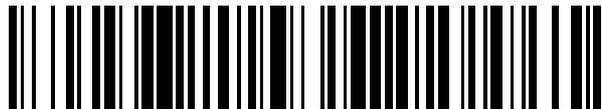


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 684 675**

51 Int. Cl.:

F01D 5/16 (2006.01)

F01D 5/26 (2006.01)

F04D 29/66 (2006.01)

F16F 7/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.05.2017** **E 17169951 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.08.2018** **EP 3244008**

54 Título: **Módulo de cuerpos de impulso para una turbomáquina y procedimiento de fabricación correspondiente**

30 Prioridad:

09.05.2016 DE 102016207874

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

04.10.2018

73 Titular/es:

**MTU AERO ENGINES AG (100.0%)
Dachauer Strasse 665
80995 München, DE**

72 Inventor/es:

**RÖSELE, GERHARD-HEINZ;
SCHLEMMER, MARKUS y
HARTUNG, ANDREAS**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 684 675 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

Módulo de cuerpos de impulso para una turbomáquina y procedimiento de fabricación correspondiente

La presente invención se refiere a un módulo de cuerpos de impulso para un componente de una turbomáquina, en particular para una etapa de turbina de una turbina de gas, preferiblemente de una turbina de gas de vuelo.

5 Las disposiciones de álabes, en particular las disposiciones de álabes móviles, de turbinas de gas tienden a experimentar vibraciones debido a su elasticidad y su excitación por el fluido de trabajo o el gas que fluye alrededor de las mismas y debido a oscilaciones. En este contexto se pueden excitar frecuencias naturales de los álabes, pudiendo conducir las resonancias generadas a un deterioro de la turbina de gas, en particular de la disposición de álabes.

10 La solicitante ha propuesto un concepto, dado a conocer en el documento WO 2012/095067A1, para la amortiguación, en particular para la, así llamada, desintonización de vibraciones frente a los amortiguadores de fricción disipativos usuales hasta la fecha, en el que unos cuerpos de impulso en un álabes móvil influyen en las vibraciones por contactos de choque, en particular cuando la frecuencia prácticamente alcanza la frecuencia natural. El módulo de cuerpos de impulso dado a conocer en el documento arriba mencionado consiste en varios elementos en forma de cilindro y en forma de disco, que se montan y se fijan entre sí en dirección longitudinal para de este modo formar un módulo de cuerpos de impulso cerrado con varias cavidades separadas entre sí. La solicitante también ha desarrollado conceptos para carcasas en las que están alojados varios cuerpos de impulso, y la carcasa junto con los cuerpos de impulso se fija en un espacio de instalación correspondiente de una disposición de álabes móvil.

20 El objetivo de la invención consiste en poner a disposición un módulo de cuerpos de impulso con cuerpos de impulso alojados dentro del mismo, que se pueda fabricar con facilidad y que presente una estructura sencilla. De acuerdo con la invención se propone un módulo de cuerpos de impulso que incluye un elemento constructivo de alojamiento configurado en una sola pieza con una base y paredes laterales situadas alrededor de la base, delimitando las paredes laterales y la base un espacio de alojamiento, un elemento constructivo de inserción configurado en una sola pieza que está insertado en el espacio de alojamiento del elemento constructivo de alojamiento, estando configurados el elemento constructivo de alojamiento y el elemento constructivo de inserción alojado dentro de éste de tal modo que conjuntamente delimitan varias cavidades separadas entre sí, y estando alojado en cada cavidad un cuerpo de impulso, en particular una bola, y un elemento constructivo de cierre configurado en una sola pieza que está conectado con el elemento constructivo de alojamiento por unión de material, de tal modo que el espacio de alojamiento está cerrado y el elemento constructivo de inserción está rodeado por el elemento constructivo de alojamiento y el elemento constructivo de cierre. En este contexto, el concepto "elemento constructivo de cierre configurado en una sola pieza" también ha de incluir el caso en el que el elemento constructivo de cierre se construye de forma generativa sobre el elemento constructivo de inserción y/o sobre el elemento constructivo de alojamiento y por lo tanto ya está conectado con éstos por unión de material desde su creación.

35 La construcción propuesta de un módulo de cuerpos de impulso posibilita la fabricación de dos elementos constructivos, cada uno de ellos en una sola pieza, que se unen entre sí o se introduce uno en el otro de tal modo que se forman varias cavidades en las que están alojados cuerpos de impulso. Mediante la conexión por unión de material del elemento constructivo de cierre con el elemento constructivo de alojamiento se forma una caja cerrada en la que están alojados de forma segura el elemento constructivo de inserción y los cuerpos de impulso. Dado que el elemento constructivo de cierre está conectado por unión de material con el elemento constructivo de alojamiento, también se puede hablar de una caja de una sola pieza en la que se alojan el elemento constructivo de inserción y los cuerpos de impulso. Un módulo de cuerpos de impulso construido de este modo se puede introducir de forma variable en un entrante correspondiente en una disposición de álabes de una etapa de compresor o de una etapa de turbina de una turbina de gas. Dicho entrante presenta preferiblemente un contorno interior configurado de forma esencialmente complementaria al contorno exterior del módulo de cuerpos de impulso.

45 El elemento constructivo de inserción puede presentar una pared de cierre que cierra el espacio de alojamiento cuando el elemento constructivo de inserción está insertado en el elemento constructivo de alojamiento. La pared de cierre puede terminar con su cara exterior orientada en sentido opuesto al espacio de alojamiento esencialmente a ras de al menos una cara frontal de las paredes laterales circundantes del elemento constructivo de alojamiento. Por lo tanto, la pared de cierre, en particular la cara exterior de ésta, y la cara frontal o las caras frontales de las paredes laterales configuran esencialmente un plano continuo común. El elemento de cierre se puede disponer sobre la(s) cara(s) frontal(es) de las paredes laterales y sobre la cara exterior de las paredes frontales.

La pared de cierre puede presentar en su cara interior orientada hacia el espacio de alojamiento varias riostras, en particular riostras longitudinales y riostras transversales, que sobresalen de la cara interior. En el estado insertado, estas riostras constituyen paredes de separación para delimitar las diversas cavidades.

55 La base y las paredes laterales del elemento constructivo de alojamiento pueden presentar una configuración esencialmente plana en sus superficies interiores orientadas hacia el espacio de alojamiento.

Además, el elemento constructivo de inserción puede presentar varias riostras longitudinales y riostras transversales que configuran una estructura en forma de rejilla, delimitando las riostras longitudinales y las riostras transversales,

junto con al menos una de las superficies interiores de la base o de las paredes laterales, al menos algunas secciones de las diversas cavidades.

5 Alternativamente, la base puede presentar en su superficie interior orientada hacia el espacio de alojamiento varias riostras, en particular riostras longitudinales y riostras transversales, que sobresalen dentro del espacio de alojamiento de tal modo que las riostras y la superficie interior de la base configuran un volumen parcial de las diversas cavidades.

10 En este contexto, las riostras del elemento constructivo de inserción y las riostras del elemento constructivo de alojamiento pueden estar configuradas de tal modo que, cuando el elemento constructivo de inserción está insertado, las caras frontales de las riostras del elemento constructivo de inserción y las caras frontales de las riostras del elemento constructivo de alojamiento se apoyan unas en otras, de manera que las diversas cavidades están delimitadas por las riostras del elemento constructivo de inserción, las riostras del elemento constructivo de alojamiento, la superficie interior de la base y la cara interior de la pared de cierre.

Además, el elemento constructivo de cierre puede estar conectado por unión de material con la pared de cierre del elemento constructivo de inserción.

15 En un módulo de cuerpos de impulso de este tipo, el elemento constructivo de alojamiento, el elemento constructivo de inserción y el elemento constructivo de cierre se pueden fabricar mediante un procedimiento generativo, en particular mediante un procedimiento de fusión selectiva por láser.

20 Alternativamente o de forma complementaria también es concebible que el elemento constructivo de alojamiento y/o el elemento constructivo de inserción y/o el elemento constructivo de cierre estén fabricados al menos en parte mediante un procedimiento de fabricación por remoción de material, como por ejemplo una remoción electroquímica de material, o mediante un procedimiento de moldeo por inyección de polvo metálico. En caso dado también se puede aplicar un procedimiento de remoción de material de forma complementaria o a continuación de un procedimiento generativo, por ejemplo para alisar el contorno exterior del módulo de cuerpos de impulso.

