

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 639 953**

51 Int. Cl.:

B29D 99/00	(2010.01)
B29C 70/16	(2006.01)
B29C 70/22	(2006.01)
B29C 70/86	(2006.01)
B29C 53/58	(2006.01)
B29C 70/48	(2006.01)
B29C 70/54	(2006.01)
F03D 1/06	(2006.01)
B29D 1/00	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.10.2009 PCT/GB2009/002397**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **15.04.2010 WO10041008**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.10.2009 E 09737113 (2)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.07.2017 EP 2349703**

54 Título: **Elemento de inserción y procedimiento de formación de una conexión de extremo en un material compuesto uniaxial**

30 Prioridad:

08.10.2008 GB 0818467

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
30.10.2017

73 Titular/es:

**BLADE DYNAMICS LIMITED (100.0%)
Saunders Drive Isle Of Wight
Cowes PO31 8HU, GB**

72 Inventor/es:

**HAYDEN, PAUL, TREVOR;
BROOME, PETER, ANTHONY y
WHILEY, DAVID, ANTHONY**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 639 953 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

Elemento de inserción y procedimiento de formación de una conexión de extremo en un material compuesto uniaxial

5 La presente invención se refiere a un elemento de inserción para la formación de una conexión de extremo que soporta cargas elevadas en un material compuesto uniaxial. La presente invención también se refiere a un procedimiento para formar una conexión de extremo de un material compuesto uniaxial utilizando el elemento de inserción. La presente invención se ilustra por medio de un elemento de inserción para un extremo de raíz de una pala de turbina eólica. Sin embargo, el elemento de inserción también es adecuado para su uso en otras aplicaciones y con otros materiales.

10 En los grandes ejes horizontales de las turbinas eólicas las palas de la turbina eólica están conectadas al buje del rotor mediante un número de puntos de sujeción con pernos. El extremo del buje de las palas de la turbina eólica (la raíz) tiene una sección cilíndrica y normalmente tiene un diámetro de 1.500 mm a 3.000 mm. Aproximadamente de 60 a 80 pernos conectan la pala a un cojinete de paso radial dentro del buje del rotor. Los pernos normalmente tienen un tamaño de M30 a M40 y se requiere que cada uno resista una fuerza de tracción hacia fuera del orden de 200 a 4.000 kN. Los pernos están dispuestos circunferencialmente alrededor de la raíz.

15 La parte hembra de la conexión debe situarse en la parte de raíz de la pala de forma que pueda accederse a los pernos macho para el mantenimiento desde el lado del buje cuando están en servicio para garantizar que no haya un fallo en la conexión.

20 La raíz de la pala normalmente está fabricada a partir de plástico reforzado con fibra, normalmente fibra de vidrio de epoxi, resina de viniléster o de poliéster. La orientación predominante de la fibra en la estructura de la raíz es uniaxial con las fibras dispuestas en paralelo al eje de la pala/cilindro de la raíz, con muy pocas fibras en dirección axial. La orientación uniaxial de las fibras en la estructura de la raíz presenta un problema para la formación de la parte hembra de la conexión del buje. Esto es porque si se corta directamente una rosca hembra en el laminado uniaxial de tipo "contrahilo" ("*end grain*") de la raíz, las fibras se cortarían dando como resultado una baja resistencia a una tracción hacia fuera equivalente solo a la resistencia a la cizalla de la resina. Esto se ilustra en la Figura 1 que muestra que las roscas uniaxiales se han cortado en las proximidades de la rosca hembra de manera que solo la resina proporciona integridad estructural a la formación de rosca.

30 Para superar este problema se han utilizado largos elementos de inserción metálicos con rosca hembra. Los elementos de inserción metálicos están diseñados para proporcionar un área de unión grande de manera que cuando los elementos de inserción están unidos a la estructura compuesta uniaxial de la raíz, se consigue una unión que tiene una resistencia a la tracción hacia fuera suficiente. Los pernos macho se enroscan en los elementos de inserción hembra para formar la conexión.

35 Los elementos de inserción metálicos se añaden bien después de que la estructura compuesta de la raíz haya sido curada, o bien cuando la estructura de la raíz se esté laminando/impregnando. En el primer procedimiento, los orificios para los elementos de inserción se perforan en la raíz y los elementos de inserción quedan después unidos en posición. Este procedimiento requiere un adhesivo y un equipo especializados. En el procedimiento alternativo, los elementos de inserción se colocan en el laminado sin curar durante el "depósito" y después se curan en la estructura cuando el compuesto de la raíz se cura.

40 Aunque el uso de elementos de inserción metálicos resuelve el problema de cortar las roscas hembra directamente en el "contrahilo" uniaxial de la estructura de la raíz, estos tienen sus propios problemas. Por ejemplo, se pueden producir problemas estructurales debido a la disparidad térmica entre los elementos de inserción metálicos y el material compuesto circundante, que posee unos coeficientes de dilatación térmica diferentes. Además, los elementos de inserción metálicos tienen una rigidez mayor que el material compuesto circundante lo que ocasiona problemas con la disparidad de curvatura cuando está en servicio.

45 Una manera de contrarrestar estos problemas es proveer a los elementos de inserción metálicos de una configuración ahusada, más flexible (referida en ocasiones como forma de zanahoria) para minimizar el efecto de la disparidad de rigidez del material. Además, el laminado compuesto en la región de la conexión está hecho de un gran espesor y, por consiguiente, es más rígido, para reducir aún más el efecto de la disparidad de rigidez del material. En la Figura 2 se muestra un ejemplo esquemático de un elemento de inserción 1 metálico típico de la técnica anterior incrustado en un material compuesto 2 uniaxial. En la práctica aproximadamente un tercio de la longitud del elemento de inserción está ahusado. El estrechamiento de los elementos de inserción empleados en la técnica actual puede hacerse también reduciendo progresivamente la cantidad de material metálico en el interior del elemento de inserción.

