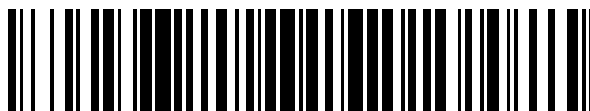


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 699 159**

51 Int. Cl.:

B29C 70/32 (2006.01)

H02K 7/02 (2006.01)

F16F 15/30 (2006.01)

B29L 31/32 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.10.2015** **PCT/FR2015/052850**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.05.2016** **WO16066933**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.10.2015** **E 15801896 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.10.2018** **EP 3212960**

54 Título: **Volante de inercia dedicado al almacenamiento de energía**

30 Prioridad:

28.10.2014 FR 1402430

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
07.02.2019

73 Titular/es:

ENERGIESTRO (100.0%)
6 Rue Des 13 Langues
28200 Châteaudun, FR

72 Inventor/es:

GENNESSEAUX, ANDRÉ

74 Agente/Representante:

VEIGA SERRANO, Mikel

ES 2 699 159 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

Volante de inercia dedicado al almacenamiento de energía

5 Sector de la técnica

La invención se refiere a un volante de inercia dedicado al almacenamiento de energía y a su procedimiento de fabricación.

10 La invención se describirá más particularmente con relación a un volante fabricado según la invención a base de hormigón, sin estar sin embargo limitado a ello. El material principal constitutivo del volante se elegirá para asemejarse a un material de tipo hormigón de manera que sea de reducido coste de producción y de resistencia a la compresión de al menos 25 MPa.

15 Estado de la técnica

De manera conocida, un volante de inercia por su rotación mecánica se utiliza en un dispositivo de almacenamiento temporal de energía que encuentra su aplicación en numerosos campos, tales como en el almacenamiento y el alisado de las energías renovables intermitentes de tipo eólico, solar, el suministro de electricidad en lugares aislados, la restitución de energía por el frenado de vehículos, etc.

Con relación a otros dispositivos de almacenamiento de energía eléctrica tales como los acumuladores eléctricos, el volante de inercia presenta la ventaja principal de una vida útil casi ilimitada, implicando en la duración un coste de almacenamiento más bajo que con los otros dispositivos.

25 Un volante de inercia incluye un cuerpo macizo, denominado normalmente por el término de "masa", unido al árbol de rotación de un motor eléctrico. El motor eléctrico impulsa en rotación al volante de inercia que puede alcanzar velocidades de rotación muy elevadas en algunos minutos, incluso también en algunos segundos. Después de la detención de la alimentación del motor eléctrico, la masa del volante que se ha colmado de energía cinética continúa girando y puede devolver entonces la energía mecánica que se reconvierte a su vez en energía eléctrica utilizando el motor como generador eléctrico.

La fuerza centrífuga sufrida por la masa del volante implica grandes sollicitaciones en tracción para el material constitutivo de la masa. También es necesario elegir un material de fabricación que sea altamente resistente a la tracción, en particular resistente a al menos 100 MPa.

35 Hoy en día, la masa de un volante se fabrica muy frecuentemente de acero, conocido por los documentos US20120060644 o US20110100156, y desde hace algunos años de fibras de carbono. El documento FR2939480 presenta una masa de un volante de inercia realizado en hormigón, con una funda de fibra de carbono. Ahora bien, debido a su elevado coste de producción, principalmente debido a su material constitutivo, el volante de inercia se ha abandonado para favorecer otros tipos de dispositivos de almacenamiento de energía tales como los acumuladores eléctricos.

45 Objeto de la invención

La invención tiene por tanto por objetivo proporcionar un volante de inercia de coste de producción inferior al de los volantes existentes, mientras que sea también resistente y eficaz.

50 Según la invención, el volante de inercia destinado al almacenamiento de energía, incluye un cuerpo másico cilíndrico que comprende un material principal que presenta una resistencia a la compresión de al menos 25 MPa, tal como el hormigón, estando envuelto dicho cuerpo sobre al menos una parte de su superficie externa por fibras, presentando el material constitutivo de las fibras una resistencia a la tracción de al menos 100 MPa, se caracteriza por que la tensión de arrollamiento de las fibras alrededor del cuerpo genera la puesta en compresión de dicho material principal, y por que la tensión aplicada a las fibras es tal que la sollicitación ejercida sobre el material del cuerpo másico es al menos igual a la mitad de la sollicitación máxima admisible, siendo inferior esta sollicitación máxima al límite de elasticidad en compresión del material constitutivo del cuerpo másico, estando así pretensado el material de este último.

60 De ese modo, la masa del volante de la invención se realiza de un material principal, tal como hormigón, que soporta muy ventajosamente la compresión, y es mucho menos oneroso que el acero o el carbono. Debido a la tensión que se ha impuesto a las fibras durante el arrollamiento alrededor del material másico, estas en tracción generan una puesta en compresión muy grande del material másico. El material másico está pretensado.

65 El hormigón es con todo un material que no tiene en ningún caso vocación de ser utilizado para un volante de inercia de almacenamiento de energía, porque presenta una resistencia a la tracción básicamente nula. Asociando el hormigón con las fibras arrolladas bajo tensión, a pesar del defecto inherente del hormigón con relación a su

resistencia relativamente reducida a la tracción, el volante de la invención presenta de manera inesperada una propiedad elevada de resistencia a la tracción, incluso para velocidades muy grandes.

