

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 742 206**

51 Int. Cl.:

C22F 1/18 (2006.01)
C22C 14/00 (2006.01)
B22D 13/02 (2006.01)
B22D 13/04 (2006.01)
B22D 13/10 (2006.01)
B22D 21/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.06.2016 E 16175160 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.06.2019 EP 3109337**

54 Título: **Procedimiento para la fabricación de piezas de construcción de forja de TiAl**

30 Prioridad:

24.06.2015 DE 102015211718

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

13.02.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**SCHLOFFER, MARTIN;
SMARSLY, WILFRIED y
HALTRICH, MARC**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 742 206 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 la fabricación de piezas de construcción de forja de TiAl

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para la fabricación de piezas de construcción forjadas de aleaciones de TiAl para turbomáquinas, tal como turbinas de gas estacionarias o motores de avión.

Estado de la técnica

10 Las piezas de construcción de materiales de TiAl, que comprenden por tanto como partes constituyentes principales titanio y aluminio, son muy interesantes para aplicaciones en las que deben moverse rápidamente las piezas de construcción, tal como por ejemplo como paletas de turbomáquinas, dado que éstas presentan una alta resistencia con un peso específico bajo. Sin embargo, los materiales de este tipo pueden procesarse con dificultad, dado que para la obtención del perfil de propiedades deseado de las piezas de construcción, los materiales deben presentar una estructura definida con una determinada microestructura.

15 Durante la colada de materiales de TiAl pueden producirse sin embargo separaciones mediante licuación y segregaciones de aluminio, de modo que puede ajustarse una microestructura no homogénea. Además pueden formarse estructuras gruesas que influyen negativamente en las propiedades mecánicas.

Por el documento DE 100 24 343 A1 se conoce fabricar a partir de una masa fundida de TiAl por medio de colada centrífuga una pieza semifabricada en forma de cilindro. Un dispositivo de colada centrífuga para la fabricación de anillos de una aleación de titanio se conoce por el documento US2004/0040690A1.

Divulgación de la invención

20 Objetivo de la invención

De manera correspondiente es objetivo de la presente invención indicar un procedimiento para la fabricación de piezas de construcción de TiAl, que permita una fabricación eficaz de piezas de construcción a partir de aleaciones de TiAl con un perfil de propiedades definido y una microestructura deseada, debiéndose facilitar en particular piezas de construcción de TiAl forjadas para su uso en turbomáquinas.

25 Solución técnica

El objetivo mencionado anteriormente se soluciona mediante un procedimiento con las características de la reivindicación 1. Las configuraciones ventajosas son objeto de las reivindicaciones dependientes.

30 La invención propone generar piezas de construcción de TiAl a partir de materiales de TiAl mediante forjado, usándose como pieza semifabricada para el forjado una pieza semifabricada de fundición de TiAl que se genera mediante colada centrífuga horizontal. Se ha mostrado que las piezas semifabricadas de fundición de TiAl fabricadas mediante colada centrífuga horizontal pueden usarse ventajosamente para el procesamiento posterior mediante forjado, para facilitar así de manera sencilla y eficaz piezas de construcción de TiAl con en particular perfil de propiedades ventajoso para su uso en turbomáquinas.

35 La colada centrífuga horizontal, que debe usarse de acuerdo con la presente invención para la fabricación de piezas semifabricadas de fundición de TiAl para el forjado posterior, se caracteriza por que una coquilla, en la que se introduce la masa fundida del material que va a moldearse y que facilita los moldes correspondientes para las piezas semifabricadas, se hace girar alrededor de un eje horizontal. Horizontal significa a este respecto que el eje está orientado de manera transversal, en particular de manera perpendicular a la dirección de la fuerza de gravedad, estando permitidas desviaciones en algún grado en el contexto de la exactitud de realización técnica, o sea por ejemplo desviaciones de hasta +/- 10 °, preferentemente +/- 5 °. Mediante la colada centrífuga horizontal pueden conseguirse con altas velocidad de rotación de la coquilla altas tasas de enfriamiento, de modo que pueden evitarse disgregaciones en la aleación de TiAl y puede generarse una estructura fina. Además pueden prepararse con ahorro de material pieza semifabricada con espesores de pared gruesos o bien piezas semifabricadas en forma de cilindros y conos.

45 Por aleación de TiAl se entiende en la presente invención un material que como partes constituyentes principales comprende titanio y aluminio, de modo que éstos forman las partes constituyentes de aleación mayoritarias. En particular se entiende por esto materiales que presentan fases intermetálicas, tal como α_2 -Ti₃Al y γ -TiAl y de hecho preferentemente también como partes constituyentes que constituyen de acuerdo con el volumen la proporción mayoritaria de una pieza de construcción fabricada a partir de un material de este tipo.