55 Puesto que las turbinas se han vuelto más grandes, el material compuesto adicional que se requiere en el extremo de la raíz para compensar la disparidad estructural existente entre los elementos de inserción metálicos y el laminado compuesto se ha vuelto muy importante. El material adicional contribuye en gran medida a la masa global y, por consiguiente, al coste, de la pala. Para una pala eólica de 40 m, el espesor de la pared del laminado compuesto en el extremo de la raíz está en el caso de unos 80 mm y, para un elemento de inserción metálico de 350 mm, el espesor de la pared debe mantenerse aproximadamente unos 500 mm antes de que pueda comenzar a

reducirse. Debido a la necesidad de grandes cantidades de material compuesto en la estructura de la raíz, el coste de utilización de materiales más costosos, tales como el compuesto de fibra de carbono requerido para las palas más grandes, se vuelve prohibitivo.

5 El documento DE 3640208 desvela una tuerca que comprende una pila de discos, comprendiendo, cada uno, un compuesto de fibra multiaxial rodeado por una fibra enrollada. El documento FR 2.863.321 desvela un elemento de inserción para una conexión de extremo en una turbina eólica. El elemento de inserción está hecho de metal.

10 De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención se proporciona un elemento de inserción de acuerdo con la reivindicación 1. El elemento de inserción de la presente invención es similar en sus propiedades térmicas y mecánicas al material compuesto de la raíz de una pala eólica. Existe por lo tanto significativamente menos disparidad entre el comportamiento térmico y mecánico del elemento de inserción con respecto a la raíz que en los elementos de inserción de la técnica anterior. Esto permite la utilización de elementos de inserción más cortos, normalmente de 160 mm en lugar de 350 mm para una pala eólica de 40 m, y permite que la raíz tenga una pared de menor espesor. Esto puede ser una reducción de un espesor de pared de aproximadamente 80 mm a aproximadamente 60 mm. Además, ya que se puede lograr una mejor unión entre los materiales similares de la raíz y del elemento de inserción, se necesitan menos elementos de inserción/pernos en la conexión al buje del rotor lo que conlleva a ahorros en costes de material y costes de mantenimiento. Para una pala eólica de 40 m, se puede lograr una reducción de peso de aproximadamente un 50 % en la raíz por medio del uso de elementos de inserción de acuerdo con la presente invención.

20 Como el manguito comprende una pluralidad de capas de tejido de fibras multiaxiales espaciadas radialmente, se permiten configuraciones más variadas de colocación de fibra, proporcionando por tanto más libertad de diseño.

Preferentemente, la capa o cada capa de fibras enrolladas helicoidalmente, recubre una capa de tejido de fibras multiaxiales. Se ha descubierto que esto proporciona una estructura robusta. Preferentemente, las fibras de la capa o de cada capa de fibras enrolladas helicoidalmente están esencialmente alineadas con una trayectoria descrita por las crestas de la formación de rosca para proporcionar resistencia adicional en las roscas del elemento de inserción.

25 En un ejemplo alternativo el manguito comprende un plástico reforzado de fibra. Preferentemente, el manguito comprende un tubo de material compuesto de fibra de filamento enrollado que puede adquirirse fácilmente. Preferentemente el ángulo de enrollamiento del 90 % de las fibras es esencialmente igual a $\pm \Theta$, donde Θ es el ángulo de rosca de la formación roscada. Sorprendentemente, el inventor ha descubierto que esta disposición de la fibra aumenta la resistencia de tracción hacia fuera de las roscas que posteriormente cortan en el tubo.

30 Las fibras están preferentemente incrustadas dentro de una matriz de resina curada de forma que el elemento de inserción puede proporcionarse como un componente independiente.

En un ejemplo, la formación de rosca está formada integralmente con el manguito. Esto es una ventaja puesto que ninguna de las fibras del manguito necesita cortarse para formar la rosca, proporcionando por tanto una rosca con mayor integridad estructural.

35 Como alternativa, la formación de rosca puede ser una formación cortada de rosca para facilitar la fabricación. El inventor ha descubierto que sorprendentemente cuando una formación de rosca se corta en un manguito que tiene una disposición multiaxial de fibra las roscas tienen suficiente resistencia a una tracción hacia fuera para las aplicaciones de conexión de la raíz de la turbina eólica.

El elemento de inserción puede colocarse sobre un mandril roscado.

40 Preferentemente, el elemento de inserción comprende un elemento de inserción de rosca helicoidal situado dentro de la formación de rosca para facilitar la reutilización del elemento de inserción. El elemento de inserción de rosca helicoidal puede ser una bobina helicoidal, pero es más preferible un manguito continuo con un corte de rosca hembra helicoidal en el mismo. Este manguito puede proporcionarse también con rosca externa de tornillo macho. Esto le permite al elemento de inserción de rosca helicoidal duplicarse como mandril. El manguito será significativamente más delgado que los elementos de inserción metálicos de la técnica anterior y por lo tanto tiene una rigidez mucho menor.

De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención se proporciona un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9. En un ejemplo preferido, siempre que el manguito comprenda la fabricación del manguito sobre un mandril roscado para formar de manera integral la formación de rosca con el manguito.

50 La fabricación del manguito preferentemente comprende colocar una o más capas de tejido de fibras multiaxiales sobre el mandril roscado. Preferentemente, una capa de fibras enrolladas helicoidalmente se enrolla sobre cada capa de tejido de fibras multiaxiales.

55 La capa o cada capa de fibras enrolladas helicoidalmente, preferentemente se enrolla al mandril de manera que las fibras están esencialmente alineadas con una trayectoria descrita por las crestas de la formación de rosca sobre la superficie interna del manguito.

El procedimiento también puede comprender además el impregnar el manguito con resina y curar la resina para formar un manguito de plástico reforzado con fibra.

5 En un ejemplo alternativo, el manguito es un plástico reforzado con fibra, preferentemente un tubo de material compuesto de fibra de filamento enrollado y siempre que la formación de rosca comprenda cortar una rosca en el tubo de material compuesto de fibra de filamento enrollado.

