

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 676 344**

51 Int. Cl.:

B22D 23/06 (2006.01)

B22C 9/04 (2006.01)

B22D 19/14 (2006.01)

B22D 19/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.02.2015 PCT/GB2015/000067**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.09.2015 WO15128597**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.02.2015 E 15708016 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.04.2018 EP 3110584**

54 Título: **Formación de un componente compuesto**

30 Prioridad:

28.02.2014 GB 201403557

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.07.2018

73 Titular/es:

**CASTINGS TECHNOLOGY INTERNATIONAL LTD.
(100.0%)**

**Firth Court Western Bank
Sheffield, South Yorkshire S10 2TN, GB**

72 Inventor/es:

**COLLINS, JAMES MICHAEL y
ASHTON, MICHAEL CORNELIUS**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 676 344 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

Formación de un componente compuesto

5 ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

1 Campo de la Invención

La presente invención se refiere a un método de formación de un componente compuesto, en el que una pluralidad de materiales de alimentación están inicialmente en estado de polvo y se forma un componente sólido mediante aplicación de calor.

La presente invención se refiere también a un aparato para la formación de un componente compuesto, del tipo en el que una pluralidad de materiales de alimentación están inicialmente en estado de polvo y se forma un componente sólido mediante aplicación de calor.

15 2. Descripción de la técnica relacionada

Los componentes compuestos son partes componentes hechas a partir de dos o más materiales diferentes que son consolidados para producir una única estructura con características diferentes de los materiales constituyentes individuales. La estructura compuesta puede ser preferida por varias razones por ejemplo en la creación de un componente de múltiples capas que tiene una superficie exterior dura pero un interior ligero de peso, de baja densidad.

El documento JPH 06 7916 (Kiyadeitsuku Technol Service K) muestra un método de moldeo ejemplar para crear este tipo de componente compuesto en el que una mezcla de dos materiales en polvo es añadida a una cavidad del molde y utiliza una bobina de inducción de modo que funda la mezcla en polvo y de manera que controle la fusión y solidificación y así la microestructura del componente final.

Se conocen una variedad de métodos para producir un componente de múltiples capas que comprende uno o más materiales diferentes, tal como una capa exterior dura o revestimiento con láser.

30 Sin embargo estos métodos conocidos incurren en varios problemas. En primer lugar, se experimenta una desventaja en el número de procesos separados requeridos para crear el componente acabado. En segundo lugar, tales técnicas de aplicación de una capa de material al exterior de un objeto sólido dan como resultado una unión no discreta de los dos materiales, que conduce a una debilidad estructural de la interfaz.

35 El documento US 2013/294901 A1 (Mironets y col.) muestra un método de formación de un componente que incluye posicionar un polvo metálico en una cavidad antes de ser fundido en un horno de inducción. Este documento también sugiere utilizar estructuras de refuerzo del componente que son mantenidas en posición por el componente una vez que el componente ha sido formado. Otro método está mostrado en el documento EP 1 724 438 A2 (General Electric) en el que se utiliza una funda deslizante en el método de moldeo que separa los dos diferentes materiales en polvo. La funda es a continuación retirada para permitir que los materiales en polvo se mezclen antes de la solidificación.

45 El documento EP 0 072 175 A1 (Mowill) es un ejemplo de un proceso isostático en caliente en el que una cesta es colocada dentro de un recinto para proporcionar dos regiones separadas para diferentes polvos o aleaciones. La cesta permite la difusión de las dos aleaciones cuando las aleaciones comienzan a fundirse. La cesta puede ser retirada una vez que el componente es formado o fundido y evaporado.

BREVE SUMARIO DE LA INVENCIÓN

50 De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se ha proporcionado un método para la formación de un componente compuesto a partir de una pluralidad de materiales de alimentación en polvo diferentes que comprende las operaciones de: obtención de un molde cerámico negativo de un componente que define una primera abertura asociada con una primera región del molde y una segunda abertura asociada con una segunda región del molde; despliegue de un primer material de alimentación en polvo a dicha primera región del molde negativo a través de la primera abertura y un segundo material de alimentación en polvo a dicha segunda región del molde negativo a través de la segunda abertura; prevención de la difusión de dicho primer material de alimentación con dicho segundo material de alimentación por medio de un tabique que separa dicha primera región y dicha segunda región; aumento de la temperatura dentro de dicho molde negativo a una primera temperatura que hace que dicho primer material de alimentación se funda durante una etapa de calentamiento; y fusión de dicho tabique para permitir la difusión de dicho primer material de alimentación con dicho segundo material de alimentación.

60 De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención se ha proporcionado un aparato para formar un componente compuesto a partir de una pluralidad de materiales de alimentación en polvo diferentes que comprende: un molde cerámico negativo que define una primera abertura asociada con una primera región del molde y una segunda abertura asociada con una segunda región del molde; en el que dicha primera abertura está configurada para la inserción de un primer material de alimentación en polvo a dicha primera región del molde y dicha segunda abertura está configurada para la inserción de un segundo material de alimentación en polvo a una segunda región del molde; y dicho molde cerámico negativo es adecuado para calentar a una primera temperatura durante una etapa de calentamiento,

caracterizado por que: dicho molde cerámico negativo comprende además un tabique que separa dicha primera y dicha segunda regiones, estando dicho tabique configurado para impedir la difusión de dicho primer material de alimentación con dicho segundo material de alimentación cuando está en forma sólida y configurado además para fundirse y permitir la difusión de dicho primer material de alimentación con dicho segundo material de alimentación.

- 5
 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS
 La figura 1 muestra un método de formación de un componente compuesto a partir de materiales de alimentación en polvo;
 La Figura 2 muestra un procedimiento para la creación de un molde negativo;
 10 La Figura 3 muestra el despliegue de materiales de alimentación juntos en el molde de la Figura 2;
 La Figura 4 muestra una sección alimentadora de un molde negativo;
 La Figura 5 muestra el molde negativo de la Figura 4 después de solidificación;
 La Figura 6 muestra un molde con dos regiones y dos materiales de alimentación insertados por separado;
 La Figura 7 muestra el molde de la Figura 6 después de calentar para unir los materiales de alimentación;
 15 La Figura 8 muestra una vista en sección transversal de un primer molde con un tabique;
 La Figura 9 muestra en sección transversal un segundo molde con un tabique;
 La Figura 10 muestra un aparato de procesamiento;
 La Figura 11 muestra un gráfico de temperatura-tiempo para el proceso de la Figura 8;
 La Figura 12 muestra un gráfico de temperatura-tiempo para el proceso de la Figura 9.

20 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE REALIZACIONES EJEMPLARES

Figura 1

25 En la figura 1 se ha ilustrado un método de formación de un componente compuesto a partir de materiales de alimentación en polvo que cae fuera de la invención reivindicada, en el que un componente sólido es formado a partir de una pluralidad de materiales de alimentación en polvo diferentes mediante la aplicación de calor.

30 En la operación 101, se obtiene un molde negativo 102 que define el perfil de un componente que ha de ser producido. En la operación 103, los materiales de alimentación en polvo, el primer material 104 de alimentación y el segundo material 105 de alimentación son desplegados en el molde negativo. En la operación 106, se aplica calor al molde aumentando la temperatura y haciendo que los materiales de alimentación en polvo se fundan durante una etapa de calentamiento. En la operación 107 se mantiene la temperatura cuanto sea necesario para permitir la difusión del primer material 104 de alimentación con el segundo material 105 alimentado. En la operación 108 se disminuye la temperatura, haciendo que los materiales de alimentación fundidos solidifiquen durante una etapa de enfriamiento.

35 *Figura 2*

Como se ha descrito con referencia a la operación 101 del método de la Figura 1, se obtiene un molde negativo a partir de un modelo positivo de un componente.

40 Un método para obtener un molde negativo está ilustrado en la Figura 2. Un modelo positivo 201 es creado a partir de un medio apropiado tal como un material para fabricar prototipos rápidamente, poliestireno o cera, que define la geometría del componente deseado.

45 El molde negativo 102 es formado a continuación alrededor del modelo positivo para definir un perfil negativo del componente. En una primera realización, el molde negativo comprende una capa de material que tiene un punto de fusión mayor que el del primer material 104 de alimentación y que el del segundo material 105 alimentado, tal como un material cerámico de muy alta temperatura. La envolvente cerámica es creada aplicando una pluralidad de capas de lechada cerámica al exterior del modelo positivo, hasta que se consigue el grosor de pared requerido.

50 El material 201 del modelo positivo que se sacrifica es a continuación evacuado del molde negativo 102 a través de la abertura 202 utilizando una técnica de extracción apropiada, tal como la aplicación de calor y/o un disolvente. Esto deja una cavidad 203 que define la superficie exterior del componente.

Figura 3

55 La operación 103 del método de la Figura 1 para el despliegue de materiales de alimentación está ilustrada en la Figura 3. El modelo 201 positivo que se sacrifica ha sido extraído como se ha mostrado previamente con referencia a la Figura 2, dejando un molde negativo 102 listo para recibir material alimentado, tal como un primer material 104 de alimentación y un segundo material 105 de alimentación contenidos dentro del dispositivo 301 de alimentación. En una realización el llenado del molde negativo 102 es facilitado por vibración del molde para promover que los materiales de alimentación en polvo se asienten. El molde negativo 102 es colocado sobre una mesa vibratoria 302, soportada en sí misma por el miembro 303 de base estable. De este modo, cuando los materiales de alimentación en polvo son introducidos en el molde tienden a compactarse por efecto de la gravedad.

