

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 568 277**

51 Int. Cl.:

B32B 3/02 (2006.01)

F16F 15/00 (2006.01)

B32B 5/26 (2006.01)

B29C 70/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.10.2012** **E 12778334 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.01.2016** **EP 2771181**

54 Título: **Arquitectura de rueda de inercia para el almacenamiento de energía**

30 Prioridad:

25.10.2011 FR 1159653

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

28.04.2016

73 Titular/es:

**EUROPEAN AERONAUTIC DEFENCE AND
SPACE COMPANY EADS FRANCE (50.0%)
37, Boulevard de Montmorency
75016 Paris, FR y
LEVISYS (50.0%)**

72 Inventor/es:

**CAVALIERE, FRÉDÉRIC;
ALIAGA, DANIEL y
SAINT MLEUX, MICHEL**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 568 277 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

Arquitectura de rueda de inercia para el almacenamiento de energía

5 La presente invención concierne a una arquitectura de rueda de inercia para el almacenamiento de energía.

Dispositivos de almacenamiento y de restitución de energía por rueda de inercia son conocidos y por ejemplo el documento WO2005021379 A1 concierne a una rueda de inercia especialmente para vehículo espacial que comprende una masa de inercia montada en rotación por un cojinete con un rodamiento cuya parte fija está destinada a ser fijada al vehículo espacial, integrando la masa de inercia de la rueda al menos un anillo giratorio del cojinete, siendo hecho solidario el anillo giratorio sin holgura de la masa de inercia.

Una aplicación de una rueda de inercia está además descrita en el documento WO2009047218 A1 que concierne a un dispositivo de motorización de bomba de alimentación de motor cohete de vehículo espacial que comprende una rueda de inercia y un medio de transmisión de la rotación de la rueda de inercia a la bomba.

La presente invención concierne a una arquitectura de rueda de inercia de materiales compuestos que permite optimizar la densidad de energía, es decir la relación Energía almacenada / Peso de la rueda.

Además de las aplicaciones particulares espaciales anteriormente citadas, la necesidad de almacenamiento de energía para regular la frecuencia de una red eléctrica, para estabilizar las microrredes o las redes inteligentes o para evitar las interrupciones (alimentaciones sin interrupción) aumentará en los años futuros. Para este almacenamiento, en comparación con un almacenamiento por baterías, las ruedas de inercia presentan especialmente el interés de una respuesta rápida con una duración de vida de servicio muy grande (número de ciclos con una gran profundidad de carga-descarga).

Sin embargo, las ruedas presentan generalmente los inconvenientes, por una parte, de tener una autodescarga importante y, por otra, de tener un coste elevado debido en parte al coste de las fibras de carbono utilizadas en el material compuesto que almacena la energía.

A fin de limitar estos inconvenientes, procede limitar todo lo que se pueda el peso de las ruedas, dicho de otro modo aumentar la densidad de energía almacenada, es decir optimizar la relación: Energía almacenada / Peso de la rueda.

Las ruedas de inercia existen ya para el mismo tipo de aplicaciones. La sociedad americana BEACON propone ruedas de inercia con anillo de almacenamiento de material compuesto como se describe por ejemplo en el documento WO03/026882 A1 y que comprende un cubo metálico como por ejemplo se describe en el documento WO02/37201 A1.

Las ruedas utilizan cilindros de materiales compuestos bobinados que forman anillos de almacenamiento de la energía, que presentan un radio interno pequeño y que están montados directamente sobre cubos metálicos.

Esta configuración tiene una relación Energía almacenada / masa de la rueda limitada debido a que los cubos metálicos alcanzan rápidamente sus límites tecnológicos cuando el diámetro interno del anillo de almacenamiento de la rueda aumenta.