25 De acuerdo con otro aspecto, la invención se refiere también a un procedimiento para fabricar un módulo de cuerpos de impulso para una turbomáquina, en particular para una etapa de turbina de una turbina de gas, que incluye los pasos consistentes en:

30 fabricar un elemento constructivo de alojamiento a través de construcción por capas mediante un procedimiento de fabricación generativo, en particular mediante un procedimiento de fusión selectiva por láser, presentando el elemento constructivo de alojamiento una base y paredes laterales situadas alrededor de la base, construyéndose las paredes laterales a partir de la base de tal modo que dentro de las paredes laterales se forma un espacio de alojamiento;

fabricar un elemento constructivo de inserción en forma de rejilla al menos en algunas secciones a través de construcción por capas mediante un procedimiento de fabricación generativo, en particular mediante un procedimiento de fusión selectiva por láser;

35 insertar el elemento constructivo de inserción en el espacio de alojamiento del elemento constructivo de alojamiento, introduciéndose, antes de la inserción o durante la inserción, cuerpos de impulso, en particular bolas, en cavidades formadas conjuntamente por el elemento constructivo de alojamiento y el elemento constructivo de inserción;

40 construir por capas, sobre el elemento constructivo de alojamiento con el elemento constructivo de inserción insertado, un elemento constructivo de cierre mediante un procedimiento de fabricación generativo, en particular mediante un procedimiento de fusión selectiva por láser, de tal modo que el elemento constructivo de alojamiento y el elemento constructivo de cierre están conectados entre sí por unión de material y constituyen una envoltura de una sola pieza para el elemento constructivo de inserción y los cuerpos de impulso alojados.

45 La invención se refiere también a una disposición de álabe móvil de una etapa de compresor o de una etapa de turbina de una turbina de gas, presentando la disposición de álabe móvil un entrante en el que está introducido un módulo de cuerpos de impulso tal como se describe más arriba, estando previsto el entrante preferiblemente en un área de raíz de álabe móvil. En este contexto, por una disposición de álabe móvil se entiende un álabe móvil individual o un segmento de álabes móviles con varios álabes móviles.

50 Por último, la invención se refiere también a una turbina de gas, en particular a una turbina de gas de vuelo, que incluye varias etapas de compresor y varias etapas de turbina, presentando la misma al menos un módulo de cuerpos de impulso tal como se describe más arriba, que está asignado a una etapa de compresor o a una etapa de turbina. En este contexto, varios módulos de cuerpos de impulso pueden estar asignados a un elemento constructivo de rotor, en particular a una corona de álabes móviles, a una etapa de compresor o a una etapa de turbina, estando asignado preferiblemente un módulo de cuerpos de impulso individual a una disposición de álabe móvil individual de la corona de álabes móviles.

55 La invención se describe a continuación de forma ejemplar y no limitativa con referencia a las figuras adjuntas.

Las indicaciones de dirección como "axial" o "dirección axial", "radial" o "dirección radial" y "perimétrico" se han de entender en principio en relación con el eje de máquina de la turbina de gas, siempre que no se desprenda otra cosa de forma explícita o implícita por el contexto.

5 La Figura 1 muestra una primera forma de realización de un elemento constructivo de alojamiento de un módulo de cuerpos de impulso, en una vista en perspectiva (Figura 1A) y en una vista en planta (Figura 1B).

La Figura 2 muestra una primera forma de realización de un elemento constructivo de inserción para el elemento constructivo de alojamiento de la Figura 1, en una representación en perspectiva.

La Figura 3 muestra el elemento constructivo de alojamiento de la Figura 1 con el elemento constructivo de inserción de la Figura 2 insertado, en una representación en perspectiva.

10 La Figura 4 muestra el elemento constructivo de alojamiento cerrado mediante un elemento constructivo de cierre.

La Figura 5 muestra una segunda forma de realización de un elemento constructivo de alojamiento de un módulo de cuerpos de impulso, en una representación en perspectiva.

15 La Figura 6 muestra una segunda forma de realización de un elemento constructivo de inserción para el elemento constructivo de alojamiento de la Figura 1, en una vista en planta.

La Figura 7 muestra una representación en sección del módulo de cuerpos de impulso de la segunda forma de realización con elemento constructivo de cierre unido al mismo.

La Figura 8 muestra el módulo de cuerpos de impulso de la segunda forma de realización en una realización en perspectiva desde el exterior.

20 La Figura 9 muestra una tercera forma de realización de un módulo de cuerpos de impulso en una representación en sección similar a la de la Figura 7.

La Figura 10 muestra una cuarta forma de realización de un módulo de cuerpos de impulso en una representación en sección similar a la de las Figuras 7 o 9.

25 Una primera forma de realización de un módulo de cuerpos de impulso se describe con referencia a las Figuras 1 a 4. Las siguientes observaciones con referencia a la Figura 1A son válidas también para la Figura 1B. La Figura 1A muestra en una realización en perspectiva un elemento constructivo 12 de alojamiento de un módulo 10 de cuerpos de impulso, que está representado en la Figura 4 en su estado listo para el uso. El elemento constructivo 12 de alojamiento está configurado en una sola pieza y presenta una base 14, que también se puede designar como suelo.
30 La base 14 presenta una superficie interior 16 visible y una superficie exterior no visible en las Figuras 1 a 4. Unas paredes laterales 18a, 18b y 20a, 20b están unidas con la base 14. Las paredes laterales 20a, 20b se pueden designar como paredes longitudinales y las paredes laterales 18a, 18b se pueden designar como paredes transversales. En la vista en planta, el elemento constructivo 12 de alojamiento presenta una forma esencialmente rectangular, pudiendo las esquinas estar configuradas de forma redondeada o biselada. Para la Figura 1 y para todas las demás figuras se utiliza el sistema de coordenadas representado en la Figura 1, en el que la dirección X corresponde a la dirección transversal, la dirección Y corresponde a la dirección longitudinal y la dirección Z (perpendicular a las direcciones X e Y) corresponde a una dirección de la altura. Este sistema de coordenadas es válido de forma análoga para todas las demás figuras.
35

40 En la base 14 están previstas varias riostras 22, 24 que sobresalen de la superficie interior 16 hacia arriba, lo que en la Figura 2 corresponde a una dirección perpendicular al plano del dibujo. Las riostras 22, 24 también se pueden designar como nervios. Las riostras 24 se extienden en la dirección longitudinal y correspondientemente también se pueden designar como riostras longitudinales. Las riostras 22 se extienden en la dirección transversal y correspondientemente también se pueden designar como riostras transversales. Las riostras longitudinales 24 y las riostras transversales 22 se cruzan en varias áreas de cruce 26. En la Figura 2 se ven las superficies frontales 28 respectivas de las riostras longitudinales 22 y de las riostras transversales 24. Las superficies frontales 28 están situadas a una altura o a un nivel que es más bajo que el borde frontal 30 visible de las paredes laterales 18a, 18b, 20a, 20b. La base 14 y las paredes laterales 18a, 18b, 20a, 20b delimitan un espacio 32 de alojamiento. Mediante las riostras longitudinales 24 y las riostras transversales 22 están formadas varias cavidades 34 o un volumen parcial de cavidades 34 en el espacio 32 de alojamiento. Por consiguiente, mediante las riostras longitudinales 24 y las riostras transversales, junto con la base 14 y las superficies laterales 18a, 18b, 20a, 20b, se forman compartimentos individuales o compartimentos parciales. Las cavidades 34 sirven para el alojamiento de un cuerpo de impulso 36 en cada caso, que puede estar configurado en particular en forma de bola. En las Figuras 1A y 1B se muestra en cada caso de forma ejemplar un único cuerpo de impulso 36 en una cavidad 34. No obstante, el elemento constructivo acabado presenta en realidad un cuerpo de impulso, preferiblemente en forma de una bola, en cada una de las ocho cavidades 34 incluidas en este ejemplo de realización.
50

