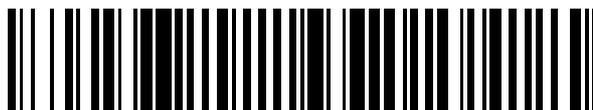


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 402 959**

51 Int. Cl.:

B29C 67/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.08.2008 E 08425566 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.01.2013 EP 2156941**

54 Título: **Proceso para producir un filtro, en particular para un separador rotativo y filtro obtenido con él**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.05.2013

73 Titular/es:

**AVIO S.P.A. (100.0%)
STRADA DEL DROSSO, 145
TORINO, IT**

72 Inventor/es:

**GENNARO, PAOLO;
ROMEO, MAURIZIO;
BENE, GIUSEPPE;
TORTAROLO, FRANCO y
ZANON, GIOVANNI PAOLO**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 402 959 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

Proceso para producir un filtro, en particular para un separador rotativo y filtro obtenido con él

5 La presente invención se refiere a un proceso para producir un filtro, en particular para un separador de aire/aceite rotativo en un motor de turbina.

10 Como es conocido, los motores de turbina en aplicaciones aeronáuticas tienen un separador de aire/aceite incluyendo un filtro de forma toroidal, que va montado en un rotor y se define por una serie de elementos de filtro en forma de aro, hechos de una espuma de metal. El filtro recibe una mezcla entrante de aire y aceite en una de sus caras y deja pasar el aire a su través, atrapando las partículas de aceite en los poros en la espuma de metal. Debido al efecto de la rotación del rotor, el aceite se hace pasar radialmente a través de los poros, antes de ser descargado y salir hacia un depósito.

15 Es conocida la producción de elementos de filtro hechos de aleaciones de níquel-cromo o níquel, usando una matriz que consta de esferas de material polimérico, cuyas posiciones y dimensiones corresponden a las que tendrán los poros en la espuma de metal. La estructura porosa se obtiene colocando la aleación de metal (por ejemplo usando medios electroquímicos) en los espacios entre las esferas y eliminando posteriormente el material polimérico.

20 Según un proceso diferente, es conocida la producción de elementos de filtro hechos de una aleación de aluminio. En este caso, los poros en la espuma de metal se obtienen soplando gas a la aleación mientras ésta última todavía está en el estado líquido.

25 Los elementos de filtro obtenidos usando los métodos conocidos descritos anteriormente no son totalmente satisfactorios, porque las fuerzas de inercia centrífugas ejercidas en el filtro debido a la rotación del rotor no están equilibradas. Con los métodos de producción conocidos el material metálico no se distribuye de manera perfectamente uniforme en el volumen de los elementos de filtro.

30 En particular en procesos que usan una matriz polimérica, este problema se debe al hecho de que la posición de los poros se determina por la posición de las esferas en el material polimérico, que, a su vez, no es totalmente controlable y así tiene un cierto grado de aleatoriedad.

35 Incluso las ligeras no uniformidades en la distribución del material y, por ello, las ligeras desviaciones del centro de gravedad del filtro con respecto al eje del rotor originan problemas en términos de fuerzas de inercia, cuando el rotor gira a altas velocidades (hasta aproximadamente 18.000 rpm).

40 Además, también debido a la aleatoriedad de la posición de los poros, los varios elementos de filtro no son perfectamente idénticos uno a otro, lo que significa que diferentes separadores de aire/aceite se podrían comportar de forma ligeramente diferente en motores de turbina, a la misma velocidad de rotación.

45 Applied Surface Science 255 (2009) 5523-5527, "Manufacturing of fine-structured 3D porous filter elements by selective laser melting", I. Yadroitsev y colaboradores, corresponde al preámbulo de la reivindicación 1 y describe la fusión por láser selectiva que permite la fabricación de piezas 3D porosas, con forma casi neta personalizada y geometría interna diseñada en la etapa de su modelado por ordenador.

DE 10 2005 032842 A1 describe un proceso para producir un filtro por medio del denominado método de prototipo rápido basado en sinterización por láser.

50 US-A-6 112 804 describe métodos de mejorar las propiedades térmicas incorporando canales de refrigerante de contorno integral a un molde, añadiendo texturas superficiales a los canales de refrigerante, creando recorridos de alta conductividad térmica entre las superficies y los canales de refrigerante, y creando regiones de baja inercia térmica en el molde.

55 EP-A-1 878 522 se refiere a un proceso para la producción en masa de artículos tridimensionales hechos de compuestos intermetálicos basados en titanio y aluminio por una tecnología de fusión con haz de electrones.

En WO 01/14127 A se fabrica un artículo a partir de una resina polimérica fotosensible de manera que incluya una pluralidad de componentes y tenga una naturaleza unitaria.

60 CHEMICAL AND PETROLEUM ENGINEERING 1990 JAN. VOL. 25, NR. 5-6, páginas 361-364, sugiere fabricar tubos filtrantes porosos de pared fina a partir de polvos de titanio reducidos.

65 La finalidad de la presente invención es proporcionar un proceso para producir un filtro, en particular para un separador rotativo, que supera los inconvenientes descritos anteriormente de manera simple y a un costo razonable.

Según la presente invención, se facilita un proceso para producir un filtro, en particular para un separador rotativo,

como el definido en la reivindicación 1.

Según la presente invención, también se produce un filtro para un separador rotativo, como el definido por la reivindicación 16.

5 Al objeto de que la presente invención se entienda mejor, ahora se describirá una realización preferida no limitadora a modo de ejemplo con referencia a los dibujos acompañantes, en los que:

10 La figura 1 es una vista esquemática en sección transversal de un separador de aire/aceite rotativo en un motor de turbina, incluyendo un filtro producido según una realización preferida del proceso según la presente invención.

La figura 2 representa un elemento de filtro que forma parte del filtro de la figura 1.

15 Las figuras 3A-3D ilustran esquemáticamente algunos pasos del proceso de producir el filtro.

La figura 4 es una vista en perspectiva esquemática de otro paso del proceso para producir el filtro.

20 La figura 5 es una ilustración esquemática en escala ampliada de una estructura celular de un modelo matemático de la estructura porosa del filtro.

Y la figura 6 es una ilustración esquemática de una realización alternativa del filtro de la figura 2.