La colocación y la sujeción del manguito comprende preferentemente: hacer un orificio en el material compuesto uniaxial; colocar el manguito dentro del orificio; y asegurar el manguito en el orificio con un adhesivo. Un adhesivo habitual sería un adhesivo epóxico con una resistencia a la cizalla en el intervalo de 25 – 40 MPa.

10 En un ejemplo alternativo, la colocación y sujeción del manguito comprende: colocar el manguito dentro de un material uniaxial como el material uniaxial que se está depositando; impregnar el material uniaxial con resina; y curar la resina.

En un ejemplo, el manguito y el material uniaxial se impregnan con la resina durante la misma etapa del procedimiento. Esto tiene la ventaja de asegurar el elemento de inserción dentro del material uniaxial de manera que se convierta en una parte integral del material terminado.

15 Preferentemente, el manguito puede estar colocado sobre un mandril durante la colocación y la sujeción. Esto proporciona apoyo para el elemento de inserción durante la etapa de instalación.

Preferentemente el manguito se posiciona dentro del material compuesto uniaxial de forma que el eje principal del manguito sea esencialmente paralelo a las fibras uniaxiales del material compuesto uniaxial.

20 El procedimiento preferentemente comprende además colocar un elemento de inserción de rosca helicoidal en la formación de rosca para facilitar la reutilización del elemento de inserción. El elemento de inserción de rosca helicoidal puede ser una bobina helicoidal, pero es más preferible un manguito continuo con un corte de rosca hembra helicoidal en el mismo. Este manguito puede proporcionarse también con rosca externa de tornillo macho. Esto le permite al elemento de inserción de rosca helicoidal duplicarse como mandril, simplificando de ese modo las etapas del procedimiento de manera considerable.

25 Ahora se describirán ejemplos de la presente invención con referencia a los siguientes dibujos en los que:

la Figura 1 es un dibujo esquemático en sección transversal de una rosca hembra cortada directamente en el extremo de un material compuesto uniaxial.

la Figura 2 es un dibujo esquemático en sección transversal de un elemento de inserción de la técnica anterior unido al extremo de un material compuesto uniaxial.

30 la Figura 3a es un dibujo esquemático en sección transversal de un tubo de material compuesto de fibra de filamento enrollado y un dibujo esquemático de una herramienta de corte de rosca hembra antes de la operación de roscado.

la Figura 3b muestra los componentes de la Figura 3a durante la operación de roscado.

la Figura 3c muestra los componentes de la Figura 3a después de la operación de roscado.

35 la Figura 4a es un dibujo esquemático de un mandril roscado.

la Figura 4b muestra el mandril roscado de la Figura 4a con una representación esquemática en sección transversal de un elemento de inserción de acuerdo con la presente invención durante la fabricación.

la Figura 4c muestra un dibujo esquemático en sección transversal del elemento de inserción de la Figura 4b cuando se extrae del mandril roscado.

40 la Figura 5a es un dibujo de las primeras etapas de la fabricación de un elemento de inserción de acuerdo con la presente invención.

la Figura 5b es un dibujo de la segunda etapa de la fabricación del elemento de inserción de la Figura 5a.

la Figura 5c es un dibujo de las etapas posteriores de la fabricación del elemento de inserción de la Figura 5a.

la Figura 5d es un dibujo del elemento de inserción de la Figura 5a terminado.

45 la Figura 6 es un dibujo esquemático en sección transversal de un elemento de inserción de acuerdo con la presente invención unido al extremo de un material compuesto uniaxial; y

la Figura 7 es un dibujo esquemático en sección transversal del elemento de inserción de la Figura 6 con un elemento de inserción de rosca.

50 Las Figuras 3a a 3c ilustran esquemáticamente un primer procedimiento de fabricación de un elemento de inserción de acuerdo con la presente invención. La Figura 3a muestra un tubo 10 de material compuesto de fibra de filamento enrollado y una herramienta de roscado 12. El ángulo de enrollamiento de la mayoría de las fibras 20 del tubo 10 es aproximadamente igual a $\pm \Theta$ ($\pm 5^\circ$), en el que Θ es el ángulo de rosca de la herramienta de roscado 12. Idealmente, el tubo 10 de material compuesto de fibra de filamento enrollado tiene el 90 % de sus fibras roscado a $\pm \Theta$. Sin embargo, un tubo que tenga entre 75 % y 95 % de sus fibras roscado a $\pm \Theta$ puede usarse también.

Para mayor claridad, el ángulo de enrollamiento de las fibras 20 es el ángulo agudo que las fibras 20 conforman con el eje principal 11 del tubo 10 cuando el tubo 10 se ve desde el lateral (Figura 3a). Igualmente, el ángulo de enrollamiento de la herramienta de roscado 12 es el ángulo agudo que las roscas 17 conforman con el eje principal

13 de la herramienta de roscado 12 cuando la herramienta de roscado se ve desde el lateral (Figura 3a). Para mayor claridad en las Figuras, en la Figura 3a solo se ilustran las fibras 20 que tienen un ángulo de enrollamiento de aproximadamente $+ \Theta$. Sin embargo, deberá entenderse que el tubo 10 comprende fibras 20 que tienen un ángulo de enrollamiento de aproximadamente $\pm \Theta$.

- 5 En un ejemplo, el tubo 10 puede comprender resina convencional de vidrio de clase E (*e-glass*) y de epoxi. Sin embargo, puede usarse cualquier otro material compuesto de fibra adecuado, tal como la resina de vidrio de clase E y de poliéster o de viniléster o fibras de carbono o de aramida.

La Figura 3b muestra el tubo 10 de material compuesto de fibra de filamento enrollado durante un procedimiento de fileteado de la rosca. Durante el procedimiento de fileteado de la rosca la herramienta de roscado 12 se “atornilla” al tubo 10 para cortar una formación de rosca 25 en la superficie interna del tubo 10. La herramienta de roscado 12 después se extrae (Figura 3c). El componente resultante es un elemento de inserción 30 roscado que comprende un manguito 35, formado a partir del tubo 10, que tiene una formación de rosca 25 en su superficie interna. Las roscas 26 de la formación de rosca tienen un ángulo de rosca que es igual al ángulo de rosca de la herramienta de roscado 12 y que es, por lo tanto, aproximadamente igual al ángulo de enrollamiento de las fibras 20. En uso, el elemento de inserción 30 está unido al material uniaxial del extremo de la raíz de una pala eólica como se describirá con más detalle más adelante.