La Figura 2 muestra en una representación en perspectiva un elemento constructivo 42 de inserción configurado en una sola pieza, que se puede insertar, o que en el estado listo para el uso está insertado, en el elemento constructivo 12 de alojamiento o en el espacio 32 de alojamiento de éste. El elemento constructivo de inserción presenta en la primera forma de realización una pared de cierre 44. En la Figura 2 se ve la cara interior 46 de la pared de cierre 44, estando orientada esta cara interior 46 hacia la superficie interior 16 de la base 14 en el estado montado. El elemento constructivo 42 de inserción presenta igualmente varias riostras 48, 50 que están dispuestas en la pared de cierre 44. Las riostras 48 constituyen riostras transversales y las riostras 50 constituyen riostras longitudinales. Las riostras longitudinales 50 y las riostras transversales 48 se cruzan en áreas de cruce 52. Las riostras longitudinales 50 y las riostras transversales 48 presentan una cara frontal 54. Si el elemento constructivo 42 de inserción se inserta en el elemento constructivo 12 de alojamiento (Figura 1), las caras frontales 54 respectivas se apoyan sobre las superficies frontales 28. De este modo, las cavidades 34 representadas en la Figura 1 se cierran. Entonces, una cavidad 34 individual está delimitada por la base 14, las riostras 22, 24 y las paredes laterales 18a, 18b, 20a, 20b del elemento constructivo de alojamiento, así como mediante la pared de cierre 44 y las riostras 48, 50 del elemento constructivo 42 de inserción. En este contexto, la pared de cierre 42 se apoya con su cara interior 46 sobre un borde interior 56 periférico del elemento constructivo 12 de alojamiento. Además, la pared de cierre 44 presenta un contorno perimétrico que es complementario al perímetro interior de la abertura 32 de alojamiento. Dicho de otro modo, el espacio 32 de alojamiento se cubre o se cierra en unión geométrica mediante la inserción del elemento constructivo 42 de inserción en el elemento constructivo 12 de alojamiento, de manera que los cuerpos de impulso 36 alojados en las cavidades 34 ya solo se pueden mover dentro de su cavidad 34 respectiva.

La Figura 3 muestra en una representación en perspectiva el estado en el que el elemento constructivo 42 de inserción está insertado en el elemento constructivo 12 de alojamiento. Además, a partir de esta representación resulta evidente que una superficie exterior 58 de la pared de cierre 44 termina esencialmente a ras del borde frontal 30 de las paredes laterales 18a, 18b, 20a, 20b periféricas. En este estado, el borde frontal 30 y la pared de cierre 44 forman un plano o una superficie esencialmente continuos.

La Figura 4 muestra en una representación en perspectiva el módulo 10 de cuerpos de impulso acabado, estando el elemento constructivo 12 de alojamiento, con el elemento constructivo 42 de inserción insertado (véase la Figura 3) y los cuerpos de impulso 36 (Figura 1) alojados en las cavidades 34 (Figura 1), cerrado mediante un elemento constructivo 62 de cierre. El elemento constructivo 62 de cierre también se puede designar como tapa. El elemento constructivo 62 de cierre está conectado por unión de material al menos con las paredes laterales 18a, 18b, 20a, 20b del elemento constructivo 12 de alojamiento. No obstante, adicionalmente también puede estar conectado por unión de material con la pared de cierre 44 (Figura 3) del elemento constructivo 42 de inserción.

La primera forma de realización presentada en las Figuras 1 a 4 de un módulo 10 de cuerpos de impulso con los componentes consistentes en el elemento constructivo 12 de alojamiento, el elemento constructivo 42 de inserción y el elemento constructivo 62 de cierre, de una sola pieza en cada caso, se fabrica preferiblemente mediante un procedimiento de fabricación generativo, en particular mediante un procedimiento de fusión selectiva por láser. La construcción por capas del elemento constructivo 12 de alojamiento tiene lugar comenzando por una primera capa de la base 14 en la dirección de la altura o la dirección Z (Figura 1). La pieza 42 de inserción se construye por capas comenzando por una primera capa de la pared de cierre 44 en la dirección de la altura o la dirección Z (Figura 2). Al insertar el elemento constructivo 42 de inserción de una sola pieza en la abertura 32 de alojamiento del elemento constructivo 12 de alojamiento, los cuerpos de impulso 36 se introducen en las cavidades 34 respectivas. A partir de un estado según la Figura 3, sobre el módulo 10 de cuerpos de impulso, todavía no acabado por completo, se fabrica por capas el elemento constructivo 62 de cierre mediante el procedimiento generativo, en particular mediante el procedimiento de fusión selectiva por láser. En este contexto, sobre la superficie o el plano continuos (Figura 3) formados por el borde frontal 30 y la cara exterior 58 de la pared de cierre 44 se aplica una primera capa de polvo, que se conecta después por unión de material. Por lo tanto, el módulo 10 de cuerpos de impulso así fabricado presenta una estructura cerrada libre de tensiones y fácil de fabricar. Sobre todo no se produce ninguna tensión no deseada, tal como puede ocurrir en el caso de las tapas convencionales montadas por ejemplo mediante unión geométrica (unión de conexión rápida o similares). Dado que para los tres componentes, en concreto el elemento constructivo 12 de alojamiento, el elemento constructivo 42 de inserción y el elemento constructivo 62 de cierre, se utiliza el mismo material y se aplica el mismo procedimiento de fabricación, resulta un módulo de cuerpos de impulso de construcción homogénea en el que los componentes individuales poseen las mismas propiedades (de material).

Mediante este tipo de fabricación del módulo 10 de cuerpos de impulso según la invención se puede asegurar que los cuerpos de impulso 36 están encerrados de forma hermética en sus cavidades 34 y que no puede llegar ningún gas a los mismos desde el exterior. Esto tiene una importancia especial sobre todo cuando el módulo 10 de cuerpos de impulso se ha de utilizar en el área de gas caliente de la turbomáquina, es decir, por ejemplo en una disposición de álabe en el área de turbina de la turbomáquina. Mediante el cierre hermético de los cuerpos de impulso 36 en las cavidades 34, éstos están protegidos contra el desgaste por oxidación con gas caliente y/o por sulfuración.

Además, la vía de fabricación previamente descrita posibilita la fabricación de grandes cantidades a bajo coste. Los módulos 10 de cuerpos de impulso son relativamente pequeños. En la práctica, dependiendo del área de aplicación, la dimensión de su lado más largo, es decir, el lado en la dirección longitudinal o la dirección Y, es de a lo sumo unos centímetros, preferiblemente menos de dos centímetros, más preferiblemente entre uno y 1,5 centímetros. Por

lo tanto, el espacio de instalación de una máquina SLM de uso corriente en el comercio ofrece por regla general sitio suficiente para poder fabricar en paralelo varios cientos de elementos constructivos 12 de alojamiento y varios cientos de elementos constructivos 42 de inserción.

5 Algunos materiales preferentes para la fabricación de los elementos constructivos 12 de alojamiento, de los elementos constructivos 42 de inserción y del elemento constructivo 62 de cierre pueden ser: Haynes 230, Inco 718, Hastelloy X, MARM 247, MARM 247 LLDS, MARM 509. Además de estos materiales preferentes también se pueden utilizar otros materiales adecuados para procedimientos de fabricación generativos.

10 A continuación se describe una segunda forma de realización de un módulo 110 de cuerpos de impulso con referencia a las Figuras 5 a 8. La Figura 5 muestra una representación en perspectiva del elemento constructivo 112 de alojamiento. Este elemento constructivo 112 de alojamiento también incluye una base 114 y paredes laterales 118a, 118b, 120a, 120b, que están unidas a la base 114. La base 114 y las paredes laterales 118a, 118b, 120a, 120b delimitan el espacio de alojamiento 132. En su cara interior no visible en la Figura 5, que está orientada hacia el espacio de alojamiento 132, la base 114 está realizada de forma esencialmente lisa o plana. Ésta no presenta ninguna riostra o nervio, a diferencia de la forma de realización de las Figuras 1 a 4.

