

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 613 395**

51 Int. Cl.:

**B21D 51/24** (2006.01)  
**B29C 37/00** (2006.01)  
**B29C 53/82** (2006.01)  
**B29C 59/02** (2006.01)  
**B29C 53/60** (2006.01)  
**F16J 12/00** (2006.01)  
**F17C 1/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.01.2012 PCT/EP2012/050931**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **23.08.2012 WO2012110280**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.01.2012 E 12700707 (8)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.08.2016 EP 2675581**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo de realización de un mandril para capacidad bobinada**

30 Prioridad:

**15.02.2011 FR 1151211**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**24.05.2017**

73 Titular/es:

**AIRBUS SAFRAN LAUNCHERS SAS (100.0%)  
60-62 rue Camille Desmoulins  
92130 Issy-les-Moulineaux, FR**

72 Inventor/es:

**RAYMOND, GÉRALD y  
ROUSSY, ANTOINE**

74 Agente/Representante:

**MORGADES MANONELLES, Juan Antonio**

ES 2 613 395 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 y dispositivo de realización de un mandril para capacidad bobinada

5 La presente invención se refiere a un procedimiento y a un dispositivo de realización de un mandril para capacidad bobinada.

10 Una capacidad bobinada es, por ejemplo, un depósito destinado a recibir un gas o un líquido que consta de una pared realizada mediante enrollamiento filamentario de fibras tales como fibras compuestas aglomeradas mediante una resina.

15 La invención se refiere más concretamente al campo de los depósitos compuestos bobinados de alto rendimiento destinados al almacenaje de fluidos bajo presión, en particular para aplicaciones espaciales y, como por ejemplo, el almacenaje bajo presión de fluidos criogénicos.

Se entiende por depósitos de alto rendimiento depósitos optimizados en términos de masa, como los utilizados en las industrias de los transportes en general, el transporte espacial en particular.

20 La presente invención se aplica en particular a la fabricación de productos de material compuesto para los cuales se necesitan herramientas de apoyo y, más concretamente, para las piezas de grandes dimensiones para las cuales el peso de las herramientas constituye un problema.

25 El enrollamiento filamentario es una tecnología muy conocida de fabricación de piezas huecas con materiales compuestos.

Se trata fundamentalmente de colocar fibras continuas impregnadas de resina sobre una herramienta llamada mandril. Tras la polimerización, el mandril generalmente se elimina, salvo cuando se le otorga la función de pared de estanqueidad interna (*liner*, según la terminología anglosajona).

30 De este modo se fabrican tubos, depósitos, incluso piezas de formas más complejas.

En el ámbito de los tubos, el documento US 3 489 626 A describe la realización de tubos o depósitos compuestos realizados con una composición de resina polimérica, una carga de relleno y fibras de refuerzo y fabricadas en un mandril.

35 La tecnología de enrollamiento filamentario está disponible en diferentes variantes, según si las fibras se impregnan previamente (pre-impregnadas) o durante el bobinado (bobinado llamado *wet* según la terminología anglosajona), y según si las resinas son termoendurecibles o termoplásticas. La colocación de fibra se puede considerar una extensión del enrollamiento filamentario.

40 Un caso particular de utilización de estos depósitos de grandes dimensiones son las carcasas de los motores de propulsión de combustible sólido. Las etapas de propulsión que utilizan un propergol sólido son una aplicación particular de la tecnología de enrollamiento filamentario, ya que están formadas por un depósito que contiene el propergol sólido.

45 Este depósito es naturalmente de gran tamaño, mide varios metros de diámetro y todavía más metros de longitud, y debe resistir la gran presión generada por la combustión del propergol, presión que el diseñador intenta maximizar para aumentar la propulsión. Por otro lado, el rendimiento global del lanzador requiere evidentemente que la masa de este depósito sea la menor posible.

50 Por esta razón, los diseñadores de etapas de propulsión con propergol sólido se han orientado hacia la utilización de fibras, vidrio, kevlar y luego carbono u otras fibras de gran resistencia para aprovechar su elevada resistencia específica, es decir, la relación entre la resistencia a la rotura y la masa volúmica de estos materiales.

55 De conformidad con el procedimiento de bobinado, para fabricar un cuerpo de propulsor primero hay que realizar un mandril con la forma de la pieza a realizar.

60 Posteriormente, este mandril se puede recubrir con una piel, como una película de caucho, que garantice la estanqueidad y el aislamiento térmico de las fibras.

A continuación, se bobina el hilo, o la cinta de hilos paralelos, tras recubrirlos con resina. Entonces, el conjunto se polimeriza, en general mediante cocción en autoclave, lo cual significa que el mandril debe soportar la temperatura de polimerización y las tensiones mecánicas inducidas por el bobinado y las dilataciones diferenciales.

El mandril puede incluir reservas para la colocación de varios refuerzos o piezas metálicas como las bases de tobera y espoleta destinadas a ser implantadas en la pieza terminada y que permanecen allí una vez se retira el mandril.

5 Tras la polimerización en el caso de una resina termoendurecible, o el enfriado en el caso de una resina termoplástica, una vez consolidada la capacidad, se retira el mandril por destrucción o desmontaje.

10 Para dimensiones pequeñas, el mandril se puede fabricar en metal fusible, pero para capacidades de grandes dimensiones realizar el mandril en metal fusible es imposible debido a su peso y a la dificultad de fundir una masa de metal importante.

Así, como se observa, el mandril debe cumplir con numerosos requisitos:

15 requisitos geométricos, puesto que es el que define la forma de la pieza terminada, y el que soporta los equipos adicionales del tipo bases o resaltes;

resistencia térmica, porque debe ser compatible con unos tratamientos de polimerización en caliente que pueden alcanzar los 180°C;

20 resistencia mecánica, puesto que debe soportar las tensiones de bobinado sin deformarse, pero también conservar la forma de la pieza bajo su propio peso y durante la polimerización;

comportamiento físico y en particular dilatación térmica, que debe ser compatible con los materiales utilizados;

25 menor masa posible, porque está directamente relacionada con el tamaño y, por consiguiente, con el coste de los medios industriales de fabricación;

debe ser desmontable, o poder ser eliminado al final de la fabricación.