25 En la figura 1, el número 1 indica un separador de aire/aceite rotativo en un motor de turbina. El separador 1 incluye un rotor 2, que gira alrededor de un eje 3 y lleva, en una posición fija y coaxial, un filtro de forma toroidal 4. El filtro 4 tiene una cara axial 5 que recibe una mezcla de aire y aceite que llega de una entrada 6, y deja pasar el aire a su través hacia la cara axial opuesta 7. Desde aquí, el aire fluye a una salida para ser descargado fuera. El aceite es atrapado en los poros del filtro 4 y, debido a las fuerzas de inercia centrífugas, fluye radialmente hasta salir del filtro 4, después de lo que se recoge y sale a través de una salida 8 del separador 1 a un depósito (no ilustrado).

30 El filtro 4 incluye una pluralidad de aros coaxiales y de solapamiento 10, de los que se ilustra uno en la figura 2. El filtro 4 también incluye una pluralidad de pasadores de accionamiento (no ilustrados), que sobresalen de las caras 7 y 8, enganchan, en posiciones fijas, asientos respectivos obtenidos en los aros 10 y se hacen de material metálico macizo (es decir, sin poros).

35 Con referencia a la figura 2, los aros 10 son definidos por una espuma de metal hecha de una aleación de titanio, preferiblemente de una aleación conocida como Ti6-4 Ti-6Al-4V (con un contenido de aluminio de 6% y un contenido de vanadio de 4%). Dicha aleación es un material compatible con las temperaturas que hay, en la práctica, en el separador 1 (aproximadamente 150°C) y con las temperaturas usadas al procesar los otros componentes que son parte del separador 1 (aproximadamente 750°C); no tiene problemas de corrosión por ácido nítrico, el agente que se usa normalmente para limpiar los filtros en los procesos actuales para producir separadores de aire/aceite para motores de turbina aeronáuticos; no es difícil de usar en entornos con aceite y/o queroseno; y tiene una densidad más baja en comparación con las soluciones de aleación de níquel-cromo conocidas, (4,43-4,67 kg/dm³ en lugar de 7,8-8,11 kg/dm³) y valores más altos de resistencia a la fractura o UTS (resistencia última a la tracción).

45 En particular, los altos valores de resistencia específica, definidos como la relación entre UTS y densidad, del material usado (aproximadamente 200 kNm/kg para Ti6-4) significan que la filtración se puede optimizar con respecto a las soluciones conocidas en aleaciones de níquel-cromo (que tienen valores de resistencia específica del orden de aproximadamente 50 a 150 kNm/kg) o aleaciones de aluminio, incluso a bajas velocidades del motor de turbina.

50 Usando una relación de velocidad más alta, para hacer que el rotor 2 gire más rápido con respecto a las soluciones conocidas, a velocidades más altas del motor de turbina no hay riesgo de que el filtro 4 explote debido a las fuerzas de inercia centrífugas, gracias a la resistencia específica más alta de la aleación de titanio; mientras que a velocidades más bajas del motor de turbina las fuerzas de inercia centrífugas ejercidas en el aceite en el rotor 2 son más grandes y logran un mejor rendimiento en términos de separación del aire.

Se podría usar cualquier aleación de titanio para obtener los mismos resultados. En particular, la aleación de Ti6-4 mencionada anteriormente es ventajosa, porque se puede obtener fácilmente en el mercado.

60 Algunos pasos del proceso para producir el filtro 4 se ilustran en las figuras 3A-3D, donde, por razones de claridad, se ilustra la formación de un solo aro 10, con vistas que no están a escala. Sin embargo, en la producción en serie real, se puede formar simultáneamente una pluralidad de aros 10, o un filtro incluyendo un solo aro 10 (tal como el de la realización alternativa de la figura 6, que se describe más plenamente más adelante).

65 El aro 10 se hace por medio de técnicas de producción capa a capa, usando un proceso de fusión con haz de energía, por ejemplo un haz de electrones enfocado o un haz láser enfocado, para efectuar fusión localizada y/o

sinterización de capas de polvo posteriores que tienen la misma composición que el producto final a obtener. Estos procesos son conocidos, por ejemplo, como formación láser directa (DLF), conformación neta modificada por láser (LENS), sinterización láser directa de metal (DMLS), fusión por láser selectiva (SLM), o fusión por haz de electrones (EBM).

El proceso se lleva a cabo usando una máquina 11 incluyendo una cámara de fusión 12, que aloja una plataforma de inicio 13 y un dispensador de polvo 14. La máquina 11 también incluye una fuente o cañón 15 para emitir el haz de energía: la fuente 15 es activada y controlada por una unidad de control 16 para fundir el polvo localmente en correspondencia con las zonas reales a formar. Para proteger el material fundido contra la oxidación, la máquina 11 también incluye un sistema (no ilustrado) para generar el vacío en la cámara de fusión 12, o para dirigir un chorro de gas inerte (por ejemplo argón) sobre la zona fundida.

En particular, se usa una máquina de fusión por haz de electrones, o EBM, bajo vacío forzado para producir el aro 10. Por ejemplo, una máquina adecuada es la EBM A2 fabricada y distribuida por ARCAM AB (Suecia).

La plataforma de inicio 13 opera de forma no ilustrada de modo que se traslade, en respuesta a órdenes enviadas por la unidad de control 16, en la dirección vertical indicada con la flecha V. La plataforma de inicio 13 se hace de un material capaz de resistir las altas temperaturas usadas para fundir las aleaciones de titanio, por ejemplo, una aleación a base de níquel comercializada bajo el nombre de marca Inconel (marca comercial registrada) que tiene una temperatura de fusión de aproximadamente 1340°C.

El proceso según la presente invención incluye el paso de formar un modelo celular matemático tridimensional, correspondiente a la forma, las dimensiones y la estructura interna deseada del aro 10, como se describe más plenamente más adelante. El modelo tridimensional del aro 10 se puede formar usando un programa de diseño asistido por ordenador (CAD) y transferir en forma de archivo a la unidad de control 16.

El modelo tridimensional se guarda en la unidad de control 16 y se divide en niveles de solapamiento paralelos, cada uno asociado con una sección transversal relativa a formar fundiendo localmente el polvo de una capa aplicada por el dispensador 14.

