en general a soportes estructurales que unen materiales similares o diferentes, y más en particular a preformas en forma de pi y juntas unidas de las mismas.

10 Antecedentes

Las estructuras compuestas integradas se reconocen como materiales prometedores para reducir el peso de estructura de aeronave y el costo de fabricación. Las preformas en pi tejidas en 3D actualmente proporcionan un método de punto de referencia para lograr juntas robustas unidas de manera adhesiva en estructuras de aeronaves compuestas. Sin embargo, el costo de las preformas en pi tejidas en 3D es prohibitivo para numerosas aplicaciones que se beneficiarían de juntas adhesivas de alto rendimiento. US7905975 divulga una preforma en forma de pi construida a partir de paños de fibra de refuerzo que comprenden fibras continuas unidireccionales.

20 Sumario de la divulgación

Los sistemas y métodos de la presente divulgación proporcionan varias ventajas técnicas con respecto a la tecnología anterior de preformas en forma de pi, que incluyen (i) costo reducido de fabricación en comparación a preformas de pi tejidas en 3D; (ii) mejorada resistencia al esfuerzo cortante (por ejemplo, las realizaciones de la preforma en forma de pi proporcionada en la presente demuestran una resistencia al esfuerzo cortante de -220% de las preformas de pi en 3D de punto de referencia); y (iii) excelente capacidad de formación provocada, en parte, por las fibras alineadas discontinuas en el preimpregnado que permite la creación de una formación compleja de las preformas en forma de pi en tanto que se mantienen las propiedades mecánicas (por ejemplo, mejorar la resistencia al esfuerzo cortante y la resistencia a la extracción comparativa).

De acuerdo con una realización, la presente divulgación proporciona una preforma en forma de pi que comprende un componente de base y un par de patas alargadas axialmente acopladas al componente de base para definir un canal entre las patas alargadas axialmente. El par de patas alargadas axialmente que comprenden capas de preimpregnado orientadas en una pila de capas, y al menos una porción del preimpregnado comprende fibras alineadas discontinuas, en donde las capas individuales de preimpregnado orientadas en la pila de capas en un ángulo de 0 grados o 90 grados con relación a un primer eje comprenden fibras alineadas continuas, y las capas individuales de preimpregnado orientadas en la pila de capas en un ángulo distinto de 0 grados o 90 grados con relación al primer eje comprenden fibras alineadas discontinuas.

De acuerdo con otra realización, la presente divulgación proporciona un montaje de junta en pi que comprende la preforma en forma de pi anterior. La junta en pi comprende un primer material, por ejemplo, en la forma de un revestimiento, acoplado al componente de base, y un segundo material, por ejemplo, en la forma de una banda, acoplado a una superficie interna del canal entre las patas alargadas axialmente.

De acuerdo con una realización, la presente divulgación proporciona un método para fabricar una preforma en forma de pi. El método comprende colocar capas de preimpregnado para un componente de base y un par de patas alargadas axialmente, y formar térmicamente las capas de preimpregnado en una forma del componente de base y el par de patas alargadas axialmente, y unir el par de patas alargadas axialmente al componente de base para formar la preforma en forma de pi. Al menos una porción del preimpregnado comprende fibras alineadas discontinuas, en donde las capas individuales de preimpregnado orientadas en la pila de capas en un ángulo de 0 grados o 90 grados con relación a un primer eje comprenden fibras alineadas continuas, y las capas individuales de preimpregnado orientadas en la pila de capas en un ángulo distinto de 0 grados o 90 grados con relación al primer eje comprenden fibras alineadas discontinuas.

Otras ventajas técnicas serán fácilmente evidentes para un experto en la técnica a partir de las siguientes figuras, descripciones, y reivindicaciones. Además, en tanto que las ventajas específicas se han enumerado anteriormente, diversas realizaciones pueden incluir todas, algunas, o ninguna de las ventajas enumeradas.

Breve descripción de las figuras

Para una comprensión más completa de la presente divulgación y sus ventajas, ahora se hace referencia a la siguiente descripción, tomada en conjunto con las figuras anexas, en las que:

La figura 1 ilustra una preforma en forma de pi, de acuerdo con ciertas realizaciones;

La figura 2 ilustra una capa individual de la preforma en forma de pi de la figura 1, de acuerdo con ciertas realizaciones;

La figura 3 ilustra una pila de capas de la preforma en forma de pi de la figura 1, de acuerdo con ciertas realizaciones;

5 La figura 4 ilustra un montaje de junta en pi, de acuerdo con ciertas realizaciones; y

La figura 5 ilustra un diagrama de flujo para un método para fabricar una preforma en forma de pi, de acuerdo con ciertas realizaciones.

10 Descripción detallada de la divulgación

Las preformas en pi tejidas en 3D se usan actualmente para lograr juntas unidas de manera adhesiva en estructuras de aeronaves compuestas. El costo de las preformas en pi tejidas en 3D es prohibitivo para una cantidad de aplicaciones que se beneficiarían de las juntas adhesivas de alto rendimiento. Para abordar estos y otros desafíos asociados con las preformas en pi tejidas en 3D habituales, las realizaciones divulgadas proporcionan una preforma en forma de pi que es una alternativa de bajo costo a las preformas en pi tejidas en 3D, con un sacrificio de rendimiento mínimo a ninguno o incluso un rendimiento más alto. Por lo tanto, las preformas en forma de pi proporcionadas de la presente divulgación permiten el uso de configuraciones de junta en pi en un intervalo más amplio de aplicaciones dentro de diseños compuestos.

Para facilitar una mejor comprensión de la presente divulgación, se proporcionan los siguientes ejemplos de ciertas realizaciones. De ninguna manera se deben leer los siguientes ejemplos para limitar, o definir, el alcance de la divulgación. Las realizaciones de la presente divulgación y sus ventajas se pueden entender mejor al referirse a las figuras incluidas, donde los números similares se usan para indicar partes similares y correspondientes.