5 De manera sorprendente, las fibras asociadas a la superficie exterior de la masa de hormigón, conducen a la pretensión de manera suficiente del hormigón, de manera que se genera una compresión apropiada que se opondrá a las fuerzas de tracción que sufrirá el volante durante su rotación. En conjunto, hormigón y recubrimiento exterior del hormigón por fibras bajo tensión, conducen ventajosamente a la estructura adecuada para resistir las fuerzas de tracción que sufrirá un volante de almacenamiento de energía.

10 Una estructura de volante de ese tipo permite alcanzar velocidades de rotación elevadas mucho antes del riesgo de rotura del material constitutivo principal, permitiendo un almacenamiento de gran cantidad de energía.

15 La tensión aplicada a las fibras durante el arrollamiento es tal que la sollicitación ejercida sobre el material de la masa es al menos igual a la mitad de la sollicitación máxima admisible, siendo inferior esta sollicitación máxima al límite de elasticidad en compresión del material constitutivo de la masa.

Este límite de elasticidad depende por supuesto del material.

20 El hormigón presenta un límite de elasticidad en compresión de 25 a 100 MPa, incluso más para hormigones con fibra.

El límite de elasticidad en compresión corresponde al valor para el que el material constitutivo del volante alcanza la rotura.

25 La sollicitación máxima admisible se entiende como que es la sollicitación máxima a no sobrepasar para alcanzar la duración de vida útil prevista, correspondiente a un número de ciclos mínimo de funcionamiento. La sollicitación máxima admisible depende de numerosos factores, como la fatiga del material, el periodo de los ciclos, su duración, su número, etc.

30 La sollicitación máxima admisible es siempre inferior al límite de elasticidad en compresión.

Por ejemplo, para un hormigón que tiene un límite de elasticidad en compresión de 200 MPa, la sollicitación máxima admisible para alcanzar 10.000 ciclos es del orden de 120 MPa, y la sollicitación de compresión debida a la tensión del arrollamiento de las fibras será de al menos 60 MPa.

35 Se tratará preferentemente de utilizar un hormigón que tenga un límite de elasticidad en compresión elevada, y en consecuencia utilizar un hormigón suficientemente cargado de cemento.

40 El grosor del material principal será mayor que el grosor de la envolvente de fibras, adaptándose sin embargo esta última para asegurar la sollicitación idónea.

En particular, la relación e/D entre el grosor e de la envolvente, y D , el diámetro del cuerpo cilíndrico que incluye los grosores del material principal y de dicha envolvente, es superior a 1/100.

45 La parte principal del cuerpo (la masa del volante) realizada por ejemplo de hormigón, puede estar constituida únicamente por hormigón en tanto que tal, o comprender unas fibras, tales como de vidrio o incluso de metal.

50 El hormigón en tanto que material constitutivo principal que forma la masa del volante es ventajosamente poco oneroso y soporta la compresión. Sin embargo, la invención se aplica a cualquier material distinto que el acero y fibras de carbono, y que presente una buena resistencia a la compresión de al menos 25 MPa, preferentemente de al menos 40 MPa, incluso más superior a 80 MPa, mientras presenta un reducido coste de producción, en particular un coste inferior a un 1 €/kg. Actualmente, solo el hormigón presenta estas características.

55 Ventajosamente, las fibras que forman una envolvente bajo tensión cubren al menos la superficie cilíndrica exterior del cuerpo, eventualmente igualmente las dos bases del extremo del cuerpo cilíndrico.

60 Las fibras son preferentemente fibras de vidrio, combinadas eventualmente con materia polimérica, por ejemplo, poliéster o epoxi, que forman un revestimiento para las fibras. La materia polimérica se deposita preferentemente después del arrollamiento filamentosos sobre y entre las fibras.

Las fibras de vidrio presentan la ventaja de ser ligeras y permitirán optimizar la velocidad de rotación del volante.

Como variante, las fibras podrían ser de carbono o de acero.

65 El material constitutivo de las fibras presenta una resistencia a la tracción elevada, de al menos 100 MPa.

El material constitutivo de las fibras presenta ventajosamente un módulo de Young próximo al del material constitutivo principal del cuerpo (el hormigón), o en particular inferior a 100 GPa con el fin de que las fibras se deformen simultáneamente con el hormigón durante la rotación del volante.

- 5 El material constitutivo de las fibras presenta una reducida densidad, principalmente menor de 4, con el fin de asegurar, hasta velocidades elevadas de rotación, su función de comprimir el cuerpo del volante.
En una variante de realización, el cuerpo del volante incluye entre el hormigón y las fibras en el exterior del cuerpo, una capa de interfaz.
- 10 Las fibras cuando son de vidrio son por ejemplo de vidrio E, vidrio que presenta la ventaja de ser económico en términos de costes. En caso de utilización del vidrio E, se prefiere disponer una capa de interfaz entre el hormigón y las fibras de vidrio E, siendo por ejemplo esta capa de interfaz de fibras, en particular de vidrio distinto al vidrio E. Como variante, la capa de interfaz podría realizarse de otro material tal como una capa de pintura.
- 15 Preferentemente, por razones de coste, las fibras de carbono en tanto que fibras no se utilizan.

