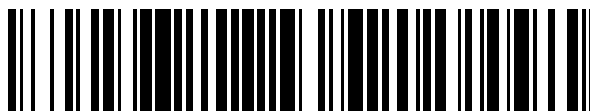


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 389 732**

51 Int. Cl.:  
**B29C 70/24** (2006.01)  
**B29C 70/48** (2006.01)  
**B29B 11/16** (2006.01)  
**B29K 307/04** (2006.01)  
**B29L 31/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **06122561 .1**
- 96 Fecha de presentación: **19.10.2006**
- 97 Número de publicación de la solicitud: **1777063**
- 97 Fecha de publicación de la solicitud: **25.04.2007**

54 Título: **Procedimiento de fabricación de un álabe de turbomáquina de material compuesto, y álabe obtenido mediante este procedimiento**

30 Prioridad:  
**21.10.2005 FR 0510752**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**31.10.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**31.10.2012**

73 Titular/es:  
**SNECMA (100.0%)**  
**2, BOULEVARD DU GÉNÉRAL MARTIAL VALIN**  
**75015 PARIS, FR**

72 Inventor/es:  
**COUPE, DOMINIQUE;**  
**DAMBRINE, BRUNO;**  
**LÉVÈQUE, STÉPHANE y**  
**MAHIEU, JEAN-NOËL**

74 Agente/Representante:  
**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

ES 2 389 732 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**

Procedimiento de fabricación de un álabe de turbomáquina de material compuesto, y álabe obtenido mediante este procedimiento.

5 La invención concierne a un procedimiento de fabricación de un álabe de turbomáquina de material compuesto así como al álabe obtenido mediante este procedimiento.

Se trata de un álabe de material compuesto del tipo que comprende una preforma de hilos o fibras tejido(a)s en tres dimensiones y un aglutinante que mantiene la disposición relativa entre los hilos de la preforma, estando conformada dicha preforma a partir de hilos de urdimbre y de hilos de trama, constituyéndose la dirección de los hilos de urdimbre en la dirección longitudinal de la preforma.

10 En concreto, la presente invención se refiere a un álabe de ventilador para una turbomáquina, en particular un turborreactor.

Sin embargo, se contempla asimismo dentro del ámbito de la presente invención fabricar un álabe destinado a un compresor de baja presión en el que las temperaturas alcanzadas en funcionamiento son compatibles con la resistencia termo-mecánica de este tipo de álabe.

15 De manera habitual, los álabes de ventiladores realizados en material compuesto, especialmente en fibras de carbono, se realizan a partir de un apilado de pliegues unidireccionales preimpregnados que vienen a colocarse en un molde orientando distintamente los pliegues sucesivos, con compactación y polimerización en autoclave. Esta técnica, muy delicada, requiere efectuar las operaciones de apilado de pliegues de manera manual, lo cual es largo y costoso.

20 También se ha propuesto preparar preformas tejidas de fibras secas que a continuación son ensambladas por costura, antes de una impregnación mediante resina por inyección en un molde cerrado. Una alternativa ha consistido en realizar una sola preforma tejida que es montada con una o varias piezas insertadas macizas antes de la inyección. Estas soluciones (US5672417 y US5013216) presentan no obstante el inconveniente de precisar del ensamblaje de varias piezas y de crear, en esas zonas de ensamblaje, unos sitios priorizados de fragilidad, por ejemplo de delaminación, lo cual es muy nefasto en términos de resistencia mecánica, en particular para el comportamiento a los impactos.

25 Para superar esos inconvenientes, el documento FR2861143 ha propuesto realizar una preforma en hilos o fibras tejido(a)s en tres dimensiones que permite conformar por sí sola, previos recorte ocasional e inyección, la pieza final conformante de todas las partes del álabe de turbomáquina, sin recurrir a la utilización de piezas insertadas o de cualquier otro elemento sobrepuesto.

30 En tal caso, sin embargo, cualquiera que sea el origen de la preforma polimerizada (un laminado preimpregnado o bien una preforma tejida en tres dimensiones), después del desmoldeo de la pieza intermedia obtenida al término de la inyección, aún queda por realizar un cierto número de operaciones para obtener la pieza final.

35 Entre estas diferentes operaciones, se realiza el mecanizado preciso, en particular de los contornos del borde de ataque, del borde de salida y de la raíz. En efecto, estas zonas deben responder a unas cotas de construcción muy precisas. Así, en el caso de la raíz del álabe, exigen una particular atención sus apoyos de contacto, a saber, las superficies sometidas a importantes esfuerzos durante la rotación, debido a su contacto con el flanco del alvéolo del disco que recibe a esta raíz. En concreto, entre estas superficies en contacto tiene lugar un desgaste de contacto o "fretting" a consecuencia del rozamiento repetitivo de una pieza sobre otra, originando las fuerzas de fricción resultantes un daño del material por generación de calor y diferentes procesos de fatiga.

40 Asimismo, entre estas operaciones posteriores, se implantan diferentes protecciones para reforzar la resistencia termo-mecánica del álabe de material compuesto. Así, se fija una protección metálica sobre el borde de ataque, por ejemplo en forma de una pieza de titanio pegada sobre toda la superficie del borde de ataque y sobre una porción anterior de las superficies exteriores de la pared de extradós y de la pared de intradós. Asimismo, se refuerza la cara exterior de la pared de intradós mediante montaje de una película protectora que puede estar realizada en material sintético (por ejemplo poliuretano) y pegada directamente sobre la pieza intermedia.