La figura 1 es una ilustración esquemática de un elemento de preforma en forma de pi o "preforma" 10 de acuerdo con una realización de la presente divulgación. Cuando se ve en sección transversal, la preforma 10 se asemeja a una letra griega invertida *n* o "pi" que tiene un componente de base 12 y un par de patas que se extienden axialmente 14, 16 acopladas al componente de base 12. El par de patas que se extienden axialmente 14, 16 puede estar perpendicular al componente de base 12 o en ángulo para ajustarse a la estructura. Se define un canal 18 entre las patas alargadas axialmente 14, 16. En algunas realizaciones, el canal 18 es una junta de abrazadera.

En algunas realizaciones, la preforma en forma de pi 10 es un material compuesto que se puede formar por varios componentes. Por ejemplo, las patas alargadas axialmente 14, 16 se pueden formar al acoplar un componente en forma de U 20 a un primer componente en forma de L 22 y un segundo componente en forma de L 24 colocado opuesto al primer componente en forma de L 22. Un agente de relleno 26 se coloca en un primer espacio formado entre el componente en forma de U 20 y el primer componente en forma de L 22, y el agente de relleno 26 se coloca en un segundo espacio formado entre el componente en forma de U 20 y el segundo componente en forma de L 24. En algunas realizaciones, se coloca un adhesivo opcional 28 entre los diversos componentes para acoplarlos entre sí de manera directa o indirectamente. Por ejemplo, el adhesivo 28 se puede colocar entre: (i) el componente en forma de U 20 y el primer componente en forma de L 22; (ii) el componente en forma de U 20 y el segundo componente en forma de L; (iii) el primer componente en forma de L 22 y el componente de base 12; y (iv) el segundo componente en forma de L y el componente de base 12 para acoplar los respectivos componentes conjuntamente. El adhesivo 28 también se puede colocar entre el componente en forma de U 20 y el agente de relleno 26.

En algunas realizaciones, la preforma en forma de pi 10 incluye capas de preimpregnado 30 orientadas en una pila de capas. La figura 2 es una ilustración esquemática de una capa individual de preimpregnado 30, y la figura 3 es una ilustración esquemática de capas de preimpregnado 30 orientadas en una pila de capas. En algunas realizaciones, el componente de base 12 y el par de patas alargadas axialmente 14, 16 incluyen cada uno capas de preimpregnado 30. Por ejemplo, el componente en forma de U 20, el primer componente en forma de L 22 y el segundo componente en forma de L 24 en las patas alargadas axialmente 14, 16 pueden incluir cada uno capas de preimpregnado 30 arregladas en una respectiva pila de capas 36.

Al permitir que las preformas en pi se compongan de capas discretas de material compuesto de fibra alineado, las orientaciones y los volúmenes de las capas se pueden adaptar de manera fácil y rentable para cumplir con los requisitos mecánicos de cada aplicación de unión. Las preformas en pi tejidas en 3D actuales no se pueden alterar de manera rápida o rentable para cumplir con los requisitos mecánicos específicos.

En algunas realizaciones, las capas de preimpregnado 30 comprenden una matriz polimérica 32. En algunas realizaciones, el preimpregnado 30 comprende de 10% a 60% (p/p) de una matriz polimérica 32, con base en el peso total del preimpregnado 30. En algunas realizaciones, el preimpregnado 30 comprende al menos 10%, al menos 20%, al menos 25%, al menos 30% a menos de 35%, menos de 40%, menos de 45%, menos de 50%, menos de 55%, o menos de 60% (p/p), basado en el peso total del preimpregnado 30. En algunas realizaciones, la matriz polimérica 32 comprende una resina termoplástica, una resina termoestable, o combinaciones de las mismas.