15 La Figura 6 muestra en una vista en planta un elemento constructivo 142 de inserción que se puede insertar o introducir (correspondientemente a la dirección de la flecha doble) en el espacio de alojamiento 132 del elemento constructivo 112 de alojamiento (Figura 5). El elemento constructivo 142 de inserción incluye varias riostras 148, 150. Las riostras 148 se pueden designar como riostras transversales y las riostras 150 se pueden designar como riostras longitudinales. Las riostras longitudinales 150 y las riostras transversales 148 se cruzan en áreas de cruce 20 152. Las riostras 148, 150 delimitan aberturas o cavidades 134 respectivas. En otras palabras, también se puede decir que el elemento constructivo 142 de inserción está configurado en forma de rejilla o consiste en una rejilla con varias aberturas o cavidades 134. Las riostras longitudinales 150 unidas entre sí en el lado izquierdo en la Figura 6 forman una superficie de apoyo 164 continua que se apoya sobre la superficie interior de la base 114 cuando el elemento constructivo 142 de inserción está insertado en el elemento constructivo 112 de alojamiento. Las riostras 25 longitudinales 150 unidas entre sí en el lado derecho en la Figura 6 forman una pared de cierre 144 continua.

La Figura 7 muestra en una representación en sección, correspondiente aproximadamente a una línea de sección VII-VII de la Figura 5, el estado montado del módulo 110 de cuerpos de impulso. El elemento constructivo 142 de inserción está insertado en el elemento constructivo 112 de alojamiento. Mediante la inserción del elemento constructivo 142 de inserción, las caras interiores respectivas de las paredes laterales 120a, 120b delimitan las 30 cavidades 134, de modo que cada cavidad 134 está cerrada de por sí. En cada cavidad está introducido un cuerpo de impulso 136, preferiblemente en forma de una bola, estando representada en la Figura 7 de forma ejemplar una única bola 136 en la cavidad 134 inferior izquierda. En esta representación se puede ver además que una superficie exterior 158 de la pared de cierre 144 termina esencialmente a ras del borde frontal 130 de las paredes laterales 118a, 118b (visibles en la representación en sección) y 120a, 120b (no visibles en la representación en sección) 35 periféricas. En este estado, el borde frontal 130 y la pared de cierre 144 forman un plano o una superficie esencialmente continuos.

En las Figuras 7 y 8 se puede ver que el elemento constructivo 112 de alojamiento se cierra mediante un elemento constructivo 162 de cierre. El elemento constructivo 162 de cierre también se puede designar como tapa. El elemento constructivo 162 de cierre está conectado por unión de material al menos con las paredes laterales 118a, 40 118b, 120a (no visible), 120b del elemento constructivo 12 de alojamiento. No obstante, adicionalmente también puede estar conectado por unión de material con la pared de cierre 144 del elemento constructivo 142 de inserción.

La segunda forma de realización presentada en las Figuras 5 a 8 de un módulo 110 de cuerpos de impulso con los componentes consistentes en el elemento constructivo 112 de alojamiento, el elemento constructivo 142 de inserción y el elemento constructivo 162 de cierre, de una sola pieza en cada caso, se fabrica preferiblemente 45 mediante un procedimiento de fabricación generativo, en particular mediante un procedimiento de fusión selectiva por láser. La construcción por capas del elemento constructivo 112 de alojamiento tiene lugar comenzando por una primera capa de la base 114 en la dirección transversal o la dirección X (Figura 5, Figura 7). La pieza 142 de inserción se construye por capas comenzando por una primera capa en la dirección de la altura o la dirección Z (Figura 5, Figura 6). Al insertar el elemento constructivo 142 de inserción de una sola pieza en la abertura 132 de alojamiento del elemento constructivo 112 de alojamiento, los cuerpos de impulso 136 se introducen en las 50 cavidades 134 respectivas. A partir de un estado en el que el elemento constructivo 142 de inserción está insertado en el elemento constructivo 112 de alojamiento, sobre el módulo 110 de cuerpos de impulso, todavía no acabado por completo, se fabrica por capas el elemento constructivo 162 de cierre mediante el procedimiento generativo, en particular mediante el procedimiento de fusión selectiva por láser. En este contexto, sobre la superficie o el plano 55 continuos (Figura 7) formados por el borde frontal 130 y la cara exterior 158 de la pared de cierre 144 se aplica una primera capa de polvo, que se conecta después por unión de material. Por lo tanto, el módulo 110 de cuerpos de impulso así fabricado presenta una estructura cerrada libre de tensiones y fácil de fabricar. Sobre todo no se produce ninguna tensión no deseada, tal como puede ocurrir en el caso de las tapas convencionales montadas por ejemplo mediante unión geométrica (unión de conexión rápida o similares). Dado que para los tres componentes, en concreto el elemento constructivo 112 de alojamiento, el elemento constructivo 142 de inserción y el elemento 60 constructivo 162 de cierre, se utiliza el mismo material y se aplica el mismo procedimiento de fabricación, resulta un

módulo de cuerpos de impulso de construcción homogénea en el que los componentes individuales poseen las mismas propiedades (de material).

La Figura 9 muestra en una representación en sección similar a la de la Figura 7 una tercera forma de realización de un módulo 210 de cuerpos de impulso. En este caso, en la base 214 están configuradas unas riostras transversales 228, de modo que mediante la base 214 y estas riostras transversales 228 se delimitan volúmenes parciales de cavidades 234. El elemento constructivo 242 de inserción presenta las riostras longitudinales 250 y las riostras transversales 248 conocidas. Las riostras longitudinales 250 situadas en el lado izquierdo en la Figura 9 constituyen una superficie de apoyo 264 continua, que se apoya sobre las riostras transversales 228 del elemento constructivo 212 de alojamiento. El elemento constructivo 242 de inserción también se puede describir de tal modo que corresponde a aproximadamente medio elemento constructivo 142 de inserción de la segunda forma de realización (Figura 6, mitad derecha). Las riostras longitudinales 250 representadas en la parte derecha de la Figura 9 constituyen una pared de cierre 244 continua. Las cuatro cavidades 234 situadas a la izquierda en la Figura 9 están delimitadas en cada caso por la base 214 y las riostras transversales 222 del elemento constructivo 212 de alojamiento, así como por la superficie de apoyo 264 continua del elemento constructivo 242 de inserción. Las cuatro cavidades 234 situadas a la derecha forman parte del elemento constructivo 242 de inserción y están delimitadas por las riostras transversales 248 y las riostras longitudinales 250 de éste.

En esta representación se puede ver además que una superficie exterior 258 de la pared de cierre 244 termina esencialmente a ras del borde frontal 230 de las paredes laterales 218a, 218b periféricas (visibles en la representación en sección). En este estado, el borde frontal 230 y la pared de cierre 244 forman un plano o una superficie esencialmente continuos.

En la Figura 9 se puede ver que el elemento constructivo 212 de alojamiento se cierra mediante un elemento constructivo 262 de cierre. El elemento constructivo 262 de cierre también se puede designar como tapa. El elemento constructivo 262 de cierre está conectado por unión de material al menos con las paredes laterales 218a, 218b (y con las otras paredes laterales no representadas, de forma análoga a las formas de realización precedentes) del elemento constructivo 212 de alojamiento. No obstante, adicionalmente también puede estar conectado por unión de material con la pared de cierre 244 del elemento constructivo 242 de inserción.

La Figura 10 muestra en una representación en sección similar a la de la Figura 9 una cuarta forma de realización de un módulo 310 de cuerpos de impulso. En este caso, en la base 314 no está configurada ninguna riostra transversal o riostra longitudinal. El elemento constructivo 342 de inserción presenta las riostras longitudinales 350 y las riostras transversales 348 conocidas. Las tres riostras transversales situadas a la izquierda se apoyan con sus extremos libres o caras frontales en la base 314 del elemento constructivo 312 de alojamiento. Las riostras longitudinales 350 representadas en el lado derecho de la Figura 10 constituyen una pared de cierre 344 continua. Las cuatro cavidades 334 situadas a la izquierda en la Figura 10 están delimitadas en cada caso por la base 314, y en parte por las paredes laterales 318a, 318b del elemento constructivo 212 de alojamiento y por riostras transversales 348 y riostras longitudinales 350 del elemento constructivo 342 de inserción. Las cuatro cavidades 334 situadas a la derecha están delimitadas por riostras transversales 348 y riostras longitudinales 350 del elemento constructivo 342 de inserción, y en parte por las paredes laterales 318a, 318b del elemento constructivo 312 de alojamiento.