50 En particular puede ser la aleación de TiAl una denominada aleación de TNM, que presenta como partes constituyentes adicionales niobio y molibdeno, dado que las aleaciones de este tipo presentan propiedades mecánicas especialmente buenas para su uso en turbomáquinas. En particular puede tratarse de una aleación de TNM con la composición del 43,5 % en peso de aluminio, el 4 % en peso de niobio, el 1 % en peso de molibdeno así

5 como el 0,1 % en peso de boro y el resto titanio así como impurezas inevitables y/o partes constituyentes de aleación con proporciones de en cada caso < 0,5 % en peso hasta un peso total de ≤ 5 % en peso, en particular ≤ 2 % en peso. La proporción de aluminio de una aleación de este tipo puede encontrarse en el intervalo del 40 al 50 % en peso, en particular del 42 al 45 % en peso, mientras que la proporción de niobio puede encontrarse en el intervalo del 2 al 6 % en peso y en particular del 3 al 5 % en peso. La proporción de molibdeno puede encontrarse a su vez en un intervalo del 0,5 al 2 % en peso, mientras que el boro puede encontrarse en un intervalo del 0,05 % en peso al 0,15 % en peso.

La pieza semifabricada de fundición de TiAl, que se fabrica mediante la colada centrifugada horizontal, presenta la forma de un anillo, dado que esta forma representa un material previo favorable para el proceso de forjado posterior.

10 La pieza semifabricada de fundición de TiAl puede moldearse en el procedimiento de colada centrifugada de modo que las correspondientes formas, concretamente anillos, se producen como piezas semifabricadas de fundición separadas. Además es también posible fabricar a partir de una pieza de fundición individual o varias piezas de fundición las piezas semifabricadas de fundición de TiAl deseadas mediante separación, en particular división o mecanizado con desprendimiento de virutas. Por ejemplo es posible fabricar un tubo cilíndrico mediante colada
15 centrifugada horizontal y trocear o bien separar éste a continuación mediante procedimientos de separación mecánicos tal como corte, serrado, fresado o similares en correspondientes piezas anulares y usar estas piezas anulare como piezas semifabricadas de fundición de TiAl para el posterior forjado.

Mediante el procedimiento de colada centrifugada horizontal pueden moldearse piezas semifabricadas de fundición de TiAl en forma de anillos con una longitud de 5 a 300 cm y/o grosores de pared de 4 a 30 cm y/o diámetros
20 internos de 10 a 100 cm como piezas de fundición individuales.

Mediante el enfriamiento rápido, que es posible por medio del procedimiento de colada centrifugada, la pieza semifabricada de fundición puede fabricarse con una microestructura que presenta colonias de α -titanio y γ -TiAl en una matriz de β -titanio, pudiéndose encontrar en la matriz de β -titanio adicionalmente segregaciones de γ -TiAl. Las segregaciones de γ -TiAl en la matriz de β -titanio pueden formarse en forma de lenteja y/o las colonias de α -titanio y
25 γ -TiAl pueden presentar una forma alargada. Además puede estar presente el γ -TiAl en las colonias en forma de lamelas finas.

La composición de fases de la pieza semifabricada de fundición de TiAl puede estar ya próxima a la composición de fases de equilibrio a temperatura ambiente y diferenciarse únicamente hasta el 10 % en volumen y en particular hasta el 8 % en volumen de la composición de fases de equilibrio a temperatura ambiente. Esto significa que la
30 pieza semifabricada de fundición presenta únicamente en el orden de magnitud de hasta el 10 % en volumen o bien de hasta el 8 % en volumen otras fases distintas de lo que debía ser el caso para la composición de equilibrio a temperatura ambiente.

Tras la fabricación de la pieza semifabricada de fundición de TiAl se acaba ésta con una o varias etapas de conformación mediante forjado y opcionalmente con al menos un tratamiento térmico para dar una pieza de construcción de TiAl o bien pieza semifabricada de TiAl, que puede acabarse únicamente mediante mecanizado posterior insignificante para dar la pieza de construcción de TiAl deseada, pudiendo comprender el mecanizado posterior en particular el correspondiente mecanizado de superficie o bien el desbarbado o descantado.
35

Se forja una pieza semifabricada de fundición de TiAl en forma de un anillo para dar un disco anular, del que se separan correspondientes paletas para turbomáquinas.