- Las resinas termoplásticas adecuadas incluyen, pero no se limitan a, ácido poliacrílico, éster poliacrílico, poli(metilmetacrilato), polímero de acrilonitrilo butadieno estireno, poliamida, ácido poliláctico, polibencimidazol, policarbonato, poliéter sulfona, polioximetileno, poliéter éter cetona, poliaril-éter-cetona, polieterimida, polietileno, 5 óxido de polifenileno, sulfuro de polifenileno, polipropileno, poliestireno, cloruro de polivinilo, fluoruro de polivinilideno, politetrafluoroetileno, o combinaciones de los mismos. En algunas realizaciones, el termoplástico es un polímero comercial o un oligómero que tiene un peso molecular más bajo que un polímero comercial.
- Las resinas termoestables adecuadas incluyen, pero no se limitan a, poliéster, poliuretano, poliurea, caucho vulcanizado, polímeros de fenol-formaldehído, polímero de melamina, polímero de bismaleimida (resina BMI), poliepóxido (resina epoxi), polibenzoxazina, polimida, policianurato, polifurano, polisilicona, polifenol, éster de polivinilo, politolito, o combinaciones de los mismos. En algunas realizaciones, el termoestable es un polímero comercial o un oligómero que tiene un peso molecular más bajo que un polímero comercial.
- 10 En algunas realizaciones, el preimpregnado 30 incluye un endurecedor. En algunas realizaciones, el preimpregnado 30 incluye de 0,1% a 15% (p/p) de un agente endurecedor o reticuladores, con base en el peso total del preimpregnado 30. En algunas realizaciones, el preimpregnado 30 incluye al menos 0,1% del endurecedor, o al menos 1%, al menos 2%, al menos 3%, al menos 4%, o al menos 5% a menos de 10%, menos de 11%, menos de 12%, menos de 13%, menos de 14%, o menos de 15% (p/p) del endurecedor, con base en el peso total del preimpregnado 30.
- Los endurecedores adecuados incluyen, pero no se limitan a, polietilentetraamina, diciandiamida, fenilendiamina (particularmente el meta-isómero), bis(4-amino-3,5-dimetilfenil) -1,4-diisopropilbenceno, bis(4-amino-fenil)-1,4-diisopropilbenceno, dietiltolueno diamina, metilen dianilina, mezclas de compuestos de metilen dianilina y polimetilen polianilina, diaminodifenilsulfona, endurecedores fenólicos, o combinaciones de los mismos.
- 25 En algunas realizaciones, el preimpregnado 30 incluye un aditivo. En algunas realizaciones, el preimpregnado 30 comprende de 0,1% a 50% (p/p) de un aditivo, con base en un peso total del preimpregnado 30. En algunas realizaciones, el preimpregnado 30 incluye al menos 0,1% (p/p) del aditivo, o al menos 1%, al menos 2%, al menos 3%, al menos 4%, o al menos 5% a menos de 10%, menos de 15%, menos de 20%, menos de 25%, menos de 30%, menos de 40%, o menos de 50% (p/p) del aditivo, con base en el peso total del preimpregnado 30.
- Los aditivos de ejemplo incluyen cargas, aceleradores, o combinaciones de los mismos. Los agentes de relleno adecuados incluyen, pero no se limitan a, carbonato de calcio, caolín, hidróxido de magnesio, wollastonita, sílice, negro de carbón, ceniza volante, nano-agentes de relleno (por ejemplo, nanotubos de carbono, grafeno), perlas de espuma de polímero, cauchos carboxilados o combinaciones de los mismos. Los aceleradores adecuados incluyen, pero no se limitan a, 3-fenil-1,1-dimetil urea, 3-(3-clorofenil)-1,1-dimetilurea, 3-(3,4-diclorofenil)-1,1-dimetil urea, 2,4-tolueno bisdimetil urea, 2,6-tolueno bisdimetil urea, o combinaciones de los mismos.
- 35 La formación de formas complejas (por ejemplo, componentes en forma de L y componentes en forma de U) en preforma en forma de pi usando materiales compuestos de fibra continua es difícil sin defectos excesivos tal como arrugas de la capa que se presentan durante el proceso de formación. Estos defectos conducen a un rendimiento mecánico inaceptable en la preforma en forma de pi 10. Con respecto a la figura 2, el preimpregnado 30 incluye fibras alineadas discontinuas 34 incrustadas en el mismo. Como se utiliza en la presente, el término "discontinuo" se refiere a las fibras 34 en el preimpregnado 30 que incluyen al menos una separación o intervalo conforme la fibra 34 se extiende a lo largo de un eje 44 en el preimpregnado 30. En algunas realizaciones, las fibras 34 se alinean en un ángulo de menos de 5 grados desde el eje 44 en el preimpregnado individual 30, o en un ángulo de menos de 4 grados, menos de 3 grados, menos de 2 grados, menos de 1 grado, o menos de 0,5 grados desde el eje 44 en el preimpregnado individual 30.
- En algunas realizaciones, el preimpregnado 30 comprende de 30% a 85% (p/p) de fibras alineadas discontinuas 34, con base en el peso total del preimpregnado 30. En algunas realizaciones, el preimpregnado 30 comprende al menos 30% (p/p) de fibras alineadas discontinuas 34, o al menos 35%, al menos 40%, al menos 45%, al menos 50%, al menos 55% a menos de 60%, menos de 65%, menos de 70%, menos de 75%, menos de 80%, o menos de 85% (p/p) de las fibras alineadas discontinuas 34. Las fibras alineadas discontinuas adecuadas 34 incluyen, pero no se limitan a, fibras de carbono, fibras de vidrio, fibras de aramida, fibras de grafito, fibras de boro, o combinaciones de los mismos. En algunas realizaciones, las fibras alineadas discontinuas 34 tienen una longitud de fibra nominal de al menos 0,635 cm (0,25 pulgadas), al menos 1,27 cm (0,5 pulgadas), al menos 2,54 cm (1 pulgada), al menos 3,81 cm (1,5 pulgadas), al menos 5,08 cm (2 pulgadas) a menos de 6,35 cm (2,5 pulgadas), menos de 7,62 cm (3 pulgadas), menos de 8,89 cm (3,5 pulgadas) o menos de 10,6 cm (4 pulgadas). En algunas realizaciones, las fibras alineadas discontinuas 34 tienen aproximadamente la misma longitud de fibra nominal (por ejemplo, la longitud de fibra nominal para cada una de las discontinuas, alineadas está dentro de 0,1% a 10% de la longitud de fibra nominal).
- Con referencia a la figura 3, las capas de preimpregnado 30 se pueden arreglar en una pila de capas 36. La pila de capas 36 incluye una estratificación de capas individuales de preimpregnado 30. En algunas realizaciones, las

capas de preimpregnado 30 se pueden apilar tal que la orientación de las fibras alineadas discontinuas 34 difiera entre capas adyacentes de preimpregnado 30 en la pila de capas 36. Por ejemplo, las fibras alineadas discontinuas 34 en un primer preimpregnado 38 se pueden alinear a lo largo de un primer eje 40, en tanto que las fibras alineadas discontinuas 34 en un segundo preimpregnado 42 adyacente al primer preimpregnado 38 se pueden alinear a lo largo de un segundo eje 44. El segundo eje 44 se puede colocar en un ángulo 46 con respecto al primer eje 40. El ángulo 46 puede ser cualquier ángulo, pero en algunas realizaciones de ejemplo, el ángulo 46 es ± 30 grados, ± 45 grados, ± 60 grados, o ± 90 grados.

En algunas realizaciones, las capas de preimpregnado 30 se arreglan en una secuencia de capas dentro de la pila de capas 36. Como se utiliza en la presente, el término "secuencia de capas" se refiere a una disposición de pila para las capas de preimpregnado 30 que se repite de principio a fin de al menos una porción de la pila de capas 36 o de principio a fin de toda la pila de capas 36. La secuencia de capas se puede seleccionar con base en las propiedades estructurales deseadas de la preforma con forma de pi 10. En un ejemplo no limitante, las capas de preimpregnado 30 para el componente de base 12 o las patas alargadas axialmente 14, 16 se pueden arreglar en una secuencia de capas seleccionada de [45/0/-45/90]s o [0/45/-45/0/-45/45/90/45/-45/0/-45/45/0]t, donde 0 se refiere a fibras alineadas discontinuas 34 que se orientan para alinearse con el primer eje 40. La capacidad para adaptar la secuencia de capas, de esta manera, para lograr el rendimiento anisotrópico deseado en la preforma en forma de pi general 10 proporciona un rendimiento mecánico superior en comparación a las preformas de pi tejidas en 3D actuales.