30 Existen varias tecnologías de mandriles, ya sean solubles, de tipo yeso, fusibles, hinchables o metálicos desmontables.

35 Cabe observar los documentos US 3 652 024 y US 4 462 287 que describen unos mandriles metálicos desmontables, que son la referencia actualmente para los grandes propulsores de combustible sólido como los del lanzador europeo Vega, el documento EP 1 010 513 que describe un mandril de espuma y el documento US 4 632 328 que describe un mandril hinchable.

Además, también se conoce el uso como mandril de un material a base de arena y de alcohol polivinílico, el cual es soluble en agua caliente.

40 Estas tecnologías no están optimizadas para las capacidades de grandes dimensiones como las de los grandes propulsores de combustible sólido debido, sobre todo, a que:

45 las tecnologías a base de arena o yeso utilizan materiales de densidad elevada, superior a 2 y, por consiguiente, resultan muy pesados;

las tecnologías hinchables no funcionan con las piezas grandes, porque las presiones necesarias para la resistencia al colocar las fibras son muy elevadas e incompatibles con un proceso seguro de fabricación y,

50 debido a que para los mandriles metálicos los inconvenientes son de dos tipos:

son muy caros porque son complejos;

55 su ciclo de utilización es muy largo, porque se deben desmontar y manipular muchas piezas, y luego volverlas a montar para un nuevo uso;

su geometría es fija, lo cual no es favorable para la evolución de las piezas en desarrollo, no se puede iniciar la fabricación de estos mandriles hasta que la definición de la pieza a realizar sea definitiva, lo cual prolonga el tiempo de desarrollo.

60 La invención propone un medio de realización de mandriles en particular de grandes dimensiones que sean a la vez relativamente ligeros, de realización poco costosa, de implementación fácil, compatibles con las múltiples exigencias a las que está sometido este tipo de herramienta y, en particular, precisión geométrica, resistencia a los esfuerzos de bobinado, compatibilidad con los ciclos térmicos u otros, permitiendo la realización de modelos por adelantado, pudiendo así reducir los ciclos de desarrollo de las piezas a realizar.

65

El objetivo de la presente invención es, en particular, realizar por moldeo un mandril relleno de un material aligerado que posea las siguientes propiedades:

5 densidad inferior a  $500 \text{ kg/m}^3$  habitualmente;

resistencia mecánica a los esfuerzos de bobinado, en particular resistencia a la compresión superior a 0,3 MPa;

10 resistencia a las dilataciones diferenciales durante la polimerización, en particular resistencia a la compresión habitualmente superior a 1 MPa;

resistencia térmica a las exigencias de polimerización y en particular resistencia a una temperatura del orden de 160 °C durante 48 horas;

15 posibilidad de un perfilado definitivo justo antes del inicio de las operaciones de bobinado.

Esta última limitación obliga habitualmente a reservar varios centímetros en la superficie exterior del mandril, cuando la presencia de este grosor en un mandril desmontable metálico haría que su peso fuera excesivo, tanto para las máquinas bobinadoras como para el desmontaje.

20 Para ello, la presente invención propone un mandril de bobinado de fibras realizado al menos parcialmente con un hormigón celular.

El hormigón celular presenta la ventaja de realizarse a partir de una mezcla que contiene en volumen:

25 de 15 a 25 % de cemento (CPJ 32,5),

de 10 a 20 % de cal,

30 de 0,01 a 0,09 % de polvo de aluminio,

de 0,5 a 1,5 % de yeso,

de 60 a 70 % de arena de cuarzo silíceo, para completar hasta el 100%.

35 El fraguado del hormigón se realiza añadiendo agua a la mezcla.

Añadiendo entre 200 y 300 litros de agua a  $1 \text{ m}^3$  de la mezcla indicada arriba se pueden obtener de 4 a  $6 \text{ m}^3$  de hormigón celular en función de la cantidad de polvo de aluminio introducida; es decir, un bloque compuesto del orden de un 20% de materia y 80% de aire (válido para un bloque en masa volúmica de  $400 \text{ kg/m}^3$ ).

40 La ventaja del hormigón celular solidificado es que presenta una masa volúmica inferior a  $500 \text{ kg/m}^3$ .

Preferiblemente, el hormigón celular solidificado presenta una masa volúmica de  $400 \text{ kg/m}^3 \pm 10\%$ .

45 Según un primer modo de realización, el mandril presenta la ventaja de realizarse en varias partes de mandril ensamblables.

Las partes ensamblables pueden incluir tramos axiales del mandril y/o de los sectores radiales.

50 El mandril presenta la ventaja de incluir una carcasa de recepción de un eje de rotación del mandril.

Según un modo de realización alternativo, el mandril incluye un moldeo directo del hormigón en torno a un eje de rotación del mandril.

55 El eje es preferiblemente un eje cónico que permita retirar fácilmente el eje.

Según un modo de realización particular, el mandril tiene una superficie externa estriada.

60 El mandril presenta la ventaja de estar recubierto de una piel de recepción de las fibras bobinadas. La piel puede ser en particular un elastómero en el caso de una carcasa de propulsor de combustible sólido o ser un recubrimiento de alisado para otras aplicaciones.

65 La invención se refiere además a un procedimiento de realización de una herramienta de bobinado que incluye un mandril realizado al menos parcialmente con un hormigón celular que incluye una etapa de moldeo de un mandril o de partes de un mandril provisto de una carcasa de recepción de un eje de bobinado.

Preferiblemente, el procedimiento incluye una etapa de fijación del mandril o de ensamblaje y fijación de los elementos del mandril en el eje de bobinado.

