



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 348 049**

51 Int. Cl.:
B29C 70/54 (2006.01)
B29L 31/08 (2006.01)
B29L 9/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07009187 .1**
96 Fecha de presentación : **07.05.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **1990178**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **12.11.2008**

54 Título: **Método para producir una pala de rotor de turbina eólica.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
29.11.2010

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
29.11.2010

73 Titular/es: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
Wittelsbacherplatz 2
80333 München, DE

72 Inventor/es: **Stiesdal, Henrik**

74 Agente: **Zuazo Araluze, Alexander**

ES 2 348 049 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 para producir una pala de rotor de turbina eólica.

La presente invención se refiere a un método para producir palas de rotor de turbina eólica, colocando diversas capas de refuerzo de fibra secas unas encima de otras en un molde, inyectando un polímero líquido o viscoso curable en el molde tras haber colocado las capas de refuerzo de fibra en el molde y curando el polímero.

En tales métodos para producir estructuras laminadas reforzadas con fibra es importante garantizar una humectación suficiente de las capas de refuerzo secas tras haberse colocado en el molde. Si la humectación es insuficiente, esto puede conducir a una delaminación y a bolsas de aire dentro de la estructura laminada y, como consecuencia, a arrugas en la estructura laminada que constituyen puntos débiles de la estructura. Esta deficiencia es en particular un problema en el caso de estructuras laminadas reforzadas con fibra gruesas tales como, por ejemplo refuerzos longitudinales de palas de rotor de turbina eólica.

Con el fin de abordar este problema, en el documento US 2007/0040294 A1 se ha propuesto usar diversas estructuras laminadas prefabricadas que se colocan unas encima de otras para formar los refuerzos longitudinales así como los extremos frontal y trasero de una pala de rotor de turbina eólica. La construcción global de la pala dada a conocer en el documento US 2007/0040294 A1 comprende estructuras intercaladas que se forman de manera convencional y estructuras laminadas que se forman mediante partes de las estructuras laminadas prefabricadas. Por tanto, las carcasas superior e inferior de la pala están compuestas cada una por secciones fabricadas de material diferente. Los puntos de contacto entre las secciones fabricadas de material diferente pueden constituir puntos débiles de la pala.

El documento WO 2007/038930 A1 describe un método para producir un producto reforzado con fibra en el que se colocan una o más capas de fibras de refuerzo en un molde junto con al menos una capa porosa y se introduce una resina para su distribución a través del elemento poroso a las capas de fibra. El elemento poroso puede colocarse, en particular, de manera que forma una capa interna y puede tener una estructura de hoja en forma de un material tricotado, tejido, cosido, tejido a ganchillo, espumado o similar a un filtro. El producto puede ser en particular una parte de una carcasa de una pala de turbina eólica.

El documento US 2005/0037678 A1 describe medios de infusión de resina de material textil de rejilla abierta y láminas compuestas de refuerzo. Los materiales textiles de rejilla abierta sirven como medio de infusión entre láminas que mejora significativamente la velocidad, uniformidad y capacidad para controlar la calidad de la transferencia, el suministro y la distribución de resina de matriz (plástico) por toda la pila de productos laminados. El material textil de rejilla abierta se refiere a materiales textiles tricotados o tejidos. El material textil de rejilla abierta puede intercalarse en el medio y/o colocarse en cualquiera o ambos lados del patrón laminado.

El documento US 2003/0077965 A1 describe medios de infusión de resina de material textil separador tridimensional y láminas compuestas de refuerzo. El separador de medios de infusión de material textil

puede intercalarse en el medio y/o colocarse en cualquier o ambos extremos del patrón laminado para promover una distribución rápida y uniforme en todos los lados del producto laminado seco.

El documento US 2004/0017020 A1 describe un procedimiento para el moldeo de fibra de vidrio usando vacío. Se coloca una capa porosa no absorbente entre capas de absorbedor de resina de fibra de vidrio y se teje para proporcionar una onda que define pasos para que se desplace la resina. La capa no absorbente puede ser un ligamento de fibras no absorbentes o un núcleo sólido que incluye madera que tiene ranuras, canales u orificios por toda la superficie y espuma que tiene ranuras, canales u orificios por toda la superficie. Además, también se menciona tejido metálico a partir de fibras o que tiene ranuras, canales u orificios por toda la superficie, así como fibras de tejido de plástico. El documento WO 2005/121430 A2 describe una construcción de múltiples capas que puede usarse como refuerzo en una pieza obtenida mediante moldeo por transferencia de resina. Comprende una capa de núcleo que consiste en una estructura de trabajo abierta que tiene una ondulación especial y está constituida por hilos de alta tenacidad. Los hilos pueden estar fabricados de fibras metálicas, de vidrio, de carbono o de aramida.