65 En la realización ilustrada en la Figura 3 el primer material 104 de alimentación y el segundo material 105 de alimentación han sido combinados en forma de polvo en el dispositivo 301 de alimentación, antes de la introducción al molde. Este tipo de preparación de polvo es ventajoso ya que permite composiciones de material muy precisas y

dispersiones uniformes de partículas antes de la aglomeración. El primer material 104 de alimentación comprende un polvo fino metálico con un primer punto de fusión y el segundo material 105 de alimentación comprende una sustancia cerámica con un punto de fusión mucho más elevado que el del primer material 104 alimentado.

5 Así, en la realización ilustrada el primer material 104 de alimentación y el segundo material 105 de alimentación son desplegados en el molde juntos a través de la abertura 202 de modo que llenen la cavidad 203 dentro del molde negativo 102, y a continuación calentados como en la operación 106 durante una etapa de calentamiento. La temperatura es incrementada calentando el molde negativo 102 a una primera temperatura, aproximadamente igual al punto de fusión del primer material 104 alimentado, haciendo por ello que el primer material 104 de alimentación se funda. Sin embargo
10 el segundo material 105 alimentado, que tiene un punto de fusión mucho más elevado que el de la primera temperatura no se funde y permanece en su forma de partículas sólidas.

En realizaciones alternativas la etapa de calentamiento descrita anteriormente es realizada en un entorno de presión controlada a una presión distinta de la presión atmosférica de 1 bar. En una primera realización la presión es reducida por debajo de la presión atmosférica retirando aire del entorno de presión controlada. En una segunda realización la presión aplicada es incrementada a un nivel por encima de la presión atmosférica. Igualmente la etapa de calentamiento puede ser realizada bajo condiciones de presión que evolucionan en el tiempo.

Figura 4

20 Un molde negativo 401, sustancialmente similar al molde negativo 102, de la Figura 3 se ha mostrado en sección transversal parcial en la Figura 4 después de la operación 103 de despliegue y de la operación 106 de calentamiento. Como se ha descrito previamente con referencia a la Figura 3, un molde negativo 401 ha sido calentado a una primera temperatura fundiendo por ello el primer material 104 de alimentación mientras el segundo material 105 de alimentación no se funde pero permanece distribuido uniformemente a lo largo de todo el moldeo. En esta realización el molde 401
25 incluye una sección 402 de componente y una sección 403 alimentadora. La sección 403 alimentadora define un paso 404 generalmente cilíndrico, que se extiende desde un primer extremo abierto 405 y que entra en la sección 402 del componente en un segundo extremo 406 a través de la abertura 407.

La sección 403 alimentadora alimenta material licuado adicional al molde negativo 401 durante la etapa 108 de enfriamiento cuando el material fundido contenido dentro del molde negativo 401 se contrae en volumen. Cuando los materiales se enfrían desde su fase líquida fundida, su volumen se reduce cuando la temperatura disminuye hasta el punto en que resultan sólidos. Por ello los alimentadores son utilizados para proporcionar material licuado para compensar las cavidades de contracción que de otro modo se formarían en uno o más centros térmicos en el interior del molde. Por ello el volumen del material licuado en la sección 403 alimentadora es determinado por el requisito de que se proporcione suficiente material líquido para compensar la reducción de volumen del material cuando se enfría. Durante la solidificación el material se contrae típicamente en aproximadamente un 7% en volumen y consecuentemente un volumen igual de material licuado entra en la sección de componente desde la sección alimentadora.

La eficiencia de la sección 403 alimentadora está influenciada por la presión estática en el alimentador, resultante de la cantidad de material licuado que contiene y de su altura vertical. La cabeza de presión estática ayuda a forzar al material licuado al molde cuando se enfría. Los moldes de acuerdo con esta realización preferida tienen uno o más alimentadores que son suficientemente altos de tal modo que durante la producción del componente compuesto, la altura del material situado dentro del alimentador permanece por encima de la parte más alta de la sección componente del molde. Esto permite que se ejerza suficiente presión sobre el material fundido dentro del molde de modo que se asegure que cualesquiera características finas definidas por el molde son reproducidas.

Figura 5

Como se ha descrito previamente con referencia a la Figura 4, en una realización solamente se funde el primer material 104 de alimentación mientras el segundo material 105 de alimentación permanece en su forma sólida. La Figura 5 muestra el molde negativo 401 después de la etapa 108 de enfriamiento por lo que la temperatura dentro del molde ha disminuido hasta por debajo de la primera temperatura haciendo que dicho primer material de alimentación solidifique y el volumen de material licuado dentro de la sección alimentadora se ha reducido al nivel 501. Por ello después de la etapa 108 de enfriamiento, el primer material 104 de alimentación fundido solidifica consolidando dicho segundo material en partículas 105 de alimentación dentro del molde voluminoso proporcionando un bloqueo estructural. De este modo
55 pueden producirse componentes compuestos que exhiben resistencias a la tracción e impacto mejoradas, comparados con aquellos componentes con una composición uniforme.

De modo diferente al aparato de molde negativo de la técnica anterior, en la realización ilustrada el molde negativo 401 no es herméticamente sellado durante la etapa 106 de calentamiento y la etapa 108 de enfriamiento. Los moldes de la técnica anterior compensan una reducción de volumen de materiales de alimentación durante cambios de temperatura deformándose plásticamente. En una realización el molde negativo 401 es sustancialmente rígido y está configurado para ser incomprensible de modo que no se deforme durante la etapa de calentamiento 106 y la etapa de enfriamiento 108. Para tener en cuenta las fluctuaciones de volumen del material dentro del molde negativo durante los cambios de temperatura, el molde negativo 401 está configurado para ser permeable a la atmósfera durante su uso. Por ello el molde negativo 401 intercambia volumen con la atmósfera a través de la abertura 407 y de la sección 403 alimentadora. Sin embargo, en una realización alternativa el molde negativo 401 es sellado herméticamente después de la etapa 103 de

despliegue y antes de la etapa 106 de calentamiento, tapando la sección 403 alimentadora para impedir la interacción con la atmósfera.

5 En realizaciones alternativas, la etapa de enfriamiento puede ser conducida bajo condiciones de presión distintas de la presión atmosférica, o la presión aplicada puede ser variada en función del tiempo. Alterar la presión bajo la cual se solidifica el material puede influir en la estructura cristalina de la pieza colada. Solidificar durante la etapa de enfriamiento bajo condiciones de presión incrementada es probable que dé como resultado una pieza colada más densa y más uniforme estructuralmente, mejorando las propiedades al impacto del componente.

10 *Figura 6*

Los moldes negativos 102 y 401 descritos con referencia a las Figuras 1 a 5 tienen solamente una primera abertura y una sección alimentadora correspondiente para permitir el despliegue de materiales de alimentación al molde. Estas realizaciones caen fuera de la presente invención. Sin embargo en una realización alternativa de acuerdo con la presente invención, se ha proporcionado un molde que tiene más de una abertura para el despliegue de materiales de alimentación por separado en regiones diferentes del molde.

20 Un ejemplo de tal molde está mostrado en sección transversal en la Figura 6. El molde 601 tiene una primera región 602 y una primera abertura 603 asociada con dicha primera región 602, y una segunda abertura 604 asociada con una segunda región 605. De modo similar al molde 102, el molde 601 incluye también secciones 606 y 607 alimentadoras que se extienden desde aberturas respectivas.

25 El primer material 608 de alimentación es desplegado en la primera región 602, a través de la primera abertura 603 y de la sección 606 alimentadora. El segundo material 609 de alimentación es desplegado por separado de dicho primer material 608 de alimentación a la segunda región 605, a través de la segunda abertura 604 y de la sección 607 alimentadora. Esto da como resultado una pieza colada con materiales diferentes ubicados en regiones diferentes del componente. Los materiales de alimentación son desplegados en sus regiones respectivas aproximadamente a la misma tasa por lo que se encuentran en una interfaz 610 que está aproximadamente equidistante entre la primera abertura 603 y la segunda abertura 604.

30 *Figura 7*

El molde negativo 601 previamente descrito con referencia a la Figura 6 está mostrado en la Figura 7 durante la aplicación de calor. En esta realización el primer material 608 de alimentación y el segundo material 609 de alimentación son ambos polvos metálicos fundidos, por ello se funden cuando la temperatura del molde 601 es incrementada hasta sus puntos de fusión respectivos.

35 El primer material 608 de alimentación es un polvo metálico con una temperatura de fusión de 700 °C y el segundo material 609 de alimentación es un polvo metálico diferente con una temperatura de fusión de 1000 °C.

40 Se aplica calor al molde negativo 601 como se ha indicado por las flechas, de modo que eleve su temperatura a una primera temperatura, aproximadamente igual al punto de fusión del primer material alimentado. Por ello el primer material 608 de alimentación es fundido dentro de la primera región 602. La temperatura es incrementada adicionalmente a una segunda temperatura aproximadamente igual al punto de fusión del segundo material 609 alimentado, fundiendo por ello por el segundo material 609 alimentado.