Las Figuras 4a a 4c ilustran esquemáticamente el principio general de un segundo procedimiento alternativo de fabricación de un elemento de inserción de acuerdo con la presente invención. La Figura 4a muestra un mandril roscado 112 sobre el que se colocan las capas 120 de fibras (Figura 4b) para construir un manguito 135.

20 Debido a que el mandril 112 tiene una formación roscada 117 en su superficie externa, el manguito 135, que está construido sobre el mandril roscado 112, también tiene una formación 125 roscada en su superficie interna. En un procedimiento de fabricación preferido, descrito con más detalle más adelante con referencia a las Figuras 5a a 5d, se colocan capas 220 de tejido de fibras multiaxiales sobre el mandril y se enrolla una estopa 221 uniaxial de fibra sobre cada capa de tejido de fibras multiaxiales a fin de tirar del tejido de fibras multiaxiales para conformarlo a la forma de rosca del mandril. Sin embargo, pueden utilizarse otros procedimientos, que se tratan más adelante, para construir un manguito 135 sobre un mandril roscado sin alejarse de la presente invención.

Una vez que se ha construido el manguito 135, mediante cualquier medio adecuado, sobre el mandril roscado 112 puede impregnarse con resina, curarse y extraerse del mandril roscado 112 para formar un elemento de inserción 130 precurado. Como alternativa, el manguito 135 puede suministrarse e instalarse mientras sigue montado sobre el mandril roscado sin haberle impregnado ninguna resina. En este caso el elemento de inserción 130 se impregna con resina y se cura mientras permanece *in situ* como se describirá con más detalle más adelante.

Las Figuras 5a a 5c muestran un procedimiento preferido de fabricación de un elemento de inserción de acuerdo con la presente invención. Como se muestra en la Figura 5a, en una primera etapa del procedimiento, una capa 220a de tejido de fibras multiaxiales de bajo tex (normalmente 3 – 24 k) se coloca sobre un mandril roscado 212. El tejido de fibras multiaxiales es preferentemente una trenza de fibra. Sin embargo, también puede usarse un tejido laminado o una cinta enrollada helicoidalmente.

En una segunda etapa del procedimiento, una estopa de fibras uniaxiales de bajo tex, que comprende una pluralidad de fibras uniaxiales, se enrolla sobre la capa 220a de tejido de fibras multiaxiales para formar una capa 221a de fibra enrollada helicoidalmente. Como puede verse en la Figura 5a, la estopa de fibras uniaxiales está enrollada al mandril 212 de forma que se sitúa dentro de las ranuras de la formación de rosca del mandril. Esto tira de la capa 220a de tejido de fibras multiaxiales hacia el interior de la formación de rosca y ayuda a garantizar que la formación de rosca en el elemento de inserción terminado sea un verdadero “molde” de la formación de rosca en el mandril roscado 212. Por tanto, las fibras de la capa de fibras enrolladas helicoidalmente están esencialmente alineadas con una trayectoria definida por las crestas 127 (Figura 4c) de la formación de rosca en la superficie interna del manguito 235. Como puede verse en la Figura 5a, la capa 221a de fibra enrollada helicoidalmente no es continua en la dirección axial de manera que no recubre totalmente la capa de tejido de fibras multiaxiales de debajo.

La Figura 5b muestra una tercera etapa del procedimiento en la que una segunda capa 220b de tejido de fibras multiaxiales está colocada sobre el mandril 212. En una cuarta etapa del procedimiento, que se muestra en la Figura 5c, una rosca guía 222 opcional se enrolla sobre la segunda capa 220b de tejido de fibras multiaxiales a fin de tirar de la segunda capa 220b de tejido de fibras multiaxiales hacia el interior de la formación del mandril roscado 212. Después se enrolla sobre la rosca guía 222 una segunda capa 221b de tejido de fibras multiaxiales. Este procedimiento se repita 4 o 5 veces hasta que las roscas del mandril roscado 212 están completamente recubiertas por la estructura laminada de fibra que forma un manguito 235. En un ejemplo, el manguito 235 se impregna con resina y se cura antes de extraerlo del mandril roscado, desatornillándolo, para producir un elemento de inserción 230 precurado (Figura 5d). En un ejemplo alternativo, descrito más adelante, el elemento de inserción 230 se suministra y se instala mientras continúa montado sobre el mandril roscado sin haberle impregnado ninguna resina.

Como se ha mencionado anteriormente, el procedimiento preferido de construcción del manguito 135, 235 del elemento 130, 230 de inserción sobre un mandril roscado es tal y como se describe con referencia a las Figuras 5a a

5c. Sin embargo, también pueden usarse otros procedimientos para construir un manguito de fibra sobre un mandril roscado. Por ejemplo, puede usarse solo una capa de tejido de fibras multiaxiales, estando dicha capa revestida con capas de fibras uniaxiales enrolladas y/o capas de filamentos enrollados. Como alternativa, el manguito puede construirse solo con capas de fibras multiaxiales. En tal caso, puede usarse una bolsa de vacío, o un mandril hembra externo, para garantizar que las capas de fibra se sitúan dentro de la formación de rosca del mandril roscado.

En un procedimiento alternativo adicional, un tubo de fibra compuesta fabricado con capas de tejido de fibras multiaxiales, de fibras uniaxiales enrolladas y de fibras de filamentos enrollados o de cualquier combinación de las mismas, se deposita sobre un mandril plano cilíndrico. En este caso el manguito se impregna con resina y se cura antes de extraerlo del mandril y se rosca con una herramienta de roscado tal como se muestra en las Figuras 3a a 3c.