En esta representación se puede ver además que una superficie exterior 358 de la pared de cierre 344 termina esencialmente a ras del borde frontal 330 de las paredes laterales 318a, 318b periféricas (visibles en la representación en sección). En este estado, el borde frontal 330 y la pared de cierre 344 forman un plano o una superficie esencialmente continuos.

En la Figura 10 se puede ver que el elemento constructivo 312 de alojamiento se cierra mediante un elemento constructivo 362 de cierre. El elemento constructivo 362 de cierre también se puede designar como tapa. El elemento constructivo 362 de cierre está conectado por unión de material al menos con las paredes laterales 318a, 318b (y con las otras paredes laterales no representadas, de forma análoga a las formas de realización precedentes) del elemento constructivo 312 de alojamiento. No obstante, adicionalmente también puede estar conectado por unión de material con la pared de cierre 344 del elemento constructivo 342 de inserción.

Para la tercera y la cuarta formas de realización, en lo que respecta a la fabricación mediante un procedimiento generativo es aplicable lo mismo que para la segunda forma de realización descrita con referencia a las Figuras 5 a 8. En relación con esto también se hace referencia a la descripción correspondiente proporcionada más arriba, pudiendo simplemente sustituirse mentalmente las referencias numéricas que comienzan por "1" por aquellas que comienzan por "2" o "3" en una visión conjunta con las Figuras 9 y 10.

Los módulos 10, 110, 210, 310 de cuerpos de impulso aquí presentados pueden ser utilizados como amortiguadores de vibraciones en componentes de una turbomáquina, en particular en disposiciones de álabe móvil de una turbina de gas. Con este fin, una disposición de álabe móvil puede presentar un entrante en el que se puede introducir y fijar un módulo 10, 110, 210, 310 de cuerpos de impulso. En particular, el entrante puede estar configurado con una forma esencialmente complementaria a un contorno exterior del módulo 10, 110, 210, 310 de cuerpos de impulso. De este modo se puede lograr también una especie de unión geométrica entre el módulo 10, 110, 210, 310 de cuerpos de impulso y el componente de la turbomáquina, en particular de la disposición de álabe móvil. En este

5 contexto, por una disposición de álabe móvil se entiende un álabe móvil individual o un grupo reunido de álabes móviles. Un módulo 10, 110, 210, 310 de cuerpos de impulso puede estar previsto en particular en un área de raíz de una disposición de álabe móvil. Los módulos de cuerpos de impulso aquí presentados, producidos a partir de componentes fabricados en una sola pieza, se pueden fabricar fácilmente y posibilitan un manejo sencillo al instalarlos en una disposición de álabe móvil. También es muy fácil realizar una sustitución de dichos módulos de cuerpos de impulso, por ejemplo en el marco de trabajos de mantenimiento. En conjunto resulta un módulo de cuerpos de impulso fácil de fabricar y de manejar para la amortiguación de vibraciones (por choque) en una turbina de gas.

Lista de referencias numéricas

10	10, 110, 210, 310	Módulo de cuerpos de impulso
	12, 112, 212, 312	Elemento constructivo de alojamiento
	14, 114, 214, 314	Base
	16	Superficie interior
	18a, 118a, 218a, 318a	Pared lateral
15	18b, 118b, 218b, 318b	Pared lateral
	20a, 120a	Pared lateral
	20b, 120b	Pared lateral
	22, 222	Riostra transversal
	24	Riostra longitudinal
20	26	Área de cruce
	28	Superficie frontal
	30, 130, 230, 330	Borde lateral
	32, 132, 232, 332	Espacio de alojamiento
	34, 134, 234, 334	Cavidad
25	36, 136, 236, 336	Cuerpo de impulso
	42, 142, 242, 342	Elemento constructivo de inserción
	44, 144, 244, 344	Pared de cierre
	46, 146, 246, 326	Cara interior
	48, 148, 248, 348	Riostra transversal
30	50, 150, 250, 350	Riostra longitudinal
	52, 152	Área de cruce
	54	Cara frontal
	56	Borde interior
	58, 158, 258, 358	Superficie exterior
35	62, 162, 262, 362	Elemento constructivo de cierre

REIVINDICACIONES

1. Módulo de cuerpos de impulso (10; 110; 210; 310) para una turbomáquina, en particular para una etapa de turbina de una turbina de gas, que incluye
 - 5 un elemento constructivo (12; 112; 212; 312) de alojamiento configurado en una sola pieza con una base (14; 114; 214; 314) y paredes laterales (18a, 18b, 20a, 20b; 118a, 118b, 120a, 120b; 218a, 218b; 318a, 318b) situadas alrededor de la base, delimitando las paredes laterales y la base un espacio de alojamiento (32; 132),
 - 10 un elemento constructivo (42; 142; 242; 342) de inserción configurado en una sola pieza que está insertado en el espacio de alojamiento (32; 132) del elemento constructivo (12; 112; 212; 312) de alojamiento, estando configurados el elemento constructivo (12; 112; 212; 312) de alojamiento y el elemento constructivo (42; 142; 242; 342) de inserción alojado dentro de éste de tal modo que conjuntamente delimitan varias cavidades (34; 134; 234; 334) separadas entre sí, y estando alojado en cada cavidad (34; 134; 234; 334) un cuerpo de impulso (36; 136; 236; 336), en particular una bola, y
 - 15 un elemento constructivo (62; 162; 262; 362) de cierre configurado en una sola pieza que está conectado con el elemento constructivo (12; 112; 212; 312) de alojamiento por unión de material, de tal modo que el espacio de alojamiento (32; 132) está cerrado y el elemento constructivo (42; 142; 242; 342) de inserción está rodeado por el elemento constructivo (12; 112; 212; 312) de alojamiento y el elemento constructivo (62; 162; 262; 362) de cierre.
2. Módulo de cuerpos de impulso según la reivindicación 1, en el que el elemento constructivo (42; 142; 242; 342) de inserción presenta una pared de cierre (44; 144; 244; 344) que cierra el espacio de alojamiento (32; 132) cuando el elemento constructivo (42; 142; 242; 342) de inserción está insertado en el elemento constructivo (12; 112; 212; 312) de alojamiento.
3. Módulo de cuerpos de impulso según la reivindicación 2, en el que la pared de cierre (44; 144; 244; 344) termina con su cara exterior (58; 158; 258; 358) orientada en sentido opuesto al espacio de alojamiento (32; 132) esencialmente a ras de al menos una cara frontal (30; 130; 230; 330) de las paredes laterales (18a, 18b, 20a, 20b; 118a, 118b, 120a, 120b; 218a, 218b; 318a, 318b) circundantes del elemento constructivo (12; 112; 212; 312) de alojamiento.
4. Módulo de cuerpos de impulso según la reivindicación 2 o 3, en el que la pared de cierre (44; 144; 244; 344) presenta en su cara interior orientada hacia el espacio de alojamiento (32; 132) varias riostras (48, 50; 148, 150; 248, 250; 348, 350), en particular riostras longitudinales y riostras transversales, que sobresalen de la cara interior.
5. Módulo de cuerpos de impulso según una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la base (114; 314) y las paredes laterales (118a, 118b, 120a, 120b; 318a, 318b) del elemento constructivo de alojamiento presentan una configuración esencialmente plana en sus superficies interiores orientadas hacia el espacio de alojamiento (32).
6. Módulo de cuerpos de impulso según la reivindicación 5, en el que el elemento constructivo (142; 342) de inserción presenta varias riostras longitudinales y riostras transversales (148, 150; 348, 350) que configuran una estructura en forma de rejilla, delimitando las riostras longitudinales y las riostras transversales (148, 150; 348, 350), junto con al menos una de las superficies interiores de la base (114; 314) o de las paredes laterales (118a, 118b, 120a, 120b; 318a, 318b), al menos algunas secciones de las diversas cavidades (134; 334).
7. Módulo de cuerpos de impulso según una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la base (14; 214) presenta en su superficie interior (16) orientada hacia el espacio de alojamiento (32) varias riostras (22, 24; 222), en particular riostras longitudinales y riostras transversales, que sobresalen dentro del espacio de alojamiento (32) de tal modo que las riostras (22, 24; 222) y la superficie interior (16) de la base (14; 214) configuran un volumen parcial de las diversas cavidades (34; 234).
8. Módulo de cuerpos de impulso según la reivindicación 7, en el que las riostras (48, 50) del elemento constructivo (42) de inserción y las riostras (22, 24) del elemento constructivo (42) de alojamiento están configuradas de tal modo que, cuando el elemento constructivo (42) de inserción está insertado, las caras frontales (28) de las riostras (48, 50) del elemento constructivo (42) de inserción y las caras frontales (54) de las riostras (48, 50) del elemento constructivo (12) de alojamiento se apoyan unas en otras, de manera que las diversas cavidades (34) están delimitadas por las riostras (22, 24) del elemento constructivo (42) de inserción, las riostras (48, 50) del elemento constructivo (12) de alojamiento, la superficie interior de la base (14) y la cara interior de la pared de cierre (44).
9. Módulo de cuerpos de impulso según una de las reivindicaciones 2 a 8, en el que el elemento constructivo (62; 162; 262; 362) de cierre está conectado por unión de material con la pared de cierre (44; 144; 244; 344) del elemento constructivo (42; 142; 242; 342) de inserción.