45 En una realización dicho primer material 608 de alimentación es unido a dicho segundo material 609 de alimentación mediante aleación selectiva a través de difusión de las partículas en estado sólido.

50 En este punto tanto el primer material 608 de alimentación como el segundo material 609 de alimentación están en sus estados líquidos fundidos y así ocurre la difusión resultante del movimiento Browniano de las partículas. En la interfaz 610 alguna de las partículas del primer material 608 de alimentación desplegado en la primera región 602 se derivan hacia la derecha a la segunda región 605. Partículas similares del segundo material 609 de alimentación se derivan hacia la izquierda desde la segunda región 605 a la primera región 602, aleando por ello dicho primer material 608 de alimentación a dicho segundo material 609 de alimentación a través de una región aleada 701 alrededor de la interfaz 610.

55 La magnitud en la que dicho primer material 608 de alimentación se alea con dicho segundo material 609 de alimentación es controlada por el diámetro d de la región aleada 701. El diámetro d de la región aleada 701 viene dictado por la distancia a a la que se permite que las partículas se difundan a la región adyacente. Esto depende de la energía de las partículas, en sí misma una función de la temperatura, y el periodo de tiempo durante el cual los materiales de alimentación están en su estado fundido.

60 En la realización ilustrada la segunda temperatura es mantenida durante la operación 107, durante un período de tiempo de 10 segundos, de modo que se permita la difusión de partículas sobre una región aleada de diámetro d . Cuando se consigue el grado de aleación deseado la temperatura del molde negativo 601 es disminuida hasta por debajo de los puntos de fusión de los materiales de alimentación impidiendo por ello la difusión excesiva de los materiales fundidos.

Por ello una vez solidificado un componente es producido por una metalurgia no uniforme a lo largo de su longitud, con una interfaz discreta entre las diferentes regiones de material. De este modo el componente goza de los beneficios funcionales tanto del primer material 608 de alimentación como del segundo material 609 alimentado, al tiempo que mantiene las propiedades estructurales de una única pieza colada.

Figura 8

Un ejemplo de un componente producido por un proceso que pone en práctica la presente invención está ilustrado en sección transversal en la Figura 8. La Figura 8 muestra un molde negativo 801, similar en construcción al molde negativo 601 de las Figuras 6 y 7, en que el moldeo define un componente que comprende una primera región 802 y una segunda región 803, a las que se accede por aberturas 804 y 805 respectivamente. La primera región 802 es llenada con el primer material 806 de alimentación que es un polvo de titanio y la segunda región 803 es llenada con el segundo material 807 de alimentación que es un polvo de carburo de titanio.

Adicionalmente el molde negativo 801 comprende un tabique 808 dividiendo por ello la primera región 802 y la segunda región 803. El tabique 808 es una funda de titanio que es de aproximadamente 2 mm de grosor y separa completamente la primera región 802 de la segunda región 803.

Cuando se producen componentes más complejos utilizando técnicas de prensado de polvo se experimenta un problema en términos de mantener el posicionamiento de los materiales de alimentación, para impedir la sedimentación por gravedad o la dispersión incidental en la fase de polvo antes de la fusión. Incluyendo el tabique 808 el primer material 806 de alimentación en la primera región 802 es impedido de migrar a dicha segunda región 803 y de difundirse con el segundo material 807 de alimentación hasta que el tabique 808 es fundido.

En esta realización el objeto que ha de ser producido es un componente de cremallera que corresponde a una disposición de cremallera y piñón, utilizada para transformar el movimiento giratorio de un piñón dentado en un movimiento lineal de la cremallera estriada. La superficie estriada del componente de cremallera es sometida repetidamente a un par ejercido por el piñón; por ello debe ser extremadamente dura de modo que sea resistente a la degradación del material. Sin embargo, adicionalmente el componente debe ser relativamente ligero de peso.

Así, es deseable que tenga una primera región del componente compuesto de una sustancia que sea suficientemente ligera de peso tal como titanio, pero en el que las estrías de accionamiento tengan una dureza superficial incrementada por ejemplo utilizando un polvo de carburo de titanio.

En la realización ilustrada el primer material 806 de alimentación y el segundo material 807 de alimentación y el tabique 808 tienen cada uno un punto de fusión correspondiente a una primera temperatura. Por ello tras la aplicación de calor a una primera temperatura, como en la operación 106 y descrito con referencia a la Figura 7, el primer material 806 alimentado, el segundo material 807 de alimentación y el tabique 808 son fundidos, permitiendo por ello la interacción de los materiales de alimentación fundidos en las regiones opuestas.

Como en la operación 107 la temperatura es mantenida durante un período de tiempo para permitir que se forme una capa de difusión de diámetro suficiente de modo que cree una interfaz discreta entre el primer material 806 de alimentación y el segundo material 807 alimentado.

Cuando la capa de difusión que forma la región aleada es del diámetro deseado la temperatura es disminuida hasta por debajo de dicha primera temperatura, haciendo que la pieza colada solidifique durante una etapa de enfriamiento.

Aunque el enfriamiento a una tasa natural puede ser adecuado para algunos materiales, otros pueden requerir un enfriamiento acelerado. En una realización la temperatura del molde es disminuida rápidamente forzando a que un gas inerte tal como argón o helio fluyan sobre el molde negativo 801.

Figura 9

Un quinto ejemplo de un molde que pone en práctica la presente invención está mostrado en la Figura 9. Está ilustrado el molde 901 para producir un componente de álabe de turbina de gas que comprende una primera región 902 más interior, contenidas dentro del tabique 903 y una segunda región 904 más exterior.

De manera similar a la Figura 8, una primera región 902 es alimentada a través de una primera sección 905 alimentadora a través de la primera abertura 906, y una segunda región 904 es alimentada a través de una segunda sección 907 alimentadora y de una segunda abertura 908.

En una realización de la invención el tabique 903 es invertido dentro del modelo de cera positivo del componente, como se ha mostrado con referencia a la Figura 2 durante la construcción del molde 901. Por ello cuando el material que se sacrifica que forma el modelo positivo es retirado el tabique 903 permanece dentro del molde negativo 901 soportado por la sección 905 alimentador.

En la realización ilustrada el primer material 909 de alimentación en la primera región 902 y el segundo material 910 de alimentación en la segunda región 904 son polvos metálicos. El primer material 909 de alimentación es un polvo metálico

de baja densidad tal como aluminio con características de conductividad térmica superiores, mientras que el segundo material 910 de alimentación es un metal de elevada densidad tal como acero con una dureza superficial incrementada. El primer material 909 de alimentación y el segundo material 910 de alimentación tienen ambos un punto de fusión correspondiente a una primera temperatura.

5 El tabique 903 comprende un tercer material tal como níquel que es beneficioso para el proceso de aleación, y que tiene un punto de fusión correspondiente a una segunda temperatura, más elevada que la primera temperatura.

10 Por ello cuando la temperatura del molde 901 es incrementada a la primera temperatura, tanto al primer material 909 de alimentación como el segundo material 910 de alimentación se funden, sin embargo están separados por el tabique 903 que permanece en forma sólida. Un aumento adicional de la temperatura del molde negativo 901 a la segunda temperatura hace que el tabique 903 se funda, permitiendo con ello la difusión del primer material 909 de alimentación con un segundo material 910 alimentado, creando una región aleada que comprende tanto partículas de aluminio del primer material alimentado, partículas de acero del segundo material de alimentación y partículas de níquel del material del tabique.

15 Alterando la composición del material utilizado para crear el tabique 903 es posible influir en el punto de fusión y por ello en la temperatura de aleación de los distintos materiales de alimentación.

20 En una realización el tabique 903 está formado de un material cerámico que tiene un punto de fusión bastante mayor que los puntos de fusión de los materiales de alimentación. Por ello el proceso de aleación es conducido a una temperatura muy incrementada, dando como resultado una estructura cristalina más uniforme de la región aleada.

25 Aunque la intención ha sido descrita por realizaciones presentes utilizando solamente dos materiales de alimentación en polvo, se apreciará que en realizaciones alternativas pueden utilizarse cualquier número de polvos de alimentación diferentes.

30 Pueden crearse igualmente componentes con cualquier número de regiones localizadas diferentes de materiales diferentes, a las que se accede por cualquier número de aberturas para inserción de materiales de alimentación. De hecho en otra realización alternativa aún de la presente invención se forma un componente de vástago de múltiples núcleos, que comprende diez regiones separadas por nueve tabiques en los que se despliegan diez materiales diferentes de alimentación.

Figura 10

35 El aparato para realizar el método de procesamiento que pone en práctica la presente invención en el que moldes tales como el molde negativo 901, que contiene materiales de alimentación en polvo son procesados para formar un componente compuesto, está ilustrado en la Figura 10.

40 El aparato 1001 comprende un horno 1002 de vacío que crea una cámara 1003 hermética al vacío y que tiene una puerta 1004 para permitir la carga y descarga de la cámara 1003.

45 En una realización el horno de 1002 de vacío incluye medios para variar la temperatura y la presión dentro de él. El horno 1002 de vacío tiene una fuente de calor para producir calor radiante tal como un elemento 1005 de calentamiento por resistencia que está conectado a la fuente de alimentación 1006.