5 De manera alternativa, la invención se refiere a un procedimiento de realización de una herramienta de bobinado que incluye un mandril realizado al menos parcialmente con un hormigón celular que incluye una etapa de moldeo de un modelo del mandril en un eje de rotación del mandril.

10 El procedimiento de realización de la herramienta presenta la ventaja de incluir una etapa de dimensionado del mandril en el eje de bobinado mediante mecanizado de la superficie externa del mandril.

Según un modo de realización particular, el procedimiento incluye una etapa de mecanizado de ranuras en la superficie externa del mandril.

15 El procedimiento presenta la ventaja de incluir una etapa de colocación de una piel de protección térmica sobre la superficie externa del mandril.

20 El procedimiento de la invención se completa con un procedimiento de realización de una capacidad mediante una etapa de bobinado de fibras sobre el citado mandril dispuesto sobre un eje de bobinado, una etapa de retirada del eje de bobinado y una etapa de retirada del mandril.

La etapa de retirada del mandril incluye preferiblemente una etapa de abrasión o de rayado del hormigón celular que constituye el mandril.

25 La etapa de abrasión presenta la ventaja de ser reducida, de manera que quede una capa superficial de hormigón en contacto con el interior de la capacidad; la etapa de retirada del mandril incluye una etapa de retirada de la capa superficial.

30 Otras características y ventajas de la invención quedarán patentes con la lectura de la siguiente descripción de un ejemplo no limitativo de realización de la invención, acompañado de unos dibujos que representan:

en las figuras 1A y 1B: ejemplos esquemáticos de bobinado de fibras sobre mandril;

35 en las figuras 2A y 2B: vistas esquemáticas de ejemplos de partes de mandril según la invención y de un ensamblaje de partes de mandril de la invención sobre un eje;

en las figuras 3A a 3E: vistas esquemáticas de etapas de realización de una herramienta de bobinado según la invención;

40 en las figuras 4A a 4C: vistas esquemáticas de etapas de inicio de realización de una capacidad bobinada según el procedimiento de la invención;

en las figuras 5A a 5C: vistas esquemáticas del final de la realización de una capacidad bobinada según el procedimiento de la invención.

45 Las figuras 1A y 1B representan esquemáticamente dos ejemplos de técnicas conocidas de bobinado sobre mandril.

50 La figura 1A corresponde a una visión desde arriba de la tecnología *wet* en la cual las fibras 1 pasan por una bandeja de impregnación 2 montada sobre un carro móvil 3 y son bobinadas sobre un mandril en rotación 4.

La figura 1B es una visión lateral de un dispositivo *wet* adaptado al bobinado sobre un mandril en forma de capacidad 5 montado sobre un eje de rotación 6.

55 Como se ha indicado en el preámbulo, en las capacidades de grandes dimensiones, los mandriles alcanzan un peso problemático, incluso redhibitorio, por lo cual es necesario aligerar el mandril conservando su buena resistencia al aplastamiento durante el bobinado y una gran estabilidad dimensional durante este bobinado.

60 El principio de la invención consiste en utilizar un material de tipo hormigón celular, tal y como se utiliza en el sector de la construcción.

Un ejemplo de material adecuado es el hormigón conocido bajo la marca Siporex de la empresa Xella.

65 En el marco de los ensayos, se ha determinado que el tipo de hormigón celular adecuado para la invención es el realizado a partir de una mezcla que incluye en volumen:

de 15 a 25 % de cemento (CPJ 32,5),

de 10 a 20 % de cal,

5 de 0,01 a 0,09 % de polvo de aluminio,

de 0,5 a 1,5 % de yeso,

de 60 a 70 % de arena de cuarzo silíceo, para completar hasta el 100%.

10 El fraguado del hormigón se realiza añadiendo agua a la mezcla.

15 Añadiendo entre 200 y 300 litros de agua a  $1 \text{ m}^3$  de la mezcla anterior se pueden obtener de 4 a  $6 \text{ m}^3$  de hormigón celular en función de la cantidad de polvo de aluminio introducida; es decir, un bloque compuesto de aproximadamente 20% de materia y 80% de aire, válido para un bloque en masa volúmica de  $400 \text{ kg/m}^3$ .

El hormigón se vierte en unos moldes correspondientes a las partes del mandril 10a, 10b, 10c que, una vez solidificadas, se ensamblan sobre un eje 11 según las figuras 2A y 2B.

20 La figura 2A representa tres ejemplos posibles de realización de las partes del mandril según la invención.

El ejemplo 10a es un sector radial en semidisco provisto de zonas ahuecadas 12, el ejemplo 10b es un tramo axial provisto de un orificio central cónico 13 de recepción del eje 11 de la figura 2B y de zonas ahuecadas 12, y el ejemplo 10c es un sector radial en cuarto de disco.

25 El hormigón celular solidificado presenta una masa volúmica inferior a  $500 \text{ kg/m}^3$  y más generalmente una masa volúmica de  $400 \text{ kg/m}^3 \pm 10\%$ , lo cual permite en el caso de mandriles de dimensiones medianas realizar partes de mandril llenas.

30 Debido a la rigidez del hormigón celular, es posible realizar partes de mandril caladas como se representa en la figura 2A para mandriles de grandes dimensiones, lo cual reduce la masa de la herramienta sin perder precisión en el bobinado ni dimensiones de la capacidad realizada.

35 La tecnología del hormigón celular, efectivamente, es compatible con la fabricación de mandriles parcialmente huecos. Así, a partir de un cierto tamaño (2 m de diámetro aproximadamente), puede ser interesante no fabricar un mandril completamente lleno sino construir el mandril incorporando huecos. Esta técnica permite considerar, con un 50% de vacío, unos mandriles compatibles de 3,7 m de diámetro y 13 m de largo, para una masa total inferior a 26 T.