10. Módulo de cuerpos de impulso según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** el elemento constructivo (12; 112; 212; 312) de alojamiento, el elemento constructivo (42; 142; 242; 342) de inserción y el elemento constructivo (62; 162; 262; 362) de cierre están fabricados mediante un procedimiento generativo, en particular mediante un procedimiento de fusión selectiva por láser.
- 5 11. Módulo de cuerpos de impulso según una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado por que** el elemento constructivo de alojamiento y/o el elemento constructivo de inserción y/o el elemento constructivo de cierre están fabricados al menos parcialmente mediante un procedimiento de fabricación por remoción de material, como por ejemplo una remoción electroquímica de material, o mediante un procedimiento de moldeo por inyección de polvo metálico.
- 10 12. Procedimiento para fabricar un módulo de cuerpos de impulso para una turbomáquina, en particular para una etapa de turbina de una turbina de gas, que incluye los pasos consistentes en:
- 15 fabricar un elemento constructivo de alojamiento a través de construcción por capas mediante un procedimiento de fabricación generativo, en particular mediante un procedimiento de fusión selectiva por láser, presentando el elemento constructivo de alojamiento una base y paredes laterales situadas alrededor de la base, construyéndose las paredes laterales a partir de la base de tal modo que dentro de las paredes laterales se forma un espacio de alojamiento;
- 20 fabricar un elemento constructivo de inserción en forma de rejilla al menos en algunas secciones a través de construcción por capas mediante un procedimiento de fabricación generativo, en particular mediante un procedimiento de fusión selectiva por láser;
- 25 insertar el elemento constructivo de inserción en el espacio de alojamiento del elemento constructivo de alojamiento, introduciéndose, antes de la inserción o durante la inserción, cuerpos de impulso, en particular bolas, en cavidades formadas conjuntamente por el elemento constructivo de alojamiento y el elemento constructivo de inserción;
- 30 construir por capas, sobre el elemento constructivo de alojamiento con el elemento constructivo de inserción insertado, un elemento constructivo de cierre mediante un procedimiento de fabricación generativo, en particular mediante un procedimiento de fusión selectiva por láser, de tal modo que el elemento constructivo de alojamiento y el elemento constructivo de cierre están conectados entre sí por unión de material y constituyen una envoltura de una sola pieza para el elemento constructivo de inserción y los cuerpos de impulso alojados.
- 35 13. Disposición de álabe móvil de una etapa de compresor o de una etapa de turbina de una turbina de gas, **caracterizado por que** la disposición de álabe móvil presenta un entrante en el que está introducido un módulo de cuerpos de impulso según una de las reivindicaciones 1 a 11, estando previsto el entrante preferiblemente en un área de raíz de álabe móvil.
- 40 14. Turbina de gas, en particular turbina de gas de vuelo, que incluye varias etapas de compresor y varias etapas de turbina, **caracterizada por que** presenta al menos un módulo de cuerpos de impulso según una de las reivindicaciones 1 a 11, que está asignado a una etapa de compresor o a una etapa de turbina.
15. Turbina de gas según la reivindicación 14, **caracterizada por que** varios módulos de cuerpos de impulso están asignados a un elemento constructivo de rotor, en particular a una corona de álabes móviles, a una etapa de compresor o a una etapa de turbina, estando asignado preferiblemente un módulo de cuerpos de impulso individual a una disposición de álabe móvil individual de la corona de álabes móviles.

Fig. 1

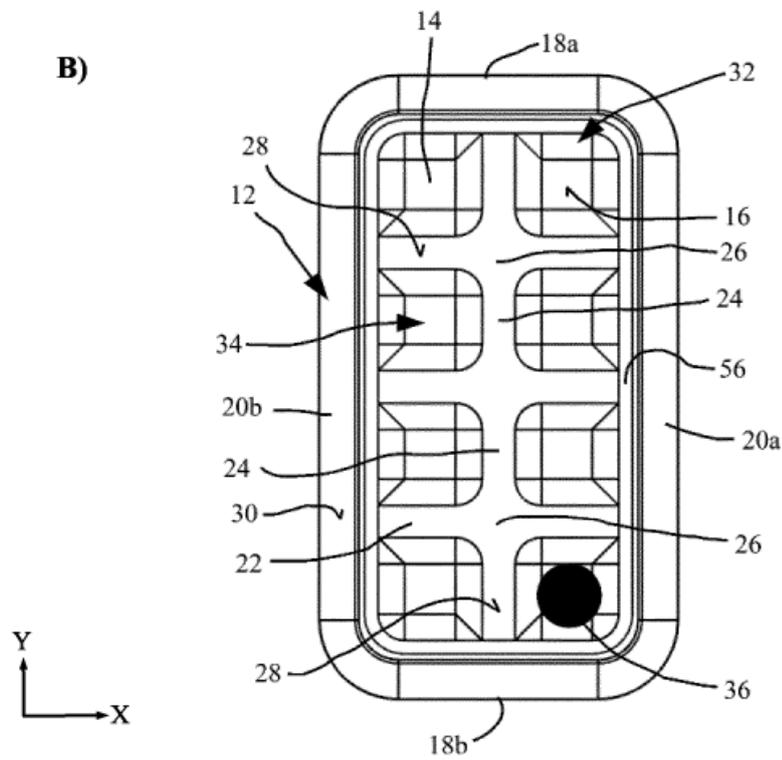
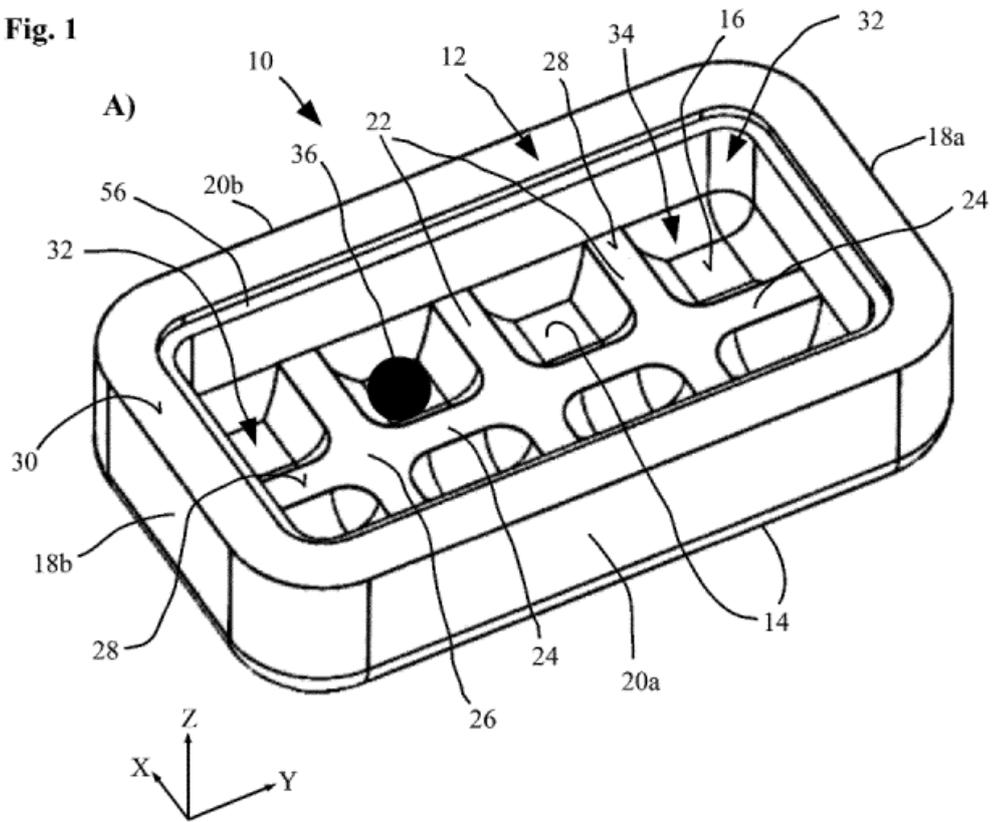