45 Cuando es cuestión de realizar todas estas operaciones para cada álabe del ventilador, y ocasionalmente para todos los álabes de varias etapas del compresor de baja presión, ello origina un tiempo de realización relativamente largo y una repercusión económica significativa.

50 Además, al realizar un mecanizado de la preforma polimerizada, las zonas de que se trate pueden sufrir una merma de la resistencia mecánica por el hecho de que este mecanizado corta parte de los hilos de la preforma tejida inicial, en concreto de los hilos de urdimbre.

La presente invención tiene como objetivo proporcionar un procedimiento que permite superar los inconvenientes antedichos y, especialmente, mejorar la conservación de la integridad de las fibras al término de la inyección, en

particular durante el posterior mecanizado, ofreciendo la posibilidad de realizar, en la etapa de moldeo por inyección de la preforma, la implantación de elementos de protección.

De hecho, la presente invención tiene por finalidad, a la salida de la etapa de moldeo por inyección, una pieza que presenta una forma más cercana a la de la pieza final.

5 A tal efecto, de acuerdo con la presente invención, el procedimiento se caracteriza por comprender las etapas según la reivindicación 1.

De esta manera, se comprende que, por el hecho de no cortar la serie de hilos trazadores a lo largo de la superficie de referencia, es decir, más particularmente de los hilos de urdimbre que se extienden en su conjunto según la dirección longitudinal de la preforma y, por lo tanto, de la pieza final, se mejora la cohesión y, por tanto, las propiedades mecánicas de esa superficie de referencia. Esta última puede estar constituida en particular a partir de la superficie de la zona de la preforma destinada a llegar a ser la totalidad o parte del borde de ataque y/o de la pared de intradós y/o de la raíz.

Además, al realizar una deformación previa de la preforma recortada, se puede tener asegurado el disponer y orientar debidamente entre sí las zonas de la preforma, lo cual se ve facilitado por el hecho de que, en ese preciso momento, la preforma resultante de las etapas de tejedura y de recorte es relativamente flexible. Se puede realizar esta deformación en varias etapas, teniendo en cuenta las diferentes partes del álabe y sus posiciones y orientación propia. A continuación, se inmoviliza esta posición de deformación previa en la etapa d) que permite esta rigidificación relativa por compactación debido a la presencia del producto de apresto recubriendo las fibras para facilitar la tejedura de las mismas, cuyo producto de apresto se puede completar con un producto pegajoso, por ejemplo una resina epoxídica diluida.

De este modo, se tiene asegurado que un máximo de hilos trazadores quedan bien posicionados en la inyección realizada según la técnica RTM «Resin Transfer Moulding». De este modo, se conserva el máximo de hilos indemnes en lo sucesivo, bien sea porque en esa parte no se realiza ningún mecanizado, o bien porque el mecanizado se mantiene estrictamente paralelo a esos hilos trazadores, lo cual garantiza el no cortar un hilo situado paralelamente a ese hilo trazador, a lo largo de su extensión.

Globalmente, en virtud del procedimiento según la presente invención, es posible fabricar un álabe, y en particular un álabe de ventilador, que presenta desde su misma salida de la etapa de inyección, para diferentes partes, una forma y unas dimensiones muy cercanas a las de la pieza definitiva.

Otras ventajas y características de la invención se desprenderán de la lectura de la descripción que sigue, dada a título de ejemplo y con referencia a los dibujos que se acompañan, en los que:

la figura 1 es una vista general en perspectiva de una preforma, después de troquelada; y

las figuras 2 a 6 son sendas vistas en proyección de otras etapas de realización del procedimiento según la presente invención.

El procedimiento conforme a la presente invención se realiza a partir de una preforma tal como la resultante de una tejedura en tres dimensiones realizada, por ejemplo, de manera acorde con el documento FR2861143. Así, la primera etapa a) del procedimiento consiste en realizar tal preforma tridimensional por tejedura, que incluye hilos de urdimbre e hilos de trama. Dentro de estos dos grupos de hilos, se prevén unos hilos trazadores identificables visualmente respecto a los demás y situados regularmente al menos en la superficie de la preforma.

Ventajosamente, dicha preforma se conforma a partir de hilos de urdimbre y de hilos de trama, constituyéndose la dirección de los hilos de urdimbre en la dirección longitudinal de la preforma, dicha preforma incluye al menos una primera parte, realizada según un primer ligamento, conformante de la pala del álabe, y una segunda parte, realizada según un segundo ligamento, conformante de la raíz del álabe, y la primera parte y la segunda parte quedan separadas por una zona de transición en la que el primer ligamento va siendo modificado progresivamente para culminar en el segundo ligamento, con lo cual se obtiene una disminución al menos del espesor del álabe entre la segunda parte y la primera parte.

Los hilos de tejedura pertenecen al grupo formado por las fibras de carbono, las fibras de vidrio, las fibras de sílice, las fibras de carburo de silicio, las fibras de alúmina, las fibras aramidas y las fibras de poliamidas aromáticas.