40 La figura 2B representa esquemáticamente el ensamblaje de partes de mandril sobre un eje 11.

El eje 11 es cónico para facilitar su retirada una vez la capacidad se ha bobinado y equipado con los refuerzos metálicos 14, 15 de la capacidad tales como bases de tobera y de espoleta.

45 Las partes del mandril constituidas por bloques prefabricados se colocan entonces sobre el mandril.

Como variante, se puede moldear el hormigón en un solo bloque e insertarlo después sobre el eje o incluso moldear el hormigón directamente alrededor del eje, lo cual se haría por ejemplo en el caso de un mandril de dimensiones medianas.

50 De este modo se realiza un modelo, a la espera de la definición del perfil definitivo.

Las etapas de realización del mandril dispuesto en el eje de rotación se representan en las figuras 3A a 3E.

55 La figura 3A representa el eje de rotación 11 equipado con las terminaciones 14 y 15. Las figuras 3B y 3C representan respectivamente una etapa 100 de ensamblaje de partes de mandril ensamblables sobre el eje de rotación y una etapa 110 de moldeo directo de un modelo del mandril sobre el eje de rotación.

60 En cuanto a la figura 3B, las partes de mandril 10d se pegan eventualmente sobre el eje para formar el modelo del mandril y, en cuanto a la figura 3C, el hormigón 20 se vierte en un molde 16 realizando así una forma de modelo del mandril.

Una vez conocida la forma definitiva del mandril, el mandril se fabrica a la medida para realizar la superficie interior de la capacidad.

65

## ES 2 613 395 T3

La figura 3D corresponde a una etapa 120 de dimensionado del mandril sobre el eje de bobinado mediante mecanizado de la superficie externa del mandril.

5 Este mecanizado se realiza según el ejemplo mediante una herramienta de corte 17 montada sobre un carro corredizo 18 con el mandril 10 puesto en rotación sobre el eje 11.

De hecho, el hormigón celular se trabaja fácilmente con una herramienta de corte como una fresadora.

10 Este dimensionado posterior al montaje del modelo del mandril sobre el eje 11 tiene la ventaja de permitir realizar modificaciones en el mandril durante el estudio y poder realizar varios mandriles distintos a partir del mismo modelo.

15 Una vez realizado el mecanizado según el dimensionado, se pueden realizar estrías o ranuras en la superficie exterior del mandril según una etapa 130 de mecanizado de ranuras 29a en la superficie exterior del mandril como se representa en la figura 3E, utilizando una herramienta como una sierra circular 29 que se desplaza paralelamente al eje del mandril, girando el mandril entre pasada y pasada de la sierra.

La figura 4A corresponde a una etapa 140 de colocación de una piel de protección térmica 19 sobre la superficie externa del mandril.

20 Esta piel de protección térmica está destinada a constituir la superficie interior de la capacidad y permanecerá allí una vez retirado el mandril.

La figura 4B corresponde a la etapa 150 de bobinado de fibras 20 sobre el mandril 10 dispuesto sobre su eje de bobinado 11 para realizar el cuerpo de la capacidad.

25 El hormigón celular posee una resistencia mecánica de 3MPa habitualmente para una masa volúmica de 400 kg/m<sup>3</sup>.

30 Así pues, resistirá sin problemas a los esfuerzos de bobinado y de dilatación diferencial. Además, el hormigón celular resulta adecuado en este sentido porque su dilatación propia está entre la de la fibra y la del acero. Se dilatará menos, pues, que un mandril metálico.

Una vez polimerizado el cuerpo 21 de la capacidad, el eje central se retira y se evacúa el hormigón celular.

35 Según la figura 4C, correspondiente a una etapa 160 de retirada del eje, la capacidad se coloca verticalmente sobre un soporte 22, con la punta del eje cónico orientada hacia abajo, de forma que el eje se pueda retirar desde arriba.

40 Una vez retirado el eje, el mandril 10 recubierto con la capacidad constituida por la piel 19 y el bobinado 21 se mantiene vertical como se representa en la figura 5A. La etapa siguiente es una etapa 170 de retirada del mandril, esquematizada en la figura 5B.

Para retirar el mandril, se puede rayar, como se representa en la figura 5B, con una fresadora 23 montada sobre un soporte articulado 24. Los restos de hormigón 25 se colarán por el orificio formado con la retirada del eje 11.

45 Para no deteriorar la piel 19, el mecanizado del hormigón se realiza hasta algunos centímetros de la piel exterior del mandril e interior de la capacidad, dejando una capa superficial de hormigón 26 en contacto con la piel.

50 Según la figura 5C, esta capa superficial 26 se retira a trozos según una etapa 180 de retirada de la capa superficial, aquí mediante un operario que baja dentro de la capacidad con una góndola para no dañar la piel interior de la capacidad.

En caso necesario, esta última capa se habrá recortado previamente mediante unas ranuras practicadas sobre el bloque de hormigón celular antes del bobinado en la etapa de la figura 3E.

55 De este modo, el mandril de la invención es fácil de colocar y de retirar, y otra ventaja del producto es que, si se produce una rotura en un bloque, se puede reparar con una mezcla de cola de hormigón celular y de polvo de hormigón celular.

El ejemplo elegido es la realización de un mandril para un propulsor de 2,3 m de diámetro y 7 m de largo.

60 El eje central se realiza de acero, provisto en los dos extremos de piezas 14, 15 de interfaz con las bases delanteras y traseras del propulsor. Así pues, el eje es compatible con las diferentes geometrías de bases y utilizable para todo tipo de propulsor cuya longitud ronde los 7 m.

65 La fabricación de hormigón celular es un proceso delicado que requiere un largo desarrollo. Por ello, se ha decidido utilizar bloques directamente fabricados por un productor en lugar de proceder al moldeado in situ.

## ES 2 613 395 T3

Éste produce bloques de 2,5 x 1,5 x 0,5 m, que posteriormente corta en las dimensiones estándar de los bloques de construcción.

