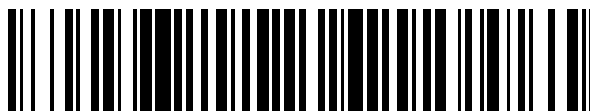


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 423 326**

51 Int. Cl.:

B22D 17/00 (2006.01)

B22D 25/00 (2006.01)

B22D 17/10 (2006.01)

C22C 1/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.08.2010 E 10743166 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2013 EP 2393619**

54 Título: **Procedimiento para la fabricación de piezas de colada a presión**

30 Prioridad:

24.03.2010 EP 10157519

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

19.09.2013

73 Titular/es:

**RHEINFELDEN ALLOYS GMBH & CO. KG
(100.0%)
Friedrichstrasse 80
79618 Rheinfelden, DE**

72 Inventor/es:

FRANKE, RÜDIGER

74 Agente/Representante:

SUGRAÑES MOLINÉ, Pedro

ES 2 423 326 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 colada a presión

5 La invención se refiere a un procedimiento para la fabricación de piezas de colada a presión a partir de una aleación de aluminio según el preámbulo de la reivindicación 1.

10 Las piezas de colada a presión a partir de aleaciones de aluminio encuentran cada vez más aplicación entre otros en la industria automovilística por motivos de una reducción de peso requerida de manera creciente. Por motivos técnicos de la colada, por ejemplo en el caso de nudos para estructuras *Space Frame* (de malla espacial) con procedimientos de colada a presión convencionales por regla general no puede quedarse por debajo de un espesor de pared de la pieza de colada de aproximadamente 2 mm. El llenado del molde de colada a presión con fundiciones de metal semisólidas mediante la aplicación de *thixocasting* o *rheocasting* lleva a un mejor llenado del molde y como consecuencia a una reducción adicional posible del espesor de pared de la pieza de colada hasta aproximadamente 15 1 mm. Sin embargo, a medida que disminuye el espesor de pared la capacidad disminuida para recibir fuerzas se convierte cada vez más en un factor limitante. Esta desventaja podría superarse en sí misma mediante la adición de nanopartículas a una matriz de aleación de aluminio. Sin embargo se carece de un procedimiento adecuado para la fabricación económica de aleaciones de aluminio reforzadas con partículas a escala nanoscópica y su preparación para formar fundiciones de metal semisólidas para la colada a presión.

20 En un procedimiento dado a conocer en el documento US 2003/0201088 A1 se alimenta con una fundición de metal en estado fluido un tubo cilíndrico en el que está dispuesto coaxialmente un vástago de presión. En este sentido el diámetro exterior del vástago de presión es más pequeño que el diámetro interior del tubo cilíndrico, de modo que el metal fluido fluye en el espacio intermedio entre el tubo cilíndrico y el vástago de presión. El vástago de presión está previsto para la realización de un movimiento axial hacia delante y hacia atrás y una rotación alrededor de su eje longitudinal. Una válvula que rodea el vástago de presión y que puede desplazarse deslizándose en la pared interior del tubo cilíndrico venciendo una resistencia de fricción divide el tubo cilíndrico en una cámara superior y una inferior. En función del sentido de desplazamiento axial del vástago de presión la válvula se abre o cierra y posibilita o bloquea el flujo de metal entre la cámara superior y la inferior. En el caso de un movimiento hacia delante del vástago de presión la válvula permanece cerrada y el metal en la cámara inferior del tubo cilíndrico se empuja a través de una abertura de escape al interior de la cámara de llenado de una máquina de colada a presión. Por medio de elementos de calentamiento se controla el perfil de temperatura de la fundición de metal en el tubo cilíndrico de tal modo que se ajusta una fundición semisólida con un porcentaje de material sólido determinado. De la superficie envolvente del vástago de presión salen radialmente aletas. Las aletas sirven por un lado para el apoyo coaxial del vástago de presión en el tubo cilíndrico, al apoyarse las aletas en la pared interior del tubo cilíndrico. Por otro lado las aletas, por la rotación del vástago de presión alrededor de su eje longitudinal, llevan a una agitación de la fundición de metal con el fin de una distribución de temperatura uniforme en el metal.

