

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 989 137**

51 Int. Cl.:

B23K 101/00 (2006.01)

B23P 15/00 (2006.01)

B23K 26/00 (2014.01)

B23K 26/342 (2014.01)

F04D 29/22 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.05.2017 E 17168997 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.08.2024 EP 3251787**

54 Título: **Procedimiento para fabricar un componente de una máquina rotativa y componente fabricado mediante dicho procedimiento**

30 Prioridad:

31.05.2016 EP 16172289

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

25.11.2024

73 Titular/es:

**SULZER MANAGEMENT AG (100.0%)
Neuwiesenstrasse 15
8401 Winterthur, CH**

72 Inventor/es:

**RETTBERG, ROBIN;
KRÄNZLER, THOMAS y
WÜRMS, ANDREAS**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 989 137 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para fabricar un componente de una máquina rotativa y componente fabricado mediante dicho procedimiento

5 La invención se refiere a un procedimiento para fabricar un componente de una máquina rotativa según el preámbulo de la reivindicación independiente 1, así como a un componente de una máquina rotativa que se fabrica según dicho procedimiento.

10 En la fabricación de máquinas rotativas tales como bombas, turbinas, compresores, compactadores o expansores, es conocido mecanizar rotores giratorios, ruedas de bomba, rodetes y difusores fijos o ruedas guía como componente a partir de una pieza en bruto mediante desbaste o corte con arranque de virutas, por ejemplo, mediante fresado. La pieza en bruto puede estar disponible como material sólido o puede haber sido mecanizada previamente mediante un procedimiento de fabricación de moldeo primario.

Un procedimiento según el preámbulo de la reivindicación 1 se describe en el documento EP2669042.

15 Un procedimiento de este tipo se conoce, por ejemplo, por el documento EP-B-2 012 957. El procedimiento propuesto allí se caracteriza en particular por el hecho de que permite fabricar el componente mediante mecanizado, entendiéndose por ello que el componente se lleva al menos sustancialmente a la forma final deseada a partir de la pieza en bruto mediante un dispositivo de mecanizado. La unión de componentes prefabricados de la pieza, por ejemplo, mediante soldadura, ya no es necesaria con esta fabricación integral. Esto es especialmente ventajoso porque los cordones de soldadura u otras juntas en partes muy cargadas del componente representan un punto débil en el estado de funcionamiento, que puede ser la causa de una grieta u otros daños en el componente, por ejemplo, debido a la corrosión.

25 Esto hace que sea ventajosa la fabricación mecanizada sin unión de componentes individuales, especialmente para componentes sometidos a grandes esfuerzos. Por esta razón, componentes como los rotores (rodetes) para bombas se fabrican a partir de material sólido, dependiendo de la aplicación, por ejemplo, a partir de aceros inoxidables de alta resistencia, superaleaciones, otros metales o aleaciones metálicas adecuados o incluso materiales no metálicos como la cerámica, y las palas y canales del rotor se mecanizan a partir de este material, por ejemplo, mediante fresado.

30 Sin embargo, como ya se explicó en el documento EP-B-2 012 957, a veces no es posible fabricar todo el componente mediante mecanizado por razones puramente geométricas. Este puede ser el caso, por ejemplo, si los rotores (rodetes) están diseñados como rotores cubiertos o cerrados. En tal configuración, el rotor comprende un disco de cubo en el que están dispuestos las palas y también un disco de cubierta que cubre las palas completamente o al menos parcialmente en su lado opuesto al disco de cubo. De este modo se forman canales al menos parcialmente cerrados entre las palas, cada uno de los cuales se extiende desde el centro del rotor hasta su superficie limitante radial exterior.

35 Incluso si se considera que estos canales pueden fresarse o mecanizarse a partir de la pieza en bruto desde ambos lados, es decir, desde el interior del rotor, así como desde su superficie limitante radial, utilizando un dispositivo de mecanizado, es evidente que la geometría establece aquí límites y, en muchos casos, hace imposible la producción de mecanizado global.

40 En los casos en que, por razones puramente geométricas, ya no es posible o factible fresar todo el rotor en una sola pieza a partir de material macizo, el estado de la técnica consiste en mecanizar primero el disco de cubo y las palas a partir de una pieza en bruto. Los canales entre las palas son canales abiertos fáciles de fabricar. A continuación, se coloca el disco de cubierta y se une al disco de cubo o a las palas, por ejemplo, mediante soldadura. Los cordones de soldadura o las juntas se extienden donde las palas entran en contacto con el disco de cubierta. Sin embargo, esto tiene el inconveniente de que las cargas son especialmente elevadas o críticas en este punto durante el funcionamiento. Esta zona límite entre las palas y el disco de cubierta es especialmente susceptible a los errores de unión, que a veces ni siquiera se advierten durante la fabricación.

45 Como alternativa, también se conoce la fabricación de las zonas de los canales que ya no son accesibles para el fresado mediante un procedimiento de erosión, como el mecanizado por descarga eléctrica (EDM: electrical discharge machining). Sin embargo, estos procedimientos suelen ser comparativamente lentos y costosos.

50 En el estado actual de la técnica también existe la posibilidad de fabricar tales componentes con canales internos mediante fundición, en cuyo caso los canales internos se generan mediante un diseño correspondiente del molde de fundición o de los núcleos de fundición. Sin embargo, un componente fundido tiene la desventaja de que durante la fundición pueden aparecer defectos, por ejemplo, en la microestructura, que repercuten negativamente en la capacidad de carga o la estabilidad del componente. Además, las calidades superficiales alcanzables y las tolerancias dimensionales de las zonas que ya no son accesibles para el fresado suelen verse limitadas durante el procedimiento de fundición.

55 Por lo tanto, el documento EP-A-2 669 042 propone un procedimiento para la fabricación por mecanizado de un rodete cerrado en el que el componente que se va a fabricar (rodete) se divide en dos subvolumenes contiguos en una

superficie de separación. Los subvolúmenes se definen de forma que la superficie de separación no incluya ni corte ninguna de las superficies límite de los canales, y que los canales puedan mecanizarse en su totalidad a partir del primer subvolumen, que posteriormente incluye los canales completos, mediante un procedimiento de mecanizado, por ejemplo, fresado. El segundo subvolumen, que entonces es solo una parte del disco de cubierta, se produce como un componente separado y se une al primer subvolumen después de que los canales se hayan completado, o el segundo subvolumen se construye sobre el primer subvolumen mediante un procedimiento de mecanizado por acumulación, por ejemplo, mediante soldadura por acumulación. Por un lado, esto debería permitir fabricar los canales completamente por mecanizado y, por otro, debería evitar que la superficie de separación interseque o limite los canales, de modo que no puedan aparecer errores de unión en la zona límite entre las palas y el disco de cubierta. Sin embargo, incluso este procedimiento está sujeto a limitaciones geométricas.

Este problema, que se explica utilizando rotores (rodetes) cerrados, también existe con otros componentes que tienen un canal interno cuya posición o geometría es tal que el mecanizado completo no es posible o no es práctico, especialmente por razones geométricas. Algunos ejemplos son los rodetes cerrados, los difusores o incluso los canales de refrigeración, por ejemplo, para el aire de refrigeración, en palas de turbina.

Basándose en este estado de la técnica, es por lo tanto un objetivo de la invención proponer un procedimiento diferente para fabricar un componente de una máquina rotativa que tiene al menos un canal interno, con el que, en particular, también se pueden fabricar tales componentes que, por razones geométricas, no permiten el mecanizado global del canal, estando el procedimiento destinado a permitir una alta fiabilidad del componente en el estado de funcionamiento. Además, la invención tiene por objeto proponer un componente correspondiente.