La figura 3A representa un paso intermedio en la producción del filtro 4. En este paso, se supone que algunas porciones de la pieza ya se han hecho, en particular una porción anular inferior 17 del aro 10 y una serie de pedestales 18, que son de la misma altura y están espaciados uno de otro alrededor del eje vertical de la porción 17. Los pedestales 18 se hacen con la misma estructura porosa que el aro 10, y, en particular, son cilindros con un diámetro de 3 mm, integrales con el aro 10. Los pedestales 18 ya han sido definidos con el aro 10 en el modelo tridimensional y también se hacen en la máquina 11. La primera sección transversal que se forma en la máquina 11 define la superficie inferior de los pedestales 18 y se fija a la plataforma de inicio 13 como consecuencia del proceso de fusión, de modo que, por una parte, los pedestales 18 mantengan el aro 10 unido a la plataforma de inicio 13 durante el proceso de formación, y, por la otra, separen la porción 17 de la plataforma de inicio 13.

Una porción superior restante 19 que todavía se tiene que formar se muestra con la línea de trazos en las figuras 3A-3D. Las porciones formadas 17, 18 están rodeadas por una masa de polvo 20 que se ha aplicado previamente en capas, pero no se ha fundido.

Como se ha mencionado anteriormente, el polvo tiene la misma composición que el material del que se harán los artículos. El polvo puede tener un tamaño de grano de entre 20 y 150 µm. En particular, el polvo tiene un tamaño de grano controlado de entre 45 y 65 µm. Esta opción de tamaño de grano del polvo representa el mejor compromiso entre la necesidad de una producción a alta velocidad (en la que sería preferible polvo con granos más grandes), y un buen nivel de precisión y uniformidad en las porciones filiformes de material metálico, el denominado "filamento", en la estructura porosa que se produce, además de permitir que el polvo residual se quite fácilmente de la estructura porosa al final del proceso de formación.

El polvo usado se obtiene preferiblemente usando un proceso de atomización de gas, que es un proceso capaz de formar granos con una forma sustancialmente esférica.

Como se ilustra en la figura 3B, la superficie superior 21 de la porción 17 y del polvo circundante 20 está dispuesta en una posición de referencia fija (línea Q) con respecto al dispensador 14. El dispensador 14 se mueve horizontalmente (flecha HR) y aplica una capa 22 de polvo que tiene un grosor sustancialmente uniforme (exagerado intencionadamente en el dibujo por razones de claridad) en la superficie 21. En el caso específico, la capa 22 es de 70 µm de grueso (en términos generales, se puede usar haces de electrones para capas con un grosor de entre 70 y 100 µm, mientras que se usan haces láser para capas con un grosor de entre 20 y 40 µm).

El polvo de la capa 22 experimenta un proceso de precalentamiento en el que se calienta a una temperatura inferior a la temperatura de fusión de la aleación de titanio usada, por ejemplo a una temperatura de aproximadamente 800°C. Por ejemplo, el paso de precalentamiento se lleva a cabo usando el haz de energía enfocado solamente.

ES 2 402 959 T3

Alternativamente, el paso de precalentamiento se lleva a cabo calentando la cámara de fusión 12 usando resistencias eléctricas (no ilustradas), dispuestas fuera de la cámara de fusión 12; o combinando calentamiento por resistencias y el calor generado por el haz de energía enfocado.

5 Después del precalentamiento (figura 3C), se activa la fuente 15 para fundir el polvo de la capa 22 en zonas localizadas seleccionadas por la unidad de control 16 en base a información relativa al nivel del modelo tridimensional correspondiente a la sección transversal a formar.

10 Con respecto a las aleaciones de titanio, la temperatura requerida para fundir el polvo en la cámara 12 es generalmente no inferior a aproximadamente 1700 °C y puede llegar a 1800 °C en función de la aleación concreta que se use.

15 Durante el paso de precalentamiento y durante el paso de fusión, la energía transmitida por el haz de electrones al polvo es controlada para obtener la temperatura deseada. Esto se puede hacer de formas diferentes: cambiando el número de pasadas por el haz de electrones en la capa de polvo, para variar el tiempo de exposición; “desenfocando” el haz de electrones (pérdida de energía por unidad de superficie); variando la corriente suministrada desde la fuente 15; variando la velocidad de exploración de haz de energía; emitiendo el haz de energía intermitentemente; o por cualquier combinación de estos métodos.

20 Preferiblemente, la temperatura dentro de la cámara de fusión 12 se mantiene constantemente bajo control, por ejemplo usando un termopar (no ilustrado) dispuesto debajo de la plataforma de inicio 13 y extrapolando la temperatura del polvo en la cámara 12 según los datos relativos a la capacidad térmica de los materiales y la masa de polvo creciente en la cámara 12. La energía transmitida al polvo por el haz de electrones se puede regular a modo de bucle cerrado durante los pasos del proceso de formación, como una función de la temperatura leída.

25 Con respecto al paso de fusión, al comienzo, el haz de electrones enfocado es guiado preferiblemente a lo largo del perímetro de la zona correspondiente a la sección transversal a formar. El haz de electrones enfocado es guiado posteriormente a lo largo de un recorrido de exploración que cubre toda la zona interna restante de la sección transversal a formar. En particular, para cada sección transversal a formar, el haz de electrones enfocado sigue un recorrido de exploración que consta de secciones paralelas que son transversales, por ejemplo con un ángulo de entre 60 y 90 grados, con respecto a las secciones del recorrido de exploración con que se realizó el paso de fusión anterior, es decir, de la sección transversal subyacente.

30 Con este paso se forma una nueva sección transversal 170 encima de la porción 17. Durante el proceso de fusión de polvo, la sección transversal 170 se “amalgama” con la porción subyacente 17 para formar una porción nueva 170' (figura 3D).

35 El grosor de la sección transversal formada 170 sólo es una función del grosor de la capa de polvo aplicada por el dispensador 14.

40 Después del paso de fusión, la plataforma de inicio 13 se baja una cantidad previamente definida (flecha V) sustancialmente correspondiente al grosor de la sección transversal 170 de nueva formación, de modo que la superficie superior de la porción 170' y del polvo circundante se ponga en la posición de referencia fija (línea Q).

45 Luego el dispensador 14 arranca de nuevo en la dirección opuesta para aplicar una nueva capa 23 de polvo que luego se somete a fusión localizada. El proceso continúa de esta forma, repitiendo los pasos de aplicar una capa de polvo, precalentar, fundir y bajar la plataforma de inicio 13, hasta que llega al último nivel del modelo tridimensional almacenado en la unidad de control 16, es decir, hasta que se complete la porción 19 que falte.