5 Los bloques se mecanizan previamente en semidiscos de 2,4 m de diámetro, para posteriormente pegarlos entre sí y sobre el eje central mediante una cola utilizada de forma estándar con el hormigón celular. El eje central puede estar provisto de unas aristas para facilitar la unión entre el eje y los discos.

10 Los semidiscos se acercan al eje y posteriormente se pegan entre sí y en el eje, hasta obtener una longitud suficiente. La longitud exacta se obtiene mediante mecanizado de la última capa de semidiscos. Se coloca entonces la base superior y el mandril se guarda en estado de modelo.

15 El dimensionado del modelo se realiza sobre un torno horizontal según se representa en la figura 3D. La última operación antes de la colocación de las capas de protección térmicas de goma es el recorte de las ranuras que permitirán el desmontaje final.

Las operaciones de bobinado se realizan sin ninguna modificación importante en relación con las técnicas conocidas.

20 Al término de las mismas, la capacidad bobinada se coloca en vertical y se retira el eje.

Entonces, se introduce una fresadora 3D en la capacidad para la abrasión del hormigón celular hasta aproximadamente 3 cm de la protección térmica interna, una distancia que permite encontrar las ranuras recortadas en la superficie del mandril según la etapa de la figura 3E.

25 La forma de estas ranuras permite fácilmente a un operario hacer caer los trozos de hormigón restantes y, por consiguiente, retirarlos completamente de la estructura.

30 La última operación es un lavado interno de la capacidad con el objetivo de eliminar el polvo final y preparar la capacidad para las operaciones posteriores.

35 Como recordatorio, la masa de un mandril metálico actual para un propulsor de 2,3 m de diámetro y de 7 m de largo es aproximadamente de 18 T. Una vez conocido el perfil, por ejemplo, con una precisión de unos 2 ó 3 mm, se tarda unos 12 meses en realizar un mandril metálico como éste.

Un mandril convencional de arena/resina habría pesado más de 60 T y requerido unos 8 meses de plazo, básicamente para la fabricación del molde, una vez conocido el perfil con una precisión de unos 5 mm.

40 La masa del mandril equivalente en hormigón celular es de 14,5 T, que se descomponen en 9,5 T el hormigón celular y aproximadamente 5 T el eje de acero y los accesorios de montaje de las bases. No es preciso conocer el perfil con una precisión superior a un centenar de mm y, por consiguiente, la fabricación del modelo se puede realizar en paralelo con la definición del perfil de la capacidad, ya que una pasada de mecanizado final según la figura en 3D permitirá el dimensionado del mandril según el perfil final.

45 Así pues, no sólo el mandril de hormigón celular permite reducir los ciclos de desarrollo, sino que es compatible con las evoluciones posteriores del perfil y es más ligero, característica que amplía las posibilidades de las máquinas de bobinado.

50 Comparado con un mandril metálico, el mandril de hormigón celular no es íntegramente reutilizable. Este inconveniente queda en realidad mitigado por el hecho de que sólo se debe reemplazar la parte de hormigón, ya que el eje y los accesorios se recuperan. Además, la duración y el coste de las operaciones de desmontaje y lavado del mandril metálico son del mismo orden de magnitud que la reconstitución del hormigón celular alrededor del eje, lo cual relativiza este inconveniente.

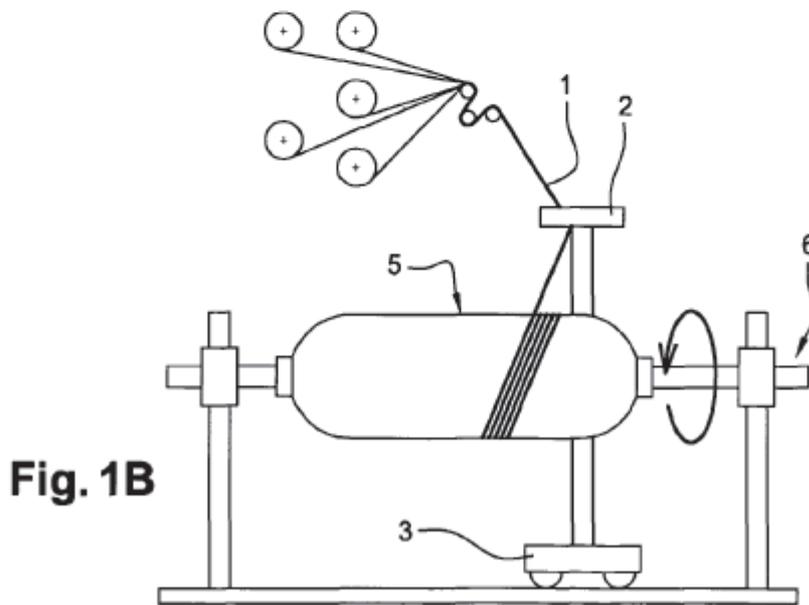
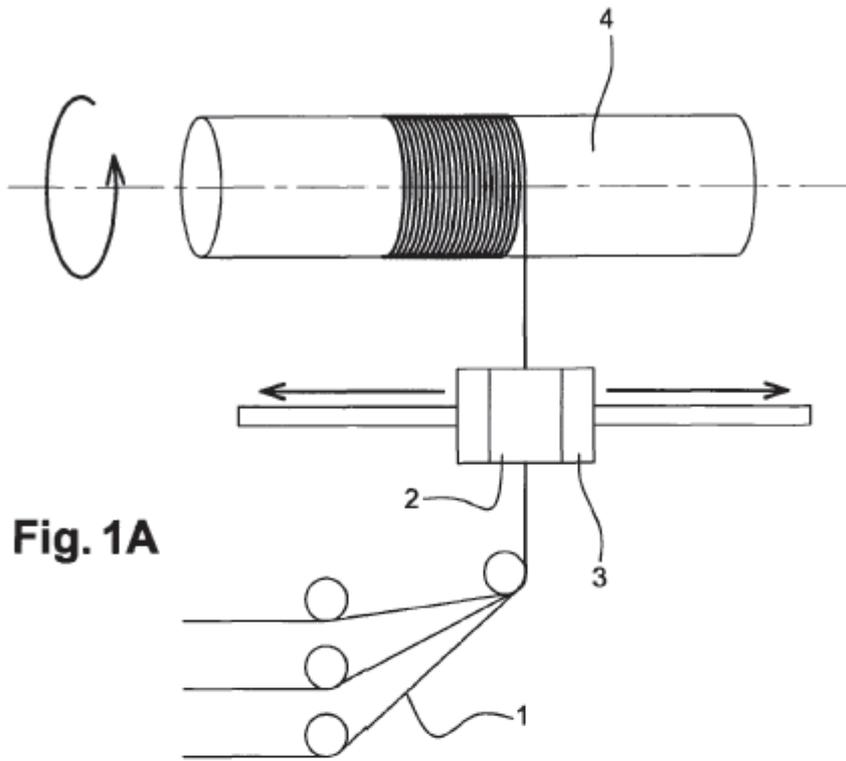
55 Más allá de la fabricación de los propulsores de combustible sólido, la invención tiene aplicaciones en el ámbito de la aeronáutica, la realización de fuselajes de composite pero, más generalmente, todos los sectores que requieran la realización de capacidades bobinadas de gran tamaño, almacenamiento de gas, líquidos...