Las fibras son fibras largas y procedentes de uno o varios hilos arrollados bajo tensión alrededor del cuerpo del material principal.
- 20 En un modo de realización, el cuerpo es cilíndrico y hueco e incluye un material suplementario que recubre la pared interior del cuerpo cilíndrico, en particular este material se realiza de acero. Este material suplementario procede por ejemplo de un conducto o cilindro de acero alrededor del que se ha moldeado el material principal.

El cuerpo del volante es cilíndrico y las fibras recubren toda la superficie cilíndrica exterior y eventualmente las dos bases del extremo del cuerpo cilíndrico.
- 25 Ventajosamente, las fibras se arrollan sobre la superficie cilíndrica según una dirección tangencial al cuerpo, formando un ángulo con relación al eje longitudinal del cuerpo (de manera helicoidal), particularmente un ángulo comprendido entre 10 y 90°, preferentemente según un ángulo en o próximo a 90° con relación al eje longitudinal del cuerpo.
- 30 El arrollamiento incluye varias capas de manera que se proporcione un cierto grosor a la envolvente. Las capas pueden comprender unos arrollamientos con un ángulo del orden de 90° y posteriormente arrollamientos con un ángulo distinto, por ejemplo, de 45°. En particular, cuando se recubren las dos bases del extremo, la envolvente filamentosa incluye un grosor de fibra según un arrollamiento del orden de 90° sobre la superficie cilíndrica, y un grosor suplementario según un arrollamiento de 45° que recubre la superficie cilíndrica y las bases del extremo.
- 35 Según otra característica, el cuerpo del volante es cilíndrico e incluye un taladro central que se extiende según el eje longitudinal del cuerpo cilíndrico. Para la fijación del volante con el fin de su rotación en posición de utilización, el volante incluye los medios adaptados para la fijación y para el centrado, tales como unos medios, que se hacen solidarios con el taladro central en las dos bases respectivas del extremo del cuerpo cilíndrico.
- 40 En una variante de realización, el cuerpo del volante es cilíndrico y macizo e incluye un árbol central integrado en dicho cuerpo, estando dedicado el árbol a la fijación del volante para su utilización.
- 45 En otra variante más, el cuerpo del volante es cilíndrico y macizo y homogéneo, e incluye a la altura de cada base del extremo distal un medio de fijación destinado al montaje del volante y a su centrado con el fin de su utilización. El medio se dispone en el centro de la base del extremo del cuerpo cilíndrico. El conjunto del cuerpo es macizo sin cavidad interna. Cada una de las bases del extremo comprende por ejemplo un resalte central destinado a acoger el medio de fijación del volante para su utilización. Cada medio de fijación está constituido por ejemplo por un buje o un árbol.
- 50 El medio de fijación presenta un apoyo que coopera con el cuerpo del volante, siendo depositadas las fibras sobre las bases distales del cuerpo cilíndrico para recubrir el material principal y envolver la base del medio de fijación, haciéndolas solidarias con el cuerpo del volante. La asociación de dicho medio puede obtenerse además por encolado o por acoplamiento estrecho y ajustado en el cuerpo del volante cuando es hueco o sobre una parte saliente del cuerpo del volante (resalte central) cuando el volante es macizo.
- 55 La invención se refiere igualmente a un procedimiento de fabricación del volante de la invención.
- 60 El procedimiento incluye una etapa de fabricación del cuerpo del volante por moldeo del material principal, posteriormente, después del endurecimiento de dicho material, una etapa de arrollamiento filamentoso bajo tensión de las fibras, eventualmente seguida por una etapa de impregnación de las fibras por una resina polimérica.
- 65 Cuando un medio destinado a la fijación y la rotación se integra en el cuerpo del volante, el medio incluye un apoyo destinado a convertirse en solidario con dicho cuerpo, el procedimiento incluye una etapa previa al arrollamiento, de

posicionamiento en las bases del extremo del cuerpo del volante de los apoyos de las piezas, realizándose el arrollamiento que sigue a esta etapa sobre el conjunto del cuerpo cilíndrico de material principal, comprendiendo en ello sobre las bases del extremo de dicho cuerpo, y la envolvente del apoyo de cada pieza.

5 De ese modo, el volante de inercia puede utilizarse en un dispositivo de almacenamiento de energía. El dispositivo de almacenamiento de energía incluye un motor reversible en generador y alojado en el recinto, caracterizado por que incluye el volante de inercia de la invención, asociándose el volante al motor, impulsado por el motor y guiado en su rotación por unos cojinetes.

10 En lo que sigue de la descripción, el término "exterior" relativo al cuerpo del volante, se entiende que califica las partes con relación al ambiente exterior del volante, es decir a las partes que se dispondrán en el lado opuesto al árbol motor y frente al recinto de protección en el marco de la instalación normal del volante.