50 Al final del proceso de formación, se lleva a cabo ventajosamente un proceso de enfriamiento usando un flujo de gas inerte, por ejemplo helio o mezclas del mismo, introducido a la cámara de fusión 12 a una presión predefinida (por ejemplo aproximadamente 2 bar), y durante un período de tiempo suficiente para alcanzar una temperatura a la que el aro 10 se pueda sacar manualmente de la cámara 12.

55 Después de quitar el polvo circundante restante, se separa el aro 10 de la plataforma de inicio 13 (figura 4): la pieza formada se rompe a lo largo de los pedestales 18, debido a su fragilidad, sin deteriorar la integridad del aro 10.

60 El aro 10 experimenta entonces un proceso de chorreado de arena, en una máquina diferente, para quitar el polvo residual que se haya acumulado en los poros. El chorreado de arena se lleva a cabo usando polvo de la misma composición y tamaño de grano que el usado para formar el aro 10 y que se ha acumulado en los poros, de modo que el polvo usado para el chorreo de arena y el liberado de los poros se puedan reciclar conjuntamente.

Si es necesario, el aro 10 experimenta un proceso de acabado mecánico, por ejemplo para eliminar cualesquiera trazas de los pedestales 18.

65 Luego se monta el filtro 4 solapando axialmente los varios aros 10 que lo forman y disponiéndose en un retén (no

ilustrado), y se perfora para obtener los asientos de los pasadores de accionamiento descritos anteriormente. Dichos pasadores de accionamiento se insertan a continuación en los asientos correspondientes y se fijan en posición, por ejemplo por medio de un proceso de remachado.

5 Con referencia a la figura 5, para definir la estructura interna del aro 10, es decir, la distribución de los poros y del material metálico del que se hace el aro 10, se forma un modelo celular tridimensional. Dicho modelo tridimensional se forma definiendo un módulo básico, que representa una porción de la estructura porosa del aro 10, y repitiendo el módulo básico exactamente de la misma forma hasta obtener la forma y las dimensiones que correspondan, en el modelo tridimensional, a las del aro 10 y los pedestales 18.

10 Las celdas 26 del modelo tridimensional corresponden sustancialmente a los poros obtenidos al final del proceso de formación del aro 10. Usando el modelo tridimensional para definir la estructura, los poros se pueden distribuir uniformemente alrededor del eje del aro 10. Repitiendo el módulo básico, las dimensiones y la forma de los poros son sustancialmente idénticas en todo el aro 10.

15 En el modelo tridimensional, las celdas 26 se definen por porciones rectilíneas 27 que corresponden a las porciones filiformes de material metálico, el denominado "filamento", en la estructura porosa a producir.

20 Independientemente de la forma de las celdas 26, el modelo tridimensional y/o los parámetros de fusión se establecen con el fin de lograr una porosidad (que significa el diámetro medio de esferas ideales grabadas en los poros) de modo que se logre el compromiso deseado entre los requisitos siguientes, en función de la aplicación específica: buenas propiedades de filtración; la necesidad de evitar una contrapresión excesivamente alta (por ejemplo para evitar contrapresión, en la entrada 6, que daría lugar a que se obstruyesen los sumideros de los cojinetes de bola del motor de turbina); la necesidad de facilitar la evacuación del polvo residual de los poros al final del proceso de formación. En particular, la porosidad es del rango de entre 500 µm y 1500 µm. Por ejemplo, un valor de 560 µm es preferible para optimizar la eficiencia de filtración.

25 Al mismo tiempo, con el fin de producir un filtro relativamente ligero 4, el modelo tridimensional y/o los parámetros de fusión se establecen con el fin de obtener una espuma de metal en la que la relación entre el volumen de poro y el volumen total de la estructura sea al menos 84%.

30 Usando la estructura celular ilustrada en la figura 5, denominada una estructura de diamante o panal de miel, en el modelo tridimensional el grosor del "filamento" (porciones 27) se pone por ejemplo a 0,1 mm, y la distancia entre dos vértices opuestos 28 de la célula 26 a entre 0,5 y 1 mm.

35 El haz de electrones encuentra la superficie del polvo en una zona circular que tiene un diámetro más grande que el grosor del "filamento" establecido usando el sistema CAD, pero poniendo parámetros de fusión adecuados, la máquina ARCAM usada es capaz de modular la energía transferida al polvo al objeto de aproximadamente obtener un grosor de "filamento" que esté relativamente cerca del valor establecido.

40 Por ejemplo, para el proceso de fusión, la velocidad de exploración del haz de electrones se pone a 180 mm/s, y el suministro de corriente de la fuente 15 se pone a 1,5 mA (que entonces determina la potencia del haz de electrones, cuando la fuente 15 sea movida por un voltaje fijo, de 60.000 V).

45 Otro parámetro, denominado el parámetro de desviación, también se puede poner en la máquina ARCAM que se use. En términos generales, este parámetro indica la distancia en milímetros entre secciones paralelas adyacentes del recorrido de exploración del haz de electrones, pero en el caso específico de un modelo celular tridimensional, permite regular el grosor efectivo del "filamento" en la estructura porosa del aro 10, dentro de ciertos límites, en relación a lo indicado en el modelo tridimensional. Por ejemplo, con un grosor de "filamento" de 0,1 mm puesto en el archivo CAD y con el parámetro de desviación puesto a 0,049 mm, la espuma de metal obtenida tiene sustancialmente la relación de vacío/sólido almacenada en el archivo CAD; si el parámetro de desviación se pone a 0,035 mm, esta relación se incrementa 4%, con la posterior reducción ventajosa del peso final del filtro. De esta forma, sin embargo, la porosidad también se incrementa ligeramente con respecto al valor en el modelo celular tridimensional.

55 Según la realización alternativa ilustrada en la figura 6, el filtro 4 incluye un solo aro 100 definido por una espuma de metal similar a la del aro de filtro 10; y una pluralidad de porciones de accionamiento 101 que sustituyen a los pasadores de accionamiento, que sobresalen de las caras axiales del aro 100 y se incorporan en el aro 100, es decir, también se definen en el modelo tridimensional y se forman en la cámara de fusión 12, pero se hacen de un material sólido y no poroso.

60 En combinación con las porciones 101 o como una alternativa a ellas, el filtro 4 incluye dos aros circulares de refuerzo 102 dispuestos a lo largo de los bordes del aro 100 y/o, para cada porción de accionamiento 101, una porción de referencia relativa 103, o etiqueta, dispuesta en la superficie cilíndrica externa del aro 100. En particular, los aros 102 y las etiquetas 103 también se definen en el modelo tridimensional y se forman en la cámara de fusión 12 con el aro 100, pero se hacen de un material sólido y no poroso.