40 Para garantizar que pueda introducirse la masa fundida de TiAl con temperatura suficientemente alta, es decir en un estado sobrecalentado en la coquilla, se propone además prever en el dispositivo para la colada centrifugada horizontal una mazarota que puede calentarse de manera inductiva, por medio de la cual se introduce la masa fundida en la coquilla. Para el calentamiento inductivo puede estar rodeada la mazarota por al menos una bobina.

45 La mazarota puede estar realizada como un canal abierto hacia arriba, que puede enfriarse mediante un fluido, tal como por ejemplo agua y que puede estar formado preferentemente por materiales de cobre, niobio o molibdeno. Por materiales de cobre, niobio o molibdeno se entienden aquellos materiales que presentan como parte constituyente principal cobre, niobio o molibdeno.

La coquilla puede estar formada de un material de acero y/o de cobre y/o de niobio, para permitir una rápida disipación de calor. Por materiales de cobre y niobio se entiende además materiales que presentan como parte constituyente principal cobre o bien niobio. Para la mejora de la disipación de calor de la coquilla puede comprender
50 la coquilla también canales de enfriamiento adecuados para fluidos, tal como agua y similares.

Breve descripción de las figuras

Los dibujos adjuntos muestran de manera esquemáticamente pura en

55 la figura 1 una representación del procedimiento de colada centrifugada horizontal para la fabricación de piezas semifabricadas de fundición de TiAl en forma de cono o en forma de cilindro,

- la figura 2 una representación en corte de una coquilla tras la colada centrifugada,
- la figura 3 una representación en perspectiva de la coquilla de las figuras 1 y 2,
- la figura 4 una representación adicional de un dispositivo de colada centrifugada para la realización de un procedimiento de colada centrifugada de acuerdo con una segunda forma de realización de la invención,
- 5 la figura 5 una representación en corte de la coquilla de la figura 4 tras finalizar la colada centrifugada,
- la figura 6 una representación en perspectiva de la coquilla de las figuras 4 y 5,
- la figura 7 una representación del desarrollo del procedimiento de colada centrifugada en las imágenes parciales a) a e) en la forma de realización que está representada en las figuras 4 a 6,
- 10 la figura 8 una representación esquemática de la estructura de una pieza semifabricada de fundición de TiAl tras la colada centrifugada y en
- la figura 9 una representación de una etapa de forjado para la conformación de un anillo para dar un disco.

Ejemplos de realización

15 Otras ventajas, rasgos y características de la presente invención se vuelven evidentes en la posterior descripción detallada de ejemplos de realización, no estando limitada la invención a las correspondientes formas de aplicación.

La figura 1 muestra en una representación en corte esquemática un dispositivo y un procedimiento para la colada centrifugada de piezas semifabricadas de fundición de TiAl, a partir de las cuales se fabrican a continuación mediante conformación por medio de forjado piezas de construcción de TiAl, que pueden usarse en particular en turbomáquinas, tal como motores de avión.

20 El dispositivo comprende una coquilla 1, que presenta una pluralidad de moldes 3, 3', en los que se introduce el material de fundición. En el caso de la coquilla 1 de la forma de realización, que está representada en la figura 1, se trata en el caso de los moldes 3, 3' de moldes para la fabricación de conos y cilindros, que están dispuestos distanciados uno con respecto a otro a lo largo del eje longitudinal 2 de la coquilla 1 y a lo largo de la pared circunferencial de la coquilla 1.

25 La coquilla 1 se hace girar durante la colada centrifugada, con la que se llenan los moldes 3, 3' de la coquilla 1 con correspondiente líquido fundido, alrededor del eje longitudinal 2 de la coquilla, de modo que el material de fundición, por ejemplo, en forma de una aleación de TiAl, que se introduce de manera fundida en la coquilla 1, se comprime mediante la fuerza centrífuga en los moldes 3, 3'.

30 La aleación de TiAl 9 fundida se facilita a partir de un crisol 6, que puede calentarse mediante una calefacción 7, introduciéndose la aleación de TiAl fundida a través de una mazarota 5 en la coquilla 1.

Tal como puede deducirse de la figura 1 se mueve la mazarota 5 en la coquilla 1 a lo largo del eje longitudinal 2, de modo que pueden llenarse sucesivamente los moldes 3, 3' dispuestos distanciados a lo largo del eje longitudinal 2.

35 Para garantizar una solidificación a ser posible rápida de la aleación de TiAl en la coquilla 1 o bien en los moldes 3, 3', están previstos en la coquilla 1 canales de refrigeración 4, por los que puede fluir líquido de refrigeración, tal como por ejemplo agua.