40 La invención se basa en el objetivo de conseguir un procedimiento del tipo mencionado al inicio con el que pueda prepararse de manera continua y económica una fundición de aleación de aluminio semisólida y tratarse adicionalmente para formar piezas de colada a presión. Un objetivo adicional de la invención se encuentra en conseguir un procedimiento para la fabricación de piezas de colada a presión a partir de una aleación de aluminio reforzadas con nanopartículas, con el que pueda prepararse de manera continua y económica una fundición de aleación de aluminio semisólida bajo la acción de fuerzas de cizalladura típicas del procedimiento con una dispersión fina elevada de nanopartículas y tratarse adicionalmente para formar piezas de colada a presión.

50 A la solución según la invención del primer objetivo lleva un procedimiento con las características de la reivindicación 1. A este respecto las fuerzas de cizalladura elevadas existentes en el estado de fase semisolidificado en el proceso de amasado provocan una trituración continua de ramas de dendrita que se forman, lo que lleva a una ductilidad aumentada de las piezas de colada a presión. Las fuerzas de compresión elevadas llevan además a una transmisión de calor mayor, lo que finalmente posibilita un ajuste más preciso del porcentaje de sólido en la aleación de aluminio.

55 A la solución del segundo objetivo según la invención lleva que para la fabricación de piezas de colada a presión reforzadas con nanopartículas se mezclan nanopartículas con la aleación de aluminio en la máquina mezcladora y amasadora y mediante fuerzas de cizalladura elevadas se dispersan de manera fina en la aleación de aluminio, en el que en un extremo de la carcasa se suministra una aleación de aluminio fluida y nanopartículas al espacio de trabajo y en el otro extremo de la carcasa se extrae del espacio de trabajo como aleación de aluminio semisólida con un porcentaje de sólido predeterminado y con nanopartículas dispersas de manera fina en la aleación de aluminio. A este respecto las fuerzas de cizalladura elevadas existentes en el estado de fase semisolidificado en el proceso de amasado provocan, además de la trituración de ramas de dendrita que se forman y la mayor ductilidad alcanzada con ello, una dispersión fina de las nanopartículas que es necesaria para su acción de aumento de la resistencia.

65 Convenientemente la envoltura de carcasa interior está rodeada por una envoltura de carcasa exterior formándose un espacio intermedio preferiblemente en forma de cilindro hueco y para el enfriamiento y calentamiento del espacio de trabajo se conducen gases fríos y/o calientes a través del espacio intermedio. A través del espacio intermedio se

conducen, para el enfriamiento, preferiblemente aire, preferiblemente aire a presión, y para el calentamiento, gases calientes, preferiblemente gases de combustión.

5 Los gases se conducen a través del espacio intermedio preferiblemente en contracorriente con respecto al sentido de transporte de la aleación de aluminio.

El porcentaje de sólido de la aleación de aluminio se ajusta preferiblemente a del 40 al 80%, en particular a más del 50%.

10 En una realización preferida del procedimiento según la invención la aleación de aluminio semisólida se extrae del espacio de trabajo como barra de metal semisólida. La barra de metal semisólida que sale de manera continua se divide en porciones de metal semisólidas y las porciones de metal semisólidas se transfieren al interior de la cámara de llenado de la máquina de colada a presión.

15 El porcentaje en peso de las nanopartículas en la aleación se encuentra preferiblemente entre aproximadamente el 0,1 y el 10%. Nanopartículas adecuadas económicas se componen preferiblemente de ácido silícico pirogénico, como por ejemplo Aerosil®. Sin embargo también pueden utilizarse otras nanopartículas, como por ejemplo los nanotubos de carbono conocidos (*carbon nanotubes*, CNT), así como partículas a escala nanoscópica adicionales, por ejemplo fabricadas según el procedimiento Aerosil® conocido, a partir de óxidos de metal y semimetal, como por
20 ejemplo óxido de aluminio (Al₂O₃), dióxido de titanio (TiO₂), óxido de circonio (ZrO₂), óxido de antimonio (III), óxido de cromo (III), óxido de hierro (III), óxido de germanio (IV), óxido de vanadio (V) u óxido de wolframio (VI).