Además, el diseño de estas ruedas en las que la relación $R_{\text{interior}}/R_{\text{exterior}} < 0,5$ conduce a tener tensiones radiales (σ_{rr}) elevadas que limitan la velocidad de rotación. Este último inconveniente es atenuado utilizando fibras diferentes que tengan rigideces variables, estando situadas las fibras menos rígidas más cerca del eje de rotación (en los radios pequeños).

La solución sobre la que se basa la presente invención tiene por objetivo aumentar la relación $R_{\text{interior}}/R_{\text{exterior}}$.

A fin de optimizar esta relación, la presente invención propone una concepción particular de la rueda que consiste en colocar el material de almacenamiento, por ejemplo un anillo de material compuesto con fibras de carbono, lo más distante posible del eje de rotación de la rueda.

Para paliar los problemas de la resistencia mecánica del cubo que une el anillo la presente invención propone realizar un cubo de materiales compuestos y de modo más preciso propone una rueda de inercia que comprende un anillo de almacenamiento y un cubo que une el anillo de almacenamiento a un árbol de rotación de la rueda, en la cual el cubo comprende una parte central que forma un cuerpo de cubo de unión con el árbol, una parte periférica que forma una llanta de unión con el anillo de almacenamiento y una parte Intermedia constituida por un disco entre el cuerpo de cubo y la llanta, siendo realizado el cubo de material compuesto, y comprende un módulo de rigidez decreciente desde el cuerpo de cubo hacia la llanta.

El cubo es realizado ventajosamente por drapeado y puesta en forma de pliegues de materiales compuestos.

Preferiblemente el drapeado realiza un motivo que comprende un número medio de pliegues superpuestos que disminuye del cuerpo del cubo hacia la parte periférica de la llanta.

5 De acuerdo con un modo de realización particular de la invención, el drapeado comprende una sucesión de pliegues desplazados angularmente que se recubren al menos en la parte central del cubo.

El cuerpo de cubo comprende ventajosamente un recorte de recepción del árbol.

10 De acuerdo con un modo de realización particular de la invención, el cuerpo de cubo es realizado por embutición de la parte central del cubo.

La llanta es realizada ventajosamente por curvatura de la periferia del disco.

15 De modo más particular, el cuerpo de cubo forma un tubo, de recepción del árbol, solidario del árbol y está unido en una de sus extremidades al disco por una primera curvatura, estando unida la llanta al disco por una segunda curvatura del mismo sentido que la primera curvatura.

20 Ventajosamente, la segunda curvatura forma una unión flexible entre el disco y la llanta que confiere un módulo de elasticidad radial a la llanta adaptado para permitir una deformación de la misma para seguir las deformaciones del anillo de almacenamiento en rotación.

El cubo es realizado preferentemente por drapeado con pliegues cuyas fibras están mayoritariamente orientadas radialmente con respecto al centro del cubo.

25 De acuerdo con un modo de realización particularmente ventajoso, el drapeado es realizado con pliegues formados por bandas longitudinales dispuestas con un desplazamiento angular de una respecto de otra y centradas en el centro del cubo.

30 Las bandas longitudinales son ventajosamente de forma general rectangular, o trapezoidal.

Ventajosamente, el cuerpo de cubo está constituido ventajosamente por una zona de recubrimiento del conjunto de los pliegues, el disco está constituido por una zona de recubrimiento reducido de los pliegues y la llanta está constituida por una zona de recubrimiento mínimo de los pliegues.

35 De acuerdo con un modo de realización particularmente ventajoso de la invención, la orientación de las fibras de los pliegues confiere un módulo de elasticidad circunferencial a la llanta adaptado para permitir una deformación de la misma para guiar las deformaciones del anillo de almacenamiento en rotación. Esto es importante especialmente en el caso en que los pliegues se recubran en la zona de la llanta.

40 El cubo comprende preferentemente una parte periférica flexible cuya rigidez circunferencial es reducida con respecto al centro del cubo de modo que la llanta siga las deformaciones del anillo de almacenamiento.