65

Ahora se describen las ventajas de obtener filtros usando el proceso de la presente invención.

5 El filtro 4, y, por ello, el rotor 2 son equilibrados y ligeros y, al mismo tiempo, se logra la eficiencia de filtración gracias al hecho de que la estructura porosa se pone como se desee y predefina usando un modelo celular tridimensional. En otros términos, la estructura y por ello las propiedades del filtro se pueden definir en la etapa de diseño al objeto de cumplir las especificaciones requeridas y de producir la estructura y características técnicas con la máxima precisión. En particular, es posible implementar filtros con geometrías axialmente simétricas y una potencia de filtración que varía gradualmente, sin romper la continuidad de dichos filtros.

10 Los filtros 4 producidos usando un mismo modelo tridimensional y con los mismos parámetros de fusión, tienen una estructura porosa y cualidades que son constantes con las mismas propiedades mecánicas, independientemente de la complejidad de la forma de los filtros.

15 Además, el proceso es sumamente flexible, porque la estructura interna porosa y/o la forma y las dimensiones externas se pueden alterar de forma simple, sustituyendo el modelo tridimensional.

20 Usando un haz de electrones, en lugar de un haz láser, es posible aumentar la aspereza del material metálico en los poros y así la eficiencia de atrapamiento de gotitas de aceite. El haz de electrones es realmente menos exacto que el láser, porque es más potente, se enfoca menos que el láser, y se usa para capas de polvo más gruesas (con una masa fundida más grande): en la práctica, también funde algunos granos de polvo en la zona que rodea inmediatamente la zona requerida y así incrementa la aspereza superficial final. La mayor aspereza significa una mayor superficie de contacto, y por ello una superficie más grandes en la que se puede depositar el aceite, en comparación con una superficie casi perfectamente lisa obtenida usando tecnología láser.

25 La tecnología de haz de electrones también reduce los tiempos de producción en comparación con la tecnología láser y el procesado se puede llevar a cabo a temperaturas más altas.

30 Como se ha mencionado anteriormente, los pedestales 18 mantienen el aro 10 fijado a la plataforma de inicio 13 durante la fusión, evitando así cualquier abombamiento que sería evidente en las superficies sometidas al proceso de fusión si el aro 10 descansase simplemente en una capa de polvo.

35 El hecho que los pedestales 18 se forman con la misma estructura porosa que el aro 10 garantiza la continuidad del material entre el aro 10 y la plataforma de inicio 13 al objeto de asegurar un anclaje correcto.

40 Al mismo tiempo, los pedestales 18 son frágiles debido a su estructura porosa y tamaño reducido, de modo que definen de forma relativamente exacta el punto de fractura durante la extracción del aro 10 de la plataforma de inicio 13. Sin los pedestales 18, la estructura porosa del aro 10 sería demasiado frágil rompiéndose exactamente a lo largo de la superficie inferior anclada a la plataforma de inicio 13.

45 Además, manteniendo la porción 17 separada de la plataforma de inicio 13, el polvo entre la porción 17 y la plataforma de inicio 13 disipa el calor y evita que tenga lugar un esfuerzo indeseable, que estaría presente en el aro 10 si estuviese directamente en contacto con la plataforma de inicio 13, debido a las diferentes relaciones de expansión térmica durante el proceso de enfriamiento.

50 Considerando el alto nivel de precisión al obtener las dimensiones finales del aro 10, el filtro 4 experimenta un número sumamente pequeño de procesos adicionales una vez que el aro 10 se ha formado. En cualquier caso, las piezas obtenidas se pueden maquinar fácilmente usando herramientas de widia.

55 Los parámetros del modelo tridimensional y los parámetros de fusión se pueden alterar para regular el grosor del "filamento" y así cambiar el peso del filtro 4 y la porosidad para cumplir los requisitos específicos de la aplicación concreta.

Además, la mayor parte del polvo que no ha experimentado el proceso de fusión se puede recuperar y reutilizar para producciones posteriores, con consiguientes ahorros de costo. Si el proceso se lleva a cabo en vacío, no hay oxidación del polvo.

60 El paso de precalentamiento reduce los tiempos de producción, porque en el paso de fusión siguiente los polvos se calientan comenzando a partir de una temperatura más alta; también significa que el polvo de la capa que se ha aplicado puede ser compactado, evitando así que el polvo suba cuando en él choquen los electrones durante el paso de fusión siguiente. Además, si el proceso de formación se lleva a cabo sin un paso de precalentamiento adecuado puede dar lugar a fisuración en los componentes acabados.

65 El paso de enfriamiento al final del proceso de formación hace posible reducir los tiempos de producción.

Con respecto a la realización alternativa de la figura 6, la eliminación de pasadores de accionamiento separados y su

incorporación al aro 100 simplifica el filtro 4 y reduce los costos y los tiempos de producción en conexión con la producción de sistemas de anclaje para uso con pasadores de accionamiento normales.

5 Los materiales que se han elegido aseguran un alto nivel de eficiencia, no solamente en términos de sus propiedades de resistencia mecánica y peso ligero, también en vista de los altos valores de resistencia específica mencionados anteriormente, pero también en términos de la capacidad de filtración del separador 1.

10 Con respecto al peso general, el retén en el que se disponen los aros 10 puede ser más ligero, con respecto a los separadores rotativos conocidos, gracias a la mayor resistencia de la espuma de metal de los aros 10 y la posibilidad de eliminar intervalos entre dichos aros.

Por último, es claro que se puede hacer modificaciones y variaciones en el proceso descrito e ilustrado aquí sin apartarse del alcance de la presente invención, expuesto en las reivindicaciones.

15 En particular, las máquinas, los parámetros de fusión y/o los modelos matemáticos tridimensionales podrían diferir de los descritos a modo de ejemplo, con el fin de optimizar el peso y las propiedades de filtración de la espuma de metal. En particular, no es estrictamente necesario que la estructura porosa se determine repitiendo un módulo exactamente de la misma forma, sino que el modelo tridimensional podría incluir una estructura celular que conste de
20 celdas cuyas dimensiones y/o forma sean moduladas en el volumen definido por dicho modelo, por ejemplo para optimizar la filtración en algunas zonas del rotor, manteniendo al mismo tiempo el equilibrio perfecto de dicho rotor.