Descripción de las figuras

15 La presente invención se describe ahora con ayuda de ejemplos únicamente ilustrativos y en ningún caso limitativos del alcance de la invención, y a partir de las ilustraciones adjuntas, en las que:

- la figura 1 ilustra una vista en perspectiva de un ejemplo de realización del volante según la invención, siendo el volante hueco;
- la figura 2 representa una vista en sección longitudinal de un dispositivo de almacenamiento de energía que comprende el volante de la figura 1;
- la figura 3 es una vista en sección parcial de una variante de realización del volante de la figura 1;
- la figura 4 es una vista en sección longitudinal parcial de otra variante de realización del volante de la figura 1;
- la figura 5 es una vista en perspectiva del volante de la figura 4;
- la figura 6 es una vista en sección longitudinal de otro ejemplo de realización del volante, siendo el volante macizo;
- la figura 7 una vista en sección longitudinal parcial de una variante de realización del volante en la que el volante es igualmente macizo;
- la figura 8 es una vista en perspectiva del volante de la figura 7;
- la figura 9 es una curva de variación de la sollicitación del cuerpo en función de la velocidad periférica del volante;
- la figura 10 es una vista en sección esquemática parcial del volante y de un medio de fijación del eje central a este último.

Descripción detallada de la invención

El volante de inercia 1 de la invención ilustrado en la figura 1 presenta un cuerpo de forma cilíndrica de eje longitudinal X.

40 Con relación a la figura 2, el volante 1 está destinado a utilizarse en un dispositivo de almacenamiento de energía 2.

El dispositivo de almacenamiento de energía 2 incluye en un recinto cerrado 3, el volante 1, un motor eléctrico/generador 4 que está formado por un estator 40 y un rotor 41, montándose el rotor 41 sobre el volante 1 y el estator 40 sobre un árbol fijo 5.

45 El árbol 52 está hueco para permitir el paso de los cables de alimentación 5A del motor.

El árbol 52 lleva en cada uno de sus extremos un rodamiento de bolas respectivamente 50 y 51.

50 En el ejemplo de realización mostrado en las figuras 1 y 2, así como en las variantes de las figuras 3 y 4, el volante 1 es hueco. El árbol 5 atraviesa de manera central y según su longitud, el cuerpo longitudinal del volante.

El volante 1 se asocia en sus dos extremos distales opuestos 10 y 11 al árbol 5, y más exactamente a los rodamientos de bolas 50 y 51, a través de los órganos de enlace y de fijación 6. Estos órganos de enlace 6 son por ejemplo dos bujes asociados respectivamente a los extremos 10 y 11 del volante, y que cooperan con los dos rodamientos respectivos 50 y 51.

Como se verá más adelante, los dos bujes 6 se integran en el cuerpo del volante 1, más particularmente en las dos bases del extremo 10 y 11 del cuerpo cilíndrico del volante.

60 Finalmente, puede montarse un imán 7 sobre el árbol 5 creando sobre el buje 6 inferior (en la posición montada vertical del volante) una fuerza de atracción igual al peso del volante, de manera que se anule la fuerza axial ejercida sobre cada rodamiento. Esta disposición permite utilizar unos rodamientos de pequeña dimensión que resisten grandes velocidades de rotación.

65 Según la invención, con relación a las figuras 1 y 2, el cuerpo del volante de inercia 1 comprende una masa 12

realizada del material constitutivo, llamado material principal para el volante, por ejemplo, de hormigón, y una envolvente 13 realizada de fibras 14 arrolladas bajo tensión y que inducen unas fuerzas de compresión sobre la masa 12.

- 5 La masa 12 de hormigón se fabrica por moldeo. La envolvente 13 se obtiene arrollando bajo tensión las fibras alrededor de la masa 12 con el fin de generar una sollicitación en compresión sobre dicha masa 12 cuando esta está en reposo, es decir en ausencia de rotación del volante.

El material de la masa 12 está así pretensado.

- 10 La tensión aplicada a las fibras 14 durante el arrollamiento es tal que la sollicitación ejercida sobre el material de la masa 12 es al menos igual a la mitad de la sollicitación máxima admisible, siendo esta sollicitación máxima inferior al límite de elasticidad en compresión del material constitutivo de la masa 12.

- 15 Este límite de elasticidad depende por supuesto del material. Para el hormigón, se tenderá a utilizar un hormigón que tenga un límite de elasticidad en compresión elevado, y en consecuencia a utilizar un hormigón suficientemente cargado de cemento.

- 20 El grosor (en la dirección radial) del hormigón 12 será mucho mayor que el grosor de la envolvente 13 de fibras, siendo suficiente este último grosor para asegurar la sollicitación idónea.

En particular, la relación e/D entre el grosor "e" de la envolvente 13, y "D", el diámetro del cuerpo cilíndrico incluyendo los grosores del material de la masa 12 y de dicha envolvente 13, es superior a 1/100.

- 25 Preferentemente, la relación e/D es inferior a 1/10.

Cuando el volante es hueco, la masa 12 es anular. Ventajosamente, cuando la masa es de hormigón, conviene que el grosor anular del hormigón sea al menos la mitad del radio del cuerpo cilíndrico del volante, para proporcionar con este material poco oneroso un máximo de masa con el fin de un almacenamiento de energía maximizado.

- 30 Según la invención, las fibras 14 son por ejemplo de vidrio.

El arrollamiento se realiza al menos sobre la superficie cilíndrica del cuerpo del volante.