45 La invención concierne además, de acuerdo con un primer modo de realización, a un procedimiento de realización de una rueda de inercia que comprende un cubo de material compuesto que comprende:

- una etapa de realización de una pieza en bruto plana del cubo por colocación de pliegues de materiales compuestos según un motivo que produce un espesor medio de la pieza en bruto que disminuye del centro hacia la periferia de la pieza en bruto,
- una etapa de recorte de una abertura central en la pieza en bruto,
- 50 - una etapa de embutición de la pieza en bruto en una herramienta que conforma la pieza en bruto en copela provista en su centro de un cuerpo de cubo anular y en su periferia de una llanta, y
- una etapa de polimerización del cubo.

55 En el caso en que los pliegues de materiales compuestos sean bandas longitudinales, la colocación de los pliegues de materiales compuestos se hace por colocación de las bandas centradas en el centro del cubo con un desplazamiento angular de las bandas una respecto de otra.

Preferiblemente, después de la etapa de embutición, se realiza una etapa de afino de la pieza en bruto.

60 De acuerdo con un segundo modo de realización, la invención concierne a un procedimiento de realización de una rueda de inercia que comprende un cubo de material compuesto de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15 caracterizado por que el mismo comprende:

- 65 - una etapa de realización de una pieza en bruto plana del cubo por colocación de pliegues de materiales compuestos (4a, 4b, 4c, 4d) según un motivo que produce un espesor medio de la pieza en bruto que se reduce

del centro hacia la periferia de la pieza en bruto en un molde tórico que conforma la pieza en bruto en copela provista en su centro de un cuerpo de cubo (2a) anular y en su parte periférica de una llanta (2c),

- una etapa de recorte de una abertura central (5) en la pieza en bruto, y
- una etapa de polimerización del cubo.

5

El procedimiento comprende ventajosamente una etapa de acoplamiento a presión del cuerpo de cubo sobre un árbol de rotación de la rueda.

10

El procedimiento comprende ventajosamente una etapa de zunchado del cuerpo de cubo sobre el árbol.

El procedimiento comprende ventajosamente una etapa de acoplamiento a presión del anillo de la rueda sobre la llanta del cubo.

15

Para las ruedas de altura importante, el procedimiento comprende una etapa de acoplamiento a presión de al menos un segundo cubo de igual orientación sobre el árbol y en el anillo.

Otras características y ventajas de la invención se pondrán de manifiesto en la lectura de la descripción de un ejemplo de realización no limitativo de la invención que sigue refiriéndose a los dibujos, que representan:

20

- en la figura 1: una vista esquemática en corte de un anillo de almacenamiento de energía de la invención;
- en la figura 2: una vista esquemática de una pieza en bruto de cubo de acuerdo con un modo de realización particular de la invención;
- en la figura 3: una vista en corte de una rueda que comprende un cubo de acuerdo con la invención;
- en la figura 4: una vista en perspectiva esquemática de un cubo de la invención;
- en la figura 5: una vista en corte de un rueda provista de dos cubos de la invención.

25

La invención se aplica a una rueda de inercia que comprende un anillo de almacenamiento 1 como está representado en la figura 1.

30

La concepción de la rueda de inercia de la invención consiste en colocar el material de almacenamiento, especialmente un material compuesto con fibras de carbono, lo más distante posible del eje de rotación de la rueda.

Con esta concepción, considerando solamente el cilindro de material compuesto, la energía almacenada por Kg de rueda puede aproximarse por la relación:

35

$$E/masa=(\sigma_{m\acute{a}x}/2\rho)\times(R_{int}^2+R_{ext}^2)/2R_{ext}^2$$

Donde $\sigma_{m\acute{a}x}$ es la tensión máxima que puede soportar el material compuesto en el sentido circunferencial y ρ la masa por unidad de volumen de este material.