Los elementos de inserción precurados, cuando se fabrican mediante cualquier procedimiento, pueden instalarse en el material compuesto uniaxial de la raíz de una turbina eólica de dos maneras. En el primer procedimiento se perfora un orificio en el extremo de la raíz y el elemento de inserción se une al orificio con un adhesivo. En un procedimiento alternativo, el elemento de inserción precurado puede colocarse en el material uniaxial de la raíz durante el depósito. La raíz después se impregna con resina y se cura para asegurar el elemento de inserción en su sitio.

Para elementos de inserción que no comprenden resina, el elemento de inserción se coloca en el material uniaxial de la raíz durante el depósito mientras sigue apoyado sobre el mandril. La raíz y el elemento de inserción se impregnan entonces juntos con resina en la misma etapa del procedimiento y se curan. El mandril puede extraerse después.

La Figura 6 ilustra un elemento de inserción, cuando está fabricado/instalado mediante cualquier procedimiento, que está colocado en un material compuesto uniaxial. Como se muestra, el elemento de inserción está instalado de forma que su eje principal 11 sea esencialmente paralelo a la dirección de las fibras uniaxiales.

En la práctica, es preferible que la rosca del elemento de inserción sea reutilizable para permitir que los pernos de conexión se instalen/extraigan un número de veces para el servicio y el mantenimiento. A fin de mejorar la reutilización de los elementos de inserción, un elemento de inserción 300 metálico (Figura 7) está situado dentro de la formación de rosca sobre la superficie interna del manguito. El elemento de inserción 300 roscado inicialmente tiene un diámetro que es ligeramente mayor que la formación de rosca del elemento de inserción compuesto, de manera que cuando se enrosca en la formación de rosca el elemento de inserción se comprima y se mantenga en su sitio por medio de un ajuste de interferencia.

El elemento de inserción 300 roscado que se muestra en la Fig.7 es una bobina helicoidal. Un elemento de inserción 301 alternativo se muestra en la Fig.8. En lugar de ser una bobina helicoidal, este es ahora un manguito de metal con paredes delgadas. El manguito se proporciona con una rosca externa 302 de tornillo macho que está frente a la rosca hembra correspondiente del elemento de inserción y que replica la rosca del mandril. El manguito tiene una rosca interna 303 de tornillo hembra que se engancha con el perno. El espesor T entre los valles de las roscas de los dos tornillos es preferentemente inferior a 5 mm. El manguito de metal no solo proporciona la superficie que engancha con el perno, sino que actúa como el mandril alrededor del cual se forma el elemento de inserción multiaxial. El procedimiento de formación es el mismo que se ha descrito anteriormente con relación a las Figs. 5a-5c, pero, en este caso, no es necesario extraer posteriormente el mandril del elemento de inserción. Este ejemplo conserva todos de los beneficios de los ejemplos anteriores por que conserva la superficie de contacto entre el contorno uniaxial y el manguito multiaxial. Sin embargo, es fácilmente reutilizable dada la presencia del elemento de inserción de metal que se engancha con el perno y es sencillo de fabricar.

El elemento de inserción 301 guarda alguna similitud superficial con el elemento de inserción de metal de la técnica anterior, como se ha representado en la Fig.2. Sin embargo, la diferencia principal es que, en la Fig.2, el manguito 1 queda retenido en el material compuesto uniaxial en virtud de una conexión unida entre el manguito y el material compuesto uniaxial. Esto requiere que la conexión sea de un espesor significativamente mayor y sea más larga que el elemento de inserción 301 que se retiene en un contorno roscado multiaxial. Los problemas de disparidad térmica y disparidad de curvatura identificados con relación a la técnica anterior, pueden por lo tanto reducirse significativamente. En particular, no hay necesidad del extremo ahusado que se muestra en la Fig.2 que es el mayor contribuyente a los problemas de disparidad térmica y de curvatura. La otra diferencia importante es que los elementos de inserción de la técnica anterior son significativamente más rígidos, mientras que en este ejemplo los elementos de inserción están diseñados para tener unas paredes muy delgadas y por lo tanto para ser muy flexibles en comparación con los elementos de inserción de la técnica anterior.

No es necesario que la totalidad de la superficie interna del elemento de inserción comprenda una formación de rosca. En un ejemplo (que no se muestra) la formación de rosca existe solo en un extremo del elemento de inserción. Tal realización puede ser útil cuando se desea aumentar el área de unión que se proporciona sobre la superficie externa del elemento de inserción.