40 Para garantizar que la aleación de Ti-Al 9 fundida pueda introducirse en un estado fundido, sobrecalentado en la coquilla 1 o bien los moldes 3, 3', está dotada la mazarota 5 de una calefacción de inducción 8, estando prevista para la calefacción de inducción 8 una bobina que está dispuesta alrededor de un canal abierto hacia arriba de la mazarota 5. Mediante la bobina 8 puede mantenerse en temperatura de manera inductiva la aleación de TiAl 9 fundida en su recorrido a través de la mazarota 5 hacia los moldes 3, 3'.

La figura 2 muestra la coquilla 1 tras la colada centrifugada horizontal, estando llenos todos los moldes 3, 3' con el material de TiAl moldeado y pueden extraerse las piezas semifabricadas de fundición de TiAl en forma de conos 10 y cilindros 11, desarmándose la coquilla 1, tal como se muestra posteriormente aún en otro ejemplo de realización, en correspondientes piezas individuales para poder extraer las piezas semifabricadas de fundición de TiAl.

45 La figura 3 muestra la coquilla 1 en una representación en perspectiva, pudiéndose distinguir claramente en este caso los moldes 3, 3' individuales y su disposición distanciada en dirección circunferencial y dirección longitudinal de la coquilla 1 en forma de cilindro. Además se distingue en la figura 3 que en la pared circunferencial de la coquilla 1 están dispuestos varios canales de refrigeración 4 uno junto a otro y discurren en dirección longitudinal de la coquilla 1.

50 Las figuras 4 a 7 muestran otro ejemplo de realización para el procedimiento de acuerdo con la invención y el

dispositivo no de acuerdo con la invención para la fabricación de piezas semifabricadas de fundición de TiAl coladas por centrifugación como precursores para la fabricación de piezas de construcción de TiAl forjadas. La segunda forma de realización se diferencia de la forma de realización anterior únicamente en que se forman piezas semifabricadas de fundición de TiAl 12 moldeadas de distinta manera y de manera correspondiente la coquilla 1 presenta otros moldes 3". En lugar de conos y cilindros, tal como se fabrican en el ejemplo de realización de las figuras 1 a 3, se forma de acuerdo con el ejemplo de realización de la figura 4 una pluralidad de anillos o bien tubos 12 (véase la figura 5), estando formados los correspondientes moldes 3" mediante concavidades circundantes en la pared de la coquilla 1. Además, el procedimiento o bien el dispositivo de acuerdo con la figura 4 no se diferencia más en comparación con la forma de realización de la figura 1, de modo que los componentes iguales están dotados de los mismos números de referencia y se prescinde de una descripción repetida de estos componentes idénticos.

La figura 7 ilustra en una combinación en las imágenes parciales a) a e) el desarrollo del procedimiento de acuerdo con la invención en cuanto a la colada centrifugada para la fabricación de piezas semifabricadas de fundición de TiAl como precursor para el forjado de piezas de construcción de TiAl a partir de las piezas semifabricadas de fundición de TiAl.

Las imágenes parciales a) a d) corresponden a las representaciones de las figuras 4 a 6, mostrándose en la imagen parcial a) el inicio de la colada centrifugada, en la que la mazarota 5 llena la primera serie de moldes 3" con el material de fundición, mientras que en la imagen parcial b) la mazarota 5 ya se ha movido a lo largo del eje longitudinal 2 de la coquilla 1 y llena la tercera serie de moldes 3" con aleación de TiAl fundida.

La imagen parcial e) de la figura 7 muestra cómo la coquilla 1 está constituida por varias partes, concretamente distintos segmentos de anillo 13 a 15, que están contruidos para la extracción por separado de las piezas semifabricadas de fundición de TiAl acabadas en forma de anillos 12. La coquilla 1 está constituida en el ejemplo de realización de acuerdo con la invención mostrado de la figura 7e) por en cada caso una placa terminal 13 y una pluralidad de segmentos de molde 14 en forma de anillo y segmentos de separación 15, que se disponen de manera alterna uno junto a otro, para formar así los moldes 3". En el ejemplo de realización mostrado de la figura 7e) están previstos cinco moldes para la formación de anillos 12, pudiendo estar configurada la coquilla 1 también más larga con más segmentos anulares 14, 15 para formar más anillos 12.

