

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 478 969**

51 Int. Cl.:

**B29C 70/34** (2006.01)

**B29C 70/88** (2006.01)

**B29L 31/08** (2006.01)

**F03D 1/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.01.2012 E 12151903 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.06.2014 EP 2617555**

54 Título: **Pala de rotor de turbina eólica con borde de salida que comprende mechas**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**23.07.2014**

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)  
Wittelsbacherplatz 2  
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**MADSEN, KRISTIAN LEHMANN**

74 Agente/Representante:

**ZUAZO ARALUZE, Alexander**

ES 2 478 969 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**

Pala de rotor de turbina eólica con borde de salida que comprende mechas.

**5 Campo de la invención**

La presente invención se refiere a un método para fabricar una pala de rotor de turbina eólica que comprende un borde de salida por medio de un moldeo por transferencia de resina asistido por vacío (VARTM). Adicionalmente se refiere a una pala de rotor de turbina eólica y a una turbina eólica.

10

**Técnica anterior**

El documento JP 8 165363 A da a conocer una estructura fibrosa de relleno para reforzar la unión entre vigas de perfil hechas de un material compuesto de resina reforzado con fibra integrando un material de núcleo específico con un material de cobertura. El material de núcleo es un haz de al menos dos hilos continuos agrupados en haz de manera que se ajustan a la sección de un espacio de calza de la unión entre vigas en L, I o T. El documento US 2004/150130 A1 da a conocer una pala de túnel de viento que comprende cargas curvadas formadas por una camisa trenzada que rodea varios filamentos unidireccionales.

15

20

A partir del documento EP 1 310 351 B1 se conoce colar una pala de rotor de turbina eólica integrada en un procedimiento de moldeo usando por ejemplo un procedimiento de VARTM. Además se conoce añadir material de núcleo tal como madera de balsa o espuma de PVC en la pala, especialmente en el borde de salida de la pala, para aumentar la estabilidad y rigidez de la pala. La finalidad de poner material de núcleo en el borde de salida de la pala es crear rigidez en esta parte de la pala de rotor.

25

Para integrar por ejemplo material de núcleo de borde de salida de forma triangular es necesario establecer capas adicionales de material reforzado alrededor del material de núcleo de borde de salida de forma triangular y todo ello se establece entre las capas de cubierta exterior de la estructura de material compuesto de pala. De este modo se crea un "alma" de borde de salida que ayuda a transferir fuerzas y crea rigidez entre las partes superior e inferior de la construcción de pala. Sin embargo, con esta solución aparece la dificultad de que consume relativamente bastante tiempo colocar el material de fibra reforzado alrededor del material de núcleo de manera apropiada de modo que se consigan la construcción y las propiedades deseadas.

30

**Sumario de la invención**

35

Un primer objetivo de la presente invención es proporcionar un método mejorado para fabricar una pala de rotor de turbina eólica que consuma menos tiempo y ahorre costes. Un segundo objetivo de la presente invención es proporcionar una pala de rotor de turbina eólica ventajosa. Un tercer objetivo es proporcionar una turbina eólica ventajosa.

40

El primer objetivo se soluciona mediante un método para fabricar una pala de rotor de turbina eólica según la reivindicación 1. El segundo objetivo se soluciona mediante una pala de rotor de turbina eólica según la reivindicación 12 y el tercer objetivo se soluciona mediante una turbina eólica según la reivindicación 13. Las reivindicaciones dependientes definen desarrollos adicionales de la invención.

45

El método de la invención para fabricar una pala de rotor de turbina eólica que comprende un borde de salida se realiza por medio de un moldeo por transferencia de resina asistido por vacío (VARTM). El método de la invención comprende las etapas de colocar varias capas que comprenden material de fibra sobre la superficie interior de una primera parte de molde, colocar una pluralidad de mechas de fibra sobre las diversas capas en una posición que forma el borde de salida de la pala, y colar la pala usando un moldeo por transferencia de resina asistido por vacío. La pluralidad de mechas de fibra puede colocarse sobre la capa más interior o interior o más superior de las diversas capas de fibra colocadas anteriormente.