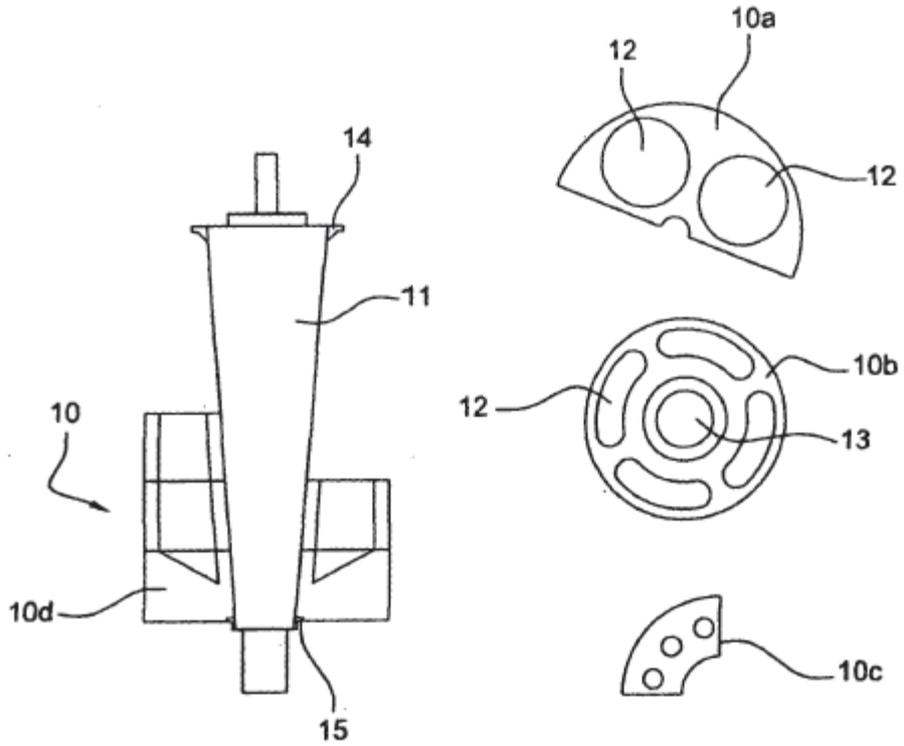
60 Cabe notar igualmente que la invención no queda limitada al ejemplo descrito más arriba, porque el hormigón celular se utiliza sobre todo para soluciones mixtas metálicas desmontables.