El documento FR 2 870 861 A1 describe un producto laminado textil para su integración en la estructura de un artículo moldeado realizado infundiendo resina. El producto laminado textil combina al menos una capa de construcción textil de refuerzo y al menos una capa de drenaje formada por una construcción de trabajo abierta que puede formar una zona de paso preferente para la resina durante la infusión. La capa de refuerzo y la capa de drenaje están unidas mecánicamente por medio de una superficie de contacto de adhesión del tipo que permite que el producto laminado siga siendo deformable.

El documento US 5.484.642, que corresponde al documento FR 2 605 929 A1 describe un material textil útil para producir artículos laminados compuestos mediante moldeo por inyección. La técnica de moldeo por inyección implica disponer una pila de capas de refuerzo textil en el molde que tiene una forma que corresponde a la del artículo que va a obtenerse y tras haberse cerrado el molde, inyectar una resina en el mismo. Al menos una capa de la pila de refuerzo textil tiene una estructura en la que se extienden conductos en al menos una dirección en la pila para mejorar el flujo de la resina que fluye por la inyección.

El documento GB 2 381 493 A describe materiales compuestos en los que está presente un medio de flujo para potenciar el flujo de un líquido a través del material compuesto, entre materiales textiles de carbono.

El documento WO 02/058915 A1 describe un material de núcleo para una estructura de material compuesto de resina reforzada con fibra que tiene hendiduras en su superficie y orificios pasantes que la atraviesan en la dirección del grosor.

Por tanto, es un objetivo de la presente invención proporcionar un método para producir estructuras laminadas reforzadas con fibra que superan los problemas mencionados anteriormente.

Este objetivo se soluciona mediante un método para producir estructuras laminadas reforzadas con fibra según la reivindicación 1. Las reivindicaciones dependientes definen desarrollos adicionales de la invención.

Al usar capas potenciadoras del flujo de este tipo es posible garantizar una humectación suficiente de todas las capas de refuerzo de fibra incluso en pilas de capas gruesas. Por tanto, el riesgo de delaminación y bolsas de aire, que conducirían a arrugas, se reduce enormemente. Además, la estructura laminada puede estar constituida por una estructura continua sin puntos en los que diferentes estructuras son contiguas.

En particular, si van a producirse estructuras laminadas reforzadas con fibra gruesas, puede crearse una pila que comprende diversas capas de refuerzo de fibra y entonces disponer en capas al menos una capa potenciadora del flujo encima de la pila cuando se disponen en capas las diversas capas de refuerzo de fibra secas. Esto ofrece la posibilidad de formar pilas de capas de refuerzo de fibra sin una capa potenciadora del flujo hasta un grosor para el que puede garantizarse una humectación suficiente sin una capa potenciadora del flujo de modo que el número total de capas potenciadoras del flujo puede mantenerse pequeño. En particular, puede disponerse en capas diversas pilas y diversas capas potenciadoras del flujo de modo que las pilas y capas potenciadoras del flujo se alternen. Las capas potenciadoras del flujo garantizan entonces que una cantidad suficiente de polímero pueda fluir entre diferentes pilas de capas de refuerzo de fibra para humectar suficientemente todas las capas de refuerzo de fibra de las pilas.

Además, puede colocarse una capa potenciadora del flujo como la capa más inferior y/o puede colocarse una capa potenciadora del flujo como la capa más superior de la estructura laminada para facilitar el flujo de polímero en la parte inferior y la parte superior de la estructura en capas en el molde.

Según la invención, la capa potenciadora del flujo es una capa sólida curada previamente. Esto garantiza que su propiedad de potenciación del flujo se mantenga incluso si se aplica presión a las capas durante la infusión del polímero o existe vacío durante la infusión. Si la capa potenciadora del flujo tiene una compresibilidad demasiado alta, podría existir el riesgo de que se redujeran demasiado sus propiedades de potenciación del flujo al aplicar presión o vacío.