Fig. 2

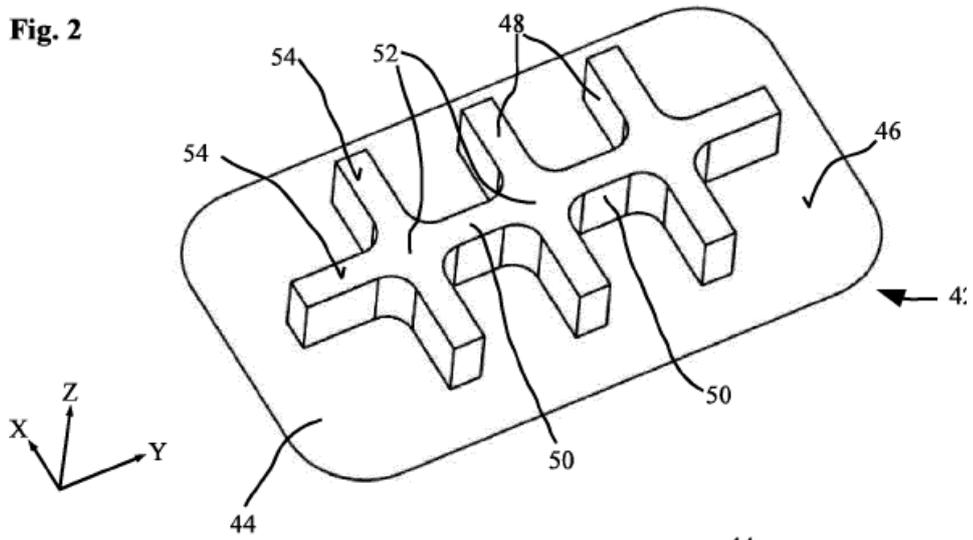


Fig. 3

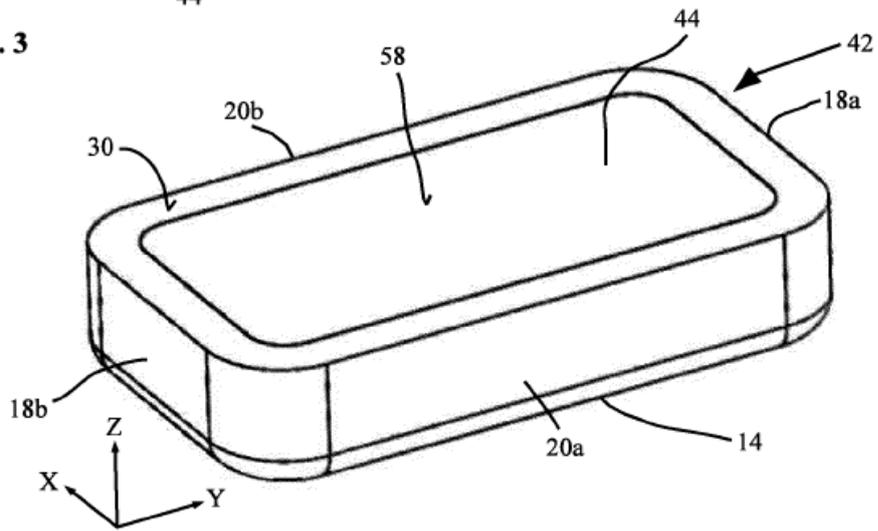


Fig. 4

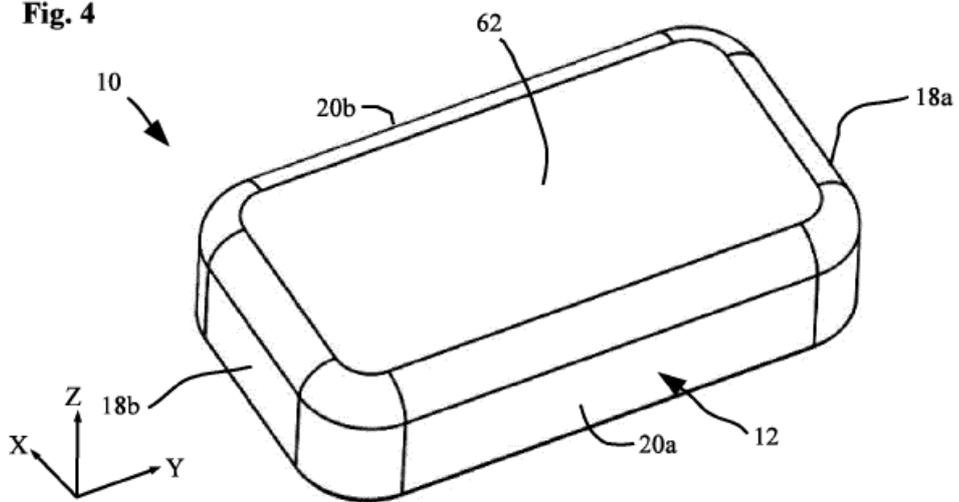


Fig. 5

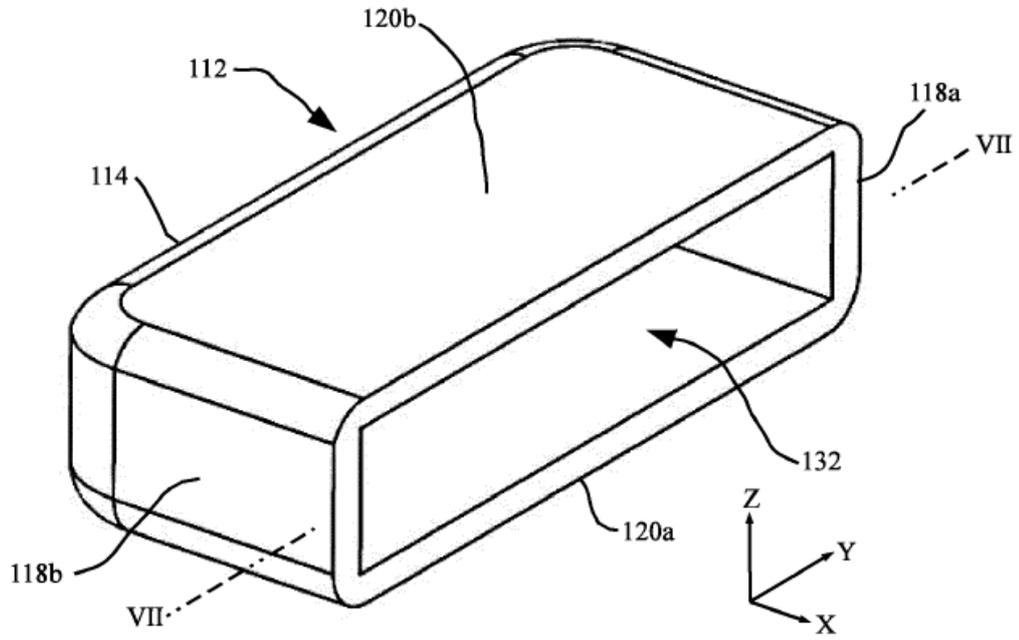


Fig. 6