Además, el filtro podría incluir porciones porosas de filtración, cuya forma y/o dimensiones pueden diferir de las
25 ilustradas a modo de ejemplo, y/o se podría usar en campos distintos de la aeronáutica, por ejemplo en separadores rotativos en plantas industriales o turbinas para motores marinos y generadores eléctricos.

Además, se podría usar materiales distintos de aleaciones de titanio. En particular, en aplicaciones donde no haya
30 requisitos específicos de ligereza y/o altas velocidades del rotor, por ejemplo en filtros en plantas industriales, se podría usar materiales más económicos, tales como polvo de acero inoxidable.

REIVINDICACIONES

1. Proceso para producir un filtro (4), en particular para un separador rotativo (1); incluyendo el proceso los pasos de:

5 a) formar un modelo matemático tridimensional incluyendo una estructura celular que define una porción porosa filtrante (100) de dicho filtro y que tiene celdas correspondientes respectivamente a los poros a obtener en dicha porción porosa (100);

10 b) aplicar polvo que tiene la misma composición que dicha porción porosa con el fin de definir una capa horizontal (22) de polvo que tenga un grosor sustancialmente constante;

15 c) fundir el polvo de dicha capa, localmente en correspondencia con las zonas reales a formar, por medio de exploración de haz de energía con el fin de formar una sección (170) de dicha porción porosa según un nivel de dicho modelo tridimensional;

d) bajar la superficie superior de la sección formada a una posición predefinida;

e) repetir los pasos de b) a d) hasta que todas las secciones de dicha porción porosa hayan sido formadas;

20 f) eliminar polvo residual de los poros de la porción porosa producida;

caracterizado además por incluir el paso de formar dos aros de refuerzo (102) conjuntamente con dicha porción porosa (100), repitiendo los pasos de b) a d) un número dado de veces; definiéndose dichos aros de refuerzo (102) en dicho modelo tridimensional, y haciéndose de un material sólido y no poroso integral con dicha porción porosa (100) y dispuesto a lo largo de los bordes de dicha porción porosa (100).

2. Proceso según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la estructura celular de dicho modelo tridimensional se forma definiendo un módulo básico y repitiendo dicho módulo básico exactamente de la misma forma hasta obtener la forma y las dimensiones que correspondan, en dicho modelo tridimensional, a las de dicha porción porosa.

3. Proceso según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado** porque el paso de fusión se lleva a cabo por medio de un haz de electrones.

35 4. Proceso según la reivindicación 3, **caracterizado** por incluir un paso de precalentar el polvo de cada capa que se aplica, a una temperatura dada por debajo de aquella a la que se funde dicho polvo.

40 5. Proceso según la reivindicación 4, **caracterizado** porque el paso de precalentamiento incluye calentar dicha capa de polvo por medio de exploración por dicho haz de electrones, y porque la temperatura alcanzada por dicha capa de polvo en el paso de precalentamiento se regula estableciendo un número de pasadas de dicho haz de electrones de exploración.

45 6. Proceso según alguna de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** por incluir un paso de enfriamiento usando gas inerte antes de sacar dicha porción porosa de una cámara de fusión (12) en la que se formó dicha porción porosa.

7. Proceso según alguna de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque el paso de fusión se lleva a cabo mientras se mantiene un vacío en una cámara de fusión (12) en la que se forma dicha porción porosa.

50 8. Proceso según alguna de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** por incluir los pasos adicionales de:

- formar al menos una porción de fijación (18) en una plataforma de inicio (13) repitiendo los pasos de b) a d) un número dado de veces, antes de formar las secciones de dicha porción porosa; definiéndose también dicha porción de fijación en dicho modelo tridimensional;

55 - separar la porción porosa formada por dicha plataforma de inicio en correspondencia con dicha porción de fijación.

9. Proceso según la reivindicación 8, **caracterizado** porque dicha porción de fijación se define, en dicho modelo tridimensional, por la misma estructura celular que dicha porción porosa.

60 10. Proceso según la reivindicación 8 o 9, **caracterizado** porque dicha porción de fijación incluye una pluralidad de pedestales (18) que tienen la misma altura y horizontalmente espaciados uno en relación a otro.

65 11. Proceso según alguna de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque el polvo tiene un tamaño de grano del orden de entre 45 y 65 μm .

12. Proceso según alguna de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque dicha estructura celular y/o al

menos un parámetro de fusión se establece(n) de modo que se obtenga una porción porosa que tenga un diámetro de poro medio de entre 500 μm y 1500 μm .

5 13. Proceso según alguna de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque el paso de eliminar el polvo residual se lleva a cabo por medio de un proceso de chorreado de arena usando arena que tiene la misma composición y tamaño de grano que dicho polvo residual.

10 14. Proceso según alguna de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque dicho polvo se hace de una aleación de titanio.

15 15. Proceso según alguna de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque una pluralidad de porciones de accionamiento (101) hechas de un material sólido y que sobresalen de dicha porción porosa (100) se forman repitiendo los pasos de b) a d) un número dado de veces; definiéndose también dichas porciones de accionamiento (101) en dicho modelo tridimensional.

16. Filtro, en particular para un separador rotativo, que se puede obtener con el proceso de algunas de las reivindicaciones anteriores.