Aunque puede usarse el mismo material para las capas potenciadoras del flujo que el usado para las capas de refuerzo de fibra, puede ser ventajoso usar un material diferente para formar las capas potenciadoras del flujo. Esto ofrece la posibilidad de proporcionar una razón de rigidez deseada de las capas potenciadoras del flujo con respecto a las capas de refuerzo de fibra tras curar la resina.

Además, en particular las capas perforadas pueden corrugarse para aumentar el espacio disponible para el flujo del polímero.

El método inventivo se usa para producir palas de rotor de turbina eólica como estructuras laminadas reforzadas con fibra.

Características, propiedades y ventajas adicionales de la presente invención resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción de una realización de la invención junto con los dibujos adjuntos.

La figura 1 muestra esquemáticamente una sección a través de una pala de rotor de turbina eólica laminada.

La figura 2 muestra un detalle de la figura 1.

La figura 3 muestra esquemáticamente una primera etapa en el procedimiento para producir una pala de rotor según la figura 1.

La figura 4 muestra una segunda etapa en el procedimiento para producir una pala de rotor según la figura 1.

La figura 5 muestra una tercera etapa en el procedimiento para producir una pala de rotor según la figura 1.

La figura 6 muestra un primer ejemplo de una capa potenciadora del flujo usada en el procedimiento para producir una pala de rotor tal como se muestra en la figura 1 en una vista desde arriba.

La figura 7 muestra la capa potenciadora del flujo de la figura 6 en una vista en sección.

La figura 8 muestra un segundo ejemplo para una capa potenciadora del flujo.

La figura 9 muestra la capa potenciadora del flujo de la figura 8 en una vista en sección.

La figura 1 es una vista esquemática de la sección transversal de una pala 1 de rotor de turbina eólica laminada. La pala 1 de rotor está constituida por una carcasa 3 superior y una carcasa 5 inferior que comprenden, cada una, una sección 9 engrosada y secciones 11 no engrosadas. Las carcasas 3, 5 superior e inferior comprenden diversas capas de refuerzo de fibra que no se muestran individualmente en la figura. En la sección 9 engrosada el número de capas de refuerzo aumenta con respecto a las secciones 11 no engrosadas.

La sección 9 engrosada de la carcasa 3 superior se muestra en más detalle en la figura 2. En la sección 9 engrosada, están presentes capas 13 potenciadoras del flujo entre pilas de capas 15 de refuerzo de fibra. Las capas 15 de refuerzo de fibra, así como las capas 13 potenciadoras del flujo, están incrustadas en una matriz de resina que se ha formado mediante la infusión de resina y el curado posterior de la resina. Durante el proceso de infusión las capas 13 potenciadoras del flujo dispuestas en capas entre pilas 15 adyacentes de las capas de refuerzo de fibra garantizan un flujo de resina suficiente entre las pilas 15 de modo que se consigue una humectación suficiente de todas las capas de refuerzo de fibra en las pilas 15.

El método para formar la pala 1 de rotor de turbina eólica mostrada en las figuras 1 y 2 se describirá ahora con respecto a las figuras 3 a 5. En general, las carcasas 3, 5 superior e inferior de la pala 1 de rotor se producen colocando capas de refuerzo de fibra secas unas encima de otras en un molde, humectando las capas de refuerzo de fibra por medio de la infusión de una resina y curando posteriormente la resina. Obsérvese que aunque se describe con respecto a la producción de una pala 1 de rotor de turbina eólica, el método que se describirá con respecto a las figuras 3 a 5 también puede usarse para producir otras estructuras laminadas reforzadas con fibra, por ejemplo en la construcción de embarcaciones.

Una primera etapa del método para producir la pala 1 de rotor mostrada en la figura 1 se muestra en la figura 3. La figura muestra esquemáticamente una vista en sección cortada del molde 17 y diversas capas 19 de refuerzo de fibra, por ejemplo capas de fibra de vidrio, capas de fibra de carbono o capas de fibra de aramida, que se colocan secas en el molde 17 unas encima de otras de manera que forman una pila 15 de las capas 19 de refuerzo de fibra.

Tras haber colocado una pila 15 de capas de refuerzo de fibra en el molde 17, se coloca una capa 13 potenciadora del flujo encima de la pila 15 (véase la figura 4).