Los objetos de la invención con los que se logra este objetivo se caracterizan por las características de la reivindicación de patente independiente de la categoría respectiva.

Según la invención se propone entonces un procedimiento para fabricar un componente de una máquina rotativa; dicho componente tiene al menos un canal interior que se extiende desde un centro hasta una superficie limitante del componente y está al menos parcialmente cerrado, en cuyo caso se proporciona una pieza en bruto que comprende la superficie limitante y una superficie de recubrimiento, en cuyo caso se lleva a cabo una primera etapa de procesamiento de sustracción, en la que se produce una parte del canal mediante mecanizado, que comprende al menos una desembocadura del canal en la superficie limitante, así como un rebaje en la superficie de cubierta, y el canal se termina posteriormente en la pieza en bruto mediante fabricación por acumulación.

El procedimiento según la invención combina ventajosamente el procesamiento de sustracción, en el que se retira material de la pieza en bruto, con el mecanizado aditivo o constructivo, en el que se aplica material. Solo una parte del canal se produce mediante mecanizado, mientras que el resto del canal se genera mediante fabricación por acumulación. Esta combinación permite generar un canal con, al menos casi, cualquier geometría.

Como no debe fabricarse la pieza en bruto mediante fundición, la pieza en bruto puede consistir ventajosamente en un material forjado que luego se mecaniza. El mecanizado conserva todas las ventajas del material forjado. Al menos la desembocadura del canal en la superficie limitante del componente se produce por mecanizado en la primera etapa de procesamiento de sustracción. Normalmente, en un componente de una máquina rotativa, por ejemplo, en un rodetete cerrado, esta desembocadura o las paredes que la delimitan son la zona que está expuesta a las mayores cargas del fluido que fluye durante el funcionamiento. En el rotor de una bomba, esta zona incluye el borde de salida de la pala, que delimita el canal interior por el que fluye el fluido. Es sabido que las cargas mecánicas o hidrodinámicas más fuertes se producen en el rotor de una bomba en el borde de salida de la pala durante el funcionamiento. Como esta desembocadura del canal se produce por mecanizado, se conservan todas las propiedades favorables del material forjado del que está hecha la pieza en bruto. En consecuencia, la zona de la desembocadura se caracteriza por una capacidad de carga mecánica y una estabilidad especialmente elevadas. En particular, en la desembocadura se puede prescindir de operaciones de mecanizado como la soldadura, que implican un elevado aporte de calor al material y podrían tener un efecto negativo sobre las propiedades y la microestructura.

Además, en la primera etapa de procesamiento de sustracción, una parte del canal se mecaniza como un rebaje en la superficie de cubierta de la pieza en bruto, por lo que esta parte se conecta a la desembocadura del canal en la superficie limitante. De este modo, una vez completado la primera etapa de procesamiento de sustracción, solo queda terminada una parte del canal, que comienza como un rebaje en la superficie de cubierta de la pieza en bruto y se extiende hasta la desembocadura en la superficie limitante. La primera etapa de procesamiento de sustracción puede comprender el fresado de la superficie limitante o fresado de la superficie de cubierta de la pieza en bruto. En particular, por supuesto, también es posible que la primera etapa de procesamiento de sustracción incluya tanto el fresado o mecanizado de la superficie de cubierta, como también el fresado de la superficie limitante.

Una vez completado la primera etapa de procesamiento de sustracción, el canal se termina mediante mecanizado constructivo y el componente adquiere su forma final.

Preferiblemente, en la primera etapa de procesamiento de sustracción, el rebaje en la superficie de cubierta se acaba de forma que se extienda hasta el centro donde comienza el canal. Como la superficie de cubierta de la pieza en bruto es libremente accesible para un dispositivo de corte, es ventajoso dar forma al canal como un rebaje en la superficie

de cubierta hasta su extremo en el centro en la primera etapa de procesamiento de sustracción. Sin embargo, esto no significa que el canal ya esté acabado. La zona del canal, próxima al centro, se diseña entonces solo como un rebaje en la superficie de cubierta y no todavía como un canal cerrado o interior. La superficie base del canal y, si es necesario, partes de sus paredes limitantes laterales se generan mediante este procedimiento de mecanizado, mientras que el acabado solo se produce posteriormente mediante la fabricación por acumulación.

En una forma de realización preferida, el componente comprende una pluralidad de canales interiores, cada uno de los cuales se extiende desde el centro hasta la superficie limitante, en cuyo caso los canales adyacentes están separados por una pared de separación, en la primera etapa de procesamiento de sustracción de cada canal se produce una parte del canal, que comprende al menos una desembocadura del canal en la superficie limitante, así como un rebaje en la superficie de cubierta, y cada pared de separación solo es acabada por medio de la fabricación por acumulación. Es particularmente preferible si la desembocadura de cada canal en la superficie limitante se configura en la primera etapa de procesamiento sustractivo de tal manera que la desembocadura del canal respectivo ya esté cerrada y esté cubierta o cerrada por la superficie de cubierta de la pieza en bruto. Las desembocaduras representan entonces aberturas en la superficie limitante que están limitadas por todos los lados.

Preferiblemente, la pieza en bruto es un cuerpo sólido y, en particular, rotacionalmente simétrico, es decir, la pieza en bruto no tiene cavidades internas. Sin embargo, en el centro de la pieza en bruto puede haber preferiblemente un orificio cilíndrico axial y continuo que sirve, por ejemplo, para fijar el componente acabado a un eje, por ejemplo, al eje de accionamiento de una bomba. En otras palabras, la superficie de cubierta de la pieza en bruto antes de la primera etapa de procesamiento de sustracción tiene preferiblemente como máximo una abertura central que está dispuesta radialmente en el interior de tal manera que, en el estado acabado del componente, cada comienzo de un canal en el centro está separado de la abertura central por un cuerpo anular.

De acuerdo con una forma de realización particularmente preferida, la primera etapa de procesamiento de sustracción se lleva a cabo de tal manera que, después de su finalización, la superficie de cubierta de la pieza en bruto tiene un área anular continua que linda con la superficie limitante y cubre todas las desembocaduras, de modo que todas las desembocaduras ya están diseñadas como partes cerradas de los canales respectivos. Esto significa que, en la primera etapa de la transformación sustractiva, todas las desembocaduras de los canales y las paredes que las delimitan ya están producidas en la forma final del componente que se va a fabricar. Esto tiene la ventaja de que estas zonas de desembocadura de los canales, que están expuestas a las mayores tensiones en el estado de funcionamiento, tienen una capacidad de carga particularmente alta y, por lo tanto, también un alto nivel de fiabilidad en el funcionamiento, ya que estas zonas de desembocadura se producen puramente por mecanizado y, por lo tanto, no están expuestas a un alto aporte de calor en el procedimiento de fabricación, como el que se causaría por soldadura, pulverización térmica u otros procedimientos.

Preferiblemente, la fabricación por acumulación se lleva a cabo por capas. Es posible que cada capa esté orientada perpendicularmente a una dirección axial. Por supuesto, también es posible aplicar las capas en otras orientaciones, es decir, de forma que la normal de superficie respectiva de la capa esté orientada en ángulo con respecto a la dirección axial. Esto significa que, una vez completada la primera etapa de procesamiento sustractivo, la estructura aditiva se construye sobre la pieza en bruto aplicando sucesivamente capas de material hasta terminar el componente. En una variante preferida, las capas se aplican de tal manera que las capas individuales son rotacionalmente simétricas. Esto también es posible en particular si las capas están orientadas perpendicularmente a la dirección axial, pero también en el caso de una aplicación de capas en la que las capas individuales están orientadas en ángulo con respecto a la dirección axial.