50

La invención es ventajosa porque la construcción de la invención usa menos material y más barato y, por tanto, es más ligera que la construcción de la técnica anterior pero proporcionando aún la transferencia de fuerzas entre las partes superior e inferior de la pala. Además se consigue un refuerzo del borde de salida, en combinación con una transferencia de fuerzas de corte entre los dos lados de la pala.

55

La invención es ventajosa además porque la construcción es relativamente simple de desarrollar durante la fabricación de la pala, es decir durante la colocación de material de fibra. El efecto de esto es que es rentable dado que se emplean menos horas-hombre.

60

La invención también es ventajosa además porque los haces de mechas son muy flexibles y absorberán tolerancias de proceso entre los lados de la pala en el borde de salida y, por consiguiente, adaptarán su forma a la cavidad que crea la forma de molde.

65

Las mechas usadas pueden tener una dirección longitudinal. Preferiblemente, las mechas pueden colocarse de modo que la dirección longitudinal discurre en paralelo al borde de salida o en paralelo a la dirección longitudinal o dirección de envergadura de la pala.

5 Preferiblemente pueden usarse haces de mechas, especialmente para poder controlar la colocación de las mechas de fibra en el molde antes de la colada y para sujetar las mechas de fibra. Ventajosamente, varias mechas pueden agruparse en haz o unirse o conectarse o combinarse dando lugar a un haz antes de colocar las diversas mechas sobre las diversas capas.

10 Por ejemplo puede usarse una envoltura o recubrimiento envolvente o funda o un medio similar con una función similar para formar el haz de mechas. Preferiblemente, la envoltura o recubrimiento envolvente o funda o el medio similar puede comprender material de fibra, por ejemplo material de fibra vidrio o material de fibra de carbono, y/o papel y/o plástico y/o un polímero. Además, la envoltura o recubrimiento envolvente o funda o medio similar puede disolverse al menos parcialmente durante el procedimiento de colada. Esto tiene la ventaja de que las mechas  
15 pueden adaptarse perfectamente a la forma dada por las partes de molde durante el procedimiento de colada.

La pluralidad de mechas puede establecerse en paralelo dentro de dicha envoltura o recubrimiento envolvente o funda o medio similar.

20 Una segunda parte de molde que comprende una superficie interior, sobre la que se colocan varias capas que comprenden material de fibra, puede situarse sobre la primera parte de molde creando una cavidad de molde cerrada. Además, una membrana estanca al aire puede situarse sobre las mechas de fibra y las diversas capas, especialmente la capa de fibra más interior, para crear vacío en el espacio entre la membrana y la superficie interior de la primera parte de molde y/o la superficie interior de la segunda parte de molde. Es necesario crear vacío para  
25 realizar el procedimiento de VARTM.

Además, las mechas de fibra pueden comprimirse y/o adaptarse a una forma definida mediante la primera parte de molde y/o segunda parte de molde y/o la membrana estanca al aire, por ejemplo aplicando vacío.

30 La pala de rotor de turbina eólica de la invención comprende un borde de salida y una superficie interior. La superficie interior de la pala en el borde de salida comprende una pluralidad de mechas de fibra. La pala de rotor de turbina eólica de la invención puede fabricarse ventajosamente por medio del método descrito anteriormente.

35 La turbina eólica de la invención comprende una pala de rotor de turbina eólica tal como se describió anteriormente.

La presente invención tiene la ventaja de que puede usarse menos material y más barato en comparación con el estado de la técnica y, por tanto, se obtiene una construcción más ligera. Además se proporcionan una transferencia mejorada de fuerzas entre la parte superior e inferior de la pala, es decir entre el lado de presión y el lado de succión, y también un refuerzo adicional del borde de salida. Además, la construcción es relativamente simple y rentable dado que se emplean menos horas-hombre.  
40

Características, propiedades y ventajas adicionales de la presente invención quedarán claras a partir de la siguiente descripción de una realización en relación con los dibujos adjuntos. La realización no limita el alcance de la presente invención que está determinado por las reivindicaciones adjuntas. Todas las características descritas son ventajosas como características separadas o en cualquier combinación entre las mismas.  
45

La figura 1 muestra esquemáticamente una turbina eólica.