Tras haber colocado la capa 13 potenciadora del flujo encima de la primera pila 15 de capas 19 de refuerzo de fibra, se coloca otra pila 15 que comprende diversas capas 19 de refuerzo de fibra encima de la capa 13 potenciadora del flujo, tal como se muestra en la figura 5.

Puede continuarse disponiendo en capas de manera alternante pilas 15 de capas 19 de refuerzo de fibra y capas 13 potenciadoras del flujo hasta alcanzar el grosor deseado de la disposición en capas. El número de capas 19 de refuerzo de fibra puede ser tan alto como sea posible sin influir negativamente en la humectación de todas las capas 19 de refuerzo de fibra dentro de una pila 15.

Aunque no se muestra en las figuras 3 a 5, pueden estar presentes capas 13 potenciadoras del flujo adicionales bajo la pila 15 más inferior de capas 19 de refuerzo de fibra. En este caso, una capa 13 potenciadora del flujo sería la primera capa colocada en el molde 17. La capa más externa de la pila global que consiste en pilas 15 de capas 19 de refuerzo de fibra que se alternan con capas 13 potenciadoras del flujo puede ser también una capa 13 potenciadora del flujo.

Tras la disposición en capas de las capas 19 de refuerzo de fibra secas y las capas 13 potenciadoras del flujo secas, se cierra el molde 17 y se aplica vacío al molde. Entonces, una resina, por ejemplo una resina de poliéster o una resina epoxídica, se infunde al interior del molde evacuado. La resina humecta las capas de refuerzo de fibra usando de ese modo las capas 13 potenciadoras del flujo como trayectorias de flujo que permiten la distribución de la resina por toda la pila global gruesa. Tras un tiempo, todas las capas 19 de refuerzo de fibra, y también todas las capas 13 potenciadoras del flujo, están suficientemente humectadas. Entonces, se cura la resina. Tras curar la resina, se desmonta el molde 17.

Ejemplos de capas 13 potenciadoras del flujo que pueden usarse en el método descrito se muestran en las figuras 6 a 9.

Las figuras 6 y 7 muestran una capa 13 potenciadora del flujo que se implementa como una estera tejida. Mientras que la figura 6 muestra una vista desde arriba sobre la estera, la figura 7 muestra una vista en sección a través de la estera. Tal como puede observarse a partir de las figuras, los hilos 21, 22 de la estructura tejida proporcionan espacio para un flujo de resina a través de la capa 13 potenciadora del flujo por encima y por debajo de los hilos 21, 22. Además, la resina puede fluir a través de las aberturas 23 entre hilos adyacentes desde un lado de la estera tejida hasta el otro. Por tanto, la permeabilidad de esta estera tejida es mucho mayor que la de las capas 19 de refuerzo de fibra.

La estera tejida puede estar fabricada del mismo

material que las capas 19 de refuerzo de fibra. Además, la estera tejida se cura previamente de manera que sea inherentemente estable. Esto impide la reducción del espacio de flujo para la resina impidiendo la compresión de la estera tejida cuando se aplica vacío al molde. En la presente realización de la invención, la estera tejida está fabricada de un producto laminado epoxídico de fibra de vidrio.

Las figuras 8 y 9 muestran una capa 13 potenciadora del flujo que se implementa como una placa 25 metálica corrugada. La capa potenciadora del flujo mostrada en las figuras 8 y 9 no forma parte de la presente invención. Mientras que la figura 8 muestra una vista desde arriba sobre la placa 25 metálica corrugada, la figura 9 muestra una vista en sección a través de la placa 25. Aunque la corrugación sola sería suficiente para proporcionar espacio de flujo para que la resina fluya a través de la capa 13 potenciadora del flujo, el flujo puede potenciarse adicionalmente proporcionando orificios 27 perforados en la placa 25 metálica corrugada, tal como se muestra en las figuras 8 y 9. A través de los orificios 27, la resina puede fluir fácilmente desde un lado de la placa 25 metálica corrugada hasta el otro. Aunque se muestran ubicados en los puntos más altos y más bajos de la placa 25 metálica corrugada, los orificios 27 pueden estar presentes adicional o alternativamente entre estas ubicaciones.