Si bien el elemento de inserción de la presente invención se ha descrito con referencia a una instalación dentro del material uniaxial de la raíz de una pala eólica, se apreciará que el elemento de inserción puede también usarse en otras áreas de la tecnología donde es necesario hacer conexiones con pernos. Igualmente, se entenderá que el elemento de inserción puede instalarse en materiales compuestos no uniaxiales o en otros tipos de material.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un elemento de inserción (30) de formación de una conexión de extremo en un material compuesto esencialmente uniaxial, comprendiendo el elemento de inserción un manguito (10, 120, 301) **caracterizado porque** el manguito comprende una pluralidad de fibras que tienen una disposición multiaxial, en el que al menos una parte de la superficie interna del manguito comprende una formación de rosca (25, 303), en el que el manguito comprende una pluralidad de capas de tejido de fibras multiaxiales, y en el que el manguito además comprende al menos una capa (221a, 221b) de fibras enrolladas helicoidalmente.
2. Un elemento de inserción (30) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la al menos una capa de fibras enrolladas helicoidalmente recubre una capa de tejido de fibras multiaxiales.
- 10 3. Un elemento de inserción (30) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la formación de rosca (25, 303) está conformada integralmente con el manguito.
4. Un elemento de inserción (30) de acuerdo con la reivindicación 3, en el que las fibras de la al menos una capa (221a, 221b) de fibras enrolladas helicoidalmente están esencialmente alineadas con una trayectoria descrita por las crestas de la formación de rosca.
- 15 5. Un elemento de inserción (30) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que además comprende un elemento de inserción (300) de rosca helicoidal situado dentro de la formación de rosca (303), en el que el elemento de inserción (300) de rosca helicoidal es un manguito continuo con partes roscadas de tornillo macho y hembra, y tiene un espesor de pared menor de 5 mm entre los valles de las partes roscadas de tornillo macho y hembra.
- 20 6. Una combinación de un elemento de inserción (30) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 y de un mandril roscado (17, 112), estando el elemento de inserción (30) situado sobre el mandril roscado (17, 112).
7. Una conexión de extremo que comprende al menos un elemento de inserción (30) según se define en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4.
- 25 8. Una pala de turbina eólica que comprende una pluralidad de elementos de inserción (30) según se definen en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 incrustada dentro de una raíz de la pala de turbina eólica.
9. Un procedimiento de formación de una conexión de extremo en un material compuesto esencialmente uniaxial, estando el procedimiento **caracterizado por**:
 - 30 proporcionar un manguito (10, 120, 301) que comprende una pluralidad de fibras que tienen una disposición multiaxial;
 - 30 proporcionar una formación de rosca (25, 303) sobre al menos una parte de la superficie interna del manguito; colocar y asegurar el manguito dentro del material compuesto uniaxial; y enrollar helicoidalmente al menos una capa (221a, 221b) de fibras enrolladas sobre al menos una capa de tejido de fibras multiaxiales.
- 35 10. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9, en el que proporcionar el manguito (10, 120, 301) comprende la fabricación del manguito sobre un mandril (17, 112).
11. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 10, en el que la fabricación del manguito (10, 120, 301) comprende colocar al menos una capa de tejido de fibras multiaxiales sobre el mandril (17, 112).
- 40 12. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11, en el que la fabricación del manguito (10, 120, 301) comprende la colocación de una pluralidad de capas espaciadas radialmente de tejido de fibras multiaxiales sobre el mandril (17, 112).
13. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, en el que el mandril (17, 112) es un mandril roscado, y en el que la o cada capa (221a, 221b) de fibras enrolladas helicoidalmente está enrollada de manera que las fibras están esencialmente alineadas con una trayectoria descrita por la cresta de la formación de rosca sobre la superficie interna del manguito (10, 120, 301).
- 45 14. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13, en el que la colocación y sujeción del manguito (10, 120, 301) comprende:
 - 50 colocar el manguito (10, 120, 301) dentro del material uniaxial a medida que el material uniaxial se está depositando;
 - 50 impregnar el material uniaxial con resina; y curar la resina.