Esta preforma tejida en una sola pieza se recorta a continuación de acuerdo con la etapa b) del procedimiento según la invención. Más exactamente, esta preforma tejida se perfila mediante troquelado del contorno siguiendo un predeterminado ábaco tridimensional previsto para que, después de la deformación, la preforma cumpla la geometría de la pieza acabada. Este recorte se puede realizar mediante chorro de agua y/o mediante medios mecánicos (tijeras, cúter, sierra...) y/o mediante corte con láser.

Se culmina en una preforma recortada 10a visible en la figura 1. Nos encontramos con las partes destinadas a conformar la pala 12 y la raíz 14 del álabe. En concreto, los hilos de urdimbre y de trama 20 utilizados para la

tejadura en tres dimensiones son fibras de carbono y unas fibras de vidrio o de kevlar conforman unos hilos trazadores 22 situados esencialmente en la superficie de la preforma, a lo largo de la dirección principal paralela a los hilos de urdimbre y a lo largo de la dirección transversal paralela a los hilos de trama.

5 De este modo, los hilos trazadores 22 aparecen de color blanco sobre el resto de la preforma, que es negra y, por tanto, los hilos trazadores 22 son muy visibles. Además, estos hilos trazadores son detectables mediante tecnologías tradicionales de inspección no destructiva (tipo tomografía por rayos X o por ultrasonidos) que permiten comprobar la conformidad de la pieza final.

10 En concreto, estos hilos trazadores 22 están presentes en este caso en la superficie de las dos caras (pared de intradós 17 y pared de extradós 18) del álabe, en ubicaciones predeterminadas con el fin de servir de punto de referencia para el posicionamiento a efectos del recorte y de otras etapas de tratamiento de la preforma tal como a continuación se expondrá.

De conformidad con la presente invención, en esta etapa de recorte, se prevé conservar una serie de hilos trazadores situados en la superficie de la preforma a lo largo de al menos una cara de referencia 16, la cual, en el caso ilustrado, es la cara destinada a conformar el borde de ataque.

15 A continuación, de conformidad con la presente invención, se realiza una etapa c) en la que se realiza una deformación previa de la preforma recortada 10a.

20 Más precisamente, durante la etapa c) se realiza dicha deformación previa colocando la preforma recortada 10a en un molde de conformado 24 que presenta diferentes partes que, delimitando entre sí una cavidad destinada a alojar la preforma recortada 10a, presentan unas marcas que sirven de referencia para el posicionamiento de al menos algunos de los hilos trazadores 22.

Se pueden utilizar diferentes sistemas de indicación y de posicionamiento de la preforma recortada 10a, especialmente un proyector láser 26 que proyecta un haz luminoso en la ubicación idónea de un hilo trazador 22, de modo que es sencillo entonces desplazar en consecuencia el hilo trazador 22 correspondiente para obtener el posicionamiento predeterminado.

25 Alternativamente o como complemento, se pueden disponer sobre la preforma unas máscaras, que reproducen el contorno y/o la posición de la totalidad o parte de los hilos trazadores 22, con el fin de controlar su debido posicionamiento.

30 Se puede concebir que la colocación de la preforma recortada 10a dentro del molde de conformado 24 sea suficiente para realizar el conjunto de las necesarias deformaciones para culminar en la forma final que interesa. Sin embargo, ventajosamente, se puede realizar asimismo esta etapa c) en varias sub-etapas.

En particular, durante la etapa c), antes de colocar la preforma recortada 10a dentro del molde de conformado 24, se efectúa una previa deformación preliminar consistente en, por ejemplo, realizar una cizalladura según una dirección paralela a la dirección principal longitudinal de la preforma recortada, manteniendo en su plano la preforma recortada 10a.

35 A continuación, la preforma recortada 10b, habiendo pasado por este movimiento de cizalladura, se dispone en el molde de conformado 24, el cual coloca la preforma recortada en una nueva configuración que la deforma más aplicándole además un giro (flecha 25a) alrededor de un eje XX' paralelo a su dirección principal.

40 También se puede prever que el molde de conformado 24 presente una parte móvil 24a, deslizante y destinada a venir a posicionarse contra el extremo libre de la raíz 14 de la preforma con el fin de venir a ejercer un esfuerzo (flecha 25b) que realiza la deformación que interesa de esta porción 14 de la preforma, o que evita ciertos tipos de deformación en esta parte, en tanto que se ejerce una deformación sobre otras porciones de la preforma 10b.

Hay que comprender que para conformar la preforma recortada 10b gracias a la utilización de los hilos trazadores 22 como elementos de referencia para posicionar la preforma 10a dentro del molde de conformado 24 son concebibles cuantiosas posibilidades diferentes.

45 La estrategia de ubicación de la preforma recortada 10a dentro del molde de conformado 24 se halla relacionada asimismo con el perfil de recorte o de perfilado realizado con anterioridad, según la o las superficie(s) de referencia escogida(s), especialmente de entre la raíz, la cabeza, el borde de ataque 16, el borde de salida o cualquier otra zona predeterminada.