Aunque no se menciona explícitamente, pueden usarse materiales distintos del material del que están fabricadas las capas 19 de refuerzo de fibra o metal como material para las capas 13 potenciadoras del flujo. Al usar materiales seleccionados, resulta posible proporcionar una razón de rigidez deseada de las capas 13 potenciadoras del flujo con respecto a las capas 19 de refuerzo de fibra tras curar la resina.

Durante toda la descripción, la humectación de las capas de refuerzo de fibra significa una humectación hasta un grado deseado que sea suficiente para la aplicación deseada del producto producido con el método. El grado de humectación puede variar por tanto desde una humectación parcial de las capas de refuerzo de fibra hasta una humectación completa de las capas de refuerzo de fibra, dependiendo de la estructura laminada que va a formarse.

Aunque se ha descrito una estera tejida curada previamente como ejemplo para la capa potenciadora del flujo, pueden usarse en su lugar otras estructuras de malla curadas previamente, con o sin corrugación.

En el método inventivo, se facilita la infusión de resina, en particular para pilas gruesas de capas de refuerzo de fibra, al usar capas potenciadoras del flujo entre pilas de capas de refuerzo de fibra. Esto permite la fabricación de productos laminados más gruesos y, por tanto, posibilita la fabricación de estructuras laminadas integradas estructurales más grandes.

REIVINDICACIONES

1. Método para producir una pala (1) de rotor de turbina eólica como estructura (1) laminada reforzada con fibra disponiendo en capas diversas capas (19) de refuerzo de fibra secas colocándolas unas encima de otras en un molde (17), infundiendo un polímero líquido o viscoso curable en el molde (17) tras haber dispuesto en capas las capas (19) de refuerzo de fibra en el molde (17) y curando el polímero, en el que una capa (13) potenciadora del flujo para potenciar el flujo de polímero durante la infusión del polímero se coloca entre dos capas (19) de refuerzo de fibra cuando se disponen en capas las diversas capas (19) de refuerzo de fibra secas **caracterizado** porque

- la pala de rotor de turbina eólica está constituida por una carcasa (3) superior y una carcasa (5) inferior que comprenden, cada una, una sección (9) engrosada y una sección (11) no engrosada,

- en el que las capas (13) potenciadoras del flujo están presentes entre pilas de capas reforzadas con fibra en la sección (19) engrosada, y

- se usa una capa sólida curada previamente como capa (13) potenciadora del flujo.

2. Método según la reivindicación 1, **caracteriza-**

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

do porque se usa una capa perforada como capa (13) potenciadora del flujo.

3. Método según la reivindicación 2, **caracterizado** porque se usa el mismo material que el material de las capas (19) de refuerzo de fibra como material de capa de la capa (13) potenciadora del flujo.

4. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** porque se levanta una pila (15) que comprende diversas capas (19) de refuerzo de fibra, entonces se coloca al menos una capa (13) potenciadora del flujo encima de la pila (15) cuando se disponen en capas las diversas capas (19) de refuerzo de fibra secas.

5. Método según la reivindicación 4, **caracterizado** porque se disponen en capas diversas pilas (15) y diversas capas (13) potenciadoras del flujo de modo que las pilas (15) y capas (13) potenciadoras del flujo se alternan.

6. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque se coloca una capa (13) potenciadora del flujo como la capa más inferior y/o se coloca una capa potenciadora del flujo como la capa más superior de la estructura en capas en el molde (17).