FIG. 1

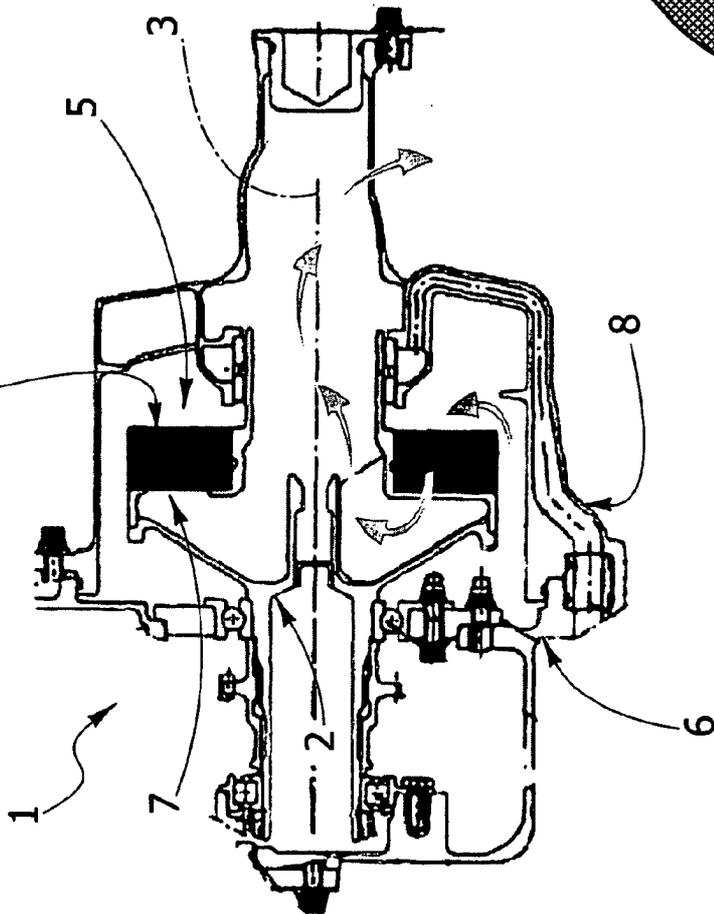


FIG. 2

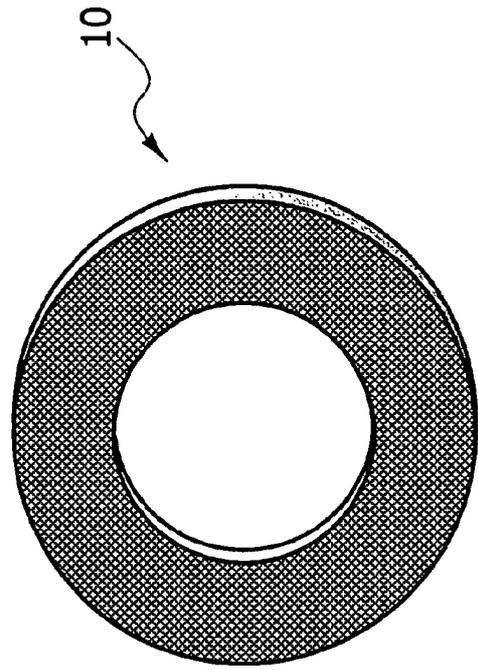


FIG. 3B

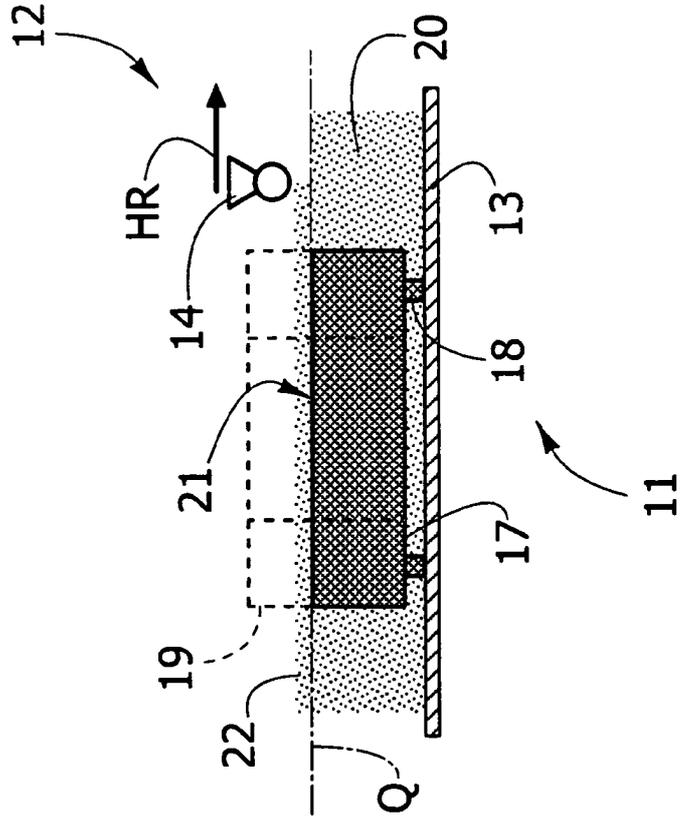


FIG. 3A