**REIVINDICACIONES**

- 5 **1.** – Utillaje de fabricación de capacidades bobinadas que consta de un mandril (10) de bobinado de fibras **caracterizado por el hecho de que** el mandril de tipo desmontable o eliminable tras el bobinado y polimerización de la capacidad se realiza al menos parcialmente mediante un hormigón celular.
- 10 **2.** – Utillaje de fabricación de capacidades bobinadas según la reivindicación 1 **caracterizado por el hecho de que** el hormigón celular se realiza a partir de una mezcla que incluye en volumen:
- 15 - de 15 a 25 % de cemento (CPJ 32,5),  
 - de 10 a 20 % de cal,  
 - de 0,01 a 0,09 % de polvo de aluminio,  
 - de 0,5 a 1,5 % de yeso,  
 - de 60 a 70 % de arena de cuarzo silíceo, para completar hasta el 100%
- todo ello sumado hasta completar un total de 100%, donde el fraguado del hormigón se realiza añadiendo agua a la mezcla.
- 20 **3.** – Utillaje de fabricación de capacidades bobinadas según la reivindicación 1 ó 2 **caracterizado por el hecho de que** el hormigón celular solidificado presenta una masa volúmica inferior a 500kg/m<sup>3</sup>.
- 25 **4.** – Utillaje de fabricación de capacidades bobinadas según la reivindicación 3 **caracterizado por el hecho de que** el hormigón celular solidificado presenta una masa volúmica de 400kg/m<sup>3</sup> +/-10%.
- 5.** – Utillaje de fabricación de capacidades bobinadas según cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado por** estar realizado en varias partes (10a, 10b, 10c, 10d) de mandril ensamblables.
- 30 **6.** – Utillaje de fabricación de capacidades bobinadas según la reivindicación 5 **caracterizado por el hecho de que** las partes ensamblables incluyen unos tramos axiales (10b) del mandril.
- 7.** – Utillaje de fabricación de capacidades bobinadas según la reivindicación 5 **caracterizada por el hecho de que** las partes ensamblables incluyen unos sectores radiales (10a, 10c, 10d).
- 35 **8.** – Utillaje de fabricación de capacidades bobinadas según cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado por** constar de una carcasa de recepción de un eje (11) de rotación del mandril.
- 9.** – Utillaje de fabricación de capacidades bobinadas según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 4 **caracterizado por** incluir un moldeado (20) directo del hormigón alrededor de un eje de rotación (11) del mandril.
- 40 **10.** – Utillaje de fabricación de capacidades bobinadas según la reivindicación bobinadas según la reivindicación 8 ó 9 **caracterizado por el hecho de que** el eje (11) es un eje cónico.
- 45 **11.** – Utillaje de fabricación de capacidades bobinadas según cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado por** constar de una superficie externa estriada.
- 12.** – Utillaje de fabricación de capacidades bobinadas según cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado por** estar recubierto de una piel (19) de recepción de las fibras bobinadas.
- 50 **13.** – Procedimiento de realización de un utillaje de fabricación de capacidades bobinadas según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por** incluir una etapa de moldeo de un mandril (10) o de partes (10a, 10b, 10c, 10d) de un mandril provisto de una carcasa de recepción de un eje (11) de bobinado.
- 55 **14.** – Procedimiento de realización de un utillaje de fabricación de capacidades bobinadas según la reivindicación 13 **caracterizado por** incluir, tras la etapa de moldeo, una etapa (100) de fijación del mandril o de ensamblaje y de fijación de los elementos del mandril en el eje de bobinado.
- 60 **15.** – Procedimiento de realización de un utillaje de fabricación de capacidades bobinadas según la reivindicación 13 **caracterizado por el hecho de que** la etapa (110) de moldeo (20) del mandril incluye una etapa de moldeo de un modelo del mandril sobre el eje (11) de bobinado.
- 16.** – Procedimiento de realización de un utillaje de fabricación de capacidades bobinadas según la reivindicación 14 o 15 **caracterizado por** incluir una etapa (120) de dimensionado del mandril sobre el eje de bobinado por mecanizado (17) de la superficie externa del mandril.

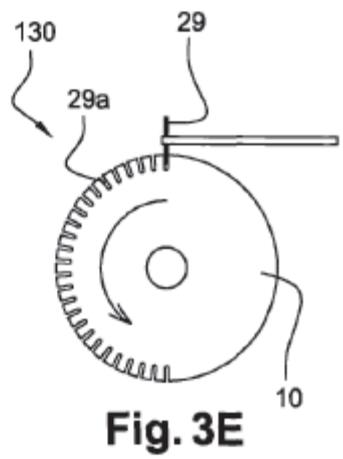
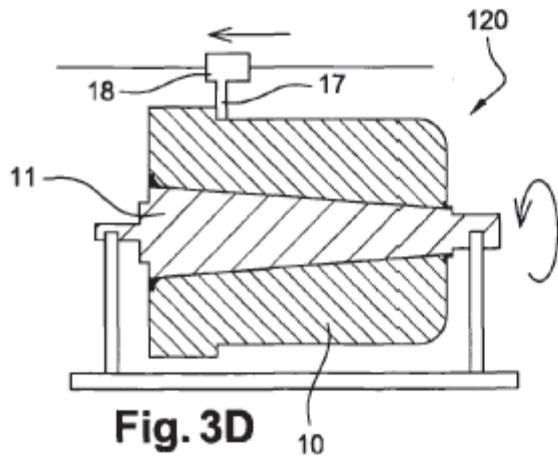
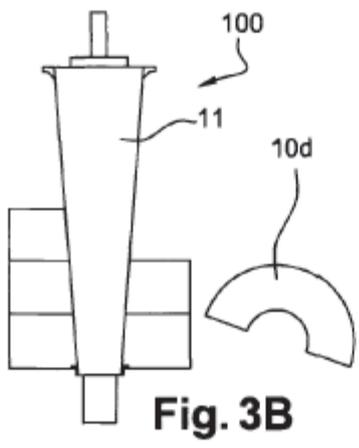
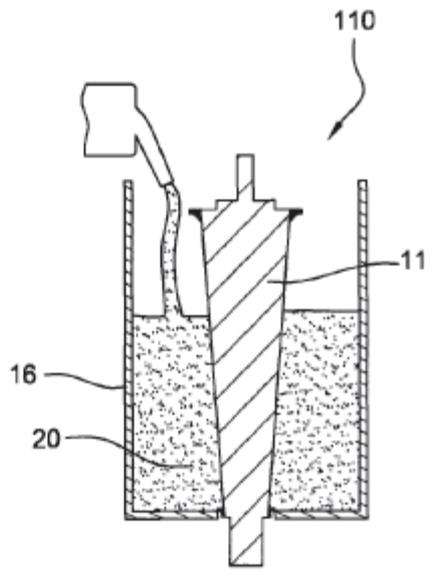
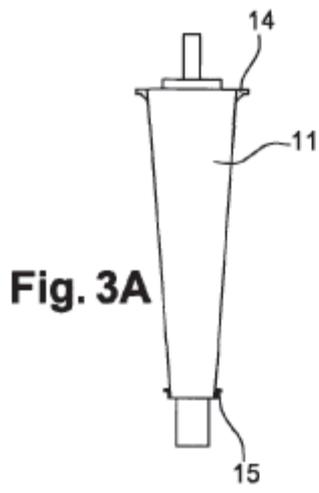
- 5 17. – Procedimiento de realización de un utillaje de fabricación de capacidades bobinadas según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 16 **caracterizado por** incluir una etapa (130) de mecanizado de ranuras (29a) en la superficie externa del mandril.
- 10 18. – Procedimiento de realización de un utillaje de fabricación de capacidades bobinadas según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 17 **caracterizado por** incluir una etapa (140) de colocación de una piel (19) de protección térmica en la superficie externa del mandril (10).
- 15 19. – Procedimiento de realización de una capacidad por bobinado sobre un utillaje según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12 **caracterizado por** comportar una etapa (150) de bobinado de fibras (20) sobre el mencionado mandril dispuesto sobre un eje (11) de bobinado, una etapa (160) de retirada del eje de bobinado y una etapa (170, 180) de retirada del mandril.
- 20 20. – Procedimiento de realización de una capacidad por bobinado sobre un mandril según la reivindicación 19 **caracterizado por el hecho de que** la etapa de retirada del mandril incluye una etapa (170) de abrasión o de rayado del hormigón celular que constituye el mandril.
21. – Procedimiento de realización de una capacidad por bobinado sobre un mandril según la reivindicación 20 **caracterizado por el hecho de que** la etapa (170) de abrasión es reducida, de manera que quede una capa superficial de hormigón en contacto con el interior de la capacidad, donde la etapa de retirada del mandril incluye una etapa (180) de retirada de la capa superficial.

