

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 702 767**

51 Int. Cl.:

B22C 9/08 (2006.01)

B22C 9/04 (2006.01)

C30B 11/00 (2006.01)

C30B 29/52 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.04.2007 PCT/US2007/009298**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.11.2007 WO07123874**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.04.2007 E 07755530 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.09.2018 EP 2024114**

54 Título: **Rellenado secuencial de molde**

30 Prioridad:

19.04.2006 US 793318 P

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

05.03.2019

73 Titular/es:

**HOWMET CORPORATION (100.0%)
1500 South Warner Road
Whitehall, MI 49461-1895, US**

72 Inventor/es:

**PRZESLAWSKI, BRIAN D. y
NAIK, RAJEEV V.**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 702 767 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

Rellenado secuencial de molde

5 CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a la fundición de una aleación o metal líquido y, más particularmente, al método según la reivindicación 1 y un aparato para la fundición de una aleación o metal líquido en una pluralidad de moldes que están conectados a un pasaje de suministro de aleación o metal líquido de una manera en la cual los moldes se rellenan total o parcialmente con la aleación o metal líquido de forma secuencial, uno después el otro, según la 10 reivindicación 10. Se pueden obtener configuraciones ventajosas adicionales a partir de las reivindicaciones dependientes.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

15 US 4.981.167 describe un método para formar productos de metal fundido del tipo que tiene una parte de soporte central con una forma generalmente cuadrada definida por superficies generalmente horizontales y planas separadas por lados verticales generalmente planos y una pluralidad de partes de vástagos coplanares, cada uno se proyecta horizontalmente hacia afuera desde el soporte central. US 5.899.257 describe un proceso para fabricar piezas de fundición monocristalinas.

20 US 4.072.180 describe un proceso de fundición de metal líquido, que comprende las etapas de sujetar en una relación lateral una cantidad de secciones de molde para formar un molde. JP 59220248 describe un método de fundición y apilamiento vertical.

25 US 4.972.897 describe un método para fabricar un molde que comprende las etapas de montar un bucle de canal en una base de canal y colocar en un canal de un elemento de bucle al menos un perno de canal con un patrón de cera acoplado a este.

30 En la fundición de inversión de aleación o metal líquido (masa fundida), se ha empleado un molde múltiple de cerámica, donde el molde múltiple comprende una copa de colada de masa fundida conectada a una pluralidad de moldes individuales para formar artículos. En una configuración de fundición convencional para formar por fundición las palas de motores de turbinas de gas, la copa de colada incluye una pluralidad de radios de bebedero de suministro de masa fundida principales que se extienden desde esta. Cada uno de los radios de bebedero principales, a su vez, se ramifica en múltiples radios de bebedero de suministro de masa fundida individuales, cada uno de los cuales se extiende hacia un molde individual respectivo. Por ejemplo, se pueden ramificar tres o más 35 radios de bebedero de suministro de masa fundida desde cada radio principal. Cada molde para formar artículos incluye al menos una cavidad de molde que tiene la forma del artículo que será formado por fundición.

40 En una configuración de fundición convencional, el flujo inicial de masa fundida que se vierte desde un crisol hacia la copa de colada del molde es usualmente muy estrecho para asegurar que la masa fundida se reciba en la copa de colada y que haya una salpicadura mínima de la masa fundida dentro del horno de fundición. Los radios de bebedero principales se comunican con la copa de colada y tienen típicamente un doble fin de suministrar la masa fundida a un molde individual respectivo por medio de un radio de bebedero ramificado respectivo y de proporcionar un depósito adecuado para la masa fundida para compensar la reducción de líquido a sólido en el molde. Por ejemplo, en artículos de grano equiaxial formados por fundición, el área de corte transversal de los radios, por lo tanto, típicamente tiene que ser mayor que el corte transversal de la cavidad del molde que se rellena desde el radio. Por ejemplo, en una configuración de fundición equiaxial convencional, los cortes transversales colectivos de los radios pueden ser al menos diez veces más grandes que el flujo de colada inicial. Dicha proporción elevada de áreas de corte transversal entre los radios y el flujo de colada inicial da como resultado un suministro inconsistente y no uniforme de la masa fundida entre los moldes. Los radios que se orientan en la dirección del flujo de metal fundido reciben más flujo de metal que los radios que se alejan de la dirección del flujo de metal fundido, lo cual da como resultado un relleno inicial no uniforme de los moldes.

55 En la configuración de fundición convencional anterior, la necesidad de una mayor cantidad de radios para proporcionar tanto el suministro de metal fundido inicial como la alimentación de metal fundido para adaptarse a la reducción de tamaño por solidificación de los moldes individuales es una desventaja desde el punto de vista de que el uso del metal o aleación no es eficiente. Es decir, el metal o aleación solidificada en los radios principales y ramificados no se funde para producir un artículo útil, sino que permanece como parte de los bebederos individuales de los moldes.