- 35 El ejemplo de realización de la figura 1 es un volante de cuerpo hueco. Las fibras se disponen sobre toda la superficie cilíndrica, excepto sobre las bases del extremo 10 y 11.

La masa 12 se realiza de un único material, tal como hormigón. Sin embargo, este material podría estar cargado con fibras.

- 40 En la variante de realización de la figura 3, el volante hueco 1 similar al de la figura 1 incluye, además, un material suplementario 15 que forma la pared interior del cuerpo cilíndrico. Ventajosamente, este material ofrece una resistencia al arrollamiento de la masa 12 por las fibras 14, lo que tiene como efecto aumentar aún más la sollicitación en compresión con relación al material 12 (el hormigón) constitutivo principal del volante.

- 45 El material 15 es por ejemplo el acero. En particular, la pared interior en acero se forma mediante un conducto 16 que se ha convertido en solidario con el hormigón durante el moldeo del hormigón.

- 50 La variante de realización ilustrada en las figuras 4 y 5 corresponde a un volante hueco para el que las bases de los extremos 10 y 11 (siendo visible solamente la base 10) se recubren mediante un arrollamiento filamentosos 17 de fibras 14. El arrollamiento filamentosos 17 forma sobre la superficie cilíndrica del cuerpo una segunda envolvente que recubre la primera envolvente 13.

- 55 Las bases 10 y 11 se envuelven igualmente para convertir en solidarios con el volante los órganos de enlace y de fijación 6. En las figuras 4 y 5 se ilustra una de las bases 10 solamente, siendo idéntica a la otra base. Una pieza 6, que forma en este caso un buje, se mantiene a la altura de la parte central hueca de la base del extremo 10 del cuerpo cilíndrico gracias al arrollamiento filamentosos 17.

- 60 La pieza 6 presenta un apoyo 60 que está integrado en el arrollamiento filamentosos 17. Solo el orificio 61 del buje no se recubre de fibras (figura 5) para dejarlo visible y accesible con el fin del montaje posterior del volante sobre el árbol 5 y/o sobre el rodamiento de bolas 50 o 51.

En otro ejemplo de realización para la masa 12 del volante, esta no es hueca sino maciza.

- 65 De ese modo, la figura 6 ilustra un volante macizo que comprende el hormigón 12 y la envolvente 13 de fibras. Para montar el volante en el dispositivo de almacenamiento 1A, el volante 1 integra un árbol 52 que sobrepasa unas

bases del extremo 10 y 11. El árbol 52 tiene la misma función que el árbol 5 de la figura 2. El árbol 52 se convierte en solidario con el cuerpo del volante durante la fabricación por moldeo de la masa 12, habiendo sido colocado el árbol 52 en el molde en el que se ha vertido el hormigón.

- 5 La variante de las figuras 7 y 8 muestra igualmente un cuerpo macizo. Esta variante se preferirá a la de la figura 6 para la que existe el riesgo, con el transcurso del tiempo, de desunión del árbol 5 del hormigón.

10 En esta variante, el cuerpo 12 del volante es homogéneo, es decir que no incluye otro material más que el material principal constitutivo. De esa manera, la sollicitación en el cuerpo continúa siendo sustancialmente constante, mientras que aumenta cerca de una heterogeneidad tal como un hueco o un material rígido. Se puede hacer girar por tanto un volante macizo y homogéneo más rápido que un volante hueco, o que un volante macizo y heterogéneo, y por tanto finalmente almacenar en él más energía.

15 En el ejemplo de las figuras 7 y 8, el cuerpo másico 12 a la altura de las bases de extremo 10 y 11 (siendo únicamente visible la base 10) incluye un resalte central 18 resultante del moldeo. El resalte 18 acoge por cooperación mutua un medio de fijación 6 tal como un árbol, vinculándose el apoyo 60 de dicho medio por acoplamiento mutuo alrededor del resalte. El medio de fijación 6 puede ensamblarse eventualmente por adhesión. Dicho medio 6 se convierte en solidario con el cuerpo del volante gracias al arrollamiento filamentososo 17 que recubre la base del extremo 10.

20 En el lugar del resalte 18, se puede disponer (durante el moldeo) un orificio ciego central en la base del cilindro para disponer el medio de fijación. Sin embargo, es preferible evitar toda cavidad en el hormigón con el fin de no ocasionar sollicitación suplementaria.

- 25 A título de ejemplo, un volante de inercia de la invención presenta las características siguientes:
El volante 1 es cilíndrico macizo según la configuración de las figuras 7 y 8.

- El material principal es hormigón, teniendo el hormigón un límite elástico a la compresión de 100 MPa.
- El diámetro del cilindro es de 0,6 m.
- 30 - Presenta una longitud (altura) de 2 m.
- Su masa es de 1,4 t.
- El grosor de la envolvente 13 de fibras de vidrio es de 12 mm.
- La masa de las fibras de vidrio es de 0,11 t, es decir muy inferior a la masa del hormigón.
- Las fibras de vidrio se han arrollado según un ángulo de 90° con relación al eje longitudinal del cilindro, y bajo una tensión que genera una sollicitación de 1500 MPa.
- 35 - La pretensión en el hormigón (compresión) es de -50 MPa.
- El volante puede girar hasta 7700 vueltas/min, velocidad a la que la pretensión en el hormigón se hace nula. La energía almacenada es entonces de 23 MJ o 6,4 kWh.