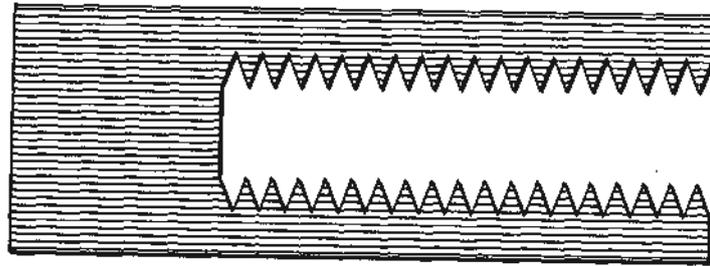


FIG. 1

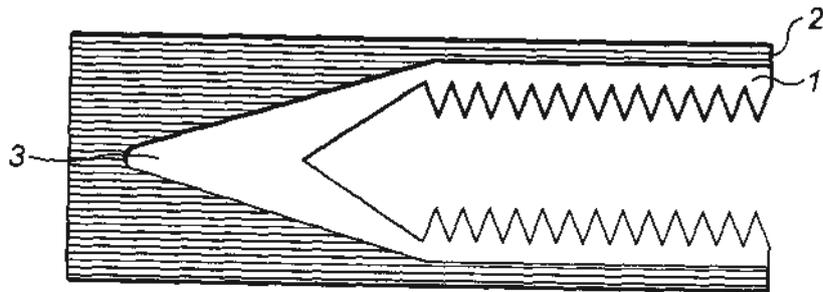


FIG. 2

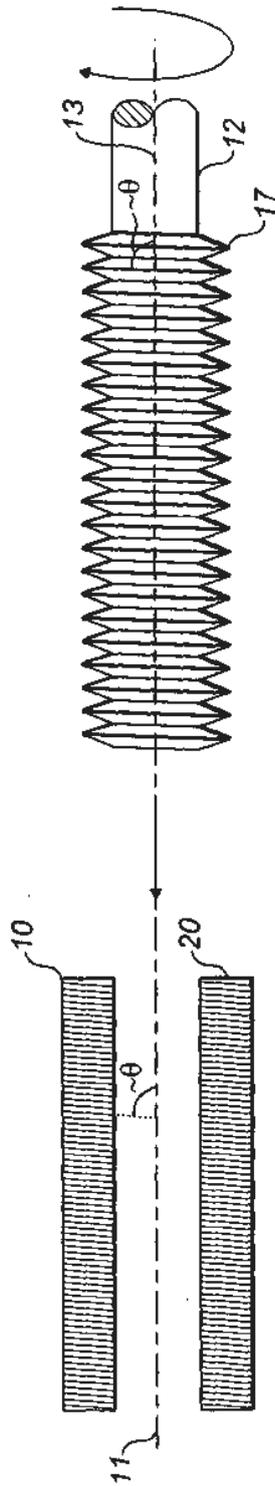


FIG. 3a

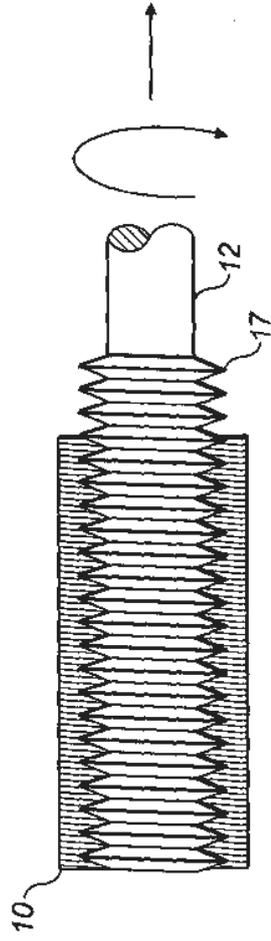


FIG. 3b

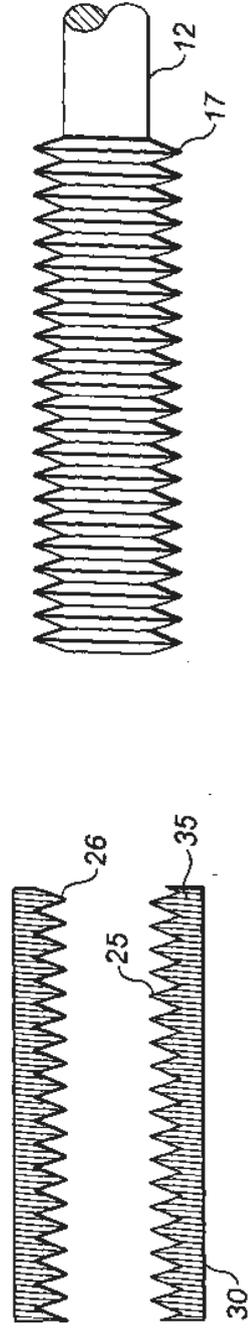


FIG. 3c

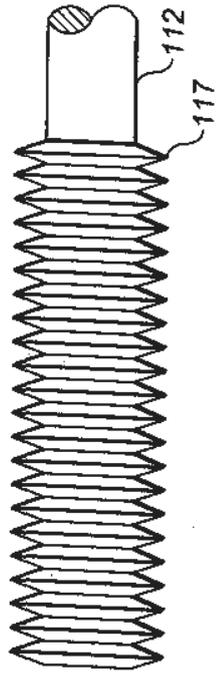


FIG. 4a

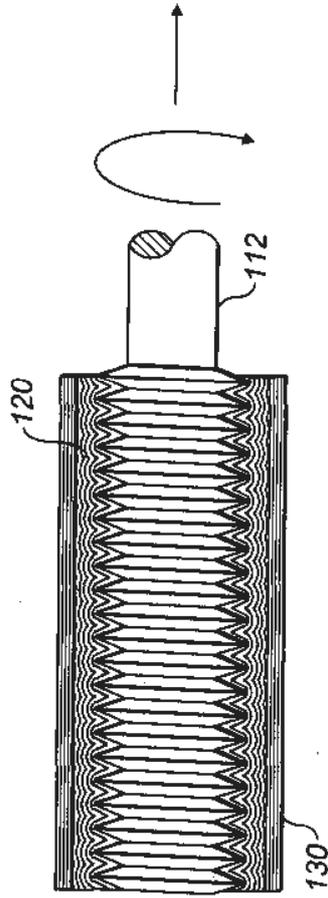


FIG. 4b

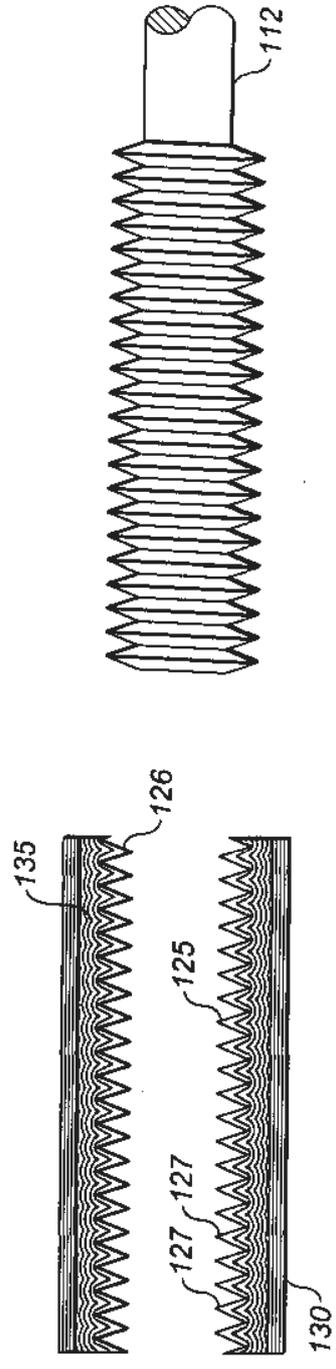