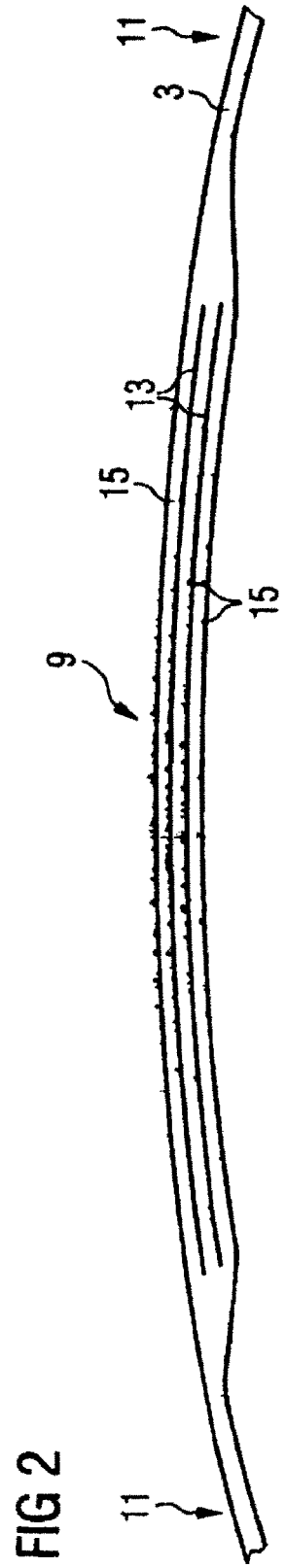
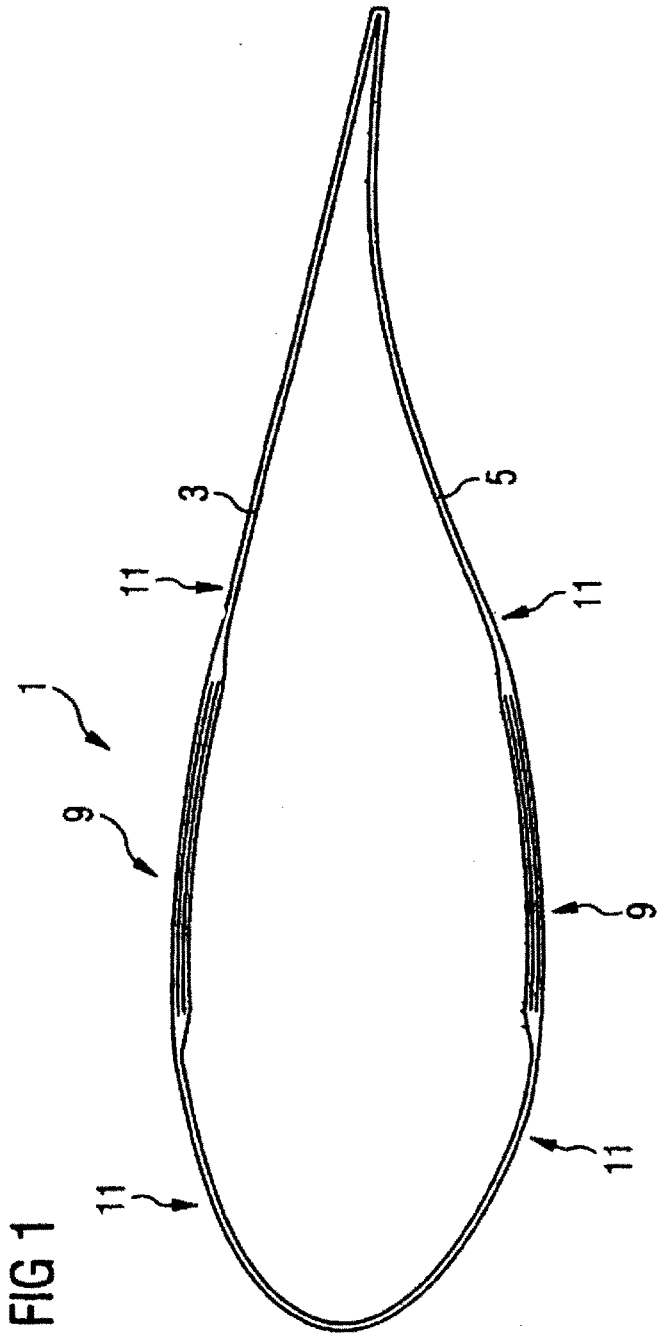