25 Ventajas, características y detalles adicionales de la invención se deducen a partir de la siguiente descripción de ejemplos de realización preferidos así como mediante el dibujo, que solamente sirve para la explicación y no debe interpretarse como limitativo. El dibujo muestra esquemáticamente en

la figura 1 una sección longitudinal a través de una máquina de colada a presión con una máquina mezcladora y amasadora antepuesta;

30 la figura 2 una sección longitudinal a través de una parte de una máquina mezcladora y amasadora;

la figura 3 una sección transversal a través de la máquina mezcladora y amasadora de la figura 1;

35 la figura 4 campos de flujo de alargamiento y cizalladura característicos en una masa de producto, desencadenados por una aleta de amasado que pasa por delante de un perno de amasado;

la figura 5 la fabricación continua de material en bruto semisólido para la colada a presión con una disposición según la figura 1.

40 Una instalación mostrada en la figura 1 para la colada a presión de piezas de colada a presión reforzadas opcionalmente con nanopartículas a partir de una aleación de aluminio presenta una máquina de colada a presión 10 y una máquina mezcladora y amasadora 30 antepuesta a la máquina de colada a presión 10.

45 La máquina de colada a presión 10 reproducida sólo parcialmente en el dibujo es una máquina habitual en el mercado para la colada a presión convencional de aleaciones de aluminio y presenta entre otros una cámara de llenado 12 unida con un lado fijo 18 de un molde de colada, con una abertura 16 para recibir el metal que va a empujarse por medio de un pistón 20 fuera de la cámara de llenado 12 y al interior de un espacio hueco de molde 14 del molde de colada.

50 La máquina mezcladora y amasadora 30 está representada de manera detallada en las figuras 2 y 3. La construcción básica de una máquina mezcladora y amasadora de este tipo se conoce por ejemplo por el documento CH-A- 278 575. La máquina mezcladora y amasadora 30 presenta una carcasa 31 con un espacio de trabajo 34 encerrado por una envoltura de carcasa interior 32, en el que está dispuesto un árbol helicoidal 36 que en la envoltura de carcasa interior 32 rota alrededor de un eje longitudinal x y se mueve con traslación hacia delante y
55 hacia atrás en el eje longitudinal x. El árbol helicoidal 36 está interrumpido en la dirección perimetral formándose aletas de amasado individuales 38. De esta manera se originan aberturas pasantes axiales 40 entre las aletas de amasado individuales 38. Desde el lado interior de la envoltura de carcasa interior 32 se adentran pernos de amasado 42 en el espacio de trabajo 34. Los pernos de amasado del lado de carcasa 42 se enganchan en las aberturas pasantes axiales 40 de las aletas de amasado 38 dispuestas sobre el árbol helicoidal o principal 36. Un
60 árbol de accionamiento 44 dispuesto concéntrico con respecto al árbol helicoidal 36 está conducido por el lado frontal hacia fuera de la envoltura de carcasa interior 32 y unido con una unidad de accionamiento no representada en el dibujo para la realización de un movimiento de rotación del árbol helicoidal 36. En el dibujo tampoco está representado un dispositivo que actúa conjuntamente con el árbol helicoidal 36 para la realización del movimiento con traslación del árbol helicoidal 36.

65 La envoltura de carcasa interior cilíndrica 32 de la máquina mezcladora y amasadora 30 que delimita el espacio de

trabajo 34 está rodeada por una envoltura de carcasa exterior cilíndrica 46. La envoltura de carcasa interior 32 y la envoltura de carcasa exterior 46 forman una envoltura doble y a este respecto encierran un espacio intermedio 48 en forma de cilindro hueco.

5 En el extremo de la carcasa 31 cercano al lado de accionamiento del árbol helicoidal 36 está prevista una abertura de alimentación 50 para el suministro de una aleación de aluminio fluida y opcionalmente de nanopartículas en el espacio de trabajo 34. Aunque en el dibujo sólo se muestra una abertura de alimentación 50, para la aleación de aluminio y para las nanopartículas pueden estar previstas dos aberturas de alimentación separadas. En principio también es posible agregar las nanopartículas de la aleación de aluminio fluida ya antes de la alimentación del metal
10 en la máquina amasadora y mezcladora 30. En el extremo de la envoltura de carcasa interior 32 alejado del lado de accionamiento del árbol helicoidal 36 está prevista una abertura de escape 52 para la extracción de la aleación de aluminio semisólida con nanopartículas dispersas en ésta opcionalmente.