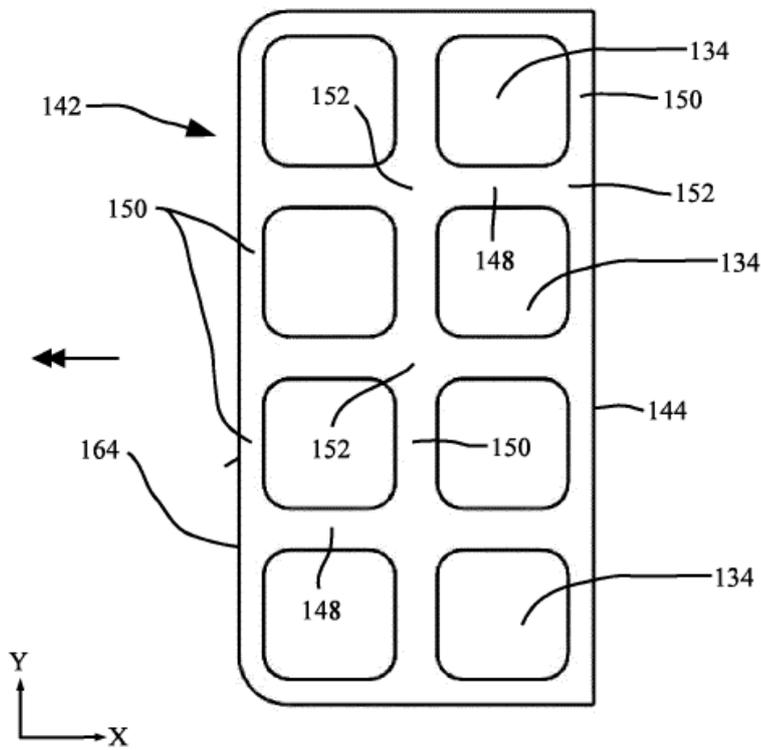


Fig. 7

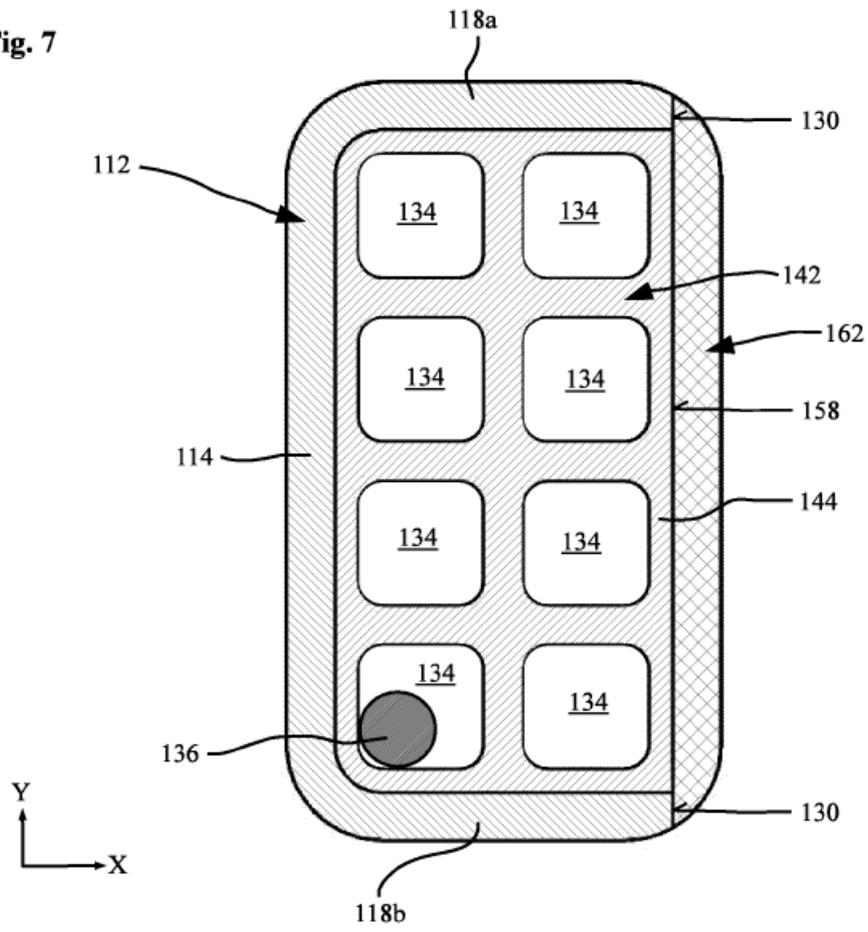


Fig. 8

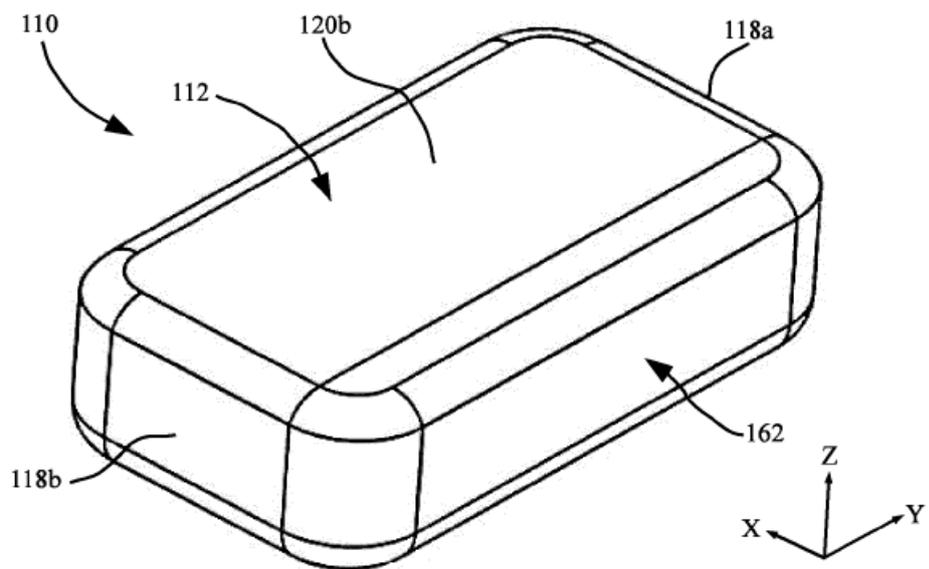


Fig. 9

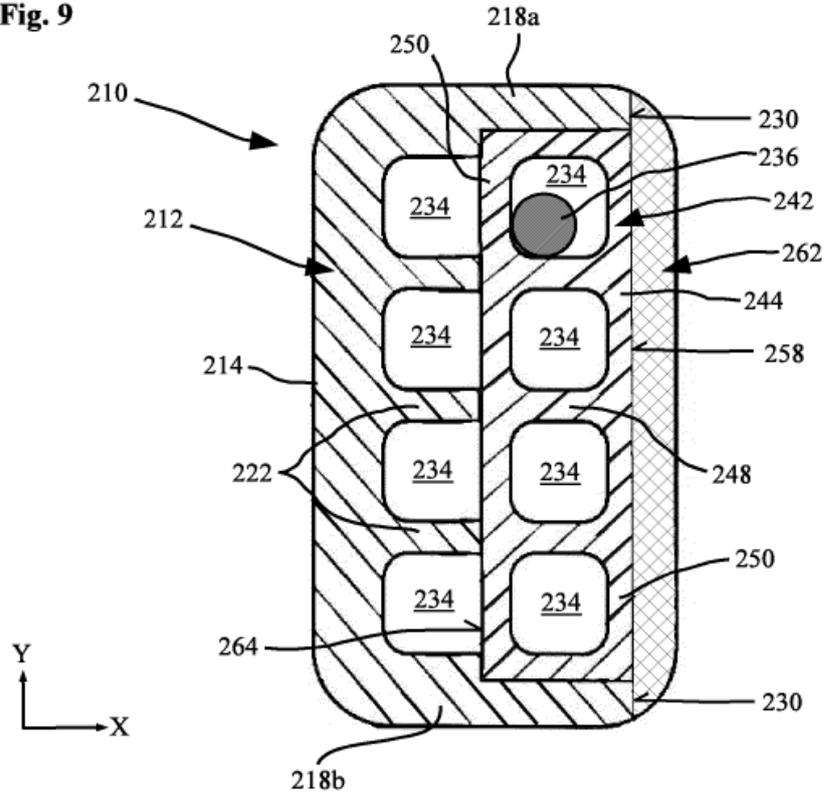


Fig. 10