Otra medida preferida es que la fabricación por acumulación comprenda varias etapas de procesamiento aditivo para acumular sucesivamente el componente.

Es especialmente preferible que entre las etapas de procesamiento aditivo se lleve a cabo al menos una etapa adicional de procesamiento sustractivo. En esta etapa de procesamiento sustractivo adicional, la estructura creada en la etapa de procesamiento aditivo precedente puede volver a mecanizarse, por ejemplo, mediante fresado, esmerilado o pulido. Esta medida puede utilizarse para realizar una optimización superficial o lograr una fidelidad geométrica especialmente buena.

Es especialmente preferible que entre dos etapas de tratamiento aditivo se lleve a cabo otra etapa de tratamiento sustractivo. Esto significa que las etapas de procesamiento aditivo y las etapas de procesamiento sustractivo se llevan a cabo alternativamente. Esto permite fabricar componentes con una precisión y una calidad de superficie especialmente elevadas.

Hoy en día se conocen dispositivos de procesamiento con los que se puede llevar a cabo tanto la fabricación aditiva, por ejemplo, la soldadura por deposición láser, como la fabricación sustractiva, por ejemplo, el fresado o el esmerilado. Tales dispositivos tienen, por ejemplo, diferentes cabezales de procesamiento que pueden cambiarse automáticamente, en cuyo caso un cabezal de procesamiento está configurado para la soldadura por deposición láser, por ejemplo, mientras que otro cabezal de procesamiento está configurado para el fresado. En particular, estos dispositivos de mecanizado permiten un cambio rápido y sencillo entre los procedimientos de procesamiento de sustracción y aditivo sin que la pieza a mecanizar tenga que volver a sujetarse o transferirse a otra estación de

mecanizado. Esto permite una fabricación especialmente rápida, rentable y de alta calidad de componentes fabricados con gran precisión.

5 Otra medida preferida es que, tras la primera etapa de procesamiento de sustracción, el componente se construye componente por componente, en cuyo caso preferiblemente solo se acaba inicialmente cada pared divisoria. Por ejemplo, tras la finalización de la primera etapa de procesamiento de sustracción, primero se construyen completamente todas las paredes de separación entre los canales y solo después se construyen las partes que faltan, por ejemplo, las que convierten los canales en canales cerrados.

Por razones de procedimiento, es especialmente preferible que la fabricación por acumulación se lleve a cabo con la ayuda de un láser.

10 Aplicaciones de particular relevancia práctica son cuando el componente se diseña como un rodete, una rueda de guía o un difusor de una máquina rotativa, en particular una bomba, una turbina, un compresor, un compactador o un expansor.

La invención propone también un componente de una máquina rotativa que se fabrica según un procedimiento conforme a la invención.

15 Según una forma de realización preferida, cada pared de separación está diseñada como una pala.

Las realizaciones particularmente importantes en la práctica son cuando el componente está diseñado como un rotor, una rueda guía o un difusor de una máquina rotativa, en particular una bomba, una turbina, un compresor, un compactador o un expansor.

Otras medidas ventajosas y configuraciones de la invención se muestran en las reivindicaciones dependientes.

20 A continuación, la invención se explica con más detalle con referencia a ejemplos de realizaciones y con referencia al dibujo. En el dibujo:

La fig. 1 muestra una representación en sección axial de un ejemplo de realización de un rotor cerrado,

La fig. 2 muestra una representación en perspectiva de un ejemplo de realización de una pieza en bruto para llevar a cabo un ejemplo de realización de un procedimiento según la invención,

25 La fig. 3 muestra una representación en perspectiva de la pieza en bruto de la fig. 1 después de completar la primera etapa de procesamiento de sustracción,

La fig. 4 muestra una representación en perspectiva de un estado intermedio durante la fabricación por acumulación, y

30 La fig. 5 muestra una representación en perspectiva del componente acabado que se produce a partir de la pieza en bruto según las fig. 1 y fig. 2.

El procedimiento según la invención se utiliza para fabricar un componente de una máquina rotativa, en el que el componente tiene al menos un canal interior que se extiende desde un centro hasta una superficie limitante del componente y está al menos parcialmente cerrado. Por canal cerrado se entiende un canal que, aparte de una entrada o una salida, está completamente cerrado, es decir, tiene forma tubular, es decir, el canal está delimitado en todas partes perpendicularmente a su dirección de flujo principal por una o más paredes. Por el contrario, un canal abierto es aquel que no está delimitado por una pared en dirección perpendicular a su dirección de flujo principal, es decir, en dirección perpendicular a su extensión longitudinal, sino que está abierto. Por ejemplo, un canal con una pared en forma de U o de V es un canal abierto. Si el lado abierto del perfil en U o en V se cubriera con una cubierta, el canal sería un canal cerrado.

40 Un canal parcialmente cerrado se refiere entonces a un canal que está diseñado en parte como un canal cerrado y en parte como un canal abierto.

En la siguiente descripción de la invención se hace referencia con carácter ejemplar a un ejemplo importante en la práctica, en el que el componente es un rotor cerrado o cubierto (rodete) de una turbomáquina, por ejemplo, una bomba. Para una mejor comprensión, la fig. 1 muestra una vista en sección axial de un ejemplo de realización de un rodete cerrado, que está provisto del número de referencia 1 y puede fabricarse utilizando un procedimiento según la invención.

En estado de funcionamiento, el rodete gira alrededor de un eje de rotación que define una dirección axial A. Una dirección perpendicular a esta dirección axial A se denomina dirección radial. La fig. 1 muestra el rotor 1 en una vista en sección a lo largo de la dirección axial A. Como es sabido, el rotor 1 comprende un disco de cubo 2, con el que el rotor 1 suele estar montado o fijado en un eje o árbol no representado, una pluralidad de palas 3 que están dispuestas sobre el disco de cubo 2, y un disco de cubierta 4 que cubre al menos parcialmente las palas 3 por su lado o borde opuesto al disco de cubo 2. Como se muestra en la fig. 1, el disco de cubierta 4 se extiende más alto que el disco de

cubo 2 en la dirección axial A. Como resultado, se forma un espacio interior 6 por encima de las palas 3, que está limitado por el disco de cubierta 4 en la dirección radial. En estado de funcionamiento, este espacio interior 6 representa la entrada a través de la cual fluye un fluido hacia el rotor 1. Entre dos palas 3 adyacentes hay en cada caso un canal interior 7, que está diseñado como un canal 7 al menos parcialmente cerrado y aquí como un canal cerrado 7, que en cada caso se extiende desde un centro, que está formado por la cámara interior 6, hasta una superficie limitante 42 del rotor 1. La superficie limitante 42 representa la superficie radialmente exterior del rotor 1, que se extiende paralela a la dirección axial A, es decir, la superficie que limita el rotor en la dirección radial. La superficie limitante 42 comprende las superficies radialmente exteriores del disco de cubierta 4 y del disco de cubo 2, así como los bordes extremos radialmente exteriores de las palas 3, que se denominan bordes de salida 31 (véase la fig. 3).

5
10
15
20

Dependiendo de la configuración del componente, por supuesto también es posible que los bordes extremos de las palas 3 estén desplazados hacia atrás con respecto a la dirección radial, es decir, que no estén situados en la superficie limitante 42. El disco de cubierta 4 y/o el disco de cubo 2 sobresalen entonces de las palas 3 o de los bordes extremos de las palas 3 con respecto a la dirección radial. Una configuración de este tipo también es posible, en particular, en un rotor de turbina, en el que los bordes extremos exteriores de las palas 3 suelen representar los bordes de entrada.