15 En el extremo de la carcasa 31 alejado del lado de accionamiento del árbol helicoidal 36 en la envoltura de carcasa exterior 46 están previstas aberturas de admisión 54, 56 para la introducción de gases fríos o calientes en el espacio intermedio 48. De manera correspondiente, en el extremo de la carcasa 31 cercano al lado de accionamiento del árbol helicoidal 36 están previstas aberturas de salida 58, 60 para la salida de los gases del espacio intermedio 48. Para garantizar un flujo pasante de gas máximo y distribuido uniformemente por el perímetro de la envoltura de carcasa interior 32 desde las aberturas de admisión 54, 56 hacia las aberturas de salida 58, 60 y con ello una
20 evacuación de calor uniforme del espacio de trabajo 34 o un aporte de calor uniforme al espacio de trabajo 34, están dispuestas aberturas de admisión y escape 54, 56 ó 58, 60 distribuidas uniformemente alrededor del perímetro de la envoltura de carcasa exterior 46 según la figura 3.

25 La figura 4 muestra en una representación esquemática campos de flujo de alargamiento y cizalladura característicos en una masa de producto P, tal como aparecen en una máquina mezcladora y amasadora 30 configurada según el estado de la técnica por una aleta de amasado 38 que pasa por delante de un perno de amasado 42. El sentido de giro de la aleta de amasado 38 está indicado esquemáticamente por una flecha curvada A, mientras que el movimiento con traslación de la aleta de amasado 38 está indicado por una flecha doble B. Mediante el movimiento de giro de la aleta de amasado 38 su punta divide la masa de producto P, tal como está
30 indicado por las flechas C, D. Entre el perno de amasado 42 y la superficie principal 39 dirigida al perno de amasado 42, de la aleta de amasado 38 y la aleta de amasado 38 que pasa por delante de la misma existe un intersticio 41, cuya anchura varía por el giro y el movimiento con traslación del árbol helicoidal 36. En este intersticio 41 se provoca una operación de cizalladura en la masa de producto P, lo que está indicado por las flechas E. Tanto delante como también detrás del perno de amasado 42 se relaja y reorienta la masa de producto P, como se indica por las flechas de rotación F, G. Como ya se detalló al inicio, por cada ciclo de cizalladura, mediante el movimiento axial sinusoidal
35 de la aleta de amasado 38 respectiva en una línea se origina un acercamiento máximo de la aleta de amasado 38 y el perno de amasado 42 y con ello una velocidad de cizalladura máxima en la masa de producto P.

40 A continuación se explica en más detalle a modo de ejemplo mediante las figuras 1 y 2 el modo de funcionamiento de la instalación para la colada a presión de piezas de colada a presión reforzadas opcionalmente con nanopartículas a partir de una aleación de aluminio.

45 Una fundición de aleación de aluminio mantenida un poco por encima de la temperatura de fusión de la aleación se suministra sola o junto con nanopartículas de manera dosificada al espacio de trabajo 34 a través de la abertura de alimentación 50. Mediante el aplastamiento de la aleación de aluminio semisolidificada con nanopartículas entre las aletas de amasado 38 y los pernos de amasado 42 se aplican fuerzas de cizalladura elevadas que llevan a la trituración de ramas de dendrita y provocan una dispersión fina de las nanopartículas existentes en forma de aglomerados. Un mezclado eficiente, que homogenice, se obtiene de la superposición del efecto de mezclado longitudinal y radial. Mediante la regulación del flujo de gases fríos y calientes a través del espacio intermedio
50 48 entre la envoltura de carcasa interior 32 y la envoltura de carcasa exterior 46 se ajusta el porcentaje de sólido de la aleación de aluminio en el espacio de trabajo 34 de tal modo que éste se encuentra en el intervalo deseado durante la extracción del metal a través de la abertura de escape 52.