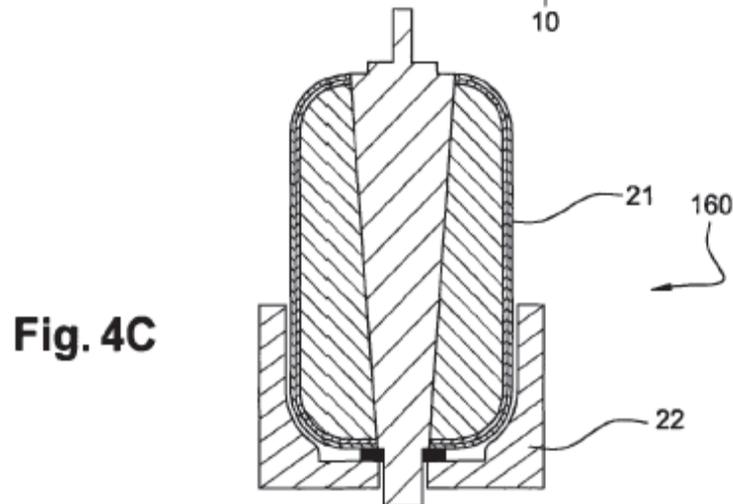
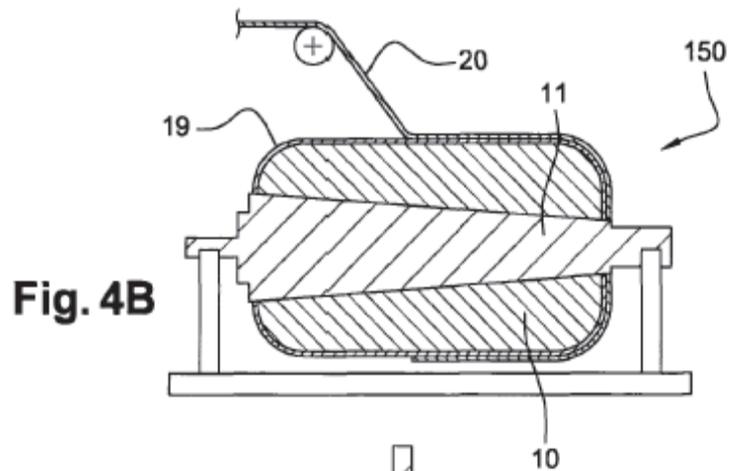
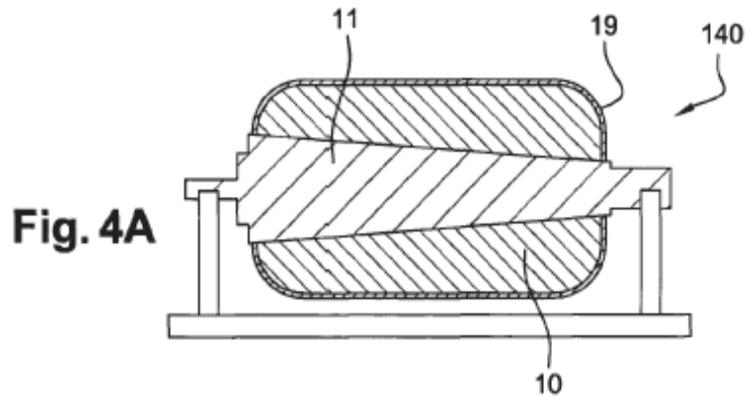




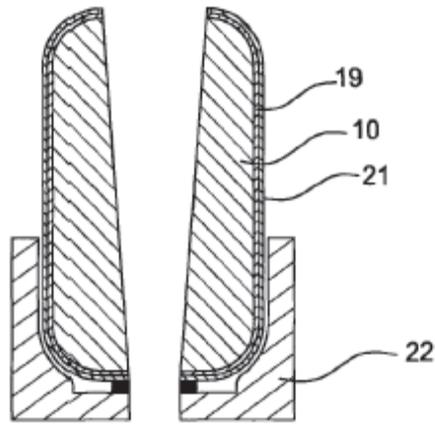
**Fig. 2B**

**Fig. 2A**

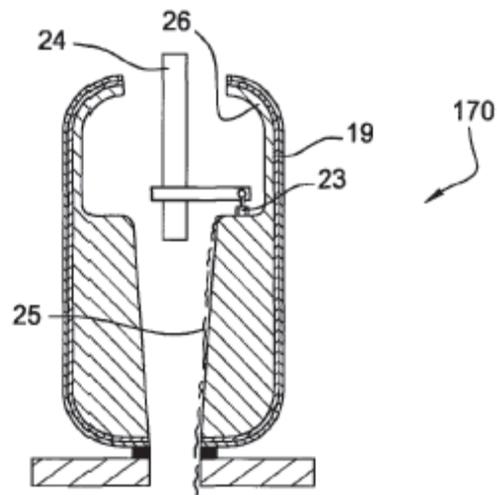




**Fig. 5A**



**Fig. 5B**



**Fig. 5C**