50 La figura 2 muestra esquemáticamente una pala de rotor en una vista en planta sobre el plano definido por la envergadura de la pala y la cuerda de la pala.

La figura 3 muestra esquemáticamente una corte a lo largo de la cuerda a través de la parte de plano aerodinámico de la pala mostrada en la figura 2.

55 La figura 4 muestra esquemáticamente el procedimiento de poner material de núcleo en el borde de salida de la pala.

La figura 5 muestra esquemáticamente un haz de mechas en una vista en perspectiva.

60 La figura 6 muestra esquemáticamente una primera parte de molde en una vista en corte.

La figura 7 muestra esquemáticamente la primera parte de molde y una segunda parte de molde formando una cavidad de molde cerrada en una vista en corte.

65 La figura 8 muestra esquemáticamente parte de la pala de turbina eólica fabricada en una vista en corte.

La figura 1 muestra esquemáticamente una turbina 1 eólica. La turbina 1 eólica comprende una torre 2, una góndola 3 y un buje 4. La góndola 3 está ubicada en la parte superior de la torre 2. El buje 4 comprende varias palas 35 de turbina eólica. El buje 4 está montado en la góndola 3. Además, el buje 4 está montado de manera que puede pivotar de modo que puede rotar con respecto a un eje 9 de rotación. Un generador 6 está ubicado dentro de la góndola 3. La turbina 1 eólica es una turbina eólica de accionamiento directo.

La figura 2 muestra una pala de rotor en una vista en planta sobre el plano definido por la envergadura 10 de la pala y el cuerda 8 de la pala. La figura 2 muestra una pala 35 de turbina eólica tal como se usa habitualmente en un rotor de tres palas. Sin embargo, la presente invención no estará limitada a palas para rotores de tres palas. De hecho también puede implementarse en otros rotores, por ejemplo rotores de una pala o rotores de dos palas.

La pala 35 de rotor mostrada en la figura 1 comprende una parte 23 de base con un perfil cilíndrico y una punta 22. La punta 22 forma la parte más exterior de la pala 35. El perfil cilíndrico de la parte 23 de base sirve para fijar la pala 35 a un cojinete de un buje 4 de rotor. La pala 35 de rotor comprende además un denominado hombro 24 que se define como la ubicación de su profundidad máxima de perfil, es decir la longitud máxima de cuerda de la pala. Entre el hombro 24 y la punta 22 se extiende una parte 25 de plano aerodinámico que tiene un perfil de forma aerodinámica. Entre el hombro 24 y la parte 23 de base cilíndrica se extiende una parte 27 de transición en la que tiene lugar una transición desde el perfil aerodinámico de la parte 25 de plano aerodinámico hasta el perfil cilíndrico de la parte 23 de base.

En la figura 2 se muestra un corte transversal a lo largo de la cuerda a través de la sección 25 de plano aerodinámico de la pala de rotor. Su perfil aerodinámico mostrado en la figura 2 comprende un lado 13 de succión convexo y un lado 15 de presión menos convexo. La línea de rayas y puntos que se extiende desde el borde 29 de ataque de la pala hasta su borde 11 de salida muestra la cuerda del perfil. Aunque el lado 15 de presión comprende una sección 17 convexa y una sección 19 cóncava en la figura 2, también puede implementarse sin ninguna sección cóncava en absoluto siempre que el lado 13 de succión sea más convexo que el lado 15 de presión.

El lado 13 de succión y el lado 15 de presión en la parte 25 de plano aerodinámico también se denominarán lado de succión y lado de presión de la pala 35 de rotor, respectivamente, aunque, estrictamente hablando, la parte 23 cilíndrica de la pala 35 no muestra un lado de presión o succión.

La figura 4 muestra esquemáticamente el procedimiento para poner material de núcleo en el borde de salida de la pala para crear rigidez en esta parte de la pala de rotor tal como se conoce por ejemplo a partir del documento EP 1 310 351 B1. Se establecen capas adicionales de material 42 y 42a reforzado alrededor de un material 43 de núcleo de borde de salida de forma triangular y todo ello se establece entre las capas 41 de cubierta exterior de la estructura de material compuesto de pala. De este modo se crea un alma 42a de borde de salida que ayuda a transferir fuerzas y crea rigidez entre las partes superior e inferior de la construcción de pala.