50 En tal caso, al separar en varias sub-etapas la deformación que se quiere aplicar a la preforma recortada 10a, al separar, como en el ejemplo anteriormente expuesto, la cizalladura del giro, es más fácil tener el control del posicionamiento muy preciso de todas las porciones de esa preforma, sobre todo cuando ésta presenta un gran tamaño.

- Así, en la figura 3, la raíz 14 de la preforma previamente deformada 10b presenta una cara terminal libre 14a inferior que ya no es plana, debido a la resultante de la deformación realizada por cizalladura y giro, y unas caras laterales 14b cuyo contorno es visible por medio de los hilos trazadores 22 que no están dirigidos según una dirección rectilínea (trazos de puntos y rayas), sino según un contorno curvo resultante de la cizalladura (flechas 25c) y del giro (flecha 25a) realizados en el transcurso de esta etapa c) de deformación previa.
- A continuación, de acuerdo con la etapa d), se realiza una compactación que rigidiza la preforma previamente deformada 10b. El molde de compactación 28 utilizado al efecto, visible parcialmente en la figura 4, puede ser realizado ventajosamente completando el molde de conformado 24 mediante los equipos necesarios. En efecto, el molde de compactación 28 debe poder ser llevado a una temperatura del orden de 100 °C, realizando una generación de vacío parcial para la aspiración del disolvente que se evapora.
- En el transcurso de esta etapa, los que van a permitir esta rigidización son los productos de apresto que recubren los hilos y que se utilizan para facilitar la tejeduría. De hecho, esta rigidización va a inmovilizar en modo suficiente el conformado dado a la preforma recortada 10a para que se pueda colocarla fácilmente dentro del molde de inyección sin modificar sensiblemente su forma.
- De ser necesario, se puede añadir un agente de pegajosidad en el interior de la preforma, por ejemplo una resina diluida, en particular de tipo epoxídico, todo ello con el fin de poder, bajo el efecto del calor y de la presión que se ejercen durante la etapa de compactación d), pegar entre sí las fibras de carbono tejidas para evitar que la preforma previamente deformada 10b sufra alguna posterior deformación, en particular durante la etapa de inyección.
- El molde de compactación 28 presenta un alojamiento cuyas dimensiones y cuyo volumen permiten compactar la preforma tejida a un porcentaje volumétrico de fibras del orden del 55 al 58 %, que corresponde sensiblemente al porcentaje volumétrico definitivo de la pieza final. En el ejemplo de realización representado, el molde de compactación 28 tradicional está modificado en la ubicación destinada a recibir la cara de referencia 16 de la preforma que va a conformar el borde de ataque.
- En este sitio, las dimensiones del molde de compactación 28 son modificadas de modo que se realice una compactación suplementaria que culmine en un porcentaje volumétrico de fibras del orden del 65 %.
- Alternativamente, esta sobrecompactación se puede obtener después de la compactación y la rigidización realizadas en un molde de compactación 28 no modificado, utilizando una herramienta específica que viene a realizar esta compactación suplementaria únicamente en la zona de la preforma previamente deformada 10b destinada a conformar el borde de ataque.
- En el ejemplo de realización ilustrado en la figura 5, se realiza, antes de la etapa de inyección y después de la etapa de sobrecompactación anteriormente expuesta, la implantación de varios elementos de protección sobre la preforma compactada 10c.
- A tal efecto, en primer lugar se fija (por pegado) un elemento de protección 30 del borde de ataque, metálico, por ejemplo de titanio, sobre la cara de referencia 16 sobrecompactada.
- Este elemento de protección 30 determina un semi-manguito longitudinal que viene a enfundarse sobre la zona sobrecompactada de la preforma 10c y que presenta un mayor espesor en la zona conformante de la punta del borde de ataque 16, a uno y otro lado de porciones conformantes de unas alas 30a, 30b.
- De las explicaciones que anteceden se desprende que, durante la etapa d), se realizan antes, durante o después de la rigidización, las siguientes sub-etapas:
- d1) se realiza una sobrecompactación de la preforma previamente deformada 10c en la ubicación del borde de ataque;
- d2) se monta sobre la preforma previamente deformada 10c, en la ubicación del borde de ataque, un elemento de protección 30 del borde de ataque, metálico, que presenta dos alas destinadas a pasar a recubrir una porción de las paredes de intradós y de extradós.
- Más precisamente, con el fin de facilitar la implantación de este elemento de protección 30, durante la etapa d2), se dispone dicho elemento de protección 30 en un dispositivo de montaje 40 apto para distanciar dichas alas 30a, 30b (flechas 31) de dicho elemento de protección 30 y luego se coloca dicho dispositivo de montaje 40 sobre la preforma previamente deformada 10c de modo que las dos alas 30a, 30b de dicho elemento de protección 30 enfundan el borde de ataque sobrecompactado de la preforma previamente deformada 10c, y se sueltan dichas alas 30a, 30b.
- Hay que señalar que, previamente, se ha dispuesto cola sobre la superficie en cuestión del borde de ataque sobrecompactado 16 de la preforma previamente deformada 10c.

Este dispositivo de montaje 40 se presenta en forma de un molde conformante de un dispositivo separador que distancia las alas del elemento de protección, y ello con el fin de facilitar la inserción de la preforma 10c en el interior del alojamiento delimitado por el elemento de protección longitudinal 30.