40

En la solución propuesta, como en las soluciones habituales, el cilindro de materiales compuestos que forma el anillo de almacenamiento es obtenido por bobinado de fibras preimpregnadas.

Se eligen preferentemente las fibras de carbono.

45

El ángulo de bobinado es constante o disminuye yendo hacia las capas externas del cilindro.

Esta variación del ángulo de bobinado permite ventajosamente tener un material compuesto menos rígido en las capas internas del cilindro.

50

En la invención, el cubo que está compuesto de fibras orientadas en el plano perpendicular al eje de rotación de la rueda comprende una parte flexible cuya rigidez radial es reducida de modo que siga las deformaciones del cilindro sin presentar tensiones demasiado elevadas.

55

Así, el diseño propuesto permite almacenar la energía en cilindros que presenten relaciones $(R_{int}^2+R_{ext}^2)/2R_{ext}^2>0,8$ mientras que las ruedas habituales presentan relaciones inferiores a 0,7.

Las relaciones de la presente invención con un material compuesto con fibras de carbono permiten obtener, incluso sobrepasar, los 55 W.h por Kg mientras que las ruedas actuales están limitadas aproximadamente a 40 W.h por Kg.

60

El cubo 2 representado en corte en la figura 2 comprende una parte central que forma un cuerpo de cubo 2a de unión con un árbol 3 de rotación de la rueda, formando una parte periférica una llanta 2c de unión con el anillo de almacenamiento y un parte intermedia constituida por un disco 2b entre el cuerpo de cubo y la llanta, es realizado en material compuesto y comprende un módulo de rigidez decreciente desde el cuerpo de cubo hacia la llanta.

65

El cubo está concebido para ser muy rígido a nivel del radio interior cerca del árbol a fin de no despegarse del árbol durante la rotación, mientras que el mismo es más flexible a nivel del radio exterior de modo que siga bien las deformaciones del anillo o cilindro de almacenamiento de energía.

5 El cubo según el ejemplo es realizado por drapeado y puesta en forma de pliegues de materiales compuestos 4 y el drapeado realiza un motivo que comprende un número medio de pliegues superpuestos decreciente del cuerpo de cubo hacia la parte periférica de la llanta.

10 El drapeado puede ser realizado con pliegues en forma de discos de diámetros crecientes apilados de manera concéntrica pero según el ejemplo representado en la figura 3 se elige un drapeado que comprende una sucesión de pliegues desplazados angularmente que se recubren en la parte central del cubo.

De acuerdo con el ejemplo, cuatro pliegues 4a, 4b, 4c, 4d en forma de bandas longitudinales rectangulares desplazadas 45°, están dispuestos uno sobre otro.

15 En la parte del cuerpo del cubo, los cuatro pliegues están superpuestos, en la parte del disco, la superposición es en media del orden de 2 pliegues con una zona próxima al centro donde la superposición es entre 2 y tres pliegues y una zona periférica donde la superposición es mayoritariamente de dos pliegues y en la parte que forma la llanta los pliegues están yuxtapuestos en la mayor parte de los sectores con únicamente algunas zonas de superposición.

20 De acuerdo con la invención es posible utilizar más de 4 pliegues reduciendo el ángulo de desfase entre los pliegues, por ejemplo son posibles 6 pliegues desfasados 30° u 8 pliegues desfasados 22,5°. Es posible colocar un mayor número de pliegues repitiendo uno de los motivos anteriormente descritos, lo que permite especialmente aumentar la rigidez de la parte central del cubo y jugando con la anchura de las bandas adaptar la tasa de superposición al nivel de la llanta en función de la flexibilidad deseada.

25 Para fijar el cubo sobre el árbol, el cuerpo del cubo 2a comprende un recorte 5 de recepción del árbol y el cuerpo de cubo 2a es realizado por embutición de la parte central del cubo de modo que se realice un tubo de recepción del árbol, estando unido el cuerpo de cubo en una de sus extremidades al disco 2b por una primera curvatura.