A continuación se describirá una realización de la presente invención con referencia a las figuras 5 a 8 en relación con las figuras 1 a 3. En el contexto de la presente invención, el material 43 de núcleo de borde de salida así como dichas esteras o capas adicionales de material 42, 42a reforzado en el borde 11 de salida se sustituyen por una pluralidad de mechas de fibra de material compuesto que se extienden a lo largo del borde 11 de salida.

Para poder controlar la colocación de las mechas 44 de fibra en el molde antes de la colada puede ser necesario sujetar las mechas 44 de fibra, por ejemplo en una funda o recubrimiento envolvente 45 de fibra de vidrio o carbono. Esto se ilustra esquemáticamente en la figura 5. La figura 5 muestra esquemáticamente un haz 40 de mechas en una vista en perspectiva. Se combinan varias mechas 44 dando lugar a un haz por medio de una funda o recubrimiento envolvente 45. Las mechas 44 comprenden una dirección 48 longitudinal y se disponen en paralelo entre sí y en paralelo a la dirección 48 longitudinal. Preferiblemente, el recubrimiento envolvente 45 comprende material de refuerzo, por ejemplo material de fibra de vidrio o fibra de carbono, y/o papel y/o plástico y/o un polímero. Ventajosamente, la funda o recubrimiento envolvente 45 se disuelve al menos parcialmente durante el procedimiento de colada.

La figura 6 muestra esquemáticamente una primera parte 46a de molde en una vista en corte que muestra una posición que forma el borde 11 de salida de la pala 35. La primera parte 46a de molde comprende una superficie 49a interior. Se colocan varias capas 41 que comprenden material de fibra sobre la superficie 49a interior de la primera parte 46a de molde.

El haz 40 de mechas se coloca sobre las diversas capas 41, más precisamente sobre el capa más interior o más superior de las diversas capas, en una posición que forma el borde 11 de salida de la pala 45.

La figura 7 muestra esquemáticamente la primera parte 46a de molde y una segunda parte 46b de molde formando una cavidad de molde cerrada en una vista en corte. La segunda parte 46b de molde también comprende una superficie 49b interior sobre la que se colocan varias capas 41 que comprenden material de fibra tal como se describió anteriormente en relación con la figura 6 y la primera parte 46a de molde. La segunda parte 46b de molde se sitúa sobre la primera parte 46a de molde formando una cavidad de molde cerrada. Una membrana 47 estanca al

5 aire se sitúa sobre el lado interior de la construcción, es decir sobre las diversas capas 41 y sobre el haz 40 de mechas, de modo que es posible crear un vacío en el espacio entre la membrana 47 y las superficies 49a y 49b interiores de las partes 46a y 46b de molde tal como se requiere para el procedimiento de VARTM. En otras palabras, el haz 40 de mechas o la funda 45 que comprende la pluralidad de mechas 44 de fibra se coloca y también se sitúa en el "espacio a vacío".

10 Cuando se aplica vacío, la funda o recubrimiento envolvente 45 y las mechas 44 se comprimirán y adaptarán a la forma definida por las formas 46a y 46b de molde y la bolsa 47 de vacío. A continuación se cuele la pala usando VARTM. Durante este procedimiento se inyecta resina en el espacio entre las superficies 49a y 49b interiores de las partes 46a y 46b de molde y la membrana 47 estanca al aire. En una variante de la invención, el recubrimiento envolvente o funda 45 que encierra dichas mechas 44 se disuelve durante el procedimiento de colada.

15 A continuación se endurece la resina. Por consiguiente, tras terminar el procedimiento moldeo y tras retirar la membrana 47 estanca al aire, el borde 11 de salida de la pala colada tiene esquemáticamente la apariencia ilustrada en la figura 8. La figura 8 muestra esquemáticamente parte de la pala de turbina eólica fabricada, más precisamente parte de la pala de rotor de turbina eólica cerca del borde 11 de salida, en una vista en corte. La pala 35 de rotor de turbina eólica fabricada comprende una superficie 39 interior. La superficie 39 interior cerca del borde 11 de salida comprende una pluralidad de mechas 44 de fibra.