Como se analiza anteriormente, las fibras alineadas discontinuas 34 ofrecen una combinación de capacidad de formación y rendimiento para lograr geometrías complejas en forma de pi. Además, las pilas de capas 36 y las estratificaciones específicas se pueden adaptar para impulsar el rendimiento de la preforma en forma de pi 10, en tanto que se reduce el costo en comparación a las tecnologías convencionales. En algunas realizaciones, cada una de las capas individuales de preimpregnado 30 en la pila de capas 36 comprende fibras alineadas discontinuas 34. Sin embargo, para algunas aplicaciones, puede ser deseable incrementar la resistencia de la preforma en forma de pi 10. Por consiguiente, en algunas realizaciones, al menos una porción de las capas individuales de preimpregnado 30 en la pila de capas 36 puede incluir fibras alineadas continuas. Como se usa en la presente, el término "continuo" se refiere a una fibra 34 que se extiende a toda la longitud del preimpregnado 30 sin separaciones o intervalos, o fibras 34 que se extienden al menos 90%, o al menos 95%, o al menos 99% de la longitud del preimpregnado 30 sin separaciones o intervalos. En algunas realizaciones, las capas individuales de preimpregnado 30 orientadas en la pila de capas 36 en un ángulo de 0 grados, 90 grados o 180 grados con relación al primer eje 40 comprenden fibras alineadas continuas, en tanto que las capas individuales de preimpregnado 30 orientadas en la pila de capas en un ángulo distinto de 0 grados, 90 grados o 180 grados con relación al primer eje 40 comprenden fibras alineadas discontinuas 34.

La figura 4 ilustra un montaje de junta en pi 48 de acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación. El montaje de junta en pi 48 incluye una preforma en forma de pi 10 que tiene los mismos componentes que se describen en las figuras 1-3. La preforma en forma de pi 10 se puede utilizar para unir un primer material 50 a un segundo material 52. En algunas realizaciones, el primer material 50 es un revestimiento de una aeronave y el segundo material 52 es una banda de una aeronave. En algunas realizaciones, el primer y segundo materiales 50, 52 pueden ser materiales metálicos o compuestos. El primer material 50 se puede acoplar al componente de base 12 de la preforma en forma de pi 10, y el segundo material 52 se puede acoplar a una superficie interna 54 del canal 18 entre las patas alargadas axialmente 14, 16. En algunas realizaciones, un adhesivo opcional 28 (no mostrado en la figura 4) acopla el primer material 50 al componente de base 12 y el segundo material 52 a las patas alargadas axialmente 14, 16.

En algunas realizaciones, el primer material 50 es un material compuesto termoestable, donde el material compuesto termoestable puede estar no curado, parcialmente curado o completamente curado. En algunas realizaciones, el segundo material 52 es un material compuesto termoestable, donde el material compuesto termoestable puede estar no curado, parcialmente curado o completamente curado. En algunas realizaciones, el primer material 50 es un material compuesto termoestable y el segundo material 52 es un material compuesto termoestable que comprende la misma o diferente resina y la misma o diferente fibra de las del primer material, en tanto que uno o ambos materiales compuestos termoestables pueden estar no curados, parcialmente curados o completamente curados. En el estado completamente curado, los materiales compuestos termoestables pueden alcanzar las temperaturas máximas de transición vítrea.

La figura 5 ilustra un método 100 para fabricar una preforma en forma de pi 10. El método 100 puede comenzar en la operación 102 que incluye colocar capas de preimpregnado 30 en una pila de capas 36 para el componente de base 12 y el par de patas alargadas axialmente 14, 16. En algunas realizaciones, la operación 102 también puede incluir colocar capas de preimpregnado 30 en una pila de capas para el componente en forma de U 20, el primer componente en forma de L 22 y el segundo componente en forma de L 24. Los materiales utilizados para formar el agente de relleno 26 se cortan al tamaño.

En la operación 104, el método 100 incluye la consolidación y la formación térmica de las capas de preimpregnado 30 en una forma del componente de base 12 y el par de patas alargadas axialmente 14, 16. Por ejemplo, la

operación 104 puede incluir la formación térmica de las capas de preimpregnado 30 en una forma del componente en forma de U 20, el primer componente en forma de L 22 y el segundo componente en forma de L 24. La formación térmica puede incluir calentar las capas de preimpregnado 30 a un perfil térmico adecuado para someter a esfuerzo cortante la matriz polimérica 32 para crear formas estructurales y puede avanzar en los enlaces químicos que unen integralmente las capas de preimpregnado 30 entre sí. Las herramientas de contorno (por ejemplo, formas moldeadas de caucho de silicona, metal u otros materiales) se pueden utilizar como plantillas para formar la pila de capas 36 en la forma deseada del componente de base 12 y el par de patas alargadas axialmente 14,16. La operación 104 puede incluir además colocar las capas de preimpregnado 30 bajo presión o vacío para adaptar las capas de preimpregnado 30 a la forma de las herramientas de límite. Se utilizan herramientas especializadas para consolidar la pila de capas y lograr esquinas puntiagudas sin la formación de arrugas en la preforma final. La operación 104 puede incluir la formación del agente de relleno 26 en una forma como se muestra en la figura 1 utilizando formación y herramienta térmica.

En la operación 106, el método 100 incluye unir el par de patas alargadas axialmente 14, 16 al componente de base 12 para formar la preforma en forma de pi 10. Por ejemplo, la operación 106 puede incluir colocar un agente de relleno 26 en un primer espacio entre el par de patas alargadas axialmente 14, 16 y el componente de base. En algunas realizaciones, la operación 106 puede incluir colocar el agente de relleno 26 en un primer espacio entre el componente en forma de U 20 y el primer componente en forma de L 22, y un agente de relleno 26 en un segundo espacio entre el componente en forma de U 20 y el segundo componente en forma de L 24. La operación 106 puede incluir además unir el primer componente en forma de L 22, el componente en forma de U 20, el segundo componente en forma de L 24 y el componente de base 12 para formar la preforma en forma de pi 10. En algunas realizaciones, el método 100 incluye además fabricar un montaje de junta en pi 48 al unir el primer material 50 al componente de base 12, y el segundo material 52 a una superficie interna 54 del canal 18. La unión puede incluir un compuesto de curado o específicamente un adhesivo que se coloca entre los componentes mencionados anteriormente. El curado del compuesto o el adhesivo se puede realizar a través de cualquier método de curado, tal como curado con luz o curado con calor.

Los siguientes ejemplos se proporcionan para ilustrar la invención, pero no se propone que limiten el alcance de la misma.