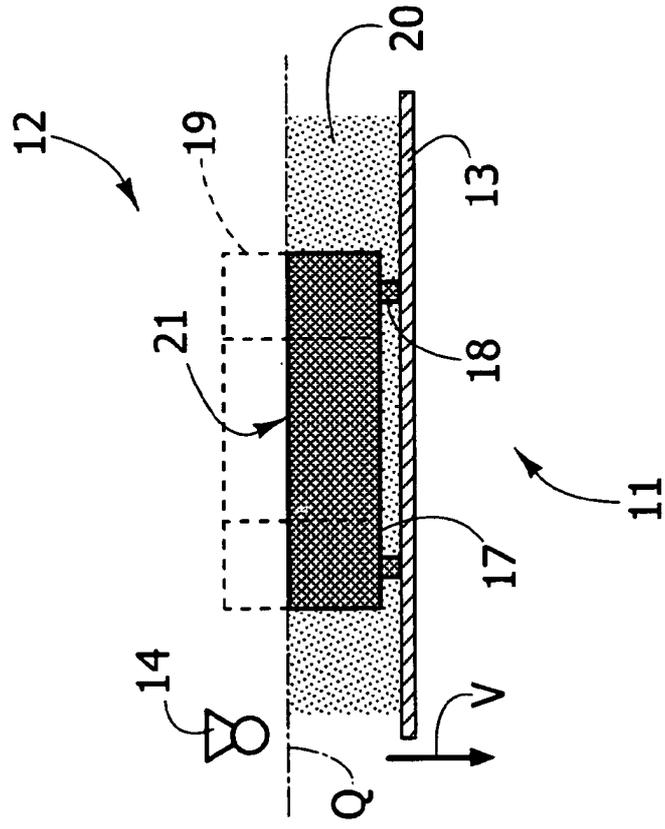


FIG. 3C

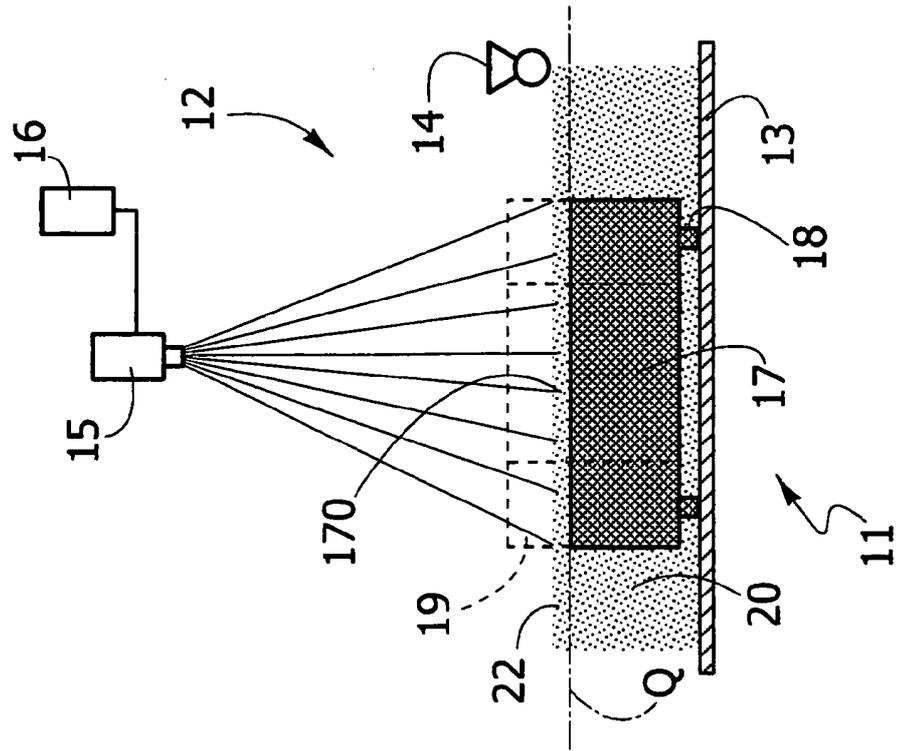


FIG. 3D

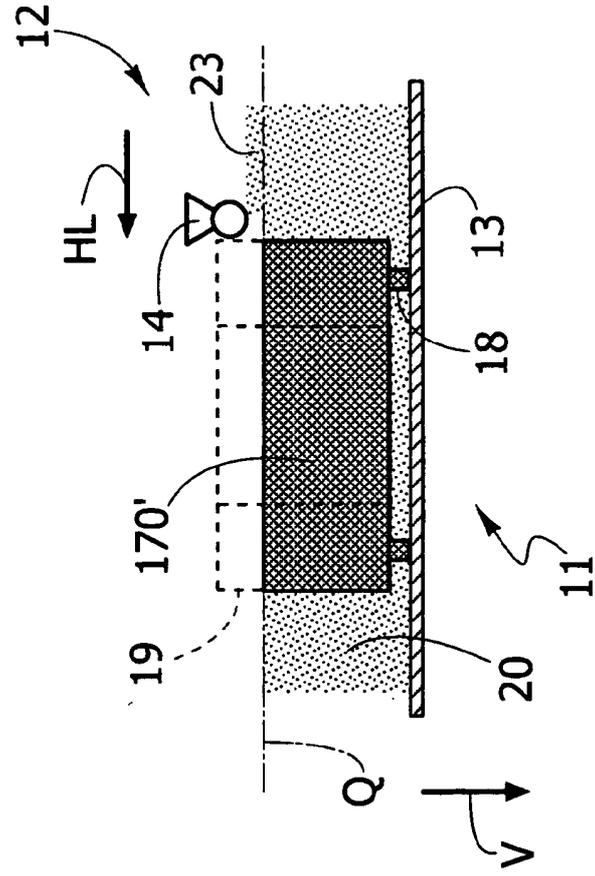


FIG. 4

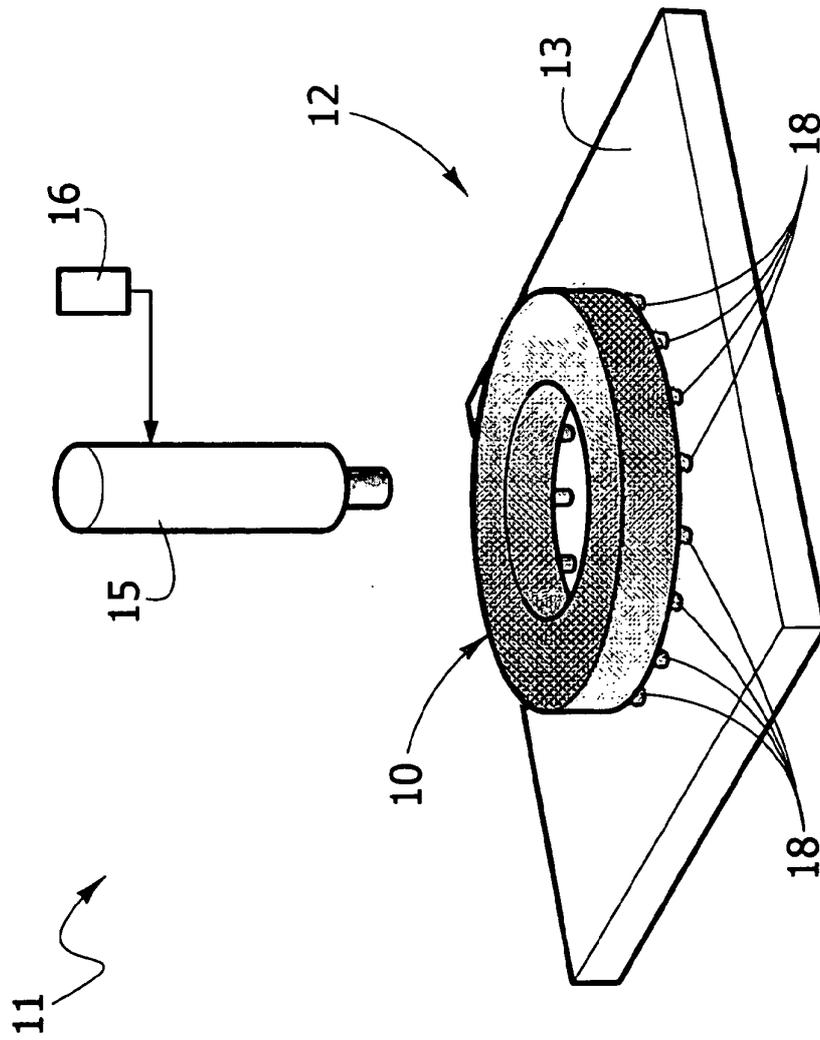


FIG. 5