**REIVINDICACIONES**

1. Método para fabricar una pala (35) de rotor de turbina eólica que comprende un borde (11) de salida por medio de un moldeo por transferencia de resina asistido por vacío, que comprende las etapas de:
  - 5 - colocar varias capas (41) que comprenden material de fibra sobre la superficie (49a) interior de una primera parte (46a) de molde,
  - 10 - colocar una pluralidad de mechas (44) de fibra sobre las diversas capas (41) en una posición que forma el borde (11) de salida de la pala (35), y
  - colar la pala (35) usando un moldeo por transferencia de resina asistido por vacío.
2. Método según la reivindicación 1, en el que las mechas (44) comprenden una dirección (48) longitudinal y las mechas (44) se colocan de modo que la dirección (48) longitudinal discurre en paralelo al borde (11) de salida.
3. Método según la reivindicación 1 ó 2, en el que se usan haces (40) de mechas.
- 20 4. Método según la reivindicación 3, en el que varias mechas (44) se agrupan en haz o se unen o se conectan o se combinan dando lugar a un haz (40) antes de colocar las diversas mechas (44) sobre las diversas capas (41).
- 25 5. Método según la reivindicación 3 ó 4, en el que se usa una envoltura o recubrimiento envolvente o funda (45) para formar el haz (40) de mechas.
6. Método según la reivindicación 5, en el que una envoltura o recubrimiento envolvente o funda (45) comprende material de fibra y/o papel y/o plástico y/o un polímero.
- 30 7. Método según la reivindicación 5 ó 6, en el que una envoltura o recubrimiento envolvente o funda (45) se disuelve al menos parcialmente durante el procedimiento de colada.
8. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que una segunda parte (46b) de molde que comprende una superficie (49b) interior, sobre la que se colocan varias capas (41) que comprenden material de fibra, se sitúa sobre la primera parte (46a) de molde creando una cavidad de molde cerrada.
- 35 9. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que una membrana (47) estanca al aire se sitúa sobre las mechas (44) de fibra y las diversas capas (41) para crear vacío en el espacio entre la membrana (47) y la superficie (49a, 49b) interior de la primera (46a) y/o la segunda parte (46b) de molde.
- 40 10. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que las mechas (44) de fibra se comprimen y/o adaptan a una forma definida mediante la primera (46a) y/o segunda parte (46b) de molde y/o la membrana (47) estanca al aire.
- 45 11. Método según la reivindicación 10, en el que las mechas (44) de fibra se comprimen y/o adaptan a una forma definida mediante la primera (46a) y/o segunda parte (46b) de molde y/o la membrana (47) estanca al aire aplicando vacío.
- 50 12. Pala (35) de rotor de turbina eólica que comprende un borde (11) de salida y una superficie (39) interior, caracterizada porque la superficie (39) interior de la pala (35) en el borde (11) de salida comprende una pluralidad de mechas (44) de fibra.
13. Turbina (1) eólica que comprende una pala (35) de rotor de turbina eólica según la reivindicación 12.