50 El aparato 1001 incluye también una bomba 1007 de vacío conectada a la cámara 1003 para evacuar aire desde la cámara 1003 de tal modo que la presión en la cámara pueda ser reducida por debajo de la presión atmosférica. Adicionalmente un compresor 1008 está también previsto de modo que permita que la presión dentro de la cámara 1003 sea incrementada por encima de la presión atmosférica.

55 Está previsto un controlador electrónico 1009 que comprende un sensor 1010 de temperatura y un sensor 1011 de presión y el cableado asociado. El sensor 1010 de temperatura está situado dentro de la cámara 1003 y está configurado para proporcionar señales indicativas de la temperatura real dentro de la cámara 1003. De manera similar el sensor 1011 de presión está configurado para proporcionar una indicación de la presión del aire dentro de la cámara 1003.

60 El controlador electrónico 1009 está configurado para recibir señales desde el sensor 1010 de temperatura y el sensor 1011 de presión, y modular la fuente de alimentación 1006 para el elemento 1005 de calentamiento por resistencia, la bomba 1007 de vacío y el compresor 1008 consecuentemente. En una realización, el controlador 1009 es un sistema informático programado o micro-controlador.

65 En una realización de la invención es deseable que la etapa de enfriamiento sea acelerada para hacer que los materiales de alimentación fundidos disminuyan de temperatura y solidifiquen más rápidamente. Por ello el compresor 1008 es utilizado para forzar a un gas inerte, tal como nitrógeno a la cámara 1003 de vacío mientras que el vacío 1007 evacúa el gas gastado, creando con ello una corriente de convección de enfriamiento sobre el molde negativo 901.

Figura 11

Un ejemplo de operaciones de proceso 106-108 que ponen en práctica un aspecto de la presente invención como se ha ilustrado en la Figura 8 está representado por el gráfico de la Figura 11. El gráfico 1101 muestra una curva de temperatura (T) en función del tiempo (t).

5 Inicialmente en el instante 1102 la cámara del horno 1002 de vacío está a una temperatura ambiente 1103. Se suministra a continuación energía eléctrica a las bobinas de calentamiento por resistencia, en el instante 1104 hasta el instante 1105 para elevar la temperatura dentro de la cámara a una primera temperatura 1106, por encima del punto de fusión del primer material 806 alimentado, del segundo material 807 de alimentación y del tabique 808, estableciendo por ello líquido fundido dentro del molde 801.

10 La temperatura incrementada 1106 es mantenida de manera estable entre los instantes 1105 y 1107, manteniendo por ello los materiales de alimentación en su estado fundido y permitiendo un grado de difusión en la interfaz.

15 Cuando el periodo de tiempo que ha transcurrido es suficientemente largo para permitir una cantidad adecuada de difusión entre el primer material 806 de alimentación y el segundo material 807 alimentado, creando una región aleada de diámetro deseado, se interrumpe la alimentación a las bobinas de resistencia y se detiene el calentamiento.

20 En el instante 1107 se corta la alimentación y la cámara es dejarla enfriar naturalmente, hasta que en el distante 1108 la temperatura ha vuelto a la temperatura ambiente 1103, la pieza colada ha solidificado y ahora puede ser retirada de la cámara.

Figura 12

25 Un segundo ejemplo de las operaciones 106-108 del proceso que ponen en práctica el aspecto de la invención como se ha ilustrado en la Figura 9, está mostrado mediante el gráfico 1201 en la Figura 12.

30 De nuevo en el instante 1102 la cámara del horno de vacío está a una temperatura ambiente 1103. En el instante 1104 comienza la etapa de calentamiento y la temperatura de la cámara aumenta hasta la primera temperatura 1106 en el instante 1105. En esta etapa el primer material 909 de alimentación y el segundo material 910 alimentado, ambos con temperaturas de fusión por debajo de la primera temperatura 1106, han sido fundidos y están en su estado fundido.

35 Sin embargo como se ha descrito con referencia a la Figura 9, el tabique 903 tiene un punto de fusión más elevado que cualquier primer material 909 de alimentación o segundo material 910 alimentado, por ello permanece en su fase sólida. Por tanto en esta realización continúa el calentamiento durante otro período de tiempo, hasta el instante 1202 cuando la temperatura ha aumentado a una segunda temperatura 1203 y el tabique se ha fundido. En esta etapa tanto el primer material 909 alimentado, el segundo material 910 de alimentación y el tabique 903 están en estados fundidos y comienzan a difundirse en la interfaz. En esta realización es deseable que la región aleada creada por la difusión de partículas sea relativamente mayor de diámetro que la región aleada creada en el proceso mostrado en la Figura 11. Por ello la temperatura incrementada es mantenida durante un período de tiempo mayor, desde el instante 1202 hasta el

40 instante 1203, permitiendo por ello mayor grado de difusión de partículas. En el instante 1203 la región aleada es de diámetro adecuado y por ello se interrumpe la alimentación a la bobina de calentamiento y comienza el enfriamiento.

45 En esta realización es deseable que se acelere la etapa de enfriamiento. Por ello en el instante 1203 el compresor 1008 y el vacío 1007 están configurados para forzar una corriente de convección sobre el molde negativo 901, como se ha descrito con referencia a la Figura 10 durante la operación 108 de enfriamiento. Esto da como resultado una disminución rápida de la temperatura del molde negativo 901 y consecuentemente una solidificación de los materiales de alimentación fundidos tiene lugar rápidamente. En el instante 1204 la temperatura en la cámara ha vuelto a la temperatura ambiente 1003 y el molde puede ser retirado de la cámara y procesado adicionalmente si fuera necesario.

REIVINDICACIONES

- 1 Un método para la formación de un componente compuesto a partir de una pluralidad de materiales de alimentación en polvo diferentes, que comprende las operaciones de:
- 5 obtención de un molde cerámico negativo (102, 401, 601, 801, 901) de un componente que define una primera abertura (603, 804, 906) asociada con una primera región (602, 802, 902) del molde y una segunda abertura (604, 805, 906) asociada con una segunda región (605, 803, 904) del molde;
- 10 despliegue de un primer material (104, 608, 806, 909) de alimentación en polvo en dicha primera región del molde negativo a través de la primera abertura y un segundo material (105, 609, 807, 910) de alimentación en polvo a dicha segunda región del molde negativo a través de la segunda abertura;
- 15 prevención de la difusión de dicho primer material de alimentación con dicho segundo material de alimentación por medio de un tabique (808, 903) que separa dicha primera región y dicha segunda región;
- aumento de la temperatura dentro de dicho molde negativo a una primera temperatura (1106) que hace que dicho primer material de alimentación se funda durante una etapa (106) de calentamiento; y
- fusión de dicho tabique para permitir la difusión de dicho primer material de alimentación con dicho segundo material alimentado.
2. El método según la reivindicación 1, en el que dicho tabique se funde cuando la temperatura de dicho molde negativo es incrementada a dicha primera temperatura durante dicha etapa de calentamiento.
3. El método según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que dicho segundo material de alimentación se funde durante dicha etapa de calentamiento.
- 25 4. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que dicho material de alimentación en polvo se funde con dicho segundo material de alimentación en polvo durante dicha etapa de calentamiento para unir dichos primer y segundo materiales de alimentación en polvo.
- 30 5. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que dicho primer material de alimentación y dicho segundo material de alimentación son metales.
6. El método según la reivindicación 5, en el que dicho primer metal de alimentación es unido a dicho segundo metal de alimentación por difusión de las partículas durante dicha etapa de calentamiento para alear dichos primer y segundo metales sobre una región aleada (701) en la interfaz (610).
- 35 7. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende además la operación de:
- disminución de la temperatura dentro de dicho molde negativo hasta por debajo de dicha primera temperatura haciendo que dicho primer material de alimentación se solidifique durante una etapa (108) de enfriamiento.
- 40 8. El método según la reivindicación 7, que comprende además la operación de:
- alimentación de material licuado adicional a dicho molde negativo durante dicha etapa de enfriamiento cuando el material contenido dentro de dicho molde negativo se contrae en volumen.
- 45 9. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que dicha etapa de calentamiento es realizada bajo una presión distinta de la presión atmosférica.
- 50 10. El método según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, en el que dicha etapa de enfriamiento es realizada bajo una presión distinta de la presión atmosférica.
11. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que la temperatura dentro de dicho modelo es incrementada a una segunda temperatura (1203) durante dicha etapa de calentamiento.
- 55 12. El método según la reivindicación 11, en el que dicho tabique se funde cuando la temperatura del dicho molde negativo es incrementada a dicha segunda temperatura durante dicha etapa de calentamiento.
13. Un aparato para formar un componente compuesto a partir de una pluralidad de materiales de alimentación en polvo diferentes que comprende:
- 60 un molde cerámico negativo (102, 401, 601, 801, 901) que define una primera abertura (603, 804, 906) asociada con una primera región (602, 802, 902) del molde y una segunda abertura (604, 805, 908) asociada con una segunda región (605, 803, 904) del molde, en donde
- 65 dicha primera abertura está configurada para la inserción de un primer material (104, 608, 806, 909) de alimentación en polvo a dicha primera región del molde y dicha segunda abertura está configurada para la inserción de un segundo material (105, 609, 807, 910) de alimentación en polvo a una segunda región del molde;

y

dicho molde cerámico negativo es adecuado para calentar a una primera temperatura (1106) durante una etapa (106) de calentamiento, **caracterizado por que:** dicho molde cerámico negativo comprende además un tabique (808, 903) que separa dicha primera y dicha segunda regiones, estando dicho tabique configurado para impedir la difusión de dicho primer material de alimentación con dicho segundo material de alimentación cuando está en forma sólida y configurado además para fundir y permitir la difusión de dicho primer material de alimentación con dicho segundo material alimentado.