40 Según una variante de implementación de la invención, se realiza la envolvente de fibras antes del moldeo del hormigón (denominado constituir el cuerpo del volante). La pretensión del hormigón se obtiene durante el moldeo del hormigón en el interior de la envolvente formada con fibras. Por ejemplo, el hormigón en estado líquido se somete a una muy fuerte presión (del orden de su límite de elasticidad en compresión), durante toda la duración del fraguado del hormigón.

45 Según esta variante del procedimiento:

- se arrollan las fibras sobre un mandril con una tensión de arrollamiento mínima, correspondiente a una sollicitación del orden de algunos megapascuales, para evitar que se deslicen o asegurar su mantenimiento sobre la superficie exterior del mandril;
- 50 - se ensamblan las fibras con una resina (polimerizable o termoendurecible o termoplástica) para formar una envolvente cilíndrica;
- después del endurecimiento o polimerización de la resina, se retira el mandril;
- se coloca en un molde el tubo delimitado por las fibras ensambladas por la resina;
- 55 - se inyecta hormigón en el espacio interior del tubo a una presión elevada, a un valor de presión adecuado para crear una tensión en las fibras; la presión es suficientemente elevada para tener en cuenta el fenómeno natural de retracción del hormigón; esta presión del hormigón conduce a una tensión en las fibras, durante el moldeo, que es superior a la necesaria en servicio; la presión se mantiene el tiempo necesario para el fraguado del hormigón.

60 Se puede utilizar igualmente un hormigón denominado "expansivo" que tiene la propiedad de aumentar de volumen cuando fragua.

65 Se describe con referencia a la figura 9 una curva de variación de la sollicitación del cuerpo en función de la velocidad de rotación periférica del volante.

La curva 1 se refiere a un volante de hormigón armado clásico, mientras que la curva 2 se refiere a un volante en hormigón tensado según la invención.

Las líneas horizontales de puntos delimitan el campo de utilización del hormigón y correspondan respectivamente a:

- un valor de sollicitación σ_t que es la sollicitación límite en tracción, y es del orden de algunos megapascuales;
- un valor de sollicitación σ_c que es la limitación límite en compresión, denominada "sollicitación máxima admisible", y del orden de varias decenas de megapascuales.

A causa de la fuerza centrífuga, la sollicitación " σ " aumenta con el cuadrado de la velocidad " V " periférica del volante: las curvas $\sigma = f(V)$ son por tanto unas parábolas.

Para un cuerpo de volante en hormigón clásico (curva 1), la sollicitación inicial (por tanto cuando la velocidad periférica es nula, es decir $V = 0$) es nula, el límite σ_t se alcanza para una reducida velocidad de rotación (referenciada $V1$, del orden de algunas decenas de kilómetros por hora). La cantidad de energía almacenada en el hormigón es por tanto muy reducida.

Para un cuerpo de volante en hormigón de la invención, asociado a las fibras de pretensión (curva 2), la compresión aplicada por el arrollamiento de fibras hace que la sollicitación inicial se aproxime a la "sollicitación máxima admisible". Esto tiene como consecuencia que se alcance el límite σ_t para una velocidad de rotación elevada (referenciada $V2$, del orden de varios centenares de kilómetros por hora). La cantidad de energía almacenada en el hormigón es por ello grande.

La figura 10 muestra una vista de detalle del módulo de fijación del volante 10 de la figura 6 provisto de un eje central 5, sobre una estructura. Solo se muestra la parte terminal superior del volante, entendiéndose que la parte inferior es idéntica.

El extremo superior 52 del eje 5 sobrepasa la superficie superior del volante. Se centra una brida anular 20 sobre la parte del extremo 52, y se deposita contra la cara superior del cuerpo 12 del volante.

La parte inferior de la brida, girada hacia el volante, incluye una parte anular central 20A que apoya contra el cuerpo 12 y una parte anular exterior 20B desplazada hacia arriba (alejándose del volante) mediante un saliente 20C.

Una tuerca 21 coopera con el extremo roscado de la parte terminal 52 del eje, y apoya sobre el vaciado anular central 22, previsto sobre la cara superior de la brida 20.

Esta variante de fijación presenta varias ventajas. El apriete de las tuercas 21 coloca el eje 52, que es de acero, en tracción, y el cuerpo 12, que es de hormigón, en compresión, lo que es el modo de trabajo preferido de cada material. Se produce una pretensión del volante en la dirección axial, lo que lo hace muy robusto. Además, la brida 20 facilita las operaciones necesarias para el funcionamiento de volante: mantenimiento, equilibrado, suspensión magnética, fijación de los rodamientos, fijación axial, etc.

En consecuencia, la invención, gracias al material principal de la masa del volante, que está pretensado a través del arrollamiento de fibras bajo tensión, permite proporcionar una compresión tal de dicho material que es posible alcanzar unas velocidades de rotación elevadas antes de alcanzar la rotura del material, lo que permite muy ventajosamente almacenar una gran cantidad de energía. El material principal es en particular hormigón, de reducido precio de producción y resistente a la compresión.