FIG 1

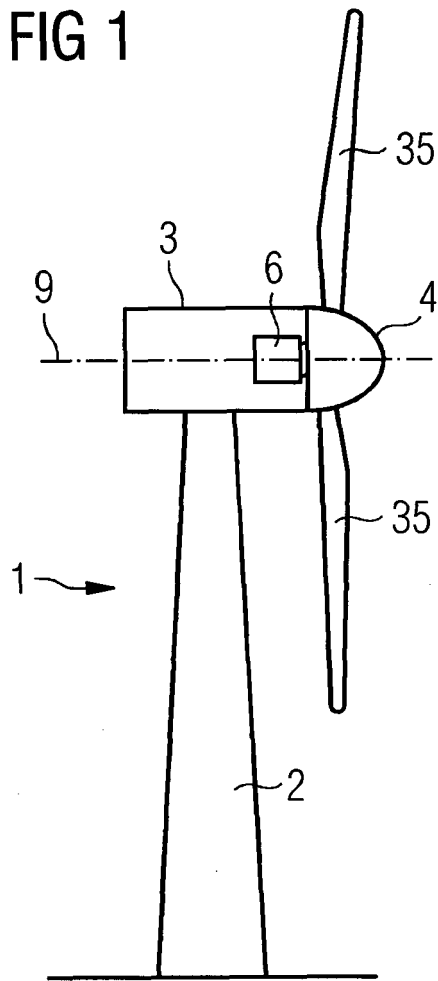


FIG 2

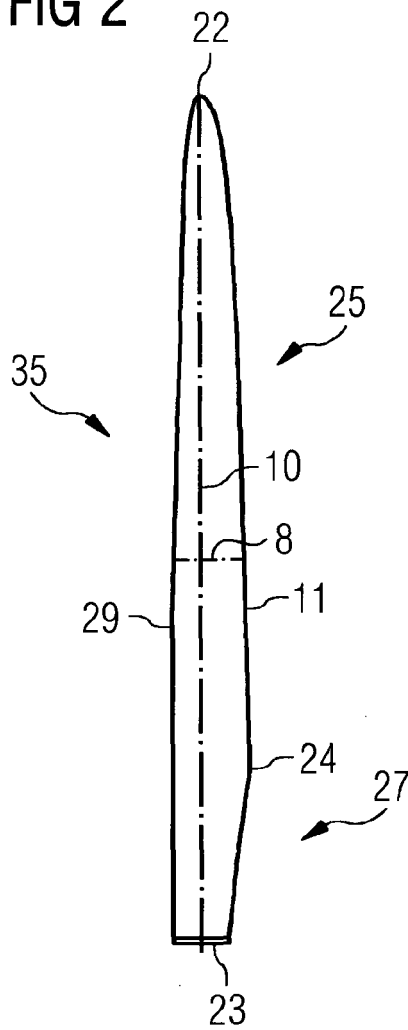


FIG 3

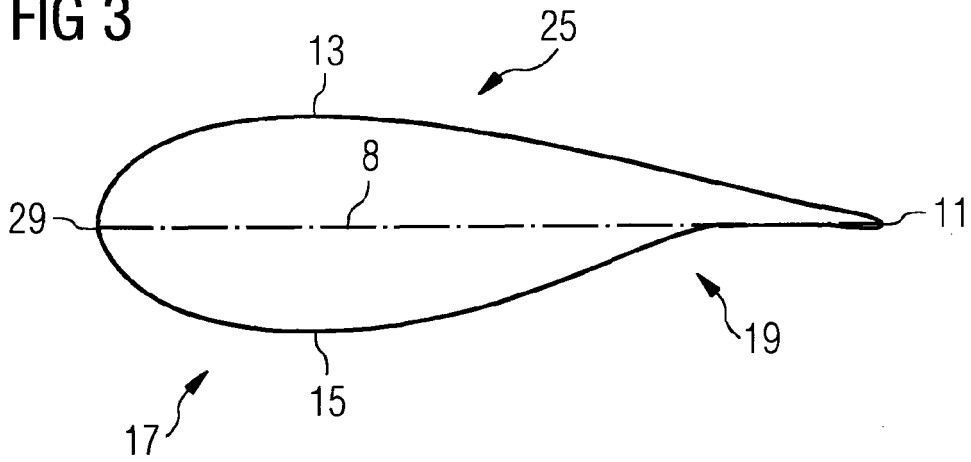




FIG 4