- 5 A tal efecto, el dispositivo de montaje 40 es susceptible de ser puesto parcialmente a vacío, mediante un sistema de generación de vacío parcial 33, de modo que cuando el elemento de protección 30 metálico se halla dispuesto en el interior del alojamiento de este dispositivo de montaje 40, la depresión permite distanciar las alas 30a, 30b del elemento de protección (véanse las flechas 31), lo cual permite entonces disponer fácilmente la preforma 10c, o más precisamente la porción 16 de esta preforma destinada a conformar el borde de ataque, en el interior del elemento de protección 30, entre las alas 30a, 30b (véase la figura 6).
- 10 Además, de acuerdo con el ejemplo de realización, antes de la etapa d2), se fija una película protectora 32 sobre la preforma previamente deformada, sobre una porción de la superficie exterior de la pared de intradós que comprende el borde de ataque. Esta película protectora 32, realizada por ejemplo en poliuretano, va preferentemente pegada y va a servir de protección antierosión de la pared de intradós que queda sometida al flujo de aire que llega al interior del ventilador.
- 15 Tal película protectora 32 permite ventajosamente reforzar asimismo las propiedades mecánicas de superficie de la pared de intradós 17, que es la parte del álabe sometida en primer lugar al flujo de aire entrante.
- Entonces hay que utilizar, bajo la película protectora 32, una cola, por ejemplo de tipo poliuretano, que sea poco viscosa y resista a las temperaturas de inyección y de cocción (respectivamente del orden de 160 y 180 °C).
- 20 Como resulta manifiesto en la figura 5, en el ejemplo de realización se interpone, entre la película protectora 32 y la preforma previamente deformada 10c, un elemento de intercara 34 determinante, bajo la película protectora 32, de un sobreespesor sobre los hilos 20 de la preforma que se encuentran en la superficie de la preforma.
- En efecto, mediante este elemento de intercara 34 se pretende evitar, o cuando menos reducir al mínimo, el hecho de que la película protectora 32 se deforme por el estado de superficie de la preforma el cual está subordinado a la posición y al diámetro de los hilos de tejedura 20.
- 25 A tal efecto, se puede utilizar, en calidad de elemento de intercara 34, situado entre los hilos tejidos 20 y la película protectora 32, un elemento de intercara 34 flexible, tal como un tejido seco, preimpregnado o un no tejido, preferentemente realizado a partir de fibras de carbono, o bien una cáscara más rígida realizada a partir de resina sola o de una mezcla de resina y de fibras.
- 30 Al término de todas estas etapas, se obtiene una preforma rígida (no representada) que presenta una conformación definitiva, equipada con diferentes protecciones, a saber con el elemento de protección metálico 30 del borde de ataque y con la película protectora 32 de la pared de intradós 17, bajo la cual va dispuesto un elemento de intercara 34.
- 35 Asimismo se prevé que, durante la etapa e) de preparación del molde de inyección, se dispone además dentro de dicho molde de inyección al menos una cuña (no representada) contra la superficie de la preforma rigidizada destinada a conformar la parte inferior de la raíz del álabe.
- En tal caso, durante las etapas f) y g), en cuyo transcurso se realiza el moldeo por inyección, dicha cuña es mantenida a presión constante contra la superficie de la preforma rigidizada destinada a conformar la parte inferior de la raíz del álabe, en particular la superficie 14a conformante de la superficie terminal libre de la raíz (véase la figura 3). Por ejemplo, como se ve en la figura 2, se utiliza una cuña conformada a partir de una pieza similar a la parte móvil 24a del molde de conformado 24, apta para deslizarse según una dirección paralela a la dirección principal longitudinal del álabe.
- 40 De este modo, se puede aplicar sobre esta cuña la presión adecuada de compactación para garantizar un correcto moldeo de los apoyos de contacto de la raíz 14.
- 45 Se comprende que la utilización de esta cuña a presión sustituye la técnica utilizada hasta el momento y consistente en colocar de ocho a quince hojas de preimpregnado bajo la raíz para determinar un sobreespesor en la base de la raíz durante el moldeo, pero que en muchas ocasiones venía acompañada de la necesidad de una rectificación de las dimensiones por mecanizado y, sobre todo, realizaba la adición de una pieza insertada no cohesiva por sus fibras/hilos cuando menos, con el resto de la preforma, con los consiguientes riesgos de delaminación susceptibles de determinar unas zonas de debilidad mecánica en funcionamiento.
- 50 La última etapa consiste en la tradicional etapa de moldeo por inyección de resina en el interior del molde de inyección, que incluye en este caso concreto la preforma previamente deformada 10c equipada con las protecciones.

En este punto, hay que comprender que durante la etapa f), en cuyo transcurso es calentado el molde, la zona 16 sobrecompactada se rigidiza en el transcurso de las etapas d) y d1), a saber, el borde de ataque sobrecompactado

de la preforma previamente deformada 10c se reblandece. En efecto, se produce una retracción, a saber una relajación de la estructura tejida que vuelve a ocupar así el lugar que le es atribuido por el molde de inyección, lo cual asegura así un contacto íntimo entre el borde de ataque, la cola y las protecciones, especialmente entre el borde de ataque y el alojamiento del elemento de protección 30.