30 La llanta 2c es realizada por curvatura de la periferia del disco 2b.

La segunda curvatura forma una unión flexible entre el disco 2b y la llanta 2c que confiere un módulo de elasticidad radial a la llanta adaptado para permitir una deformación de la misma para seguir las deformaciones del anillo de almacenamiento 1 en rotación.

35 En la figura 3, en la parte flexible del cubo correspondiente a la zona 2c, el espesor es reducido y el drapeado es tal que el módulo circunferencial no sea demasiado elevado.

40 Se puede así drapear en una anchura x que no cubre toda la periferia de la llanta. De este modo, no hay o hay pocas fibras tangentes a la circunferencia en la parte flexible.

45 La llanta puede ser realizada conservando la parte de los pliegues sin ningún recubrimiento o, afinando la pieza en bruto del cubo, se pueden eliminar las partes externas con pliegues disjuntos para obtener una llanta continua. Además, la rigidez circunferencial de la llanta continua puede ser ajustada añadiendo circunferencialmente en la parte de la llanta fibras de bajo módulo continuas, como por ejemplo fibras de vidrio, o fibras de carbono de bajo módulo, o muy bajo módulo. La adición de estas fibras de bajo módulo permite además evitar la aparición de fisuras en la resina de la parte de la llanta continua durante la deformación de esta parte de llanta durante la rotación de la rueda.

50 El cubo es realizado por drapeado con pliegues 4 cuyas fibras están mayoritariamente orientadas radialmente con respecto al centro del cubo.

En el caso de la figura 3, las fibras están orientadas según la longitud de los pliegues realizados por bandas longitudinales de forma general rectangular.

55 Es posible realizar los pliegues con bandas de bordes longitudinales curvados hacia el interior o hacia el exterior para adaptar la flexibilidad de la llanta.

60 Así, de acuerdo con el ejemplo, el cuerpo de cubo 2a está constituido por una zona de recubrimiento del conjunto de los pliegues, el disco 2b está constituido por una zona de recubrimiento reducido de los pliegues y la llanta 2c está constituida por una zona de recubrimiento mínimo de los pliegues.

Esto permite reducir progresivamente por etapas la rigidez del centro hacia el exterior del cubo.

Asimismo, la orientación de las fibras de los pliegues confiere un módulo de elasticidad circunferencial a la llanta 2c adaptado para permitir una deformación de la misma para seguir las deformaciones del anillo de almacenamiento en rotación.

5 Cerca del eje, la rigidez aumenta por un espesor más importante y ventajosamente por la adición de pliegues o tejidos compuestos de fibras de módulo más elevado.

10 En particular, el cuerpo de cubo 2a se extiende hasta el radio R1, el disco 2b se extiende del radio R1 al radio R2 y la llanta se extiende del radio R2 al radio R3 y eventualmente más allá del radio R3 si se conservan las partes de pliegues disjuntos.

El cubo comprende una parte periférica flexible cuya rigidez circunferencial es reducida con respecto al centro del cubo de modo que la llanta siga las deformaciones del anillo de almacenamiento.

15 De acuerdo con la figura 5, se utilizan varios cubos, al menos 2, 2' para asegurar una unión perfecta entre el eje y la rueda de material compuesto. El número de estos cubos es determinado en función de los modos de resonancia de la rueda en la gama de velocidades de funcionamiento.

20 Los cubos están dispuestos en el mismo sentido para evitar fenómenos de tensiones en oposición a nivel de las llantas. Cubos dispuestos en el mismo sentido permiten obtener deformaciones de estos cubos que van en el mismo sentido. Deformaciones en sentidos opuestos generarían cizalladura en la interfaz llanta/rueda de cada cubo.