Ejemplo 1 y Muestra Comparativa A

Ejemplo 1: Preforma en forma de pi

Se usó preimpregnado Torayca T800/3900-2 en forma discontinua de ET-40 para hacer un componente de base, un primer componente en forma de L, el segundo componente en forma de L, y un componente en forma de U. El componente de base incluía trece capas de preimpregnado arregladas en una secuencia de capas de [0/45/-45/0/-45/45/90/45/-45/0/-45/45/0]t. El primer y segundo componentes en forma de L incluyeron ocho capas de preimpregnado arregladas en una secuencia de capas de [45/0/-45/90]s. El componente en forma de U incluyó ocho capas de preimpregnado arregladas en un [45/0/-45/90]s. Los anchos de capas de pilas de subcomponentes se redujeron cada dos capas para crear un borde ahusado. El agente de relleno se compone de una capa alineada axialmente de preimpregnado T800/3900-2, cortada al ancho para formar el volumen adecuado, laminada, y formada a la forma de agente de relleno con herramientas redondas en una placa plana a aproximadamente 60 grados centígrados. El primer espacio colocado entre el primer componente en forma de L y el componente en forma de U incluye el agente de relleno, y el segundo espacio colocado entre el segundo componente en forma de L y el componente en forma de U incluye el agente de relleno. El submontaje se centra en una base, la herramienta se inserta en el canal y fuera de los componentes en forma de L, se embolsan y se desengrosan y se forman finalmente en el montaje de junta en pi.

Se montó un montaje de junta en pi utilizando la preforma en forma de pi junto con un laminado compuesto de revestimiento y banda compuesto de preimpregnado de resina epoxi Solvay IM7-977-3 que se montó y curó. El panel de banda reforzado con tela de 0,49 cm (0,193 pulgadas) de espesor y la cinta única de 0,675 cm (0,266 pulgadas) de espesor con revestimiento reforzado con capas externas de tela utilizaron una secuencia de pila de preimpregnado casi isotrópica con capas de desprendimiento externas de tela de vidrio/epoxi 977-3. Los paneles curados se cortaron a 17,78 cm (7 pulgadas) de ancho y 93,98 cm (37 pulgadas) de longitud (banda) y 91,44 cm (36 pulgadas) de longitud (revestimiento). El borde de banda que se va a unir se redondeó ligeramente para que coincida mejor con la geometría de abrazadera de la preforma en forma de pi. Se cortaron tiras de 10,16 cm (4 pulgadas) por 91,44 cm (36 pulgadas) de adhesivo 3M AF191 3,83 Pascal (0,08 libras/pie cuadrado) con un portador de punto para cubrir la abrazadera interior y las superficies de la base inferior con exceso de ancho para suministrar exceso de adhesivo al extremo de junta de las áreas de parte. La preforma en forma de pi se construye con el panel de revestimiento centrado en la herramienta de curado plana, la capa desprendible se remueve del centro de 11,43 cm (4,5 pulgadas) de ancho para exponer la superficie epoxi altamente adherible y se aplica una tira de AF191 al centro de la sección desprendida. El montaje de junta en pi se centra en el AF191 y se prensa para adherirse. Los primeros 6,35 cm (2,5 pulgadas) del panel de banda que se va a unir a la junta en pi se desprende en ambas caras para la aplicación de adhesivo. La segunda tira de adhesivo AF191 se pliega por la mitad y se envuelve alrededor de la banda desprendida antes de la inserción en la abrazadera de la preforma en forma de pi.

Las bandas se unen a barras de herramientas verticales y articuladas que mantienen una orientación de 90 grados con relación al panel de revestimiento y tienen sujetadores roscados de aplicación de fuerza para tirar de la banda hacia la abrazadera apretada. Las cuñas compuestas iguales a la altura de apilamiento estimada del revestimiento, los adhesivos y las pilas de juntas de la base y las patas de la preforma en forma de pi se insertan bajo la longitud de banda en exceso y los sujetadores de tracción de herramienta se utilizan para tirar de ellos apretados estableciendo una geometría de junta adecuada y por espesor de capa. El componente de unión de panel en "T" montado se embolsa utilizando materiales estándar de la industria y sobreprensas de silicona para mantener la geometría formada durante el curado. Las piezas de inserción de película de teflón se utilizan para impedir la unión en áreas de panel en "T" que se van a remover para el mecanizado de cupones de esfuerzo cortante. La junta se curó durante 2 horas a 180 grados centígrados y 620528 Pa (90 psi).

Muestra comparativa A:

Se fabricó una preforma en pi tejida en 3D usando una preforma tejida en 3D IM7 (LMdrwg# LMA-MB0031, estilo A1111). La preforma en pi tejida en 3D se infiltró con resina epoxi Solvay 977-3. Se montó un montaje de junta en pi utilizando la preforma en pi tejida en 3D junto con un laminado compuesto de revestimiento y banda compuesto de preimpregnado de resina epoxi Solvay IM7-977-3 que se montó y curó. El panel de banda reforzado con tela de 0,421 cm (0,166 pulgadas) de espesor y la cinta única de 0,675 cm (0,266 pulgadas) de espesor con revestimiento reforzado con capas externas de tela utilizaron una secuencia de pila de preimpregnado casi isotrópica con capas de desprendimiento externas de tela de vidrio/epoxi 977-3. Los paneles curados se cortaron a 17,78 cm (7 pulgadas) de ancho y 93,98 cm (37 pulgadas) de longitud (banda) y 91,44 cm (36 pulgadas) de longitud (revestimiento). El borde de banda que se va a unir se redondeó ligeramente para que coincida mejor con la geometría de abrazadera. Se cortaron tiras de 10,16 cm (4 pulgadas) por 91,44 cm (36 pulgadas) de adhesivo 3M AF191 3,83 Pa (0,08 libras/pie cuadrado) con un portador de punto para cubrir la abrazadera interior y las superficies de base inferior con exceso de ancho para suministrar exceso de adhesivo al extremo de junta de las áreas de parte. La preforma en pi tejida en 3D se construye con el panel de revestimiento centrado en la herramienta de curado plana, la capa desprendible se remueve del centro de 11,43 cm (4,5 pulgadas) de ancho para exponer la superficie epoxi altamente adherible y se aplica una tira de AF191 al centro de la sección desprendida. El montaje de junta en pi se centra en el AF191 y se prensa para adherirse. Los primeros 6,35 cm (2,5 pulgadas) del panel de banda que se va a unir a la junta en pi se desprende en ambas caras para la aplicación de adhesivo. La segunda tira de adhesivo AF191 se dobla por la mitad y se envuelve alrededor de la banda desprendida antes de la inserción en la abrazadera de la preforma en pi tejida en 3D. Las bandas se unen a barras de herramientas verticales y articuladas que mantienen una orientación de 90 grados con relación al panel de revestimiento y tienen sujetadores roscados de aplicación de fuerza para tirar de la banda hacia la abrazadera apretada. Las cuñas compuestas iguales a la altura de apilamiento estimada del revestimiento, los adhesivos y las pilas de juntas de la base y las patas de la preforma en pi tejida en 3D se insertan bajo la longitud de banda en exceso y los sujetadores de tracción de herramienta se utilizan para tirar de ellos firmemente estableciendo una geometría de junta adecuada y por espesor de capa. El componente de unión de panel en "T" montado se embolsa utilizando materiales estándar de la industria y sobreprensas de silicona para mantener la geometría formada durante el curado. Las piezas de inserción de película de teflón se utilizan para impedir la unión en áreas de panel en "T" que se van a remover para el mecanizado de cupones de esfuerzo cortante. La junta se curó durante 2 horas a 180 grados centígrados y 620528 Pa (90 psi).