- 5 Se puede prever que el molde de inyección esté provisto de otras cuñas, en particular cuñas situadas en el borde del alojamiento receptor de la preforma, y las cuales se retiran primeramente después de la inyección, en el transcurso del enfriamiento, para evitar inducir esfuerzos y fragilizar el álabe, especialmente en determinadas zonas, debido a las diferencias de coeficientes de dilatación térmica de los materiales componentes del molde, en muchas ocasiones metálico, y de la resina inyectada.
- 10 De este modo, se comprende que el procedimiento conforme a la presente invención permite obtener, a la salida del molde de inyección, un álabe que ya está equipado con las protecciones del borde de ataque y de la pared de intradós y que presenta una raíz cuyos apoyos de contacto presentan las cotas de fabricación definitivas.

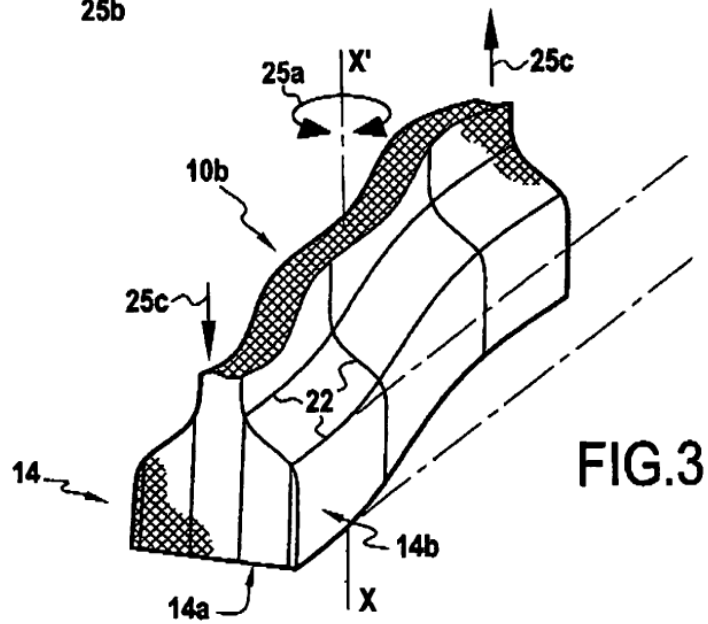
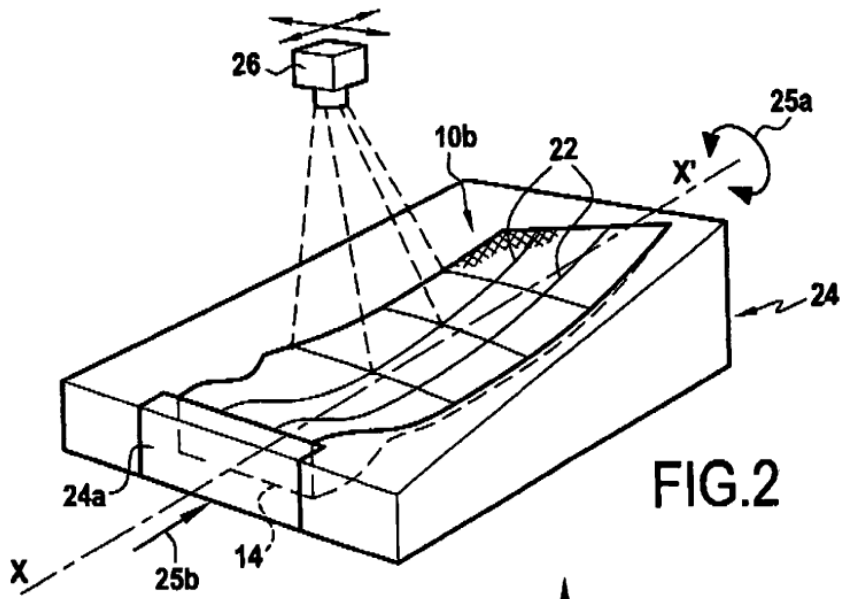
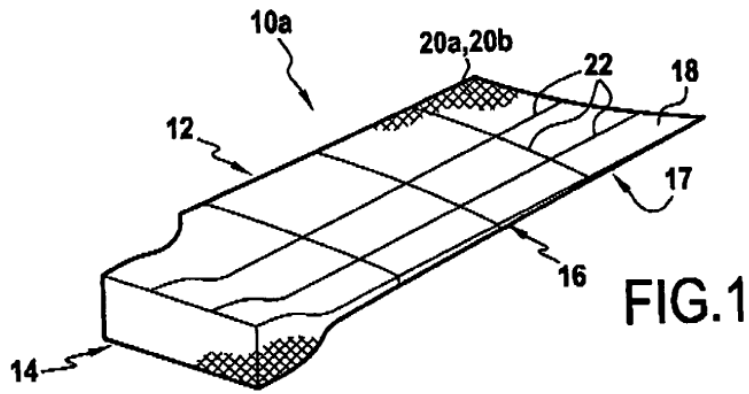
**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento de fabricación de un álabe de turbomáquina de material compuesto, caracterizado por que comprende las siguientes etapas:
  - 5 a) se realiza una preforma mediante tejedura en tres dimensiones de hilos de urdimbre (20a) y de hilos de trama (20b) recubiertos de productos de apresto, comprendiendo dicha preforma a la vez la pala (12) y la raíz (14) del álabe, comprendiendo los hilos de urdimbre (20a) y los hilos de trama (20b) unos hilos trazadores (22) identificables visualmente dispuestos al menos en la superficie de la preforma;
  - 10 b) se recorta dicha preforma dejando intactos varios hilos trazadores (22) situados a lo largo de una cara de referencia (16) de la preforma, con lo cual se proporciona una preforma recortada (10a) apta para adoptar la forma y las dimensiones de las partes constitutivas del álabe;
  - 15 c) se deforma previamente dicha preforma recortada (10a) por el hecho de que se efectúa una previa deformación preliminar consistente en realizar una cizalladura según una dirección paralela a la dirección principal de la preforma recortada (10a), manteniendo en su plano la preforma recortada (10a) y por el hecho de que a continuación la preforma recortada (10a), habiendo pasado por este movimiento de cizalladura, se dispone en un molde de conformado (24), el cual coloca la preforma recortada (10a) en una configuración que la deforma giratoriamente alrededor de un eje paralelo a su dirección principal, con lo cual se proporciona una preforma previamente deformada (10b);
  - 20 d) se realiza una compactación que rigidiza dicha preforma previamente deformada (10b) gracias a los productos de apresto, con lo cual se proporciona una preforma rigidizada (10c);
  - 25 e) se proporciona un molde de inyección en el cual se coloca dicha preforma rigidizada (10c);
  - f) se inyecta en dicho molde de inyección un aglutinante que comprende una resina termoendurecible con el fin de impregnar toda la preforma previamente deformada rigidizada (10c) y de mantener la disposición relativa entre los hilos (20) de la preforma;
  - g) se calienta dicho molde de inyección; y
  - 30 h) se saca del molde una pieza moldeada de material compuesto que presenta sensiblemente la forma y las dimensiones de dicho álabe.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que los hilos trazadores (22) son de naturaleza diferente de las demás fibras (20).
3. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que durante la etapa d) se realizan antes, durante o después de la rigidización, las siguientes sub-etapas:
  - 35 d1) se realiza una sobrecompactación de la preforma previamente deformada (10b) en la ubicación del borde de ataque;
  - d2) se monta sobre la preforma previamente deformada, en la ubicación del borde de ataque, un elemento de protección (30) del borde de ataque, metálico, que presenta dos alas (30a, 30b) destinadas a pasar a recubrir una porción de las paredes de intradós y de extradós.
4. Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado por que, durante la etapa d2), se dispone dicho elemento de protección (30) en un dispositivo de montaje (40) apto para distanciar dichas alas (30a, 30b) de dicho elemento de protección (30) y luego se coloca dicho dispositivo de montaje (40) sobre la preforma previamente deformada (10b), de modo que las dos alas de dicho elemento de protección enfundan el borde de ataque sobrecompactado de la preforma previamente deformada, y se sueltan dichas alas.
5. Procedimiento según la reivindicación 3 ó 4, caracterizado por que, antes de la etapa d2), se fija una película protectora (32) sobre la preforma previamente deformada (10b), sobre una porción de la superficie exterior de la pared de intradós que comprende el borde de ataque.
6. Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado por que la película protectora (32) es de poliuretano.
7. Procedimiento según la reivindicación 5 ó 6, caracterizado por que se interpone, entre la película protectora (32) y la preforma previamente deformada (10b), un elemento de intercara (34) determinante de un sobreespesor sobre los hilos (20) de la preforma.
8. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que, durante la etapa e), se dispone además dentro de dicho molde de inyección al menos una cuña (24a) contra la superficie de la preforma rigidizada destinada a conformar la parte inferior de la raíz del álabe.