25 De acuerdo con el ejemplo representado en la figura 3, el cubo es obtenido a partir de un drapeado en un plano y de una puesta en forma antes de la polimerización completa, y para fabricar el cubo:

- se realiza una pieza en bruto plana del cubo por colocación de pliegues de materiales compuestos 4a, 4b, 4c, 4d según un motivo que produce un espesor medio de la pieza en bruto que se reduce del centro hacia la periferia de la pieza en bruto,
- se recorta una abertura central 5 en la pieza en bruto;
- 30 - se realiza una embutición de la pieza en bruto en una herramienta que conforma la pieza en bruto en copela provista en su centro de un cuerpo de cubo 2a anular y en su periferia de una llanta 2c, y,
- se efectúa una polimerización del cubo en forma.

35 El cubo después de la embutición y polimerización está esquemáticamente representado en la figura 4.

En el caso en que los pliegues de materiales compuestos 4a, 4b, 4c, 4d sean bandas longitudinales, la colocación de los pliegues de materiales compuestos se hace por colocación de las bandas centradas sobre el centro del cubo con un desfase angular de las bandas una respecto de otra.

40 En este caso es posible realizar una etapa de afino de la pieza en bruto después de la embutición según el radio R3 para eliminar las extremidades de los pliegues disjuntos.

La embutición puede tener lugar en caliente para facilitar una deformación de la pieza en bruto en una forma no desarrollable.

45 La polimerización del cubo se hace en forma en un molde de calentamiento con matriz punzón de formas complementarias del cubo terminado.

50 Otro modo de realización preferente consiste en drapear la pieza directamente en forma con el drapeado de pliegues de forma rectangular o trapezoidal en un molde que tenga la forma de un toro. Esto permite evitar la etapa de embutición y permite simplificar el utillaje.

55 La etapa de afino de la pieza en bruto es efectuada después de la colocación sobre el molde para eliminar las extremidades de pliegues disjuntos. La polimerización se hace entonces en el molde tórico.

A continuación, en los dos modos de realización, para realizar la rueda, se acopla a presión el cuerpo de cubo 2a sobre un árbol 3 de rotación de la rueda.

60 El árbol 3 puede comprender especialmente una superficie de acoplamiento a presión cónica para facilitar el posicionamiento del cubo sobre el árbol.

Además, como está representado en la figura 2, puede realizarse un zunchado 6 del cuerpo de cubo sobre el eje utilizando un zuncho bobinado para mantener un contacto apretado sobre el eje.