55 El ajuste del porcentaje de sólido deseado de la aleación de aluminio se produce mediante la medición del cambio de la viscosidad de la fundición de metal en la máquina amasadora y mezcladora 30. La viscosidad que aumenta a medida que aumenta el porcentaje de sólido de la aleación de aluminio semisólida puede detectarse por ejemplo mediante la medición de la resistencia al giro en el árbol de accionamiento 44 del árbol helicoidal 36. Mediante la determinación de la resistencia al giro para porcentajes de sólido definidos pueden establecerse valores teóricos correspondientes, a los que se regulan los valores reales medidos mediante el control del flujo pasante de gases fríos y calientes a través del espacio intermedio 48 entre la envoltura de carcasa interior y exterior 32, 46.
60

La aleación de aluminio que presenta el porcentaje de sólido deseado y que contiene opcionalmente nanopartículas dispersas de manera fina se proporciona a través de la abertura de alimentación 16 a la cámara de llenado 12 de la máquina de colada a presión 10 y se empuja a partir de ésta de manera periódica por medio del pistón 20 de forma conocida fuera de la cámara de llenado 12 al interior del espacio hueco de molde 14 del molde de colada.
65

A continuación mediante la figura 5 se describe en más detalle a modo de ejemplo la fabricación continua de material en bruto semisólido en forma de vástago para la colada a presión de piezas de colada a presión reforzadas opcionalmente con nanopartículas a partir de una aleación de aluminio. Se conserva el modo de funcionamiento explicado anteriormente mediante las figuras 1 y 2.

5 La aleación de aluminio que presenta el porcentaje de sólido deseado y que contiene opcionalmente nanopartículas dispersas de manera fina se empuja hacia fuera de manera continua a través de la abertura de escape 52 en forma de una barra de metal semisólida 70. De la barra de metal semisólida 70, por ejemplo con una cuchilla que funciona conjuntamente, se tronzan porciones de metal semisólidas 72. Las porciones de metal semisólidas 72 corresponden
10 habitualmente en cada caso a la cantidad de metal necesaria para la fabricación de una pieza de colada a presión individual y se transfieren para cada carrera de manera individual al interior de la cámara de llenado 12 de la máquina de colada a presión 10 y se empujan a partir de ésta de manera periódica por medio del pistón 20 de forma conocida fuera de la cámara de llenado 12 al interior del espacio hueco de molde 14 del molde de colada.