Por lo tanto, cada uno de los canales cerrados 7 está delimitado por una superficie limitante 8, que está formada por las superficies de dos palas vecinas 3 enfrentadas entre sí, así como por los segmentos de superficie intermedios de las superficies del disco de cubo 2 y del disco de cubierta 4 enfrentados entre sí. De este modo, cada una de las palas 3 forma una pared de separación entre dos canales interiores adyacentes 7. Cada canal 7 comprende una desembocadura 71, con la que desemboca en la superficie limitante 42. Las desembocaduras 71 adyacentes en la dirección circunferencial están respectivamente separadas entre sí por un borde de salida 31.

El rotor 1 también tiene un orificio axial central 9, que sirve para alojar un eje o un árbol en el que puede montarse el rotor 1.

25

Una forma de realización del procedimiento según la invención se explica ahora con más detalle a continuación con referencia a las figs. 2-4. De acuerdo con el procedimiento según la invención, primero se proporciona una pieza en bruto. La fig. 2 muestra una vista en perspectiva de un ejemplo de realización de una pieza en bruto tal, que es designada en su totalidad con el signo de referencia 10. La pieza en bruto 10 comprende la superficie limitante 42 y una superficie de cubierta 11, que limita la pieza en bruto 10 en la dirección axial A.

30

La pieza en bruto está hecha preferentemente de un material forjado, que puede ser un metal o una aleación de metales. Por ejemplo, el acero en sus formas de realización conocidas es adecuado, o aluminio, titanio, níquel, una aleación basada en níquel o cobalto, o un metal no ferroso. Por supuesto, también son posibles materiales distintos de los forjados, por ejemplo, un material fundido, un plástico o un material composite u otro material capaz de mecanizarse.

35

Aparte del orificio axial central 9 opcional, la pieza en bruto 10 está diseñada como un cuerpo sólido, es decir, en particular sin cavidades internas. La pieza en bruto 10 se fabrica o mecaniza preferentemente de manera que ya comprende parte del disco de cubo 2 y parte del disco de cubierta 4, por lo que estas partes, aparte de los canales, están diseñadas cada una en su forma final deseada o al menos esencialmente en su forma final. En este contexto, "esencialmente" significa que, por supuesto, el procesamiento posterior aún puede llevarse a cabo en una etapa posterior, como pulido, esmerilado o similar, pero la forma esencial de la pieza en bruto 10 ya se ha completado.

40

Lo mismo se aplica análogamente a la superficie limitante 42 que, aparte de las desembocaduras 71 de los canales 7, también tiene ya su forma final o esencialmente su forma final. En particular, esto significa que la extensión H de la superficie limitante 42 en la dirección axial A ya es la del componente acabado. La superficie de cubierta 11 puede diseñarse como una superficie circular plana orientada perpendicularmente a la dirección axial A y que, opcionalmente, presenta una abertura central generada por el orificio axial central 9.

45

50

En el ejemplo de realización aquí descrito, sin embargo, la superficie de cubierta 11 no está diseñada como una superficie plana. La superficie de cubierta 11 comprende una zona anular 111 que es externa con respecto a la dirección radial, colinda con la superficie limitante 42 y está orientada preferentemente perpendicular a la dirección axial A. La zona anular 111 está limitada radialmente hacia el interior por una zona cónica 112 que forma una conicidad dirigida hacia el interior. Una zona anular central circular 113, que rodea coaxialmente el orificio axial central 9 y también está orientada perpendicularmente a la dirección axial A, linda radialmente hacia el interior con la superficie cónica 112. En otras palabras, la zona anular 111 y la zona anular central 113 son coaxiales, estando la zona anular central 113 situada por debajo de la zona anular 111 con respecto a la dirección axial A, tal como se muestra, y estando conectada a esta última a través de la zona con forma de superficie cónica 112. En conjunto, la pieza en bruto 10 presenta por tanto un rebaje en su superficie de cubierta 11.

55

Naturalmente, también es posible que la zona anular 111 o la zona anular central 113 no estén orientadas perpendicularmente a la dirección axial. Esto puede ser ventajoso, por ejemplo, en la fabricación de rotores semiaxiales.

Aparte de la abertura central, la superficie de cubierta 11 está concebida como una superficie continua sin más aberturas. Preferentemente, la superficie anular radialmente exterior 111 forma parte del disco de cubierta 4 del componente acabado 1.

5 Con especial preferencia, la pieza en bruto 10, como también se muestra en la fig. 2, está configurada de forma rotacionalmente simétrica con respecto a la dirección axial A.

Sobre esta pieza en bruto 10 se realiza entonces una primera etapa de procesamiento de sustracción, que se explica a continuación. La fig. 3 muestra una vista en perspectiva de la pieza en bruto 10 una vez finalizada la primera etapa de procesamiento de sustracción. En particular, la primera etapa de procesamiento de sustracción se lleva a cabo mediante fabricación por mecanizado.

10 Por procesamiento de sustracción se entiende la eliminación de material de la pieza de trabajo, en este caso la pieza en bruto 10, en una etapa de dicho procesamiento. Como es generalmente habitual, la fabricación por mecanizado se refiere a la fabricación en la que el exceso de material en forma de virutas se elimina de la pieza en bruto 10 o de la pieza de trabajo con el fin de lograr una forma geométrica deseada. Las operaciones de mecanizado incluyen, por ejemplo, fresado, torneado, taladrado, cepillado, limado, rectificando, pulido o lapeado, por mencionar solo algunos ejemplos.

15 La primera etapa de procesamiento de sustracción comprende preferentemente el fresado mediante un dispositivo de mecanizado con arranque de viruta que comprende, por ejemplo, una herramienta de fresado controlada por ordenador. De forma especialmente preferente, el dispositivo de mecanizado con arranque de viruta está diseñado al menos como una fresadora de cinco ejes, con la que se mecaniza la forma geométrica deseada de la pieza en bruto 20 10. La herramienta de fresado suele estar guiada por un manipulador, en cuyo caso el guiado está asistido por ordenador.

En la primera etapa de procesamiento de sustracción se produce una parte de cada canal 7, que comprende al menos la desembocadura 71 del canal 7 en la superficie limitante 42, así como un rebaje 72 en la superficie de cubierta 11 de la pieza en bruto. Como muestra la fig. 3, la zona de la desembocadura 71 del canal 7 está diseñada como una sección de canal cerrada. Cada una de las desembocaduras 71 está fresada en la superficie limitante 42, en cuyo caso las desembocaduras 71 adyacentes están separadas entre sí por un borde de salida 31. La zona anular radialmente exterior 111 de la superficie de cubierta 11 de la pieza en bruto 10 cubre cada una de las desembocaduras 71 de los canales 7, de modo que todos los canales 7 están cerrados por la zona anular 111. En otras palabras, una vez completado la primera etapa de procesamiento sustractivo (véase la fig. 3), la superficie de cubierta 11 de la pieza en bruto 10 comprende la zona anular 111, que linda con la superficie límite 42 y está diseñada como una superficie continua anular que no tiene ninguna abertura, es decir, es continua con respecto a la dirección circunferencial, y que cubre todas las desembocaduras 71 de los canales 7.