FIG 3

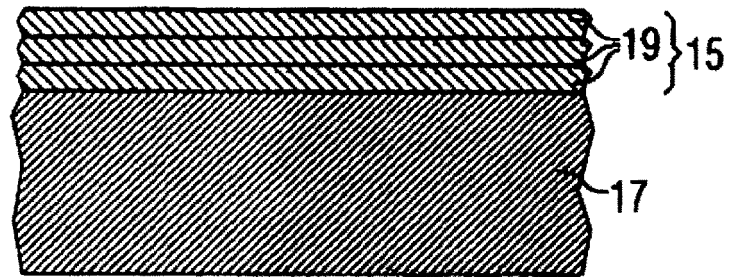


FIG 4

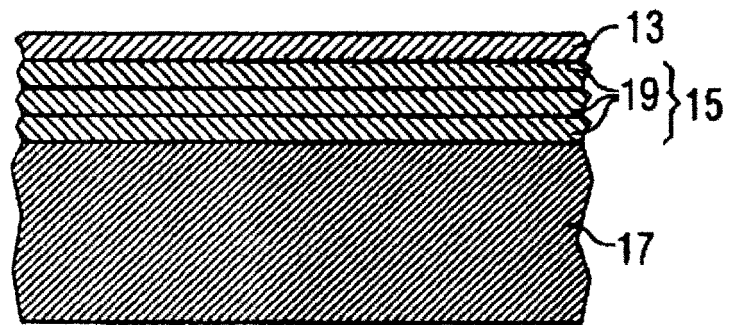


FIG 5

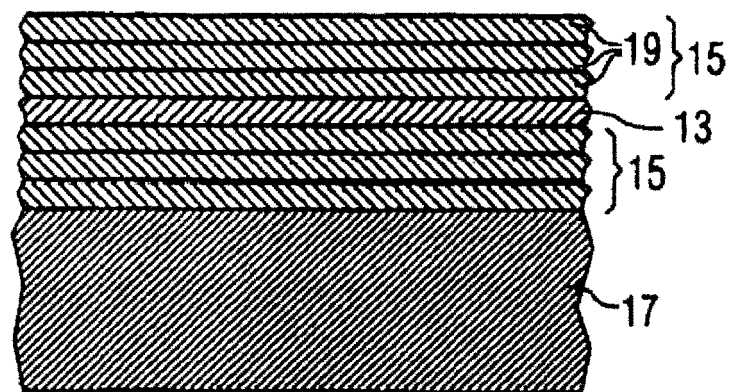


FIG 6

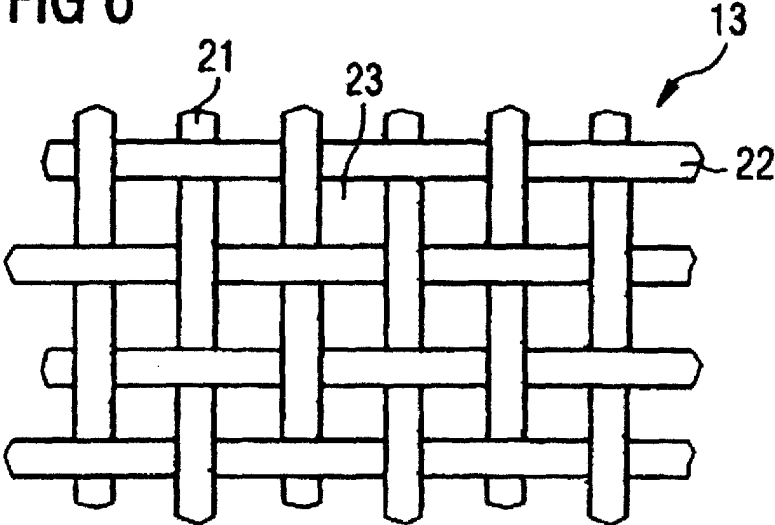


FIG 7

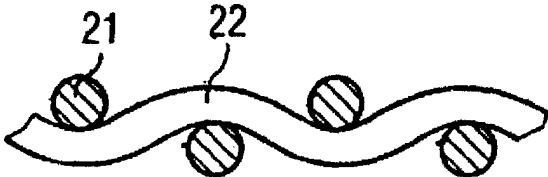


FIG 8

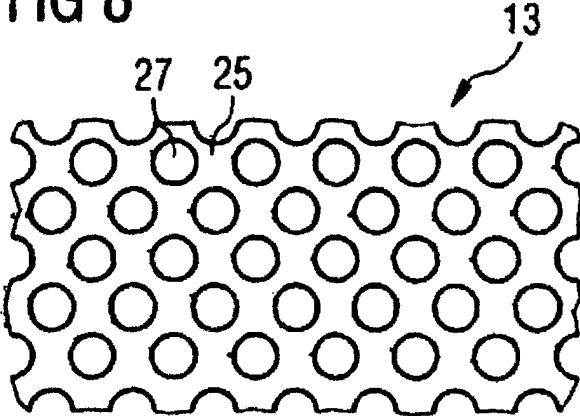


FIG 9