15 Habitualmente la barra de metal semisólida 70 abandona la máquina mezcladora y amasadora 30 en la dirección del eje longitudinal x del árbol helicoidal 36 en dirección horizontal, sin embargo también es concebible otra dirección de salida, por ejemplo vertical. La sección transversal de la barra de metal 70 sigue la sección transversal de la abertura de escape 52 y es habitualmente circular. Las porciones de metal semisólidas 72 pueden por ejemplo agarrarse con unas pinzas y transferirse al interior de la cámara de llenado 12 de la máquina de colada a presión 10.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la fabricación de piezas de colada a presión a partir de una aleación de aluminio, en el que la aleación de aluminio atraviesa una máquina con una carcasa (31) con un espacio de trabajo (34) encerrado por una envoltura de carcasa interior (32) y un árbol con aletas que en la envoltura de carcasa interior (32) rota alrededor de un eje longitudinal (x) y se mueve con traslación hacia delante y hacia atrás en el eje longitudinal (x), en el que en un extremo de la carcasa (31) se suministra una aleación de aluminio fluida al espacio de trabajo (34) y en el otro extremo de la carcasa (31) se extrae del espacio de trabajo (34) como aleación de aluminio semisólida con un porcentaje de sólido predeterminado, se transfiere al interior de una cámara de llenado (12) de una máquina de colada a presión (10) y por medio de un pistón (20) se empuja al interior de un molde de colada, en el que el porcentaje de sólido de la aleación de aluminio en el espacio de trabajo (34) se ajusta al porcentaje de sólido predeterminado mediante enfriamiento y calentamiento preciso del espacio de trabajo (34), **caracterizado porque** la aleación de aluminio se somete a fuerzas de cizalladura elevadas en una máquina mezcladora y amasadora (30) con un árbol helicoidal (36) interrumpido en la dirección perimetral formándose aletas de amasado individuales (38) con aberturas pasantes axiales (40) entre las aletas de amasado (38) y con pernos de amasado (42) fijados en la envoltura de carcasa interior (32), que se adentran en el espacio de trabajo (34) y se enganchan en las aberturas pasantes axiales (40).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la envoltura de carcasa interior (32) está rodeada por una envoltura de carcasa exterior (46) formándose un espacio intermedio (48) preferiblemente en forma de cilindro hueco y para el enfriamiento y calentamiento del espacio de trabajo (34) se conducen gases fríos y/o calientes a través del espacio intermedio (48).
3. Procedimiento según la reivindicación 2, **caracterizado porque** a través del espacio intermedio (48) se conducen, para el enfriamiento, aire, preferiblemente aire a presión, y para el calentamiento, gases calientes, preferiblemente gases de combustión.
4. Procedimiento según la reivindicación 2 ó 3, **caracterizado porque** los gases se conducen a través del espacio intermedio (48) en contracorriente con respecto al sentido de transporte de la aleación de aluminio.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** para el ajuste de un porcentaje de sólido deseado se mide la viscosidad de la aleación de aluminio en el espacio de trabajo (34) y se ajusta a un valor predeterminado mediante enfriamiento y calentamiento preciso del espacio de trabajo (34).
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** el porcentaje de sólido de la aleación de aluminio se ajusta a del 40 al 80%, preferiblemente a más del 50%.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** la aleación de aluminio semisólida se extrae del espacio de trabajo (34) como barra de metal semisólida (70), la barra de metal semisólida (70) se divide en porciones de metal semisólidas (72) y las porciones de metal semisólidas (72) se transfieren al interior de la cámara de llenado (12) de la máquina de colada a presión (10).
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** para la fabricación de piezas de colada a presión reforzadas con nanopartículas se mezclan nanopartículas con la aleación de aluminio en la máquina mezcladora y amasadora (30) y mediante fuerzas de cizalladura elevadas se dispersan de manera fina en la aleación de aluminio, en el que en un extremo de la carcasa (31) se suministra una aleación de aluminio fluida y nanopartículas al espacio de trabajo (34) y en el otro extremo de la carcasa (31) se extrae del espacio de trabajo (34) como aleación de aluminio semisólida con un porcentaje de sólido predeterminado y con nanopartículas dispersas de manera fina en la aleación de aluminio.
9. Procedimiento según la reivindicación 8, **caracterizado porque** el porcentaje en volumen de las nanopartículas en la aleación asciende a del 0,1 al 10%.
10. Procedimiento según la reivindicación 9, **caracterizado porque** como nanopartículas se utilizan ácido silícico pirogénico, nanotubos de carbono (*carbon nanotubes*, CNT), así como otras partículas a escala nanoscópica a partir de óxidos de metal y semimetal, como por ejemplo óxido de aluminio (Al₂O₃), dióxido de titanio (TiO₂), óxido de circonio (ZrO₂), óxido de antimonio (III), óxido de cromo (III), óxido de hierro (III), óxido de germanio (IV), óxido de vanadio (V) u óxido de wolframio (VI).