5

14. El aparato según la reivindicación 13, en el que dicho molde de cerámica negativo está configurado para ser permeable a la atmósfera en uso.

10

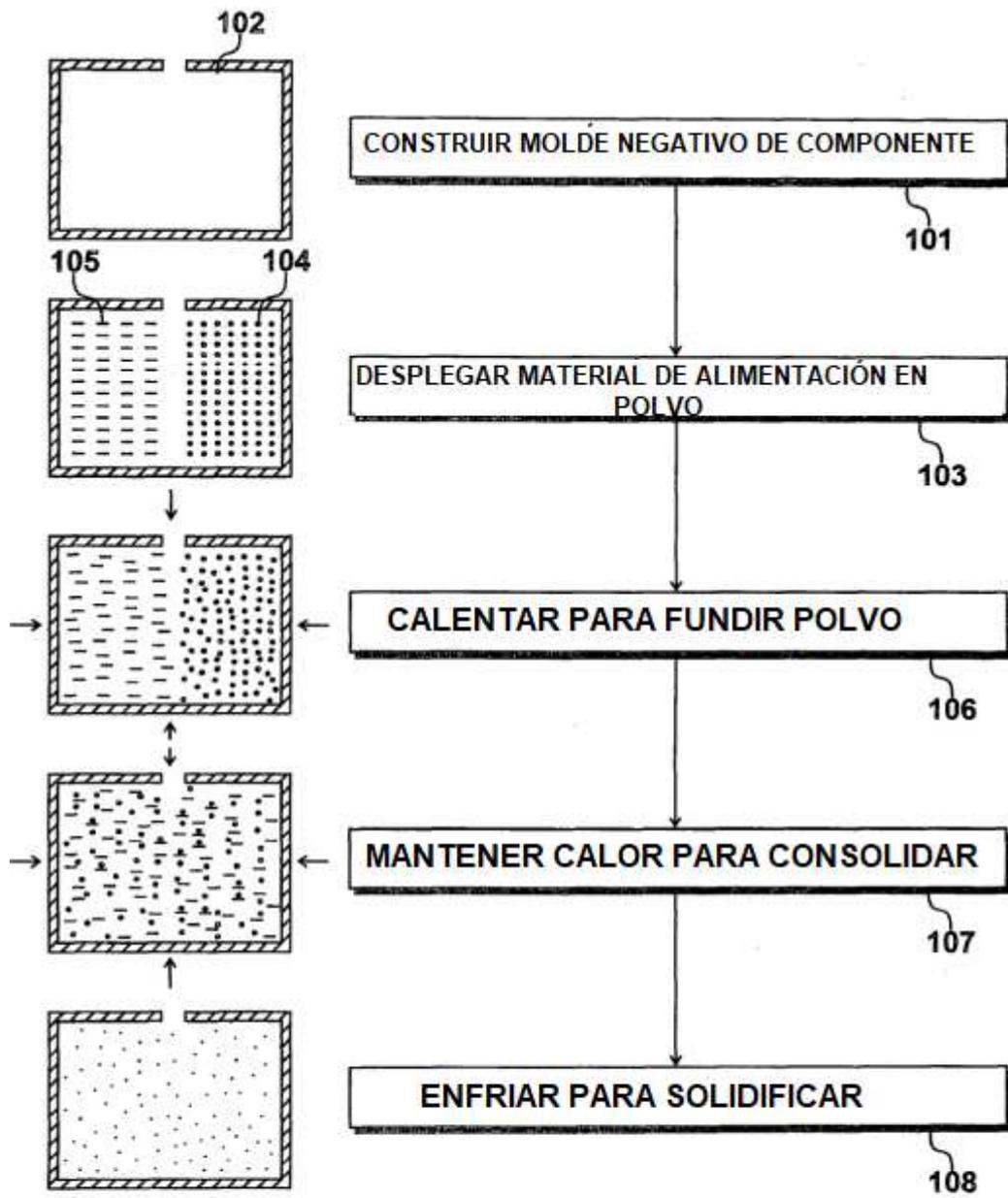