La figura 8 muestra esquemáticamente una imagen de corte pulido para la representación de la microestructura de una pieza semifabricada de fundición de TiAl tras la colada centrifugada. En la figura 8 está representado que la microestructura está formada de una pluralidad de colonias 16 de α - titanio y γ - TiAl, encontrándose γ -TiAl en forma de lamelas 18 en las colonias 16. Las colonias 16 están configuradas de manera alargada y están introducidas en una matriz de β - titanio 17, que presenta adicionalmente segregaciones de γ - TiAl 19 en forma de lenteja. La estructura no presenta granos de γ - TiAl globulares y confiere al material una resistencia a la tracción de 650 a 800 MPa con un alargamiento total del 0,2 al 0,9 %. La estructura se encuentra ya muy próxima a la composición de fases de equilibrio a temperatura ambiente, afectando la diferencia de la composición de fases de equilibrio a temperatura ambiente únicamente hasta el 10 % en volumen, preferentemente hasta el 8 % en volumen de la estructura.

Las piezas semifabricadas de fundición de TiAl fabricadas mediante colada centrifugada horizontal son adecuadas de manera excelente para el procesamiento posterior para dar piezas de construcción de forja de TiAl, tal como está representado esto en la figura 9. De acuerdo con la figura 9, las piezas semifabricadas de fundición de TiAl en forma de anillos 12, tal como se han fabricado por ejemplo de acuerdo con el procedimiento según la figura 7, se conforman en una forja con correspondientes herramientas de forjado 20, 21 para dar una pieza de construcción de forja de TiAl en forma de un disco anular 22 (véase la imagen parcial b) de la figura 9), de la que pueden separarse de acuerdo con la representación en la figura 9c) correspondientes piezas de construcción de TiAl 23, tal como paletas o similares, tal como se ha indicado esto mediante las líneas discontinuas en la figura 9c).

Aunque se ha descrito de manera detallada la presente invención por medio de los ejemplos de realización, es evidente para el experto que la invención no está limitada a estos ejemplos de realización, sino que más bien son posibles modificaciones de manera que puedan suprimirse características individuales o puedan realizarse combinaciones de características de otro tipo, siempre que no se abandone el alcance de protección de las reivindicaciones adjuntas. La presente divulgación incluye conjuntamente todas las combinaciones de las presentes características individuales.

Lista de números de referencia

- 1 coquilla
- 2 eje longitudinal de la coquilla
- 3, 3',3" molde
- 4 canal de refrigeración
- 5 mazarota

	6	crisol
	7	calefacción
	8	bobina de inducción
	9	masa fundida
5	10	cono
	11	cilindro
	12	anillo
	13	placa terminal
	14	segmento de moldeo
10	15	segmento de separación
	16	colonia
	17	matriz
	18	lamela
	19	segregación en forma de lenteja
15	20	herramienta de forjado
	21	herramienta de forjado
	22	disco
	23	pieza de construcción

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para la fabricación de piezas de construcción forjadas de aleaciones de TiAl, concretamente paletas (23) para turbomáquinas, en el que se facilita una masa fundida (9) de una aleación de TiAl, que se vierte en una colada centrifugada horizontal, de modo que se genera al menos una pieza semifabricada de fundición de TiAl (10, 11, 12), en el que la pieza semifabricada de fundición de TiAl se conforma mediante forjado para dar una pieza de forja de TiAl (22), caracterizado por que la pieza semifabricada de fundición de TiAl presenta la forma de un anillo (12) y se forja para dar un disco anular (22), del que se separan paletas (23) para turbomáquinas.
- 10 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que la pieza semifabricada de fundición de TiAl se genera mediante separación, en particular división o mecanizado con desprendimiento de virutas de una pieza de fundición.
3. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que la aleación de TiAl se vierte en una coquilla (1) para dar varias piezas semifabricadas de fundición de TiAl separadas.
- 15 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se moldea la aleación de TiAl para dar pieza semifabricada de fundición de TiAl en forma de anillos (12) con una longitud de 5 a 300 cm y/o grosores de pared de 4 a 30 cm y/o diámetros internos de 10 a 100 cm.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la aleación de TiAl es una aleación de TiAl con partes constituyentes de niobio y molibdeno.
- 20 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la pieza semifabricada de fundición de TiAl presenta una microestructura que está formada por colonias (16) de α - Ti y γ - TiAl, que están introducidas en β - Ti.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la composición de fases de la pieza semifabricada de fundición de TiAl se diferencia de la composición de fases de equilibrio a temperatura ambiente hasta el 10 % en volumen, en particular hasta el 8 % en volumen.
- 25 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la pieza semifabricada de fundición de TiAl se somete a varias etapas de conformación mediante forjado y/o al menos un tratamiento con calor.