Después de esta primera etapa de procesamiento de sustracción, los rebajes 72 que se producen en la superficie de cubierta 11 de la pieza en bruto, es decir, en la zona anular central 113 y en la zona con forma de superficie cónica 112 en el ejemplo de realización aquí descrito, forman aún zonas de canal abiertas de los canales 7 que posteriormente deben acabarse. Cada rebaje 72 se fresa de tal manera que su superficie base 81 ya tiene esencialmente la forma final para el canal 7, es decir, en particular también comprende ya el trazado geométrico del canal 7 respectivo.

Preferentemente, cada rebaje 72 se produce en la primera etapa de procesamiento de sustracción de tal manera que se extiende hasta el centro, en este caso el interior 6, donde comienza el canal 7. Radialmente hacia el interior, cada rebaje 72 comienza a una distancia de la abertura central generada por el orificio axial central 9; es decir, ninguno de los rebajes 72 está conectado a esta abertura o desemboca en ella. Así, cada comienzo de un canal 7 situado en el centro (aquí el interior 6) está separado de la abertura central del orificio 9 por un cuerpo anular 21. En el estado acabado, este cuerpo anular 21 forma parte del disco de cubo 2.

Los rebajes 72 y las desembocaduras 71 se fresan en la primera etapa de procesamiento de tal manera que se conectan entre sí; es decir, cada rebaje 72 pasa a la zona que comprende la desembocadura 71 respectiva del canal 7 asociado.

Una vez finalizada la primera etapa de procesamiento de sustracción (véase la fig. 3), la pieza en bruto 10 tiene, por tanto, la siguiente forma: de cada canal 7, la desembocadura 71 ya está al menos sustancialmente configurada en la forma del componente acabado 1 en la superficie limitante 42 y está cubierta por la zona anular 111 de la superficie de cubierta 11 de la pieza en bruto 10. El respectivo canal 7 se extiende desde la respectiva desembocadura 71 hacia el interior de la pieza en bruto 10 y pasa al respectivo rebaje 72 que está abierto en la parte superior como se muestra (Fig. 3) y se extiende hasta el comienzo del respectivo canal 7 situado en el centro, en cuyo caso la superficie base 81 de cada rebaje 72 ya tiene al menos sustancialmente la configuración de la superficie base del canal 7 acabado. Mientras que los canales 7 ya tienen, por tanto, su forma final o al menos sustancialmente su forma final en la zona de su desembocadura 71, la zona radialmente interior de cada canal 7, que comprende el rebaje 72 abierto hacia arriba, aún no está terminada en su forma final.

Lo mismo se aplica, análogamente, a las paredes de separación 3, que posteriormente forman las palas 3 del rotor 1 y separan entre sí dos canales 7 adyacentes. En la zona de la superficie limitante 42, cada pared de separación 3 ya

tiene su forma final o esencialmente final; es decir, en particular el borde de salida 31 de cada pared de separación 3 ya se ha completado y tiene al menos esencialmente su forma final. En la zona radialmente interior de la pieza en bruto 10, las paredes de separación 3 solo están presentes parcialmente en cada caso, por lo que aún no están terminados, y en particular aún no han alcanzado su altura final con respecto a la dirección axial A.

5 Se entiende que la primera etapa de procesamiento de sustracción puede comprender tanto el fresado de la superficie de cubierta 11 como también el fresado de la superficie limitante 42. Es ventajoso para muchas aplicaciones si los rebajes 72 se fresan desde la superficie de cubierta 11 y las desembocaduras 71 se fresan desde la superficie limitante 42. Por supuesto, dependiendo del componente 1, también es posible que, en la primera etapa de procesamiento de sustracción, el fresado o mecanizado tenga lugar solo desde la superficie de cubierta 11 o solo desde la superficie limitante 42.

10 Una ventaja particular del ejemplo de realización aquí descrito es que después de la primera etapa de procesamiento de sustracción, en particular la zona de las desembocaduras 71 con los bordes de salida 31 intermedios y la zona anular 111 que cubre las desembocaduras 71, que forma parte del disco de cubierta 4, ya está acabada en su forma final o al menos sustancialmente en su forma final. Los bordes de salida 31 y, en particular, la zona limítrofe entre los bordes de salida 31 y el disco de cubierta 4 son las zonas críticas en las que se producen las cargas más elevadas en estado operativo y en las que es más probable que se produzcan grietas, degradación u otros fenómenos perjudiciales de desgaste o fatiga. Dado que estas zonas críticas pueden fabricarse en el procedimiento según la invención con la ayuda de operaciones de mecanizado, pueden por una parte fabricarse con una precisión extremadamente alta, y por otra parte en estas zonas críticas es posible prescindir completamente de tales procedimientos de fabricación que implican un aporte de calor muy elevado en el material, por ejemplo, procedimientos de soldadura o unión con los que los componentes se unen permanentemente. Estos procedimientos con un elevado aporte de calor pueden provocar errores de unión o cambios no deseados en la microestructura, que tienen un efecto negativo en la capacidad de carga del componente.

20 Otra ventaja de la fabricación puramente mecanizada es que una pieza en bruto 10 fabricada a partir de un material forjado conserva todas las propiedades positivas del material forjado.

25 Una vez finalizada la primera etapa de procesamiento de sustracción (véase la fig. 3), se fabrican las partes que faltan del componente 1 mediante la fabricación por acumulación y se moldea el componente 1 para darle su forma definitiva. La fig. 5 muestra una vista en perspectiva del componente 1 acabado, en este caso el rotor cubierto 1.

30 El procedimiento de fabricación aditiva comprende una o varias etapas de procesamiento aditivo. Una etapa de procesamiento o fabricación aditivos, que también se denomina fabricación generativa, se refiere a una etapa de procesamiento en la que se aplica o deposita material sobre la pieza de trabajo, en este caso la pieza en bruto 10. En la fabricación aditiva, las estructuras deseadas se generan normalmente a partir de un material sin forma, como líquidos o polvo, o a partir de un material de forma neutra, como cinta o alambre, utilizando procedimientos químicos y/o físicos, por ejemplo, construyéndolas sobre una pieza de trabajo. Los procedimientos conocidos de fabricación aditiva para materiales metálicos son, por ejemplo, los procedimientos de soldadura por acumulación, especialmente los procedimientos con gas inerte, como la soldadura con gas inerte - tungsteno (WIG) o la soldadura por acumulación con láser, o los procedimientos con plasma o la fusión selectiva por láser (SLM Selective Laser Melting).

35 Una vez finalizada la primera etapa de procesamiento sustractivo, las zonas que faltan del componente 1, en particular partes de las paredes de separación 3, partes del solapamiento para cerrar los canales 7, es decir, partes del disco de cubierta 4 en el ejemplo aquí descrito, y partes del disco de cubo 2 se generan en la fabricación por acumulación.

40 Por ejemplo, la zona faltante de las paredes de separación 3 (láminas 3) y la zona faltante del disco de cubierta 4 y del disco de cubo 2 se generan mediante fusión selectiva por láser. En este procedimiento conocido, el material que se va a procesar se aplica en forma de polvo en una capa fina sobre la pieza en bruto 10. El material en polvo se funde localmente por completo mediante radiación láser y forma una capa de material sólido tras la solidificación. A continuación, la pieza en bruto 10 se rebaja en la cantidad de una capa de espesor y se aplica de nuevo material en forma de polvo, que se vuelve a fundir localmente mediante radiación láser. Este ciclo se repite hasta que el componente 1 está acabado. Por supuesto, es posible que al final se lleven a cabo operaciones de acabado como esmerilado, pulido o similares.