FIG. 4c

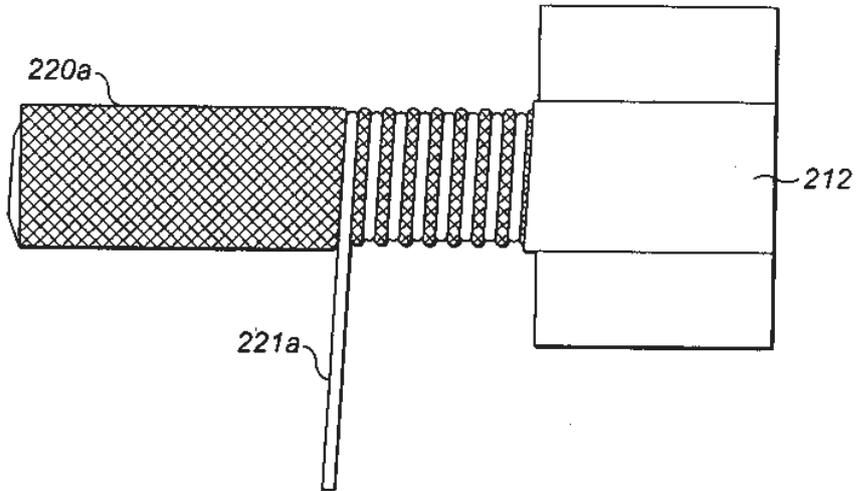


FIG. 5a

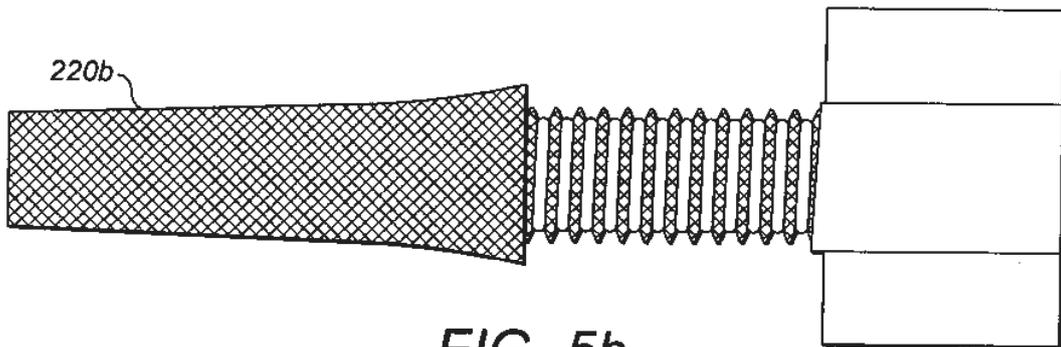


FIG. 5b

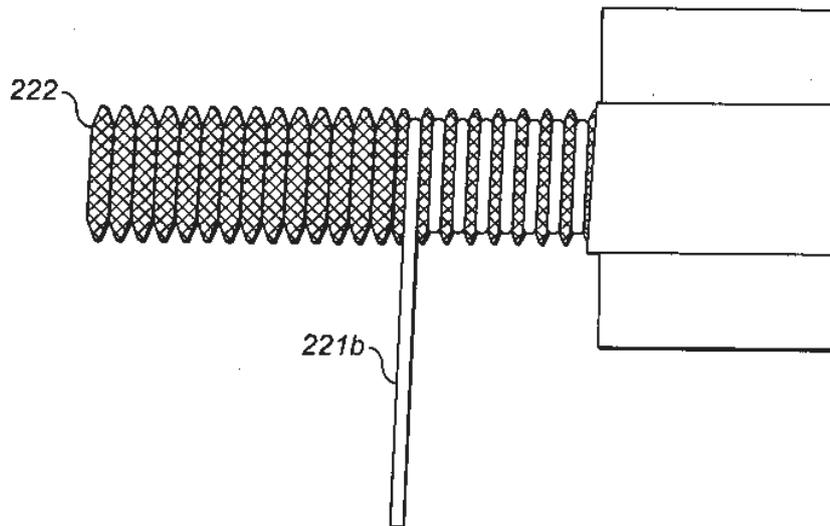


FIG. 5c

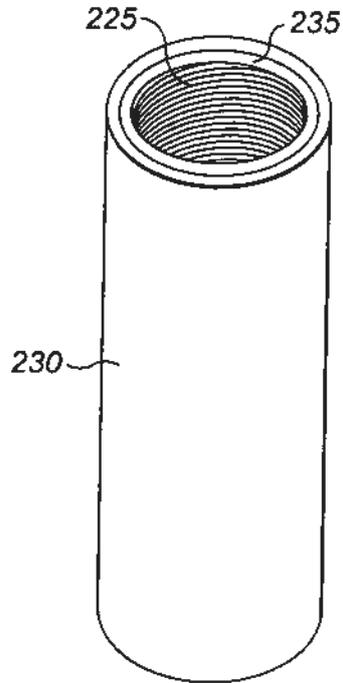


FIG. 5d

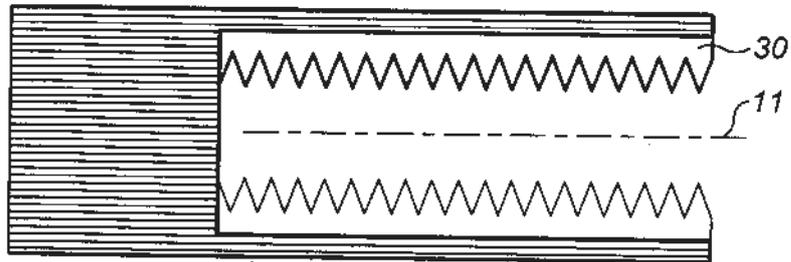


FIG. 6

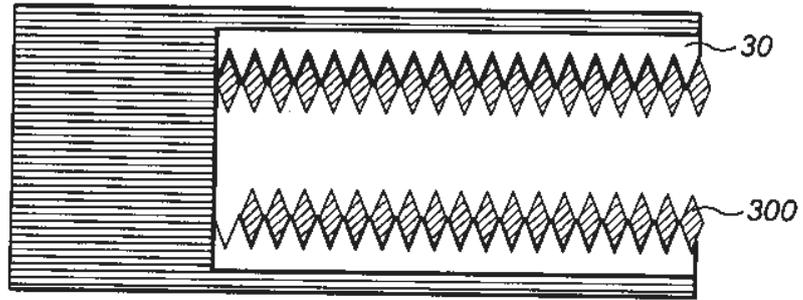


FIG. 7

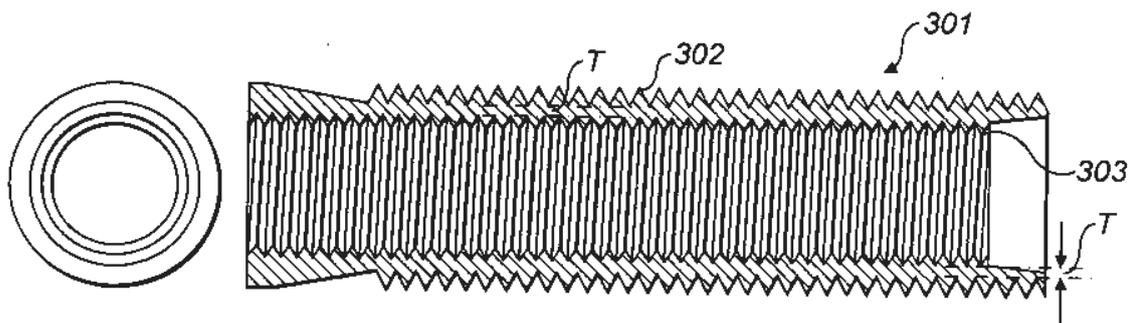


FIG. 8