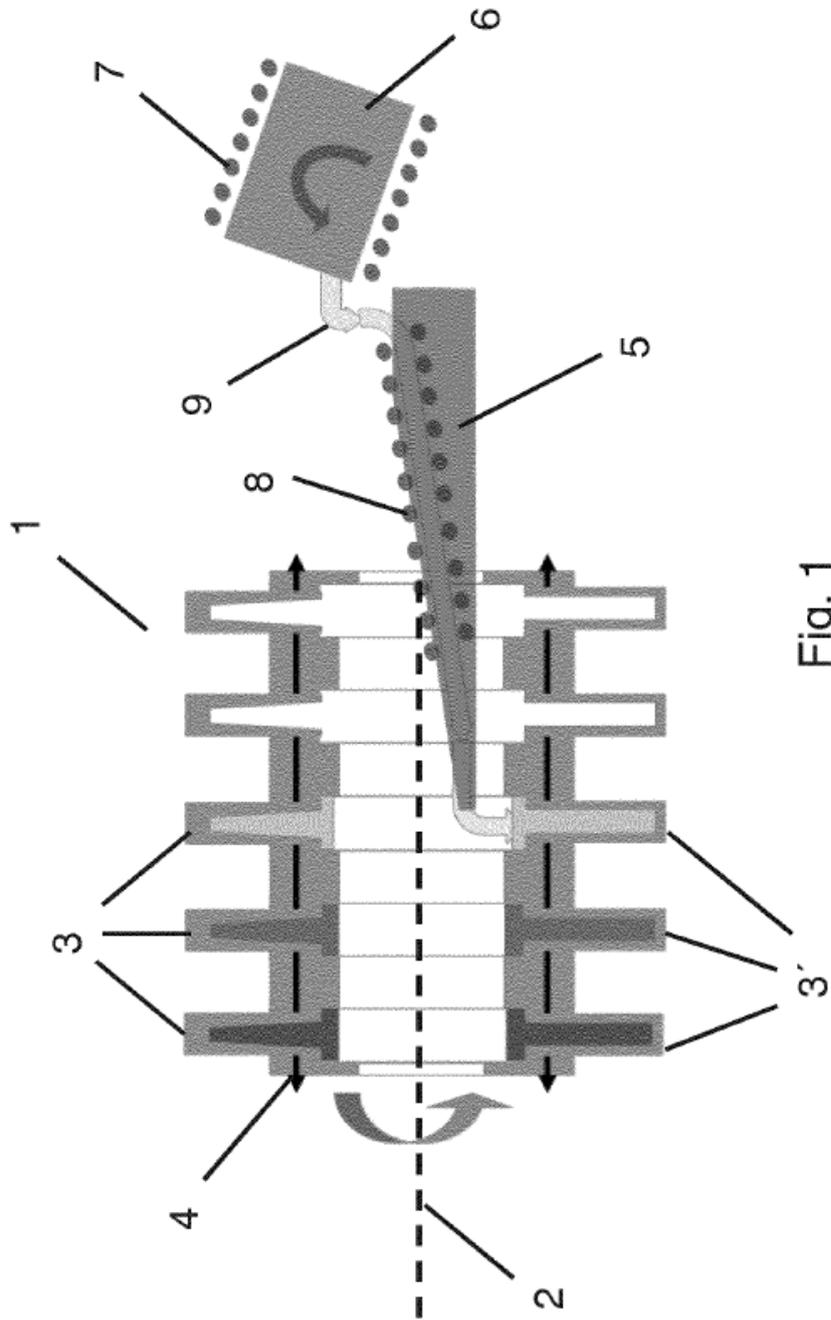


Fig. 1

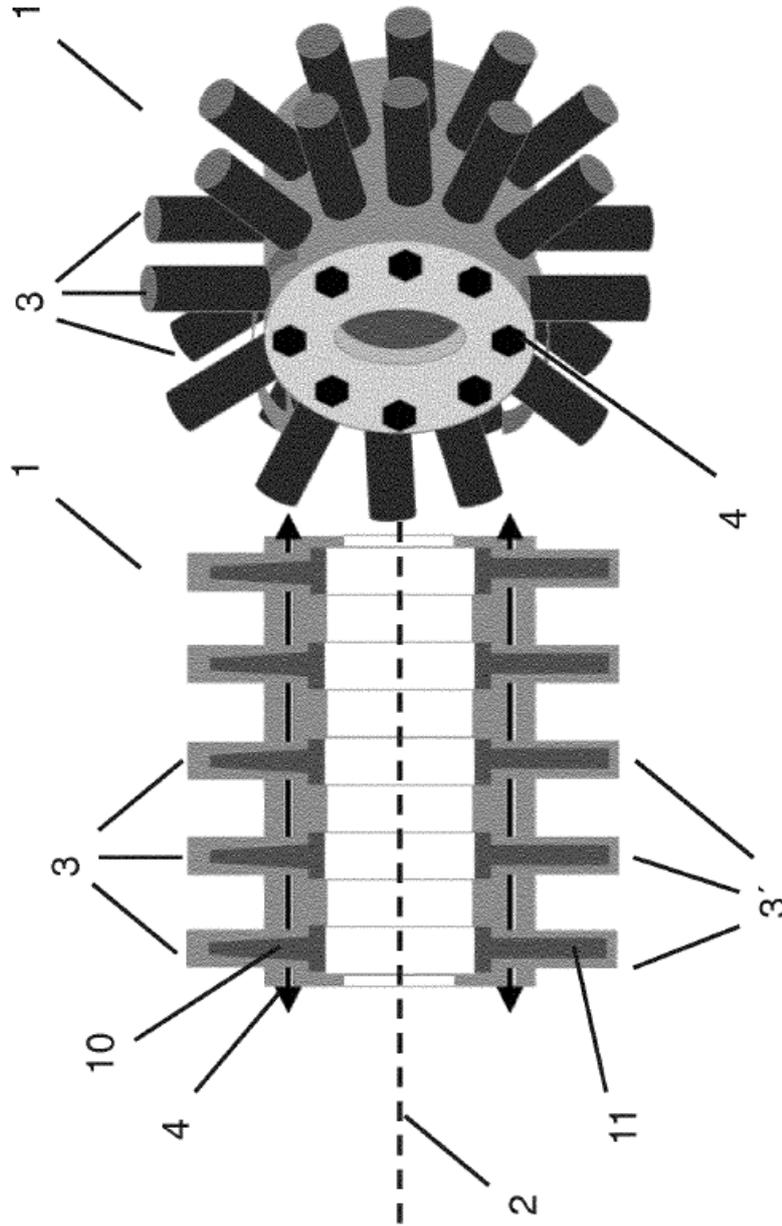