65 A continuación se acopla a presión el anillo 1 de la rueda sobre la llanta 2c del cubo.

- Los métodos de ensamblaje previstos tanto a nivel de la unión del cuerpo de cubo/árbol como de la unión llanta/anillo comprenden el acoplamiento con fuerza, el pegado y la utilización de técnicas de ensamblaje por dilatación diferencial por enfriamiento de una pieza y calentamiento de la otra.
- 5 En el caso de una rueda con varios cubos, se acopla a presión el anillo sobre el conjunto de los cubos dispuestos según la misma orientación como está representado en la figura 5 donde la rueda comprende dos cubos.
- 10 La rueda de inercia de la presente invención concierne en primer lugar a los productores y a los distribuidores de electricidad y a los reguladores de redes eléctricas. Sin embargo, debido a su buena relación energía/masa la misma se aplica también a aplicaciones aeronáuticas y espaciales o para el transporte terrestre.
- Los diámetros previstos son de 500 mm a 1000 mm y un almacenamiento previsto de 6 Wh a 15 Wh.
- 15 El alcance de la invención no está limitado por el ejemplo representado, una configuración basada en una pieza en bruto utilizando pliegues en forma de discos de diámetro creciente puede ser considerada especialmente en el marco de la invención.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Rueda de inercia que comprende un anillo de almacenamiento (1) y un cubo (2) que une el anillo de almacenamiento (1) a un árbol (3) de rotación de la rueda, **caracterizado por que** el cubo (2), que comprende una parte central que forma un cuerpo de cubo (2a) de unión con el árbol (3), una parte periférica que forma una llanta (2c) de unión con el anillo de almacenamiento y una parte Intermedia constituida por un disco (2b) entre el cuerpo de cubo y la llanta, es realizado de material compuesto y comprende un módulo de rigidez decreciente desde el cuerpo de cubo hacia la llanta.
- 10 2. Rueda de inercia de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada por que** el cubo (2) es realizado por drapeado y puesta en forma de pliegues de materiales compuestos.
- 15 3. Rueda de inercia de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizada por que** el drapeado realiza un motivo que comprende un número medio de pliegues superpuestos que disminuye del cuerpo de cubo hacia la parte periférica de la llanta.
- 20 4. Rueda de inercia de acuerdo con las reivindicaciones 2 o 3, **caracterizada por que** el drapeado comprende una sucesión de pliegues (4a, 4b, 4c, 4d) desplazados angularmente que se recubren al menos en la parte central del cubo.
- 25 5. Rueda de inercia de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada por que** el cuerpo de cubo (2a) comprende un recorte (5) de recepción del árbol.
- 30 6. Rueda de inercia de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizada por que** el cuerpo de cubo (2a) es realizado por embutición de la parte central del cubo.
- 35 7. Rueda de inercia de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada por que** la llanta (2c) es realizada por curvatura de la periferia del disco (2b).
- 40 8. Rueda de inercia de acuerdo con las reivindicaciones 6 y 7, **caracterizada por que** el cuerpo de cubo (2a) forma un tubo, de recepción del árbol (5), solidario del árbol y está unido en una de sus extremidades al disco (2b) por una primera curvatura, estando unida la llanta (2c) al disco (2b) por una segunda curvatura del mismo sentido que la primera curvatura.
- 45 9. Rueda de inercia de acuerdo con la reivindicación 8, **caracterizada por que** la segunda curvatura forma una unión flexible entre el disco (2b) y la llanta (2c) que confiere un módulo de elasticidad radial a la llanta adaptado para permitir una deformación de la misma para seguir las deformaciones del anillo de almacenamiento (1) en rotación.
- 50 10. Rueda de inercia de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada por que** el cubo es realizado por drapeado con pliegues (4) cuyas fibras están mayoritariamente orientadas radialmente con respecto al centro del cubo.
- 55 11. Rueda de inercia de acuerdo con la reivindicación 10, **caracterizada por que** el drapeado es realizado con pliegues (4a, 4b, 4c, 4d) formados por bandas longitudinales dispuestas con un desfase angular de una respecto de otra y centradas sobre el centro del cubo.
- 60 12. Rueda de inercia de acuerdo con la reivindicación 10, **caracterizada por que** las bandas longitudinales son de forma general rectangular o trapezoidal.
13. Rueda de inercia de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada por que** el cuerpo de cubo (2a) está constituido por una zona de recubrimiento del conjunto de los pliegues, el disco (2) está constituido por una zona de recubrimiento reducido de los pliegues y la llanta (2c) está constituida por una zona de recubrimiento mínimo de los pliegues.
14. Rueda de inercia de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada por que** la orientación de las fibras de los pliegues confiere un módulo de elasticidad circunferencial a la llanta (2c) adaptado para permitir un deformación de la misma para seguir las deformaciones del anillo de almacenamiento en rotación.
15. Rueda de inercia de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada por que** el cubo comprende una parte periférica flexible cuya rigidez circunferencial es reducida con respecto al centro del cubo de modo que la llanta siga las deformaciones del anillo de almacenamiento.
16. Procedimiento de realización de una rueda de inercia que comprende un cubo de material compuesto de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15 **caracterizado por que** el mismo comprende:

- etapa de realización de una pieza en bruto plana del cubo por colocación de pliegues de materiales compuestos (4a, 4b, 4c, 4d) según un motivo que produce un espesor medio de la pieza en bruto que se reduce del centro hacia la periferia de la pieza en bruto,
 - una etapa de recorte de una abertura central (5) en la pieza en bruto,
 - una etapa de embutición de la pieza en bruto en una herramienta que conforma la pieza en bruto en copela provista en su centro de un cuerpo de cubo (2a) anular y en su periferia de una llanta (2c), y
 - una etapa de polimerización del cubo.
- 5
- 10 17. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 16 **caracterizado por que** siendo los pliegues de materiales compuestos (4a, 4b, 4c, 4d) bandas longitudinales, la colocación de los pliegues de materiales compuestos se hace por colocación de las bandas centradas sobre el centro del cubo con un desfase angular de las bandas una respecto de otra.
- 15 18. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 17 **caracterizado por que** después de la etapa de embutición, se realiza una etapa de afino de la pieza en bruto.
- 20 19. Procedimiento de realización de una rueda de inercia que comprende un cilindro de material compuesto de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15 **caracterizado por que** el mismo comprende:
- una etapa de realización de una pieza en bruto de cubo por colocación de pliegues de materiales compuestos (4a, 4b, 4c, 4d) según un motivo que produce un espesor medio de la pieza en bruto que se reduce del centro hacia la periferia de la pieza en bruto sobre un molde tórico que conforma la pieza en bruto en copela provista en su centro de un cuerpo de cubo (2a) anular y en su periferia de una llanta (2c),
 - una etapa de recorte de una abertura central (5) en la pieza en bruto; y
 - una etapa de polimerización del cubo.
- 25
20. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 16 a 19 **caracterizado por que** el mismo comprende una etapa de acoplamiento a presión del cuerpo de cubo (2a) sobre un árbol (3) de rotación de la rueda.
- 30 21. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 20 **caracterizado por que** el mismo comprende una etapa de zunchado (6) del cuerpo de cubo sobre el árbol.
- 35 22. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 20 o 21 **caracterizado por que** el mismo comprende una etapa de acoplamiento a presión del anillo (1) de la rueda sobre la llanta (2c) del cubo.
23. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 22 **caracterizado por que** el mismo comprende una etapa de acoplamiento a presión de al menos un segundo cubo (2') de igual orientación sobre el árbol y en el anillo.

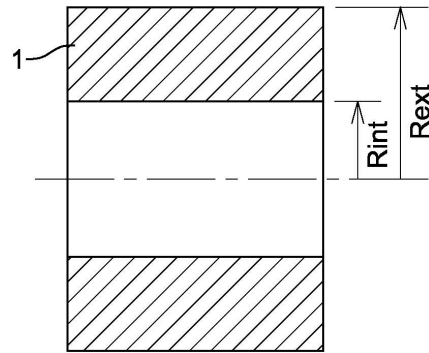


Fig. 1

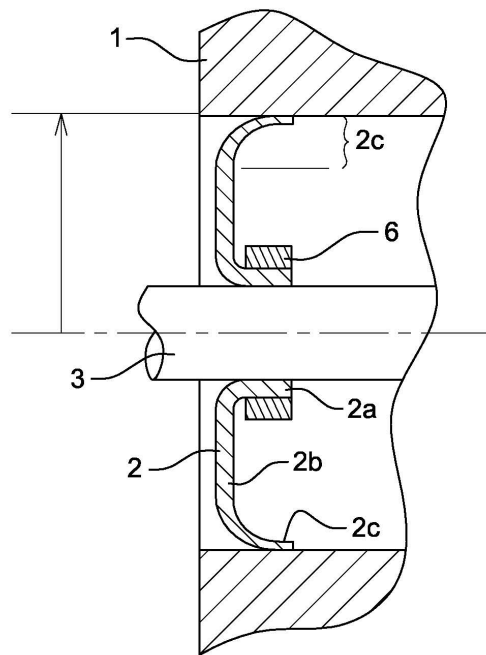


Fig. 2