Fig. 1

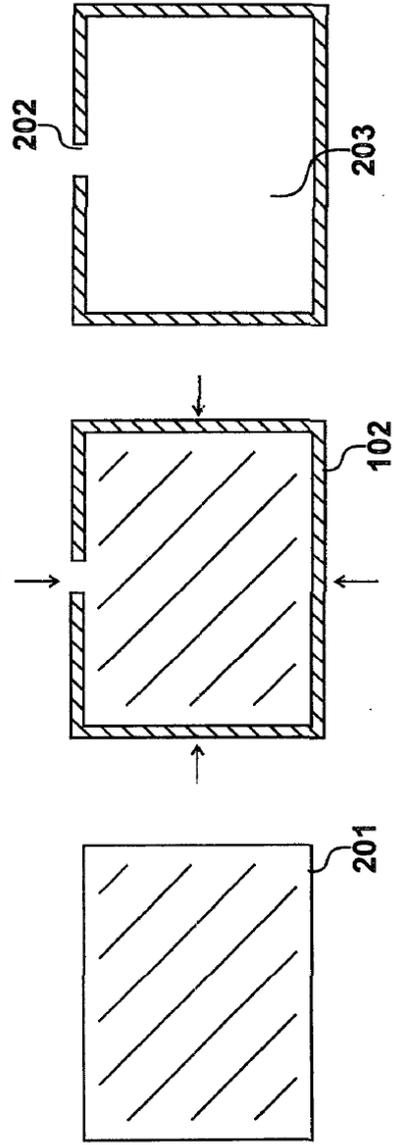


Fig. 2

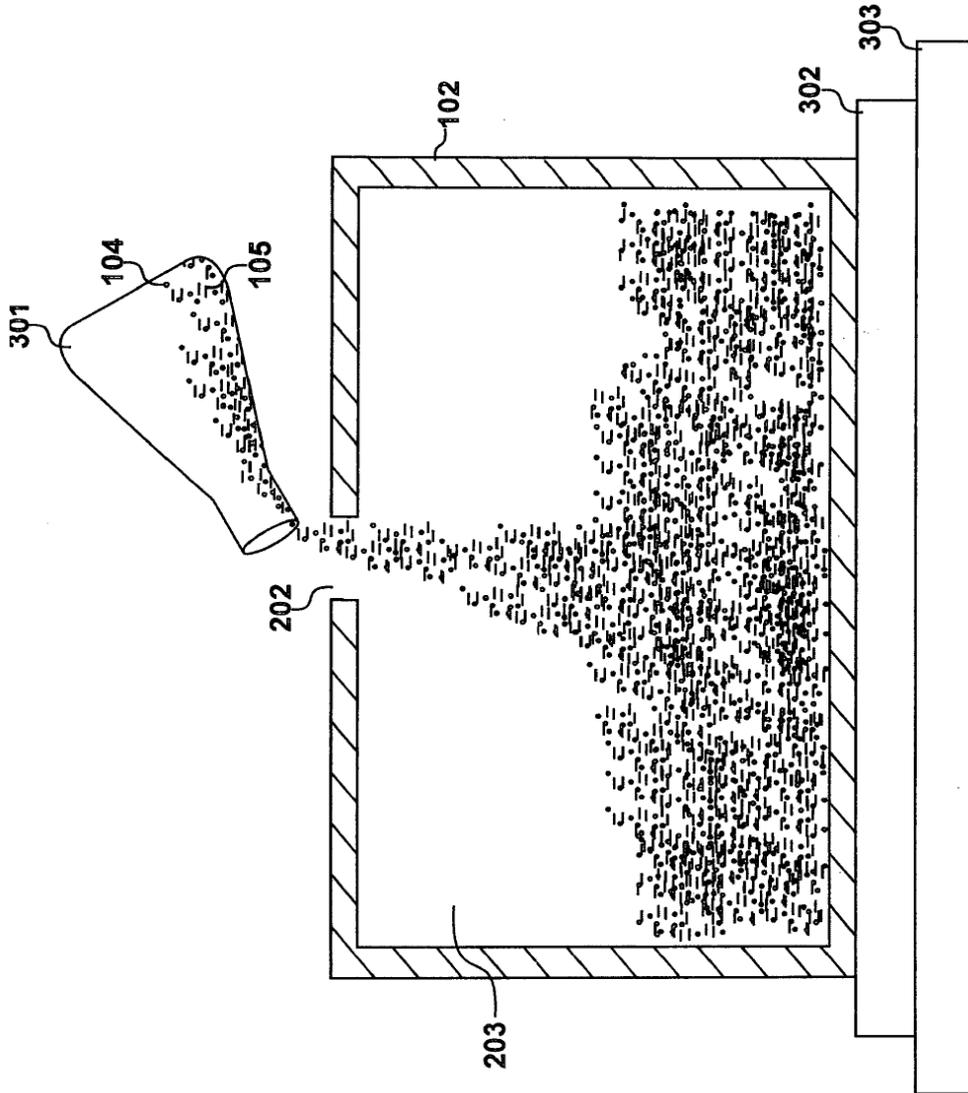


Fig. 3

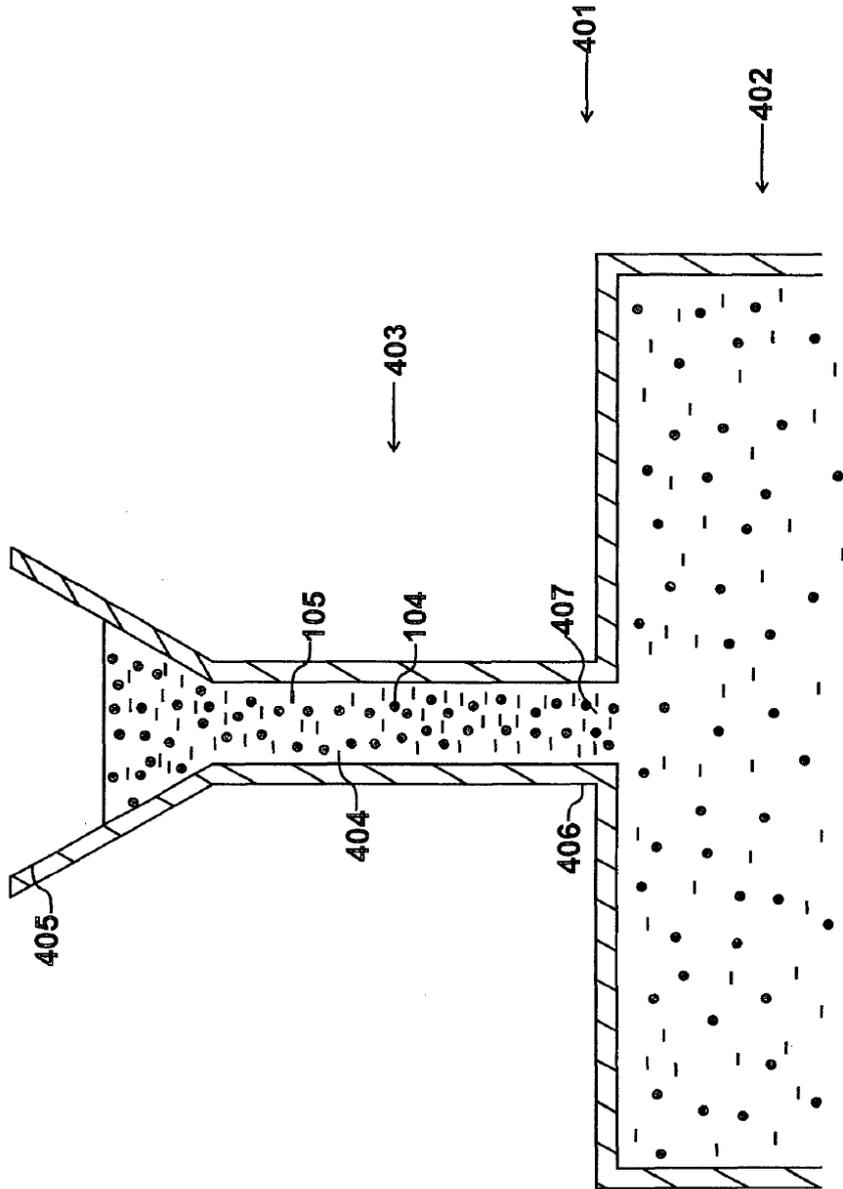


Fig. 4

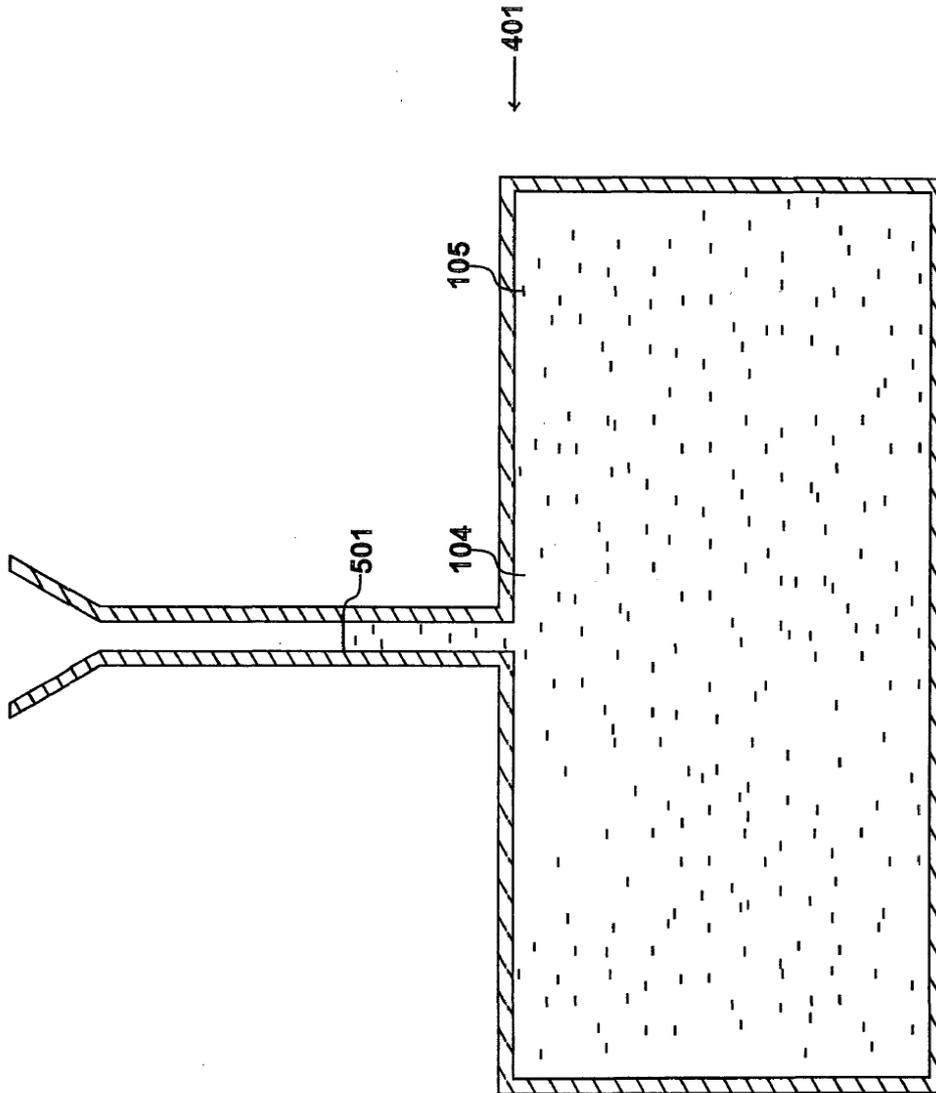