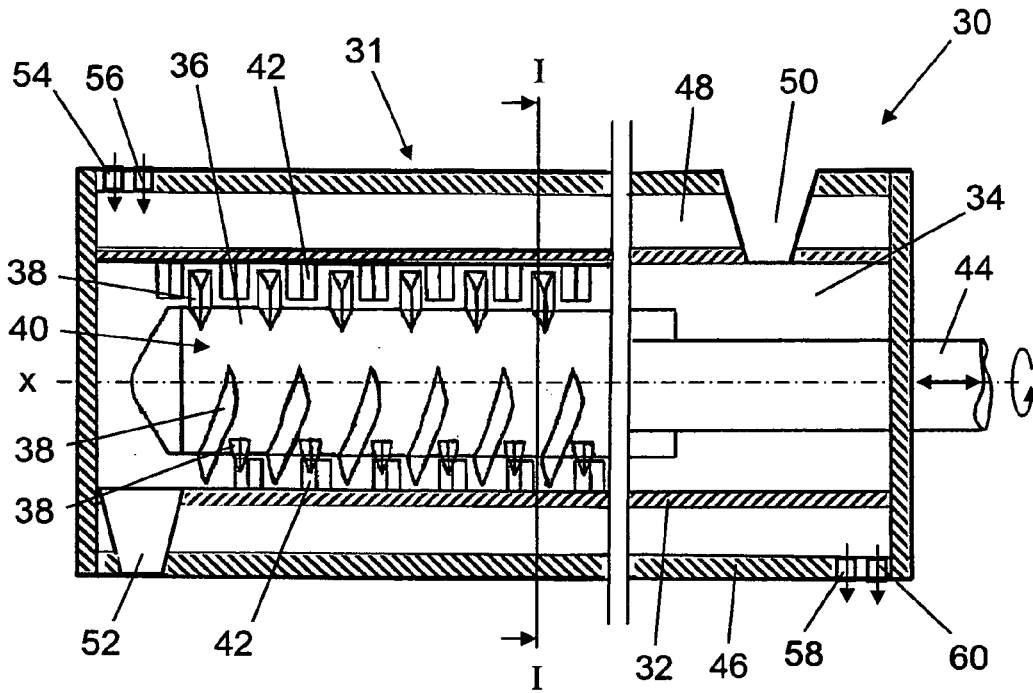


Fig. 2

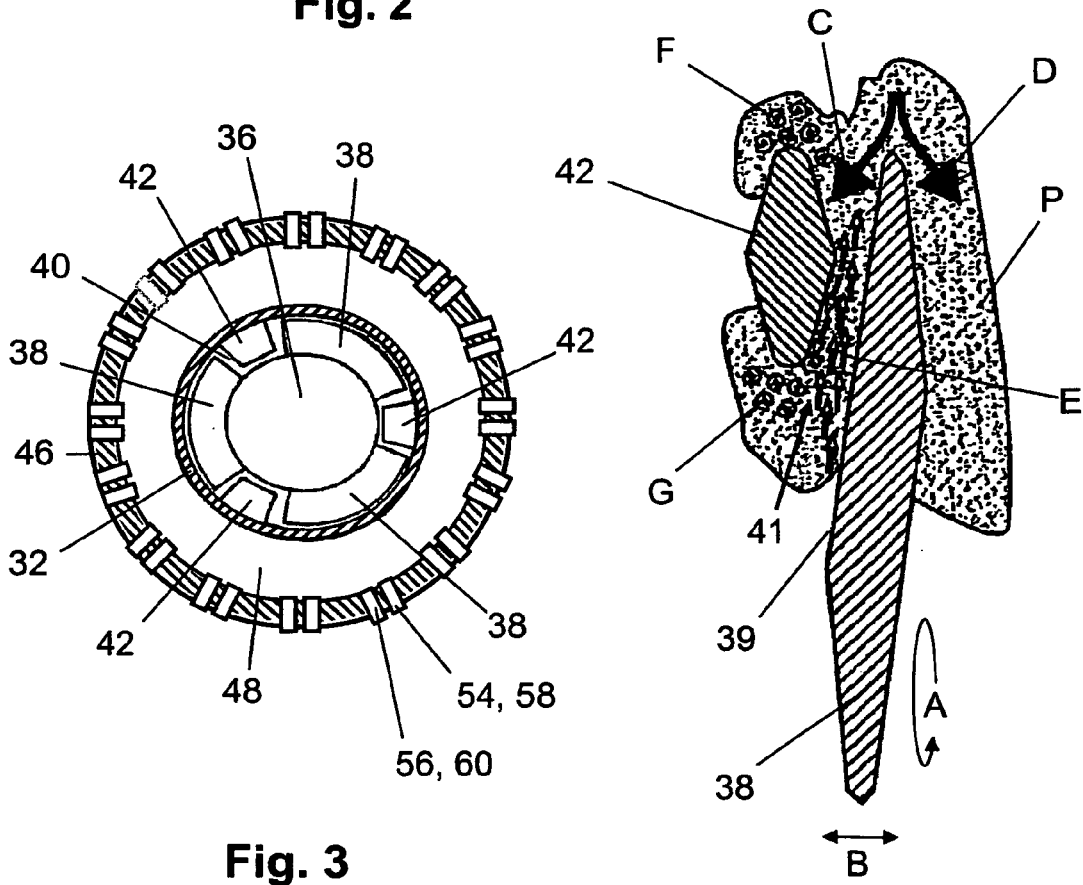


Fig. 3