Prueba de resistencia al esfuerzo cortante:

La prueba de resistencia al esfuerzo cortante se realiza con el ejemplo 1 y la muestra comparativa A. La prueba de resistencia al esfuerzo cortante se realiza al tirar del panel de banda fuera de la junta en pi unida a lo largo de la longitud axial de la junta. El accesorio de prueba mantiene la alineación, acoplando el cupón de prueba a los agarres de bastidor de prueba. Se registran la resistencia final y la carga versus la resistencia. El ejemplo 1 exhibió una resistencia al esfuerzo cortante extremadamente alta. Específicamente, el ejemplo 1 exhibió una resistencia al esfuerzo cortante de ~220% en comparación a la muestra comparativa A.

Prueba de resistencia a la extracción:

La prueba de resistencia a la extracción se realiza con el ejemplo 1 y la muestra comparativa A. La prueba de resistencia a la extracción se realiza al tirar de la banda normalmente fuera de la junta con el bastidor de prueba agarrando la banda y el revestimiento soportado por varillas. Se registran la resistencia final y la carga versus la resistencia. El ejemplo 1 exhibió una resistencia a la extracción comparable en comparación a la muestra comparativa A. Específicamente, el ejemplo 1 exhibió una resistencia a la extracción de ~85% en comparación a la muestra comparativa A.

A pesar de ser una alternativa de bajo coste en comparación a la muestra comparativa A, el ejemplo 1 proporciona una resistencia al esfuerzo cortante mejorada y un rendimiento de extracción comparable.

En la presente, "o" es inclusivo y no exclusivo, salvo que se indique expresamente lo contrario o se indique lo contrario por el contexto. Por lo tanto, en la presente, "A o B" significa "A, B, o ambos", a menos que se indique

expresamente lo contrario o se indique lo contrario por el contexto. Además, "y" son tanto conjuntos como varios, salvo que se indique expresamente lo contrario o se indique lo contrario por el contexto. Por lo tanto, en la presente, "A y B" significa "A y B, de manera conjunta o solidariamente", salvo que se indique expresamente lo contrario o se indique lo contrario por el contexto.

5

El alcance de esta divulgación abarca todos los cambios, sustituciones, variaciones, alteraciones, y modificaciones a las realizaciones de ejemplo descritas o ilustradas en la presente que un experto en la técnica comprendería. El alcance de esta divulgación no se limita a las realizaciones de ejemplo descritas o ilustradas en la presente.

10

Además, aunque la presente divulgación describe e ilustra respectivas realizaciones en la presente que incluyen componentes, elementos, funciones, operaciones o pasos particulares, cualquiera de estas realizaciones puede incluir cualquier combinación o permutación de cualquiera de los componentes, elementos, funciones, operaciones, o pasos descritos o ilustrados en cualquier parte de la presente que un experto en la técnica comprendería. Además, la referencia en las reivindicaciones anexas a un aparato o sistema o un componente de

15

un aparato o sistema que está adaptado, arreglado, capaz de, configurado, habilitado, operable, u operativo para realizar una función particular abarca ese aparato, sistema, componente, ya sea que se active, encienda, o desbloquee o no esa función particular, siempre que ese aparato, sistema, o componente esté así adaptado, arreglado, capaz, configurado, habilitado, operable, u operativo.

REIVINDICACIONES

1. Una preforma en forma de pi que comprende:

5 un componente de base; y
un par de patas alargadas axialmente acopladas al componente de base para definir un canal entre las patas
alargadas axialmente, el par de patas alargadas axialmente que comprenden capas de preimpregnado orientadas
en una pila de capas,
caracterizada porque al menos una porción del preimpregnado comprende fibras alineadas discontinuas, en donde
10 las capas individuales de preimpregnado orientadas en la pila de capas en un ángulo de 0 grados o 90 grados con
relación a un primer eje comprenden fibras alineadas continuas, y las capas individuales de preimpregnado
orientadas en la pila de capas en un ángulo distinto de 0 grados o 90 grados con relación al primer eje comprenden
fibras alineadas discontinuas.

15 2. La preforma en forma de pi de la reivindicación 1, en donde el par de patas alargadas axialmente incluye un
componente en forma de U acoplado a un primer componente en forma de L y un segundo componente en L, el
segundo componente en forma de L colocado opuesto al primer componente en forma de L; y/o
en donde el preimpregnado comprende un material de matriz de polímero que tiene las fibras alineadas
discontinuas incrustadas en el mismo.

20 3. La preforma en forma de pi de la reivindicación 2 que comprende además:

(a) un agente de relleno colocado dentro de al menos uno de:

25 (i) un primer espacio formado entre el componente en forma de U y el primer componente en forma de L, y
(ii) un segundo espacio formado entre el componente en forma de U y el segundo componente en forma de L;
y/o

30 (b) un adhesivo que acopla al menos uno de:

(i) el componente en forma de U al primer componente en forma de L;
(ii) el componente en forma de U y el segundo componente en forma de L;
(iii) el primer componente en forma de L y el componente de base; y
(iv) el segundo componente en forma de L y el componente de base.