9. Procedimiento según la reivindicación 8, caracterizado por que, durante las etapas f) y g), dicha cuña (24a) es mantenida a presión constante contra la superficie (14a) de la preforma rigidizada destinada a conformar la parte inferior de la raíz del álabe.
- 5 10. Álabe de ventilador obtenido según el procedimiento de una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, caracterizado por que dicha preforma, comprendiendo a la vez la pala (12) y la raíz (14) del álabe, se conforma a partir de hilos de urdimbre (20a) y de hilos de trama (20b) tejidos en tres dimensiones, constituyéndose la dirección de los hilos de urdimbre (20a) en la dirección longitudinal de la preforma, porque los hilos de urdimbre (20a) y de trama (20b) comprenden unos hilos trazadores (22) identificables visualmente dispuestos al menos en la superficie de la preforma y porque varios hilos trazadores (22) situados a lo largo de una cara de referencia (16) de la preforma no son cortados con el fin de permitir la comprobación de la conformidad del álabe mediante tecnologías de inspección no destructiva.
- 10 11. Álabe según la reivindicación 10, caracterizado por que dicha preforma se conforma a partir de hilos de urdimbre (20a) y de hilos de trama (20b), constituyéndose la dirección de los hilos de urdimbre (20a) en la dirección longitudinal de la preforma, porque dicha preforma incluye al menos una primera parte, realizada según un primer ligamento, conformante de la pala (12) del álabe, y una segunda parte, realizada según un segundo ligamento, conformante de la raíz (14) del álabe, y porque la primera parte y la segunda parte quedan separadas por una zona de transición en la que el primer ligamento va siendo modificado progresivamente para culminar en el segundo ligamento, con lo cual se obtiene una disminución al menos del espesor del álabe entre la segunda parte y la primera parte.
- 15 12. Álabe según la reivindicación 11, caracterizado por que los hilos pertenecen al grupo formado por las fibras de carbono, las fibras de vidrio, las fibras de sílice, las fibras de carburo de silicio, las fibras de alúmina, las fibras aramidas y las fibras de poliamidas aromáticas.
- 20 13. Álabe según la reivindicación 12, caracterizado por que los hilos de urdimbre (20a) y los hilos de trama (20b) son fibras de carbono y porque los hilos trazadores (22) son fibras de vidrio.