45 En otra forma de realización preferida, las partes que faltan se generan en la fabricación de la pieza mediante soldadura por deposición con láser. El procedimiento de soldadura por deposición con láser con sus diferentes variantes es bien conocido por los expertos en la materia y por lo tanto no requiere explicación aquí.

50 Es posible llevar a cabo la fabricación por acumulación capa a capa y, en particular, utilizando la configuración de rotación simétrica 5 de la pieza en bruto 10.

55 Otra forma de realización igualmente preferida consiste en fabricar el componente 1 componente por componente durante la fabricación por acumulación; es decir, los componentes individuales del componente 1 como, por ejemplo, las paredes de separación 3 o las cubiertas de los canales 7, se fabrican sucesivamente en el sentido de que primero un componente, por ejemplo, las paredes de separación, se fabrica completamente hasta su estado final y, a

continuación, se fabrica completamente el siguiente componente. Este procedimiento se repite hasta que el componente está completo.

5 También es posible que los componentes individuales del componente 1 no se construyan por completo, sino solo parcialmente; es decir, primero se construye una parte de las paredes de separación 3, luego parte de las cubiertas de los canales 7, luego una parte de las paredes de separación 3 de nuevo y así sucesivamente. Preferiblemente, después de la construcción parcial se puede llevar a cabo otra etapa de procesamiento sustractivo.

10 A modo de ejemplo, la fig. 4 muestra una vista en perspectiva de un estado intermedio de este tipo de fabricación por acumulación, en el que el componente 1 se construye componente a componente. En este ejemplo, una vez finalizada la primera etapa de procesamiento de sustracción, se construyen en primer lugar todas las zonas que faltan de las paredes de separación 3, en este caso las palas 3 del rotor 1. La fig. 4 muestra el rotor 1 en un estado intermedio de la fabricación de la pieza, en el que las palas 3, es decir, las paredes de separación 3 entre los canales adyacentes 7, y el disco de cubo 2 están completamente contruidos, es decir, en su forma final. A continuación, la zona que falta del disco de cubierta 4 se construye mediante el procedimiento de fabricación por acumulación para completar el rotor 1. Este rotor 1 terminado se muestra en la figura 5.

15 Como ya se ha mencionado, según una forma de realización preferida, la fabricación por adición puede comprender varias etapas de procesamiento aditivo con el fin de construir sucesivamente el componente 1. Es particularmente preferible si se lleva a cabo al menos una etapa adicional de procesamiento de sustracción entre las etapas de procesamiento aditivo.

20 En esta etapa adicional de procesamiento de sustracción, las desviaciones de la geometría deseada que se hayan producido en la etapa anterior de mecanizado aditivo pueden compensarse, por ejemplo, mediante mecanizado. En esta etapa adicional de procesamiento sustractivo se pueden realizar, por ejemplo, trabajos de fresado o esmerilado para eliminar el material que se aplicó en exceso en la etapa de procesamiento aditivo, o para igualar, lijar (o realizar procedimientos similares) las transiciones entre capas adyacentes.

25 Es especialmente preferible que entre dos etapas de procesamiento aditivo se lleve a cabo una etapa de procesamiento sustractivo adicional, es decir, que las etapas de procesamiento aditivo y las etapas de procesamiento sustractivo adicional se lleven a cabo de forma alternativa o alternada. De este modo se garantiza una calidad y precisión especialmente elevadas del componente 1.

30 Hoy en día se conocen máquinas de mecanizado modernas con las que se pueden llevar a cabo tanto las etapas de procesamiento de sustracción como las etapas de procesamiento aditivo en la misma cámara de procesamiento sin que sea necesario volver a sujetar la pieza en bruto 10 o el componente 1 o transferirlo a un soporte diferente. La pieza en bruto 10 solo se sujeta una vez en un soporte y, a continuación, puede procesarse de forma sustractiva o aditiva alternativamente. Tales máquinas de procesamiento comprenden varios cabezales de procesamiento para este fin, al menos uno de los cuales está diseñado para la fabricación sustractiva, por ejemplo, como una herramienta de fresado, y al menos uno para la fabricación aditiva, por ejemplo, como un dispositivo para la soldadura por deposición láser. Tras la finalización de una etapa de procesamiento aditivo, por ejemplo, la máquina de procesamiento cambia automáticamente el cabezal de procesamiento y puede realizar a continuación una etapa de procesamiento sustractivo y viceversa. Esto permite una fabricación especialmente rápida y altamente precisa del componente 1.

40 Aunque la invención se ha explicado con referencia a la fabricación de un rotor 1, la invención no se limita por supuesto a tales componentes 1 o a su fabricación, sino que es adecuada para un gran número de otros componentes 1, en particular para aquellos componentes 1 en los que se proporciona al menos un canal interior 7, cuya geometría no permite que sea mecanizado con arranque de virutas o mecanizado por sustracción a partir de una pieza en bruto 10 con un esfuerzo razonable.

45 En particular, el componente 1 también puede diseñarse como una rueda de guía o como un difusor de una máquina rotativa, en cuyo caso la máquina rotativa puede ser, en particular, una bomba o una turbina o un compresor o un expansor.

El canal interior puede ser también, por ejemplo, un canal de refrigeración, por ejemplo, en una pala de turbina, por ejemplo, un canal de aire de refrigeración.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de fabricación de un componente de una máquina rotativa que tiene al menos un canal interior (7) que se extiende desde un centro (6) hasta una superficie limitante (42) del componente y está al menos parcialmente cerrado, en el que se proporciona una pieza en bruto (10) que comprende la superficie limitante (42) y una superficie de cubierta (11), en el que se lleva a cabo una primera etapa de procesamiento de sustracción, en la que una parte del canal (7) se produce mediante mecanizado con arranque de virutas, dicha parte comprende al menos una desembocadura (71) del canal (7) en la superficie limitante (42), así como un rebaje (72) en la superficie de cubierta (11), y el canal (7) se acaba posteriormente en la pieza en bruto (10) mediante fabricación por acumulación, en cuyo caso la pieza comprende una pluralidad de canales internos (7), cada uno de los cuales se extiende desde el centro (6) hasta la superficie limitante (42), los canales adyacentes (7) están separados cada uno de ellos por una pared de separación (3), en la primera etapa de procesamiento sustractivo, se produce una parte del canal (7) de cada canal (7), que comprende al menos una desembocadura (71) del canal (7) en la superficie limitante (42), así como un rebaje (72) en la superficie de cubierta (11), **caracterizado porque** cada pared de separación (3) solo se completa mediante la fabricación por acumulación.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que en la primera etapa de procesamiento sustractivo el rebaje (72) en la superficie de cubierta (11) se produce de tal manera que se extiende hasta el centro (6) donde comienza el canal (7).
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la superficie de cubierta (11) de la pieza en bruto (10) tiene, antes de la primera etapa de procesamiento de sustracción, como máximo una abertura central que está dispuesta radialmente hacia el interior de tal manera que, en el estado acabado del componente, cada comienzo de un canal (7) situado en el centro (6) está separado de la abertura central por un cuerpo anular (21).
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la primera etapa de procesamiento de sustracción se lleva a cabo de tal manera que, tras su finalización, la superficie de cubierta (11) de la pieza en bruto (10) tiene una zona continua y anular (111) que linda con la superficie limitante (42) y cubre todas las desembocaduras (71).
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la fabricación por acumulación tiene lugar por capas.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la fabricación por acumulación comprende varias etapas de procesamiento aditivo para construir sucesivamente el componente (1).
7. Procedimiento según la reivindicación 6, en el que al menos una etapa adicional de procesamiento sustractivo se lleva a cabo entre las etapas de procesamiento aditivo.
8. Procedimiento según las reivindicaciones 6 o 7, en el que se lleva a cabo una etapa adicional de procesamiento de sustracción entre cada una de las dos etapas de procesamiento aditivo.
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores en el que, después de la primera etapa de procesamiento de sustracción, el componente (1) se construye componente por componente, preferiblemente completándose primero solo cada pared de separación (3).
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la fabricación de la estructura se realiza con ayuda de un láser.
11. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el componente (1) está diseñado como un rotor, una rueda guía o un difusor de una máquina rotativa, en particular una bomba, una turbina, un compresor, un compactador o un expansor.
12. Componente de una máquina rotativa fabricado según un procedimiento conforme a una de las reivindicaciones anteriores.
13. Componente según la reivindicación 12, en el que cada pared de separación está diseñada como una pala (3).
14. Componente según la reivindicación 12 o 13, diseñado como rotor, como rueda guía o como difusor de una máquina rotativa, en particular una bomba, una turbina, un compresor, un compactador o un expansor.