Fig. 5

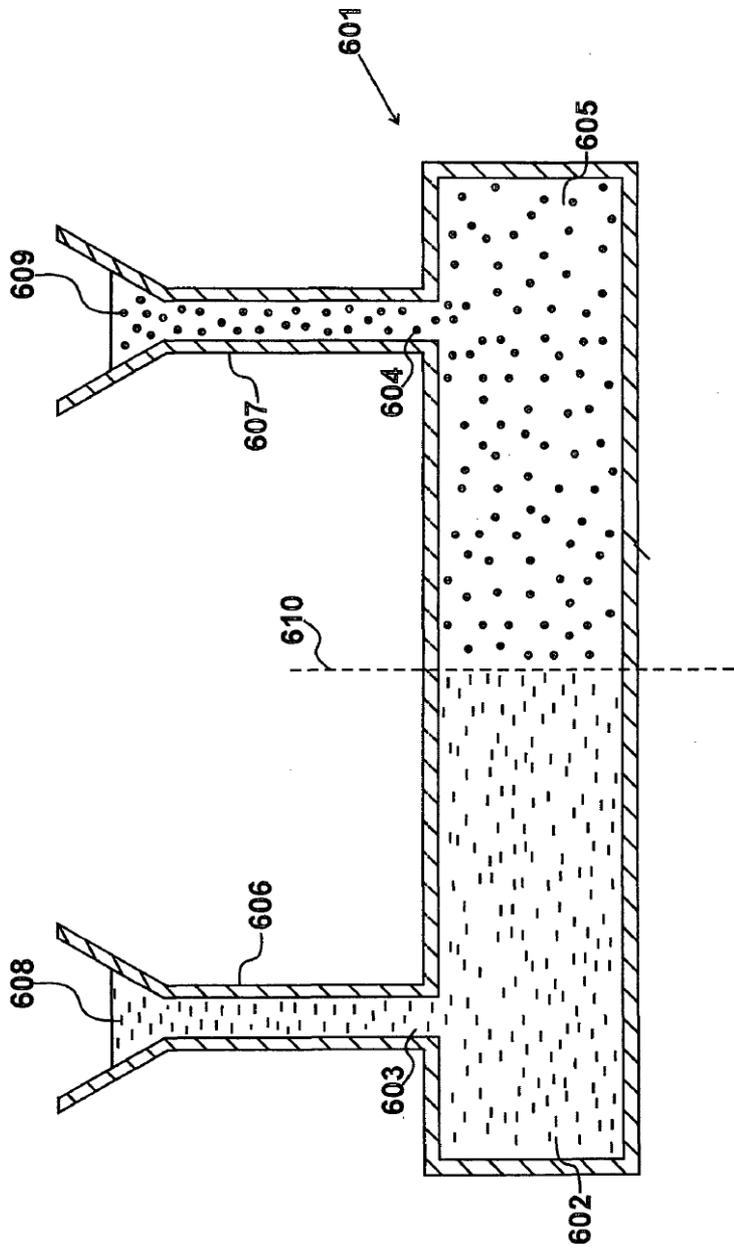


Fig. 6

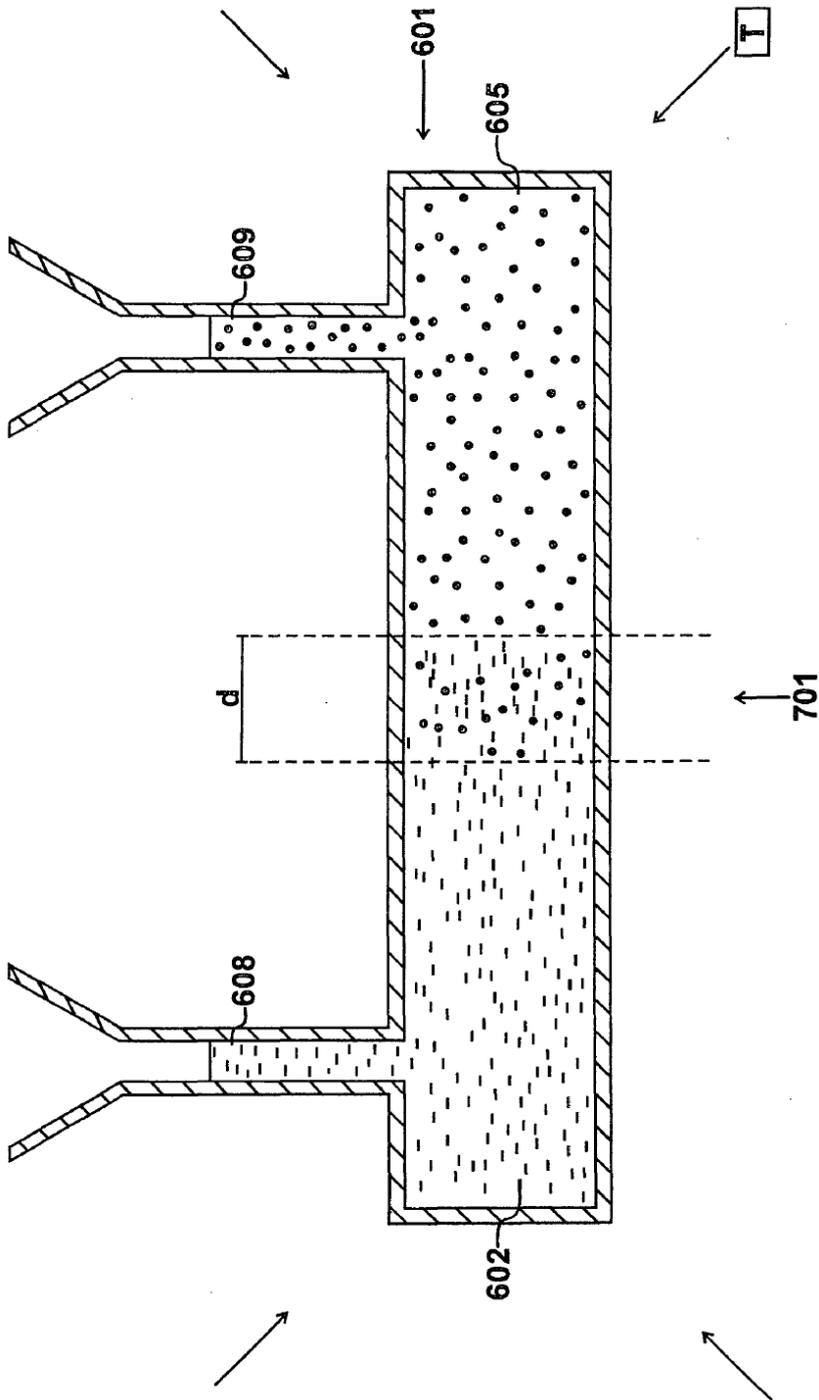


Fig. 7

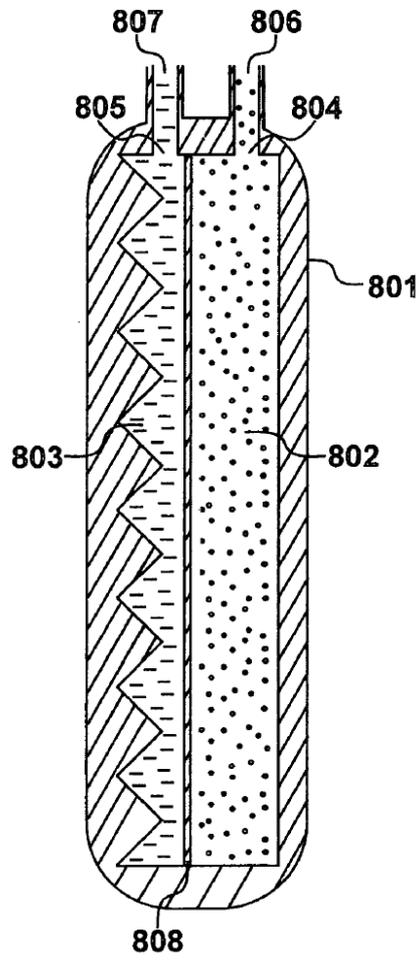


Fig. 8