REIVINDICACIONES

1. **Volante de inercia** (1) destinado al almacenamiento de energía, que incluye un **cuerpo másico** (12) cilíndrico que comprende un material principalmente constituido por hormigón que presenta una resistencia a la compresión de al menos 25 MPa, estando envuelto dicho cuerpo másico (12) sobre al menos una parte de su superficie externa por **fibras** (14) presentando el material constitutivo de las fibras una resistencia a la tracción de al menos 100 MPa, **caracterizado por que** la **tensión de arrollamiento de las fibras** alrededor del cuerpo (12) genera la puesta en compresión del cuerpo másico, y **por que** la tensión aplicada a las fibras es tal que la sollicitación ejercida sobre el material constitutivo del cuerpo másico (12) es al menos igual a la mitad de la sollicitación máxima admisible, siendo inferior esta sollicitación máxima al límite de elasticidad en compresión del material constitutivo del cuerpo másico, estando así pretensado el material de este último.

2. Volante de inercia según la reivindicación 1, **caracterizado por que** las fibras (14) se realizan de un material que presenta un módulo de Young inferior a 100 GPa, y preferentemente una densidad inferior a 4, tal como vidrio.

3. Volante de inercia según una de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado por que** las fibras son fibras de vidrio.

4. Volante de inercia según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** las fibras se arrollan sobre la superficie cilíndrica del cuerpo según una dirección tangencial al cuerpo, formando un ángulo con relación al eje longitudinal del cuerpo, principalmente un ángulo comprendido entre 10 y 90°, preferentemente según un ángulo de 0 próximo a 90° con relación al eje longitudinal del cuerpo.

5. Volante según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** las fibras se combinan con materia polimérica, tal como en poliéster o en epoxi, presentándose la materia polimérica en la forma de revestimiento para las fibras e impregnando estas últimas, formando las fibras y la materia polimérica una envolvente (13) bajo tensión que cubre al menos una parte de la superficie cilíndrica exterior del cuerpo.

6. Volante de inercia según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el cuerpo (12) es hueco e incluye un material suplementario (15) que recubre la pared interior del cuerpo cilíndrico, en particular este material se realiza de acero.

7. Volante de inercia según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que** el cuerpo del volante es macizo, e incluye un árbol central (52) integrado en dicho cuerpo.

8. Volante de inercia según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado por que** el cuerpo (12) del volante es macizo y homogéneo, e incluye a la altura de cada base del extremo distal un medio de fijación (6).

9. Dispositivo de almacenamiento de energía (2) que incluye un recinto de protección (3), un motor (4) que es reversible en generador y que se aloja en el recinto, **caracterizado por que** incluye un volante de inercia (1) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, estando asociado el volante al motor, impulsado por el motor y guiado en rotación por unos cojinetes.

10. **Procedimiento de fabricación** de un volante de inercia según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado por que** incluye una etapa de fabricación por moldeo, del cuerpo (12) realizado principalmente en hormigón que presenta una resistencia a la compresión de al menos 25 MPa, posteriormente, después del endurecimiento de dicho hormigón, una etapa de arrollamiento filamentosos bajo tensión de las fibras de pretensión que están eventualmente impregnadas con una resina polimérica.

11. **Procedimiento de fabricación** de un volante de inercia según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado por que** incluye las siguientes etapas:

- se arrollan las fibras sobre un mandril con una tensión de arrollamiento mínima, para evitar que se deslicen y/o asegurar su mantenimiento sobre la superficie exterior del mandril;
- se ensamblan las fibras por una resina para formar una envolvente cilíndrica;
- se retira el mandril;
- se coloca en un molde el tubo delimitado por las fibras ensambladas por la resina;
- se inyecta hormigón en el espacio interior del tubo a una presión elevada, a un valor de presión adecuado para crear una tensión en las fibras, manteniéndose la presión el tiempo necesario para el fraguado del hormigón.

12. **Dispositivo de fijación** de un volante según una de las reivindicaciones 1 a 7, comprendiendo dicho volante un eje central (5) del que al menos un extremo sobrepasa la superficie del volante, **caracterizado por que** incluye al menos una brida (20) anular, centrada sobre la parte del extremo del eje y apoyada contra la cara del cuerpo del volante, y **por que** comprende además al menos un medio de apriete (21) de la brida sobre el volante adecuado para cooperar con el extremo del eje.