Fig. 3

Fig. 2

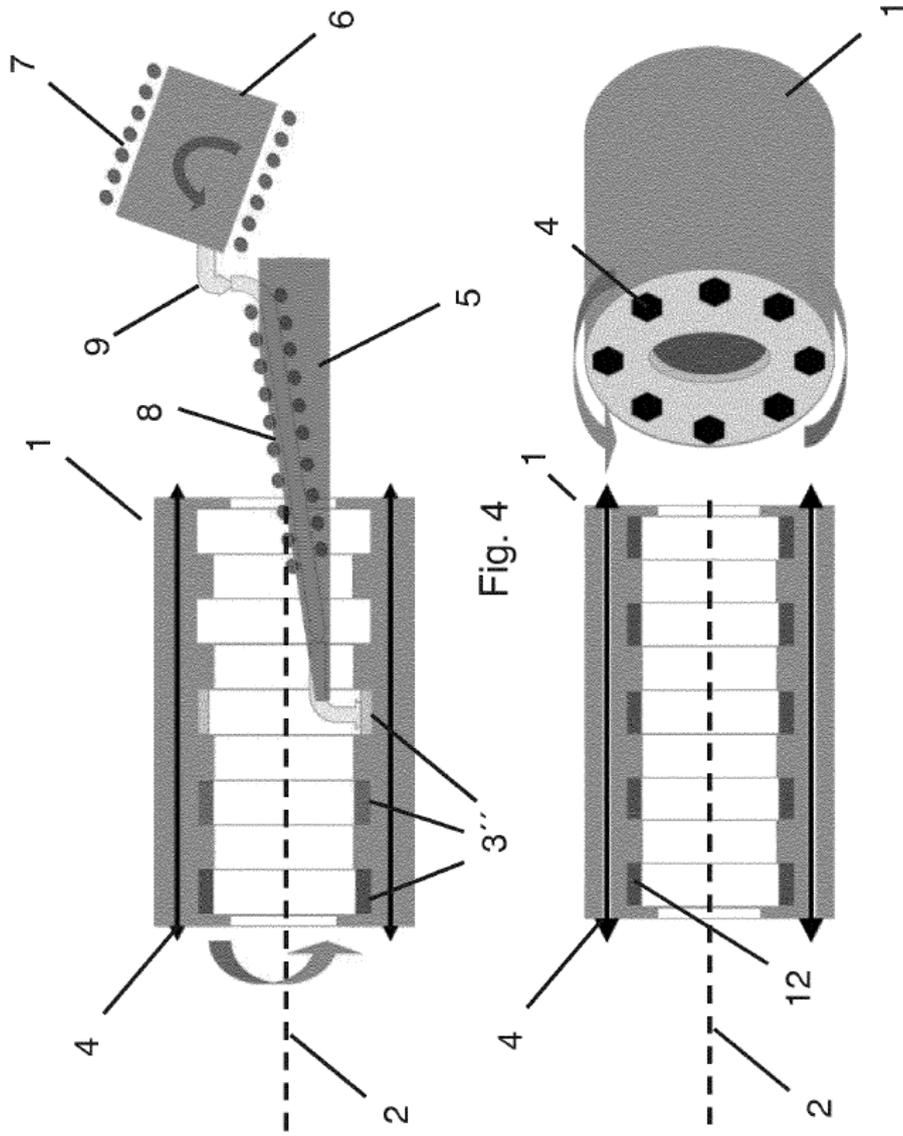


Fig. 6

Fig. 5

Fig. 4