RESUMEN:

5 Se propone un procedimiento para fabricar un componente de una máquina rotativa, en el que el componente tiene al menos un canal interior (7) que se extiende desde un centro (6) hasta una superficie limitante (42) del componente y está al menos parcialmente cerrado, en el que se proporciona una pieza en bruto (10) que comprende la superficie limitante (42) y una superficie de cubierta (11), en el que se lleva a cabo una primera etapa de procesamiento sustractivo, en el que se produce una parte del canal (7) mediante mecanizado con arranque de virutas, que comprende al menos una desembocadura (71) del canal (7) en la superficie limitante (42), así como un rebaje (72) en la superficie de cubierta (11), y en el que el canal (7) se acaba posteriormente en la pieza en bruto (10) mediante fabricación por acumulación. Además, se propone un componente fabricado mediante dicho procedimiento.

10

Fig.1

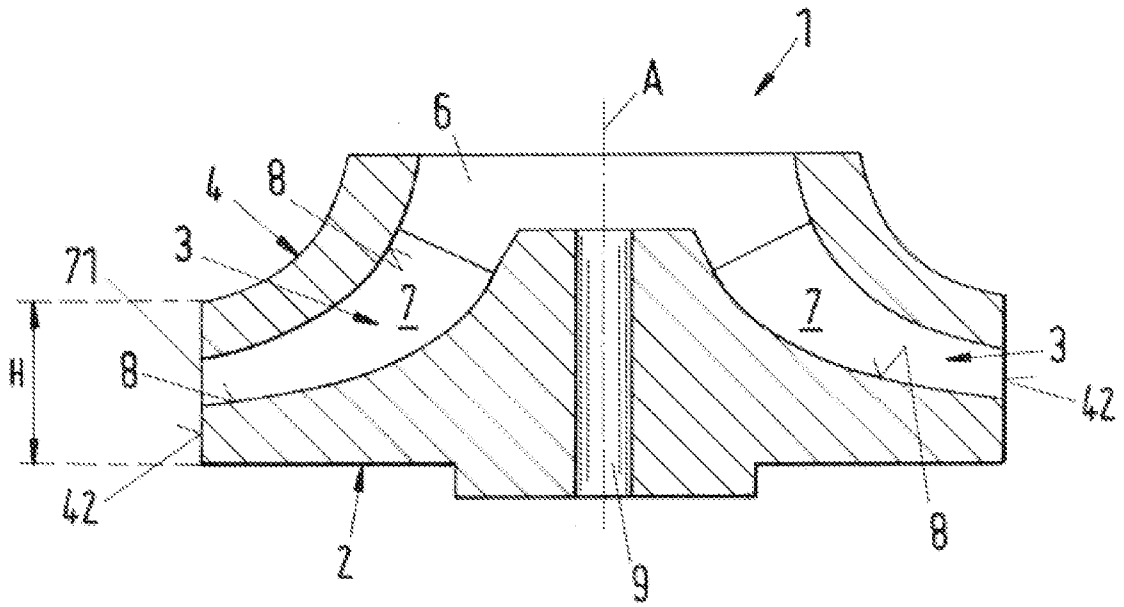


Fig.2

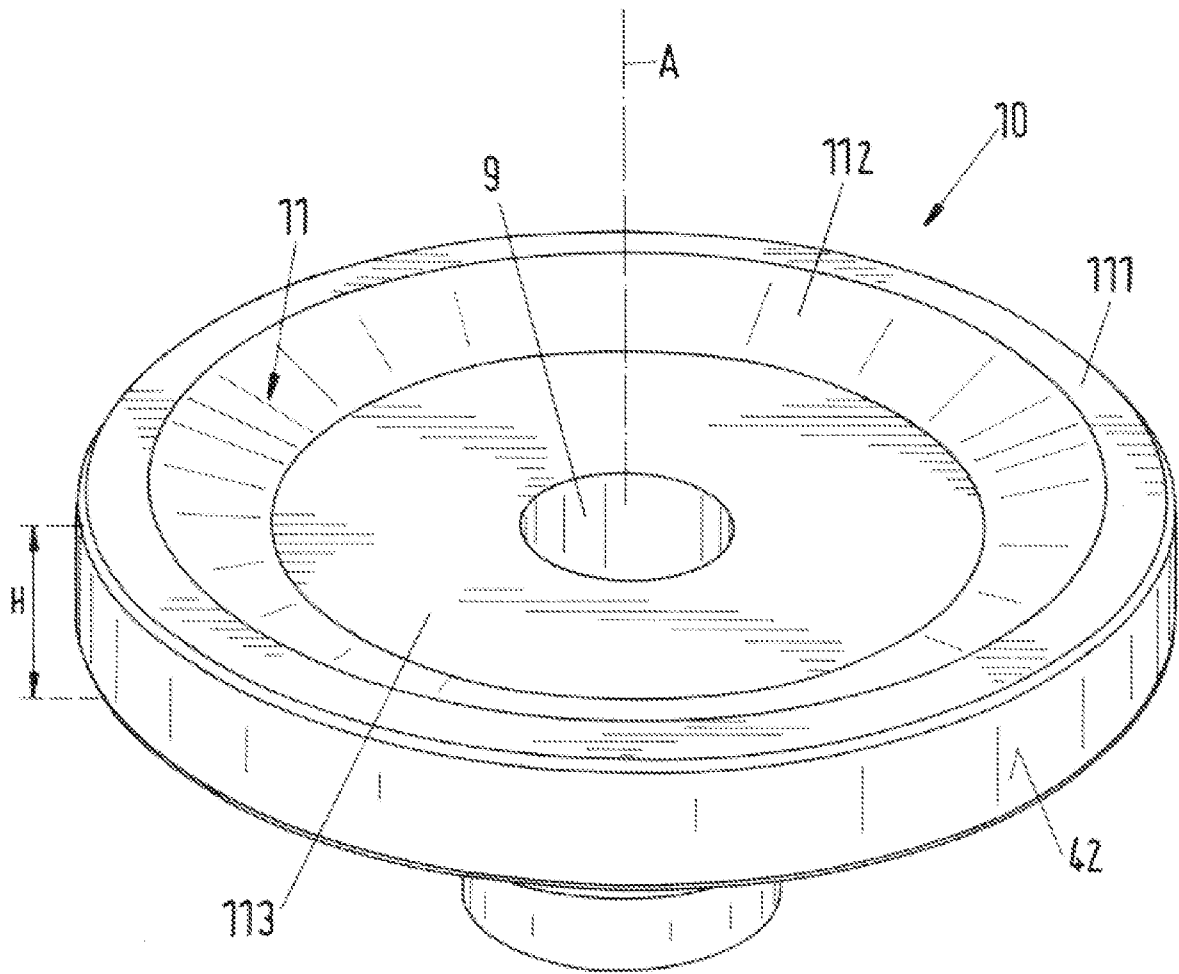


Fig.3

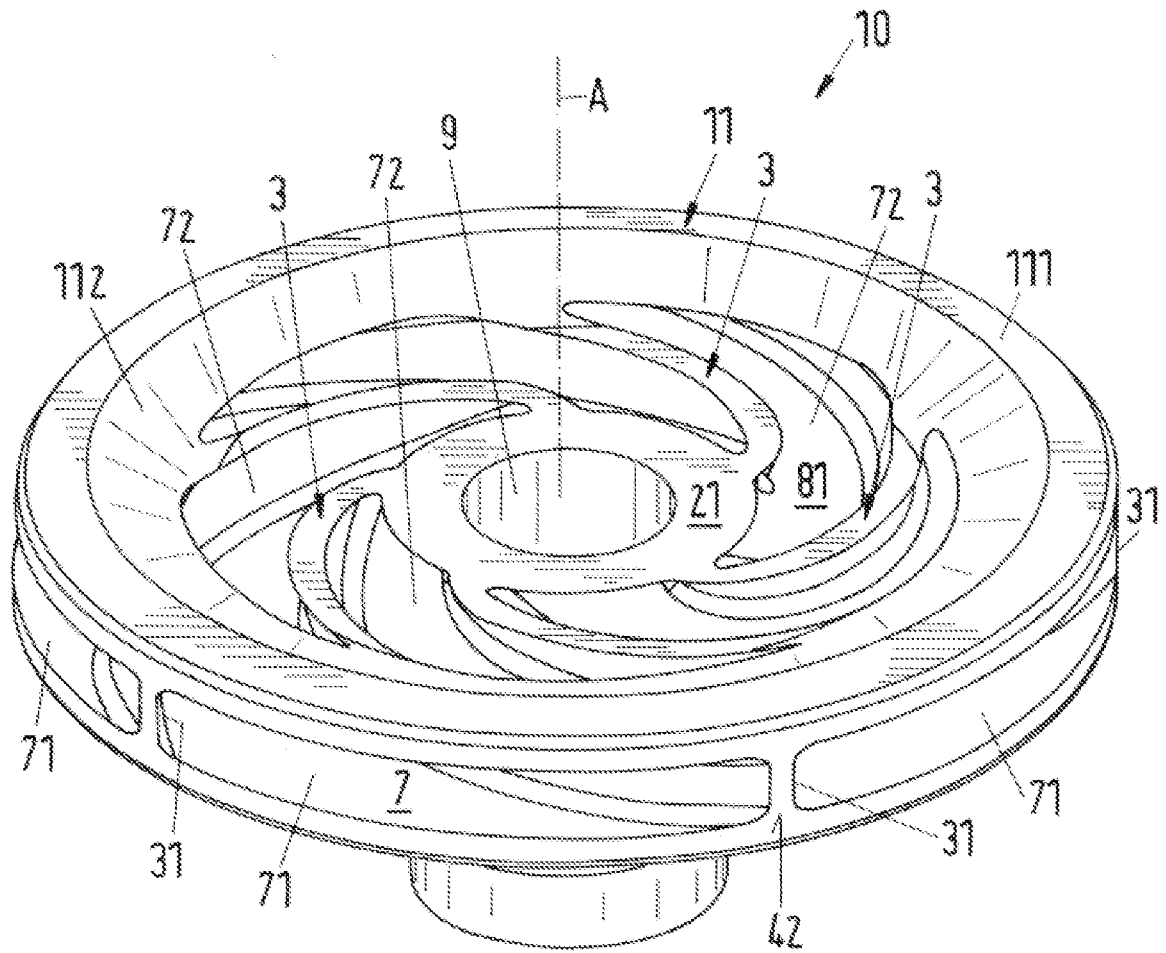


Fig.4

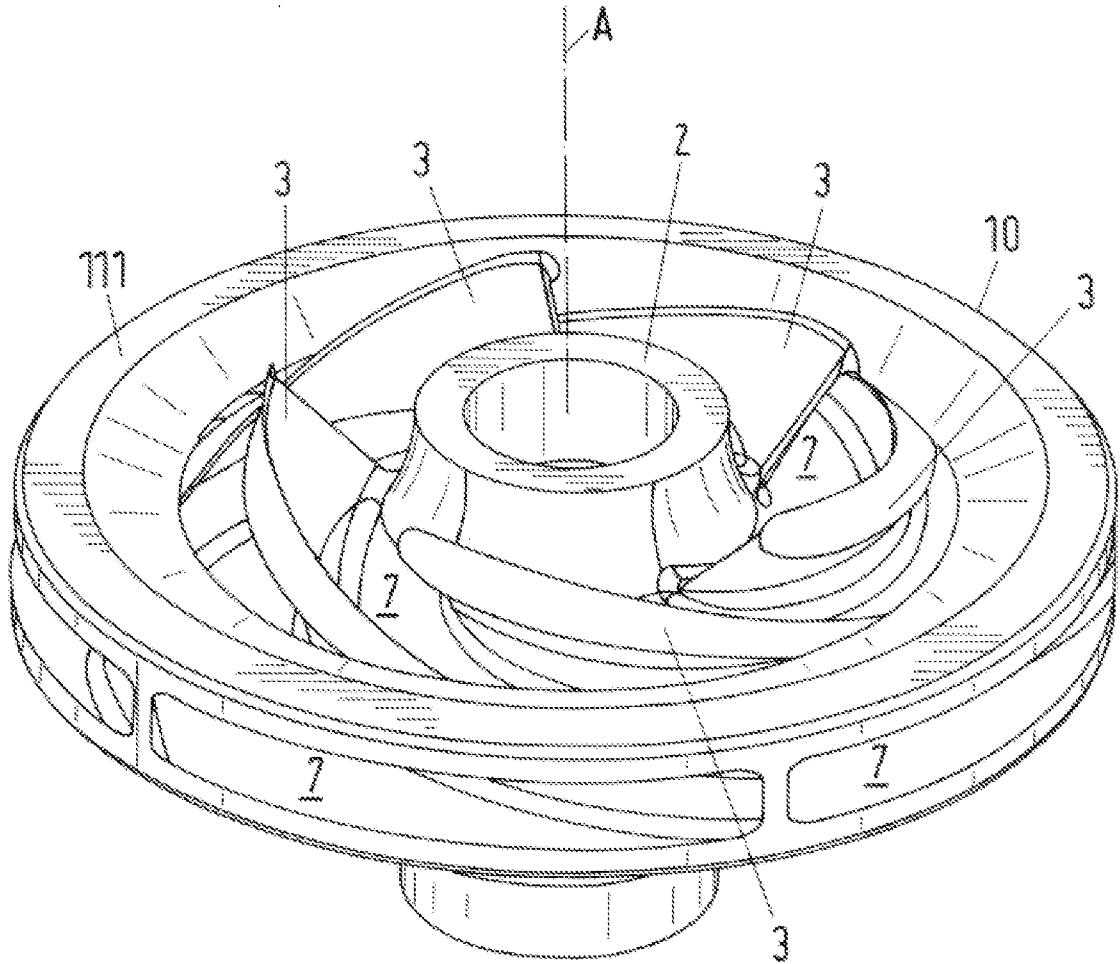


Fig.5