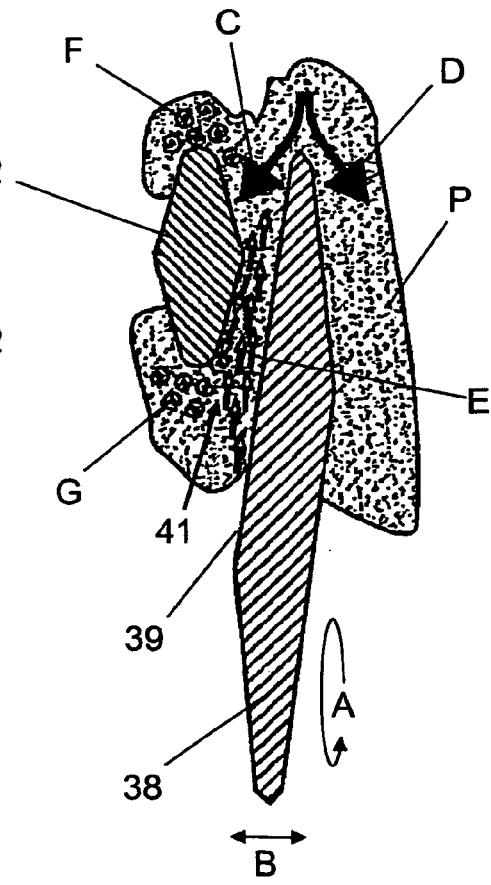


Fig. 4

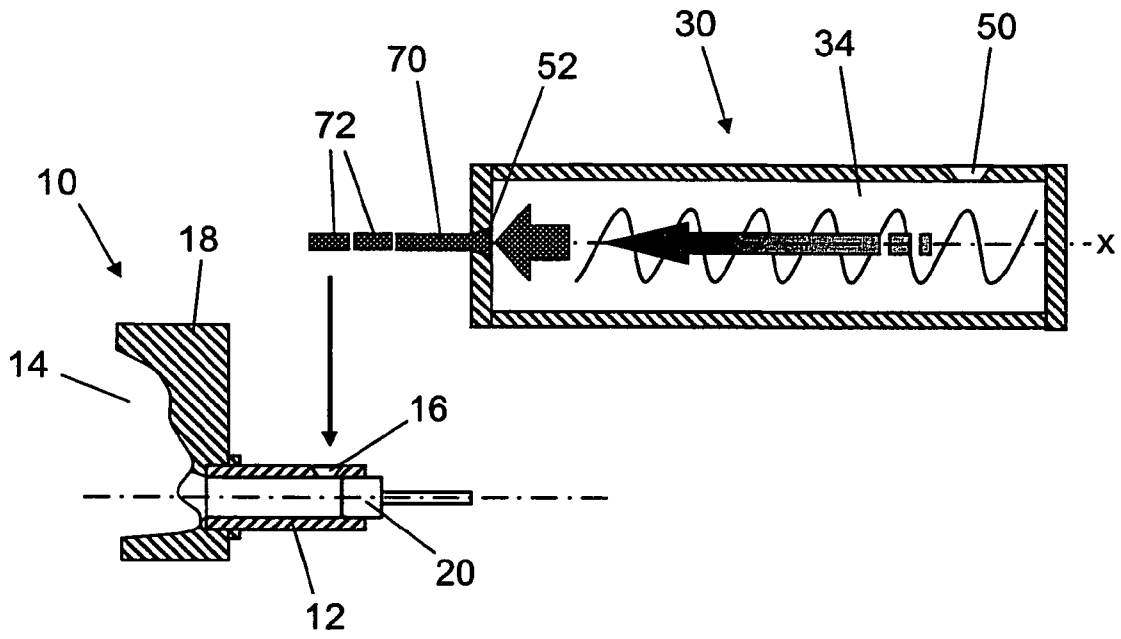


Fig. 5