25



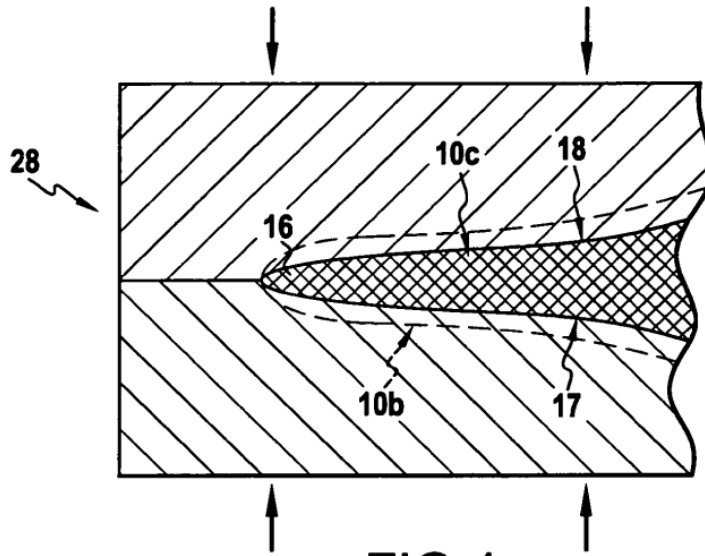


FIG. 4

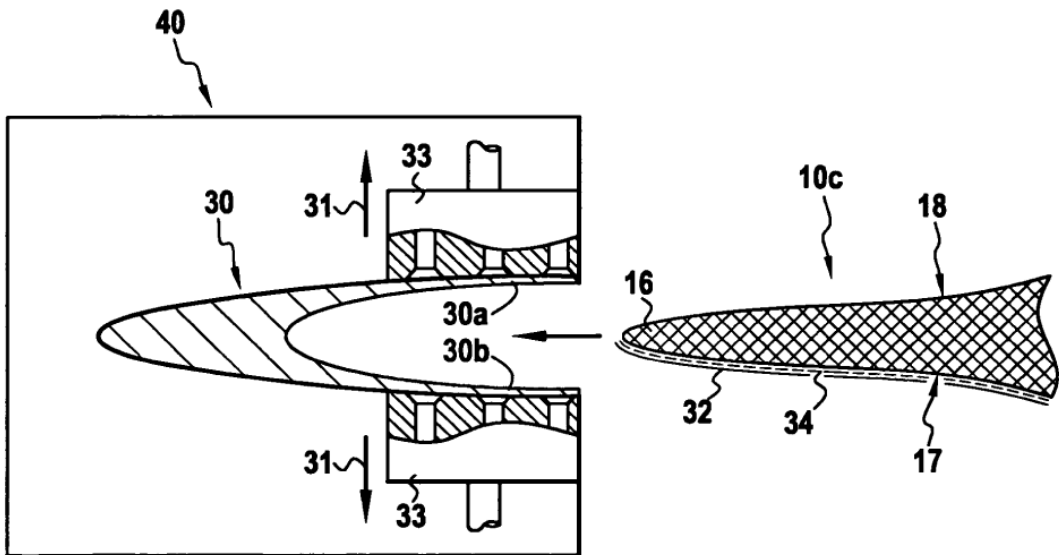


FIG. 5

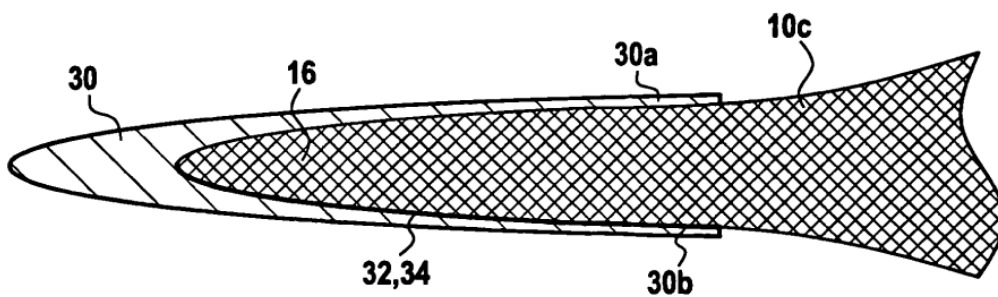


FIG. 6