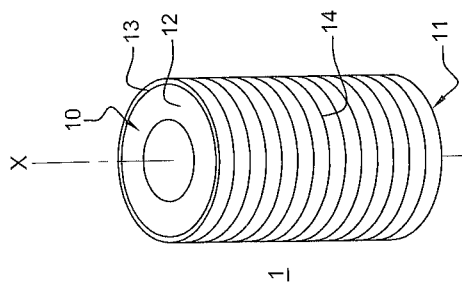


Fig. 1

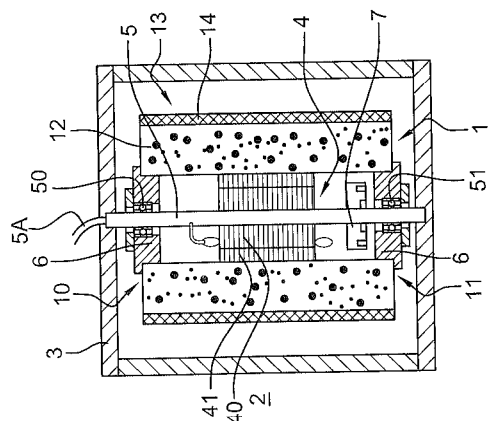


Fig. 2

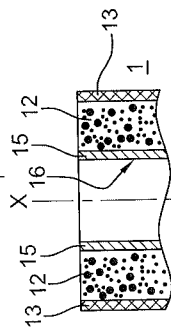


Fig. 3

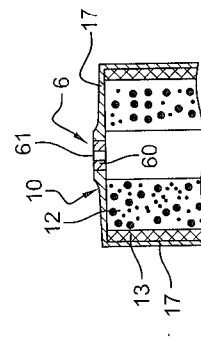


Fig. 4

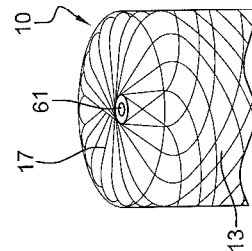


Fig. 5

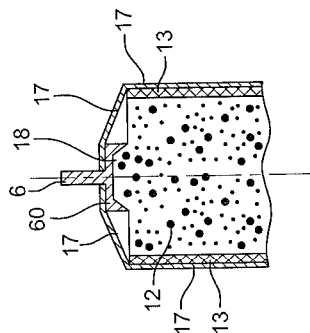


Fig. 7

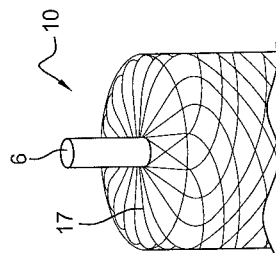


Fig. 8

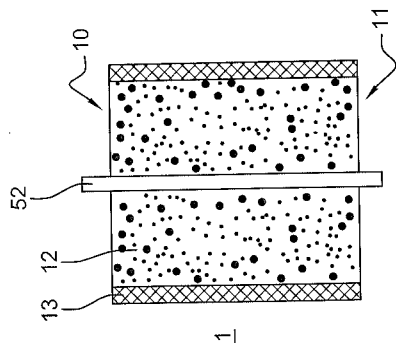


Fig. 6

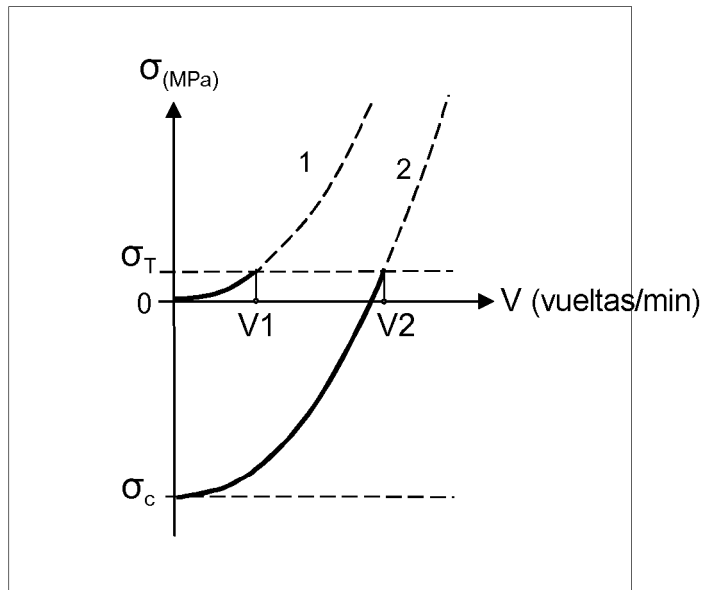


FIG. 9

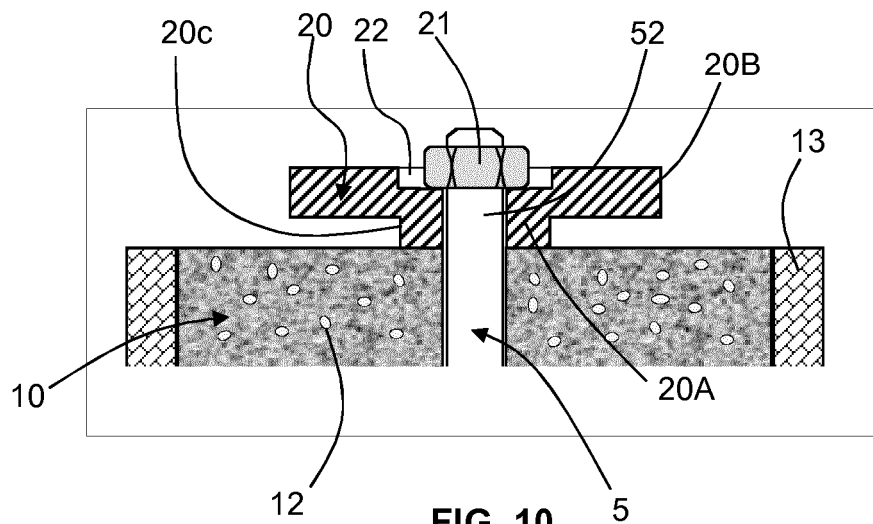


FIG. 10