35 4. La preforma en forma de pi de la reivindicación 2 o la reivindicación 3, en donde el material de matriz polimérica
se selecciona de una resina termoplástica, una resina termoestable, o combinaciones de las mismas.

40 5. La preforma en forma de pi de cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en donde las fibras alineadas discontinuas
se seleccionan de fibras de carbono, fibras de vidrio, fibras de aramida, fibras de grafito, fibras de boro, o
combinaciones de los mismos, y, opcionalmente o preferentemente,
en donde las fibras alineadas discontinuas en una segunda capa adyacente a la capa individual en las capas de
preimpregnado se alinean a lo largo de un segundo eje que se coloca en un ángulo con respecto al primer eje

45 6. La preforma en forma de pi de cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en donde las fibras alineadas discontinuas
en una capa individual en las capas de preimpregnado se alinean a lo largo de un primer eje, en donde las fibras
alineadas discontinuas en la capa individual se alinean en un ángulo de menos de 5 grados desde el primer eje.

50 7. La preforma en forma de pi de cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en donde cada capa individual en las
capas de preimpregnado comprende fibras alineadas discontinuas.

8. Un montaje de junta en pi que comprende:

55 preforma en forma de pi de acuerdo con la reivindicación 1;
un primer material acoplado al componente de base; y
un segundo material acoplado a una superficie interna del canal entre las patas alargadas axialmente.

9. El montaje de junta en pi de la reivindicación 8, que comprende además un adhesivo que acopla (i) el primer
material al componente de base; y (ii) el segundo material a las patas alargadas axialmente.

60 10. El montaje de unión en pi de la reivindicación 8 o la reivindicación 9, en donde el preimpregnado comprende
un material de matriz de polímero que tiene las fibras alineadas discontinuas incrustadas en el mismo; y/o
en donde las fibras alineadas discontinuas en una capa individual en las capas de preimpregnado se alinean a lo
largo de un primer eje, en donde las fibras alineadas discontinuas en la capa individual se alinean en un ángulo de
65 menos de 5 grados desde el primer eje.

11. El montaje de junta en pi de cualquiera de las reivindicaciones 8-10, en donde las fibras alineadas discontinuas en una segunda capa adyacente a la capa individual en las capas de preimpregnado se alinean a lo largo de un segundo eje que se coloca en un ángulo con respecto al primer eje, y, de manera opcional o preferentemente, en donde las fibras alineadas discontinuas en una capa individual en las capas de preimpregnado se alinean a lo largo de un primer eje, en donde las fibras alineadas discontinuas en la capa individual se alinean en un ángulo de menos de 5 grados desde el primer eje.
12. Un método para fabricar una preforma en forma de pi que comprende:
- colocar capas de preimpregnado en una pila de capas para un componente de base y un par de patas alargadas axialmente;
 formar térmicamente las capas de preimpregnado en una forma del componente de base y el par de patas alargadas axialmente; y
 unir el par de patas alargadas axialmente al componente de base para formar la preforma en forma de pi, caracterizado porque al menos una porción del preimpregnado comprende fibras alineadas discontinuas, en donde las capas individuales de preimpregnado orientadas en la pila de capas en un ángulo de 0 grados o 90 grados con relación a un primer eje comprenden fibras alineadas continuas, y las capas individuales de preimpregnado orientadas en la pila de capas en un ángulo distinto de 0 grados o 90 grados con relación al primer eje comprenden fibras alineadas discontinuas.
13. El método de acuerdo con la reivindicación 12, que además comprende:
- colocar capas de preimpregnado en la pila de capas para un componente en forma de U, un primer componente en forma de L, y un segundo componente en forma de L;
 formar térmicamente las capas de preimpregnado en una forma del componente en forma de U, el primer componente en forma de L, y el segundo componente en forma de L;
 colocar un agente de relleno en un primer espacio entre el componente en forma de U y el primer componente en forma de L, y un segundo espacio entre el componente en forma de U y el segundo componente en forma de L; y
 unir el primer componente en forma de L, el componente en forma de U, el segundo componente en forma de L, y el componente de base para formar la preforma en forma de pi.
14. El método de la reivindicación 12 o la reivindicación 13, en donde la unión incluye curar un adhesivo colocado entre al menos uno de: (i) el componente en forma de U y el primer componente en forma de L; (ii) el componente en forma de U y el segundo componente en forma de L; (iii) el primer componente en forma de L y el componente de base; y (iv) el segundo componente en forma de L y el componente de base.