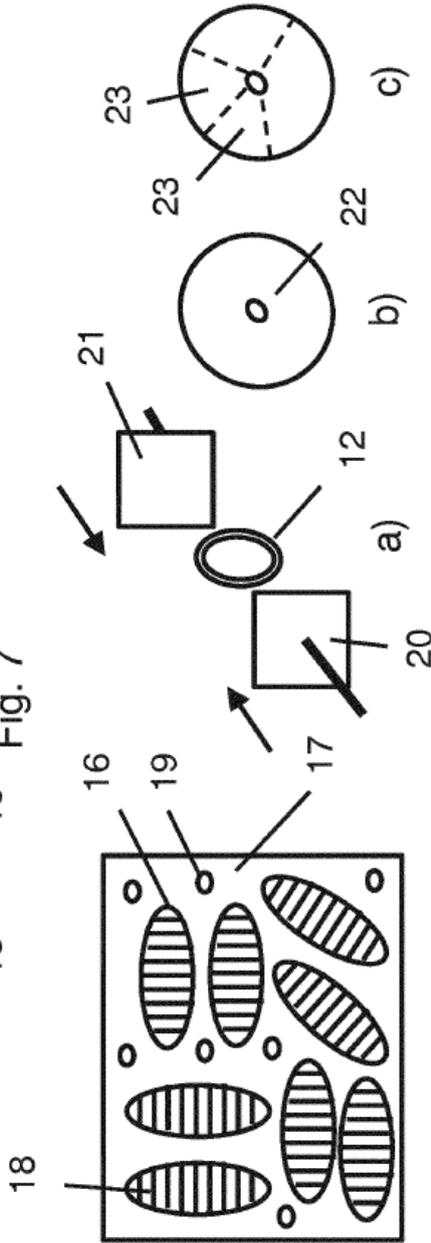
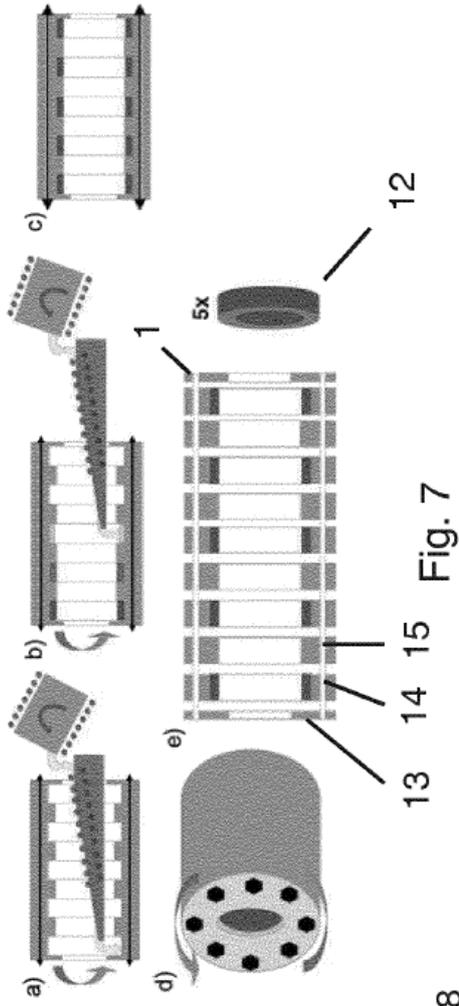


Fig. 9