60 El molde múltiple se ha formado mediante el proceso conocido de pérdida de cera, donde un montaje con patrón de cera u otro patrón temporal correspondiente a los elementos del molde múltiple se sumerge repetidamente en pasta de cerámica, se drena el exceso de pasta y se estuca con particulados de estuco cerámico grueso para acumular un espesor deseado de espesor de cubierta de cerámica sobre el montaje de patrón. El montaje de patrón, entonces, se elimina de forma selectiva y el resto del molde de cubierta múltiple de cerámica restante se calienta a una temperatura elevada para impartir propiedades de resistencia al molde de cubierta necesarias para la fundición posterior. Durante la fundición, la aleación o metal líquido se vierte en la copa de colada y fluye por medio de los 65

bebederos para rellenar los moldes para formar artículos sustancialmente de forma simultánea. La aleación o metal líquido se solidifica en los moldes para formar un artículo de fundición de inversión en los moldes.

5 En la fundición de inversión de componentes cruciales aeroespaciales, tales como palas de motores de turbina de gas, aletas y similares, los moldes múltiples a menudo incluyen un filtro de aleación o metal líquido en cada canal de entrada de masa fundida que suministra aleación o metal líquido desde la copa de colada hacia los radios para eliminar inclusiones no metálicas de la aleación o metal líquido antes de que ingrese a los moldes individuales:

COMPENDIO DE LA INVENCION

10 La presente invención proporciona un método y montaje de moldes para la fundición de una aleación o metal líquido (masa fundida) que implica proporcionar una masa fundida de aleación o metal en una copa de colada que recibe masa fundida desde un montaje de moldes y proporcionar la masa fundida desde la copa de colada hacia un pasaje de suministro de masa fundida del montaje de moldes para que fluya hacia una pluralidad de moldes que están conectados con comunicación de flujo de masa fundida con el pasaje de suministro de masa fundida en una configuración en serie, uno después del otro. El pasaje de suministro de masa fundida se configura de una manera tal que cada uno de los moldes de la serie se rellene al menos parcialmente antes de que se rellene al menos parcialmente el siguiente molde en la serie.

20 En una realización ilustrativa de la invención, el primer molde en la serie se rellena completa o parcialmente antes de que se rellene un segundo molde de la serie. Entonces, el segundo molde se rellena completa o parcialmente antes de que se rellene un tercer molde de la serie, y así sucesivamente hasta que se rellenan los moldes restantes de la serie.

25 En otra realización ilustrativa de la invención, el primer molde de la serie se rellena de una manera sin salida, sin flujo entre una cavidad de molde de este hacia el siguiente molde en la serie para ayudar a reducir la cantidad de materia extraña, como inclusiones no metálicas, en la masa fundida que rellena los moldes rellenos posteriormente de la serie.

30 Una realización ilustrativa para lograr el relleno sin salida implica rellenar completamente un primer molde de la serie desde una parte superior de este con masa fundida desde el pasaje de suministro de masa fundida, entonces rellenar un segundo molde de la serie desde una parte superior de este mediante el uso de un segundo pasaje de suministro de masa fundida que se extiende desde la parte superior del primer molde hacia la parte superior del segundo molde, y así sucesivamente hasta rellenar los moldes. De manera alternativa, otro método de relleno sin salida puede implicar rellenar el primer molde mediante el uso de un único pasaje de entrada en un extremo del primer molde que sea remoto respecto a un extremo opuesto cerrado de este. El primer molde puede ser un molde para formar artículos o un molde que no forma artículos configurado para proporcionar un flujo sin salida.

40 Al poner en práctica el método de la invención, los moldes pueden conectarse a un pasaje de suministro de masa fundida que se inclina en un ángulo agudo a lo largo de la longitud. De manera alternativa, los moldes pueden conectarse a un pasaje de suministro de masa fundida que se estreche a lo largo de la longitud para que tenga cortes transversales variables cuya área de corte transversal disminuya. Adicionalmente, los moldes pueden conectarse a un pasaje de suministro de masa fundida que sea vertical a lo largo de su longitud. En una realización preferida de la invención, los moldes adyacentes de la serie se conectan mediante pasajes de suministro de masa fundida respectivos de una manera que proporcione el relleno secuencial entre partes superiores de los moldes.

45 Al poner en práctica las realizaciones particulares de la invención, los moldes pueden disponerse a lo largo de una longitud de un pasaje de suministro de masa fundida lineal o curvado de un molde múltiple. Los moldes pueden configurarse para la fundición de artículos equiaxiales en estos, artículos solidificados de forma direccional en estos que tengan una pluralidad de granos columnares a lo largo del eje del molde, o artículos de cristal individual en estos que tengan un grano orientado individual.

50 La invención también prevé un método y montaje de moldes para la fundición de una aleación o metal líquido que implica proporcionar una masa fundida de aleación o metal en una copa de molde para recibir masa fundida de un molde de molde y proporcionar la masa fundida desde la copa de molde hacia un primer pasaje de suministro de masa fundida del montaje de moldes al cual se conecta una pluralidad de moldes con relación de flujo de masa fundida en una configuración en serie, uno después del otro, y suministrar la masa fundida desde el primer pasaje de suministro de masa fundida por medio de un pasaje conector de suministro de masa fundida hacia un segundo pasaje de suministro de masa fundida al cual se conecta una pluralidad de moldes con relación de flujo de masa fundida en una configuración en serie, uno después del otro, de manera que la primera pluralidad de moldes se rellene al menos parcialmente antes que la segunda pluralidad de moldes.