DIBUJOS

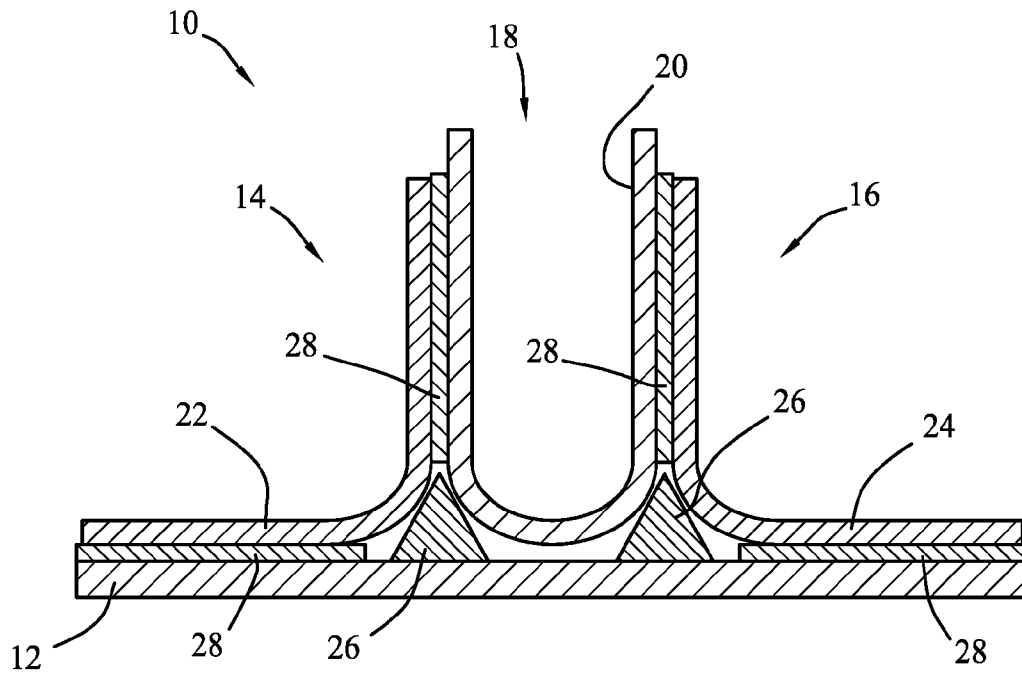


FIG. 1

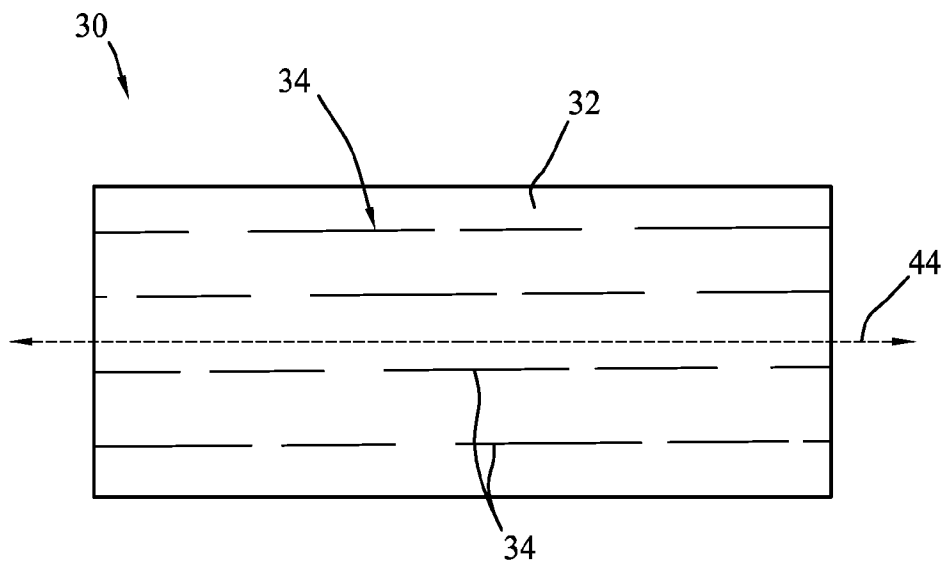


FIG. 2

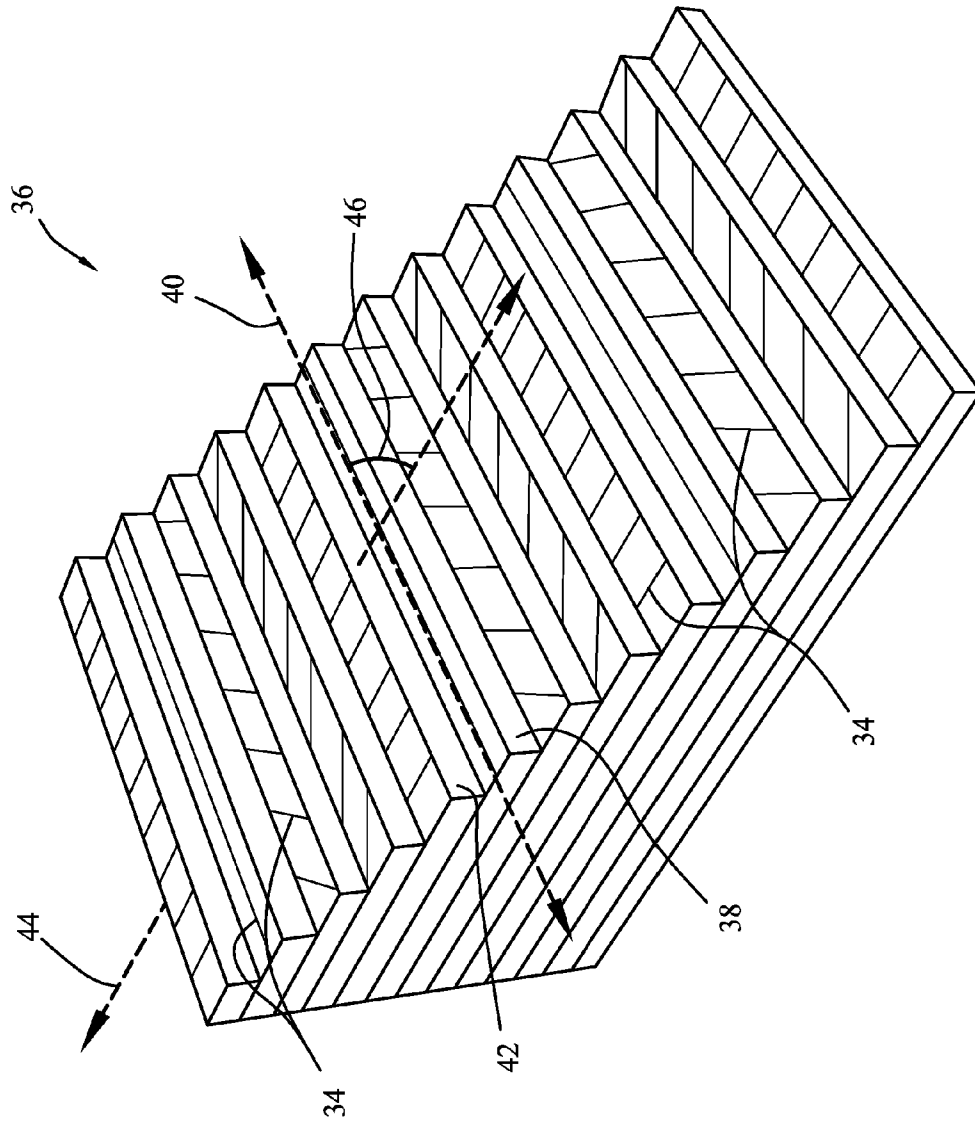


FIG. 3