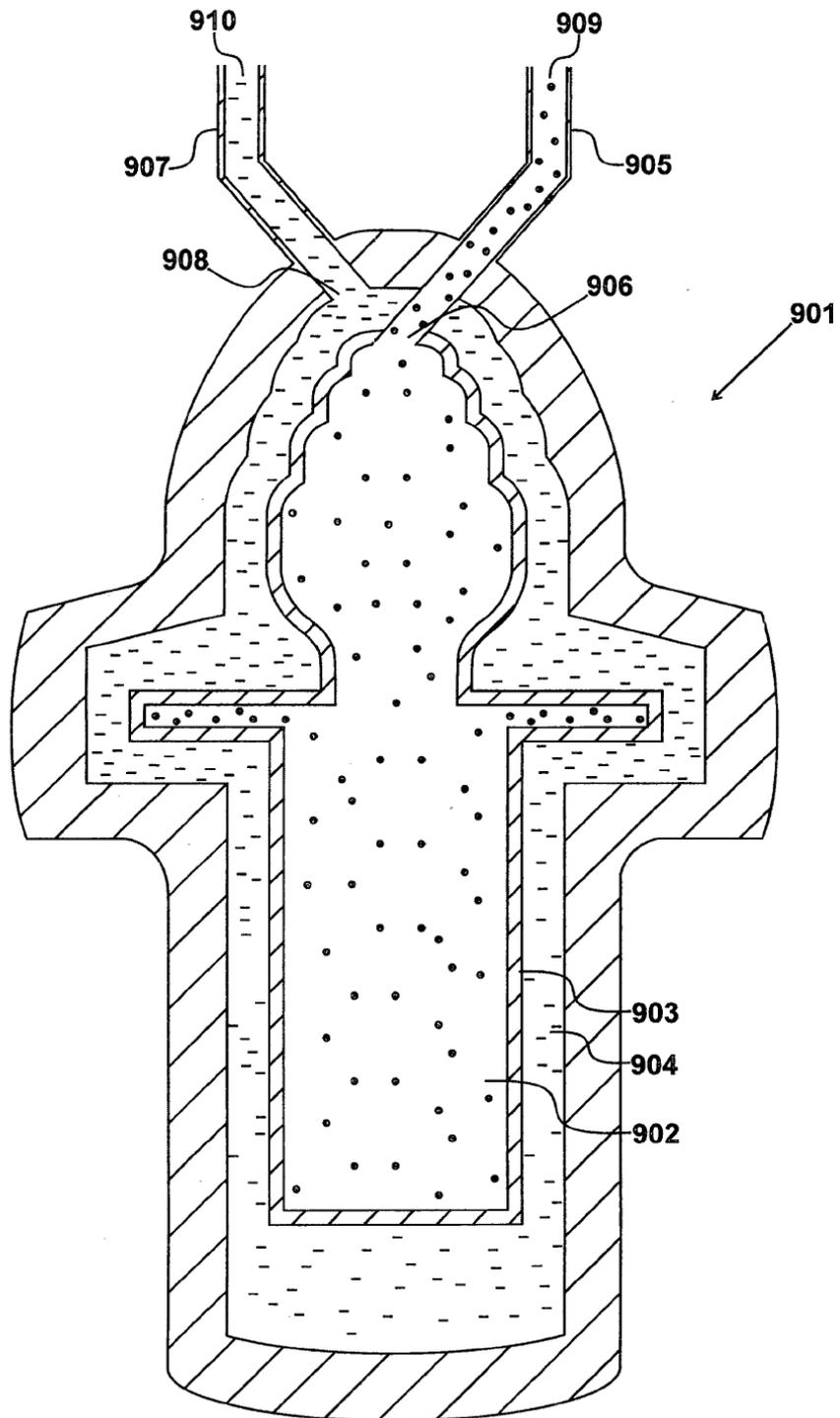


Fig. 9

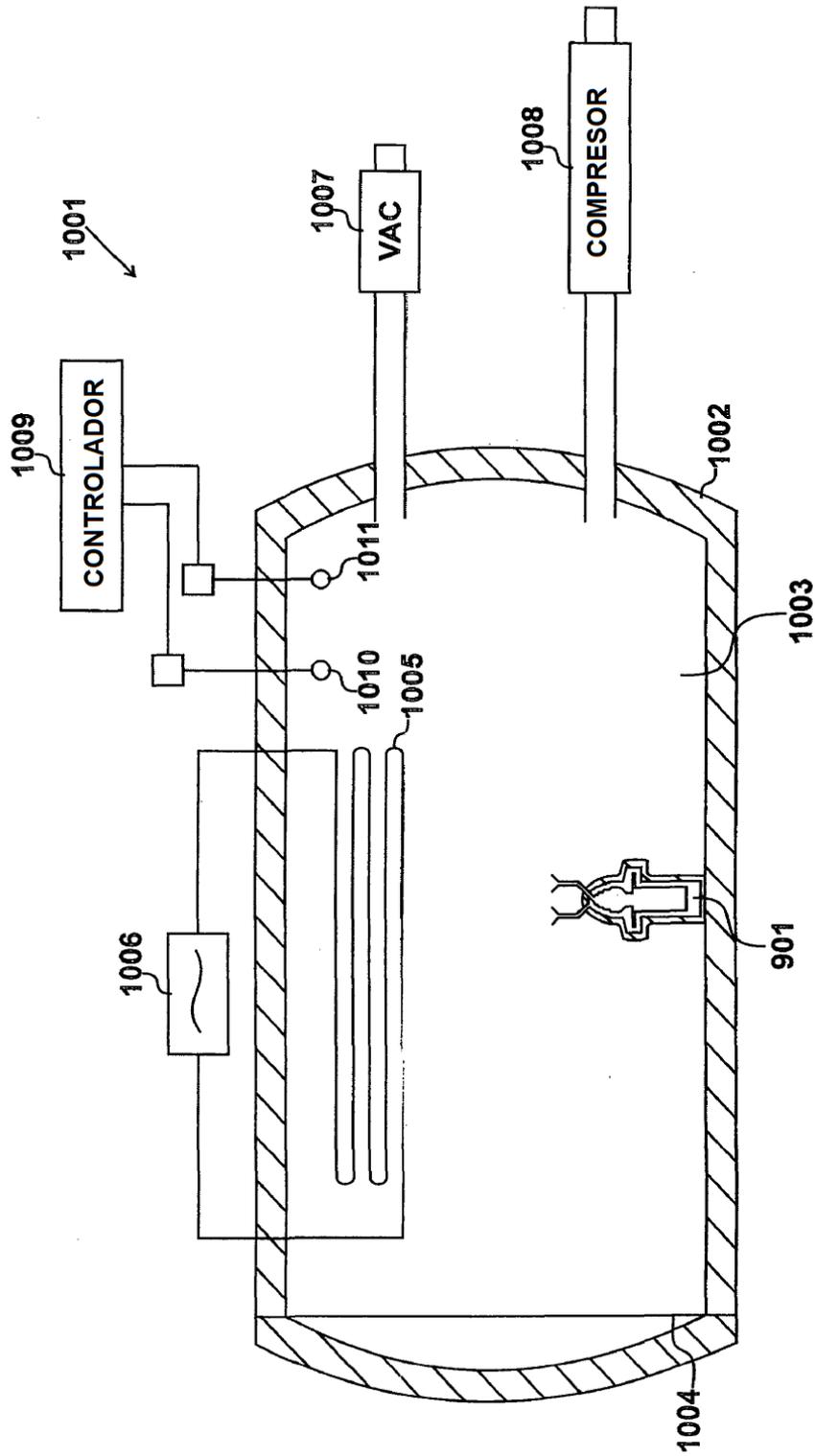


Fig. 10

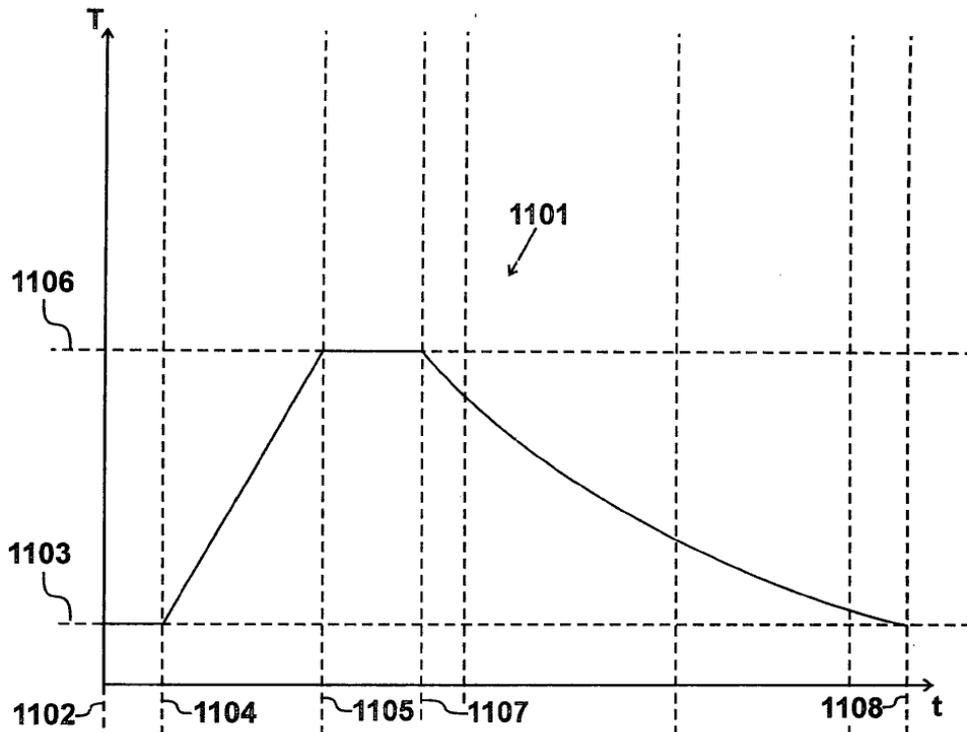


Fig. 11

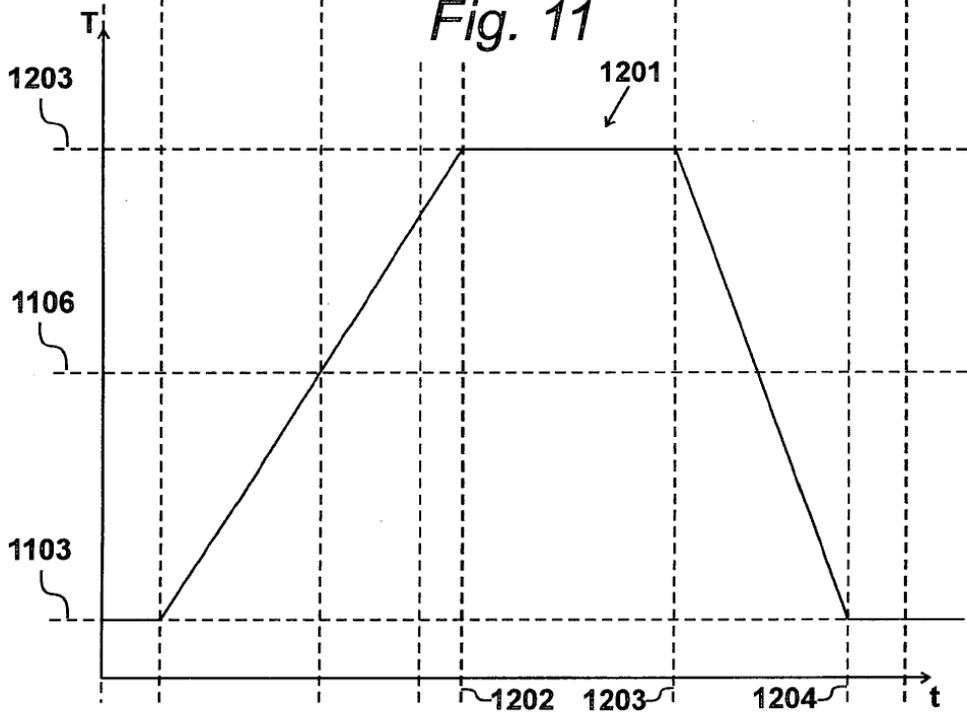


Fig. 12