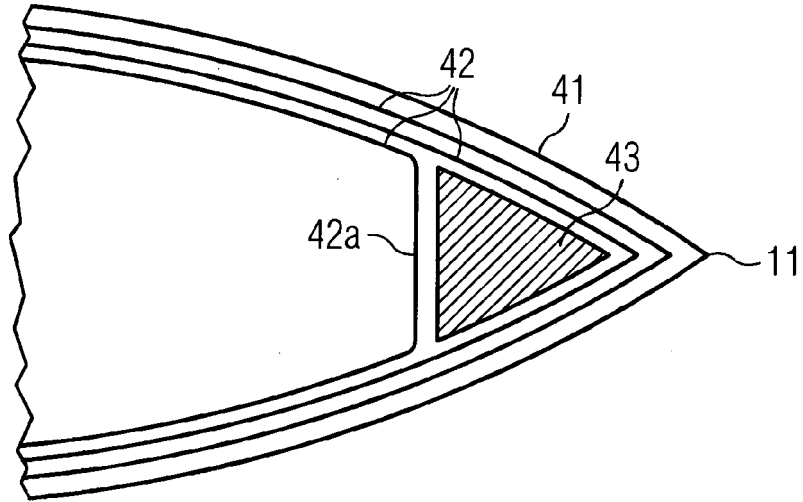


FIG 5

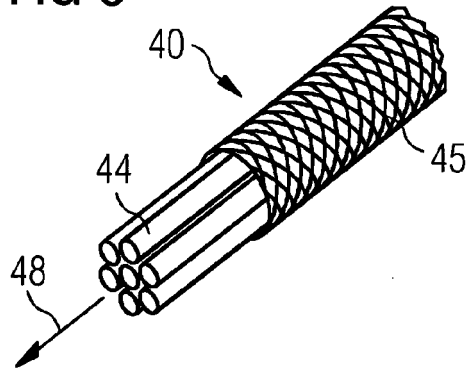


FIG 6

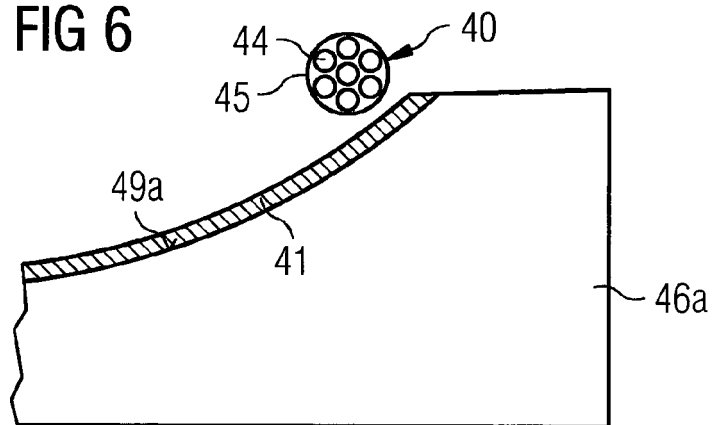


FIG 7

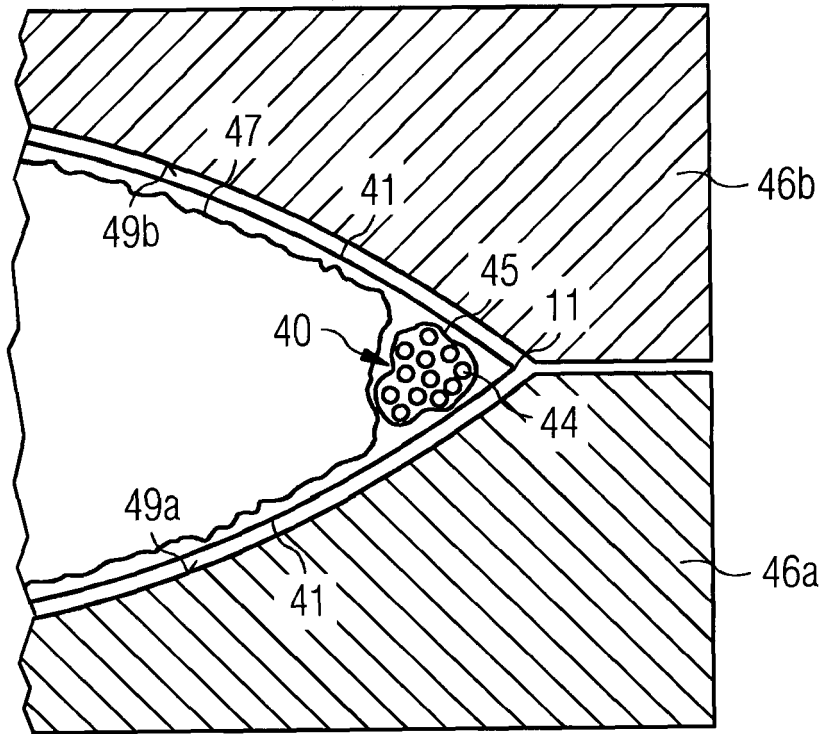


FIG 8