60 La invención proporciona también, en otra realización adicional, un método y montaje de moldes para la fundición de una aleación o metal líquido que implica proporcionar una masa fundida de aleación o metal a una pluralidad de moldes que están conectados en una configuración en serie, uno después del otro, mediante miembros de suministro de masa fundida respectivos, cada uno conectado entre una parte superior de un molde anterior y una parte superior del siguiente molde en la serie y rellenar completamente cada molde en la serie antes de rellenar el

siguiente molde.

La invención proporciona, en otra realización, una pieza de fundición de aleación o metal que comprende una pluralidad de artículos de aleación o metal solidificados que se conectan con bebederos solidificados lineales o curvados, donde un primer artículo de aleación o metal conectado con los bebederos incluye más materia extraña que los artículos de aleación o metal solidificados restantes conectados a los bebederos solidificados. La fundición puede incluir artículos solidificados que se conecten en serie a lo largo de una longitud de los bebederos solidificados, que se inclinan; que incluye cortes transversales variables o que es vertical. En otra realización de la invención, la fundición puede incluir artículos solidificados adyacentes que se conectan entre sí mediante sus partes superiores o mediante la parte superior y la parte inferior, mediante un bebedero solidificado respectivo. Los artículos solidificados pueden comprender artículos equiaxiales de grano policristalino, artículos solidificados de grano columnar direccional, artículos de cristal individual o artículos compuestos.

La presente invención tiene la ventaja de proporcionar un relleno más uniforme y constante de los moldes en la serie sin interrupciones importantes para rellenarlos, uso más eficiente de las aleaciones y metales costosos que se someten a fundición para reducir el costo de fabricación y, en determinadas realizaciones de la invención, puede reducir la materia extraña, tal como las inclusiones no metálicas e impurezas, en artículos rellenos posteriormente de la secuencia y puede dar como resultado la reducción de artículos de fundición descartados. Asimismo, cuando se someten los artículos a fundición mediante solidificación direccional para producir un artículo de cristal individual o de grano columnar direccional solidificado, la puesta en práctica de la invención proporciona una conservación del calor de masa fundida mejorada en la cámara de nucleación de grano de molde para iniciar la solidificación direccional. Otras ventajas de la presente invención se harán más evidentes a partir de la descripción detallada de la invención que sigue a continuación al tomarla junto con los siguientes dibujos.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La Figura 1A es una vista en perspectiva de un montaje de moldes múltiples según una realización ilustrativa de la invención que tiene una pluralidad de miembros de suministro de masa fundida que se extienden de forma radial desde un canal descendente en la parte inferior de la copa de colada de molde. La Figura 1B es una vista de corte transversal del montaje de moldes múltiples de la Figura 1A. La Figura 1C es una vista de corte transversal parcial ampliada de un miembro de suministro de masa fundida que muestra la aleación o metal líquido en el pasaje de suministro de masa fundida inclinado en relación con los moldes comunicados con la parte inferior del pasaje, de manera que cada molde en la serie se rellene completamente antes de que se rellene el siguiente molde. La Figura 1D es una vista de corte transversal parcial ampliada de un miembro de suministro de masa fundida alternativo que muestra los moldes comunicados con la parte superior del pasaje inclinado, de manera que se rellenen secuencialmente de forma parcial (y que no se cubre en las reivindicaciones).

La Figura 2 es una vista de corte transversal parcial ampliada de otro miembro de suministro de masa fundida ilustrativo que muestra la aleación o metal líquido en el pasaje de suministro de masa fundida no inclinado que tiene cortes transversales variables (estrechamientos) cuya área de corte transversal disminuye en una dirección que se aleja de la tasa de colada de molde, de manera que cada molde en la serie se rellene completamente antes de que se rellene el siguiente molde.

La Figura 3 es una vista de corte transversal de un montaje de moldes múltiples según otra realización ilustrativa de la invención, donde los moldes se conectan en secuencia a lo largo de un miembro de suministro de masa fundida vertical, de una manera en la cual los moldes se rellenen horizontalmente y en secuencia durante la fundición por gravedad y que cada molde en la serie se rellene completamente antes de que se rellene el siguiente molde.

La Figura 4 es una vista de corte transversal de un montaje de moldes múltiples que tiene moldes conectados mediante miembros de suministro de masa fundida secuenciales en forma de arco para proporcionar un flujo entre partes superiores en cascada de la aleación o metal líquido desde el primer molde en la secuencia hasta el segundo molde en la secuencia, hasta el tercer molde en la secuencia y así sucesivamente, de manera que los moldes se rellenen de forma secuencial durante la fundición de gravedad. En la Figura 4, se proporciona el flujo en cascada desde la parte superior de cada molde hasta la parte superior del siguiente molde en la secuencia horizontal, de manera que cada molde en la serie se rellene completamente antes de que se rellene el siguiente molde.

La Figura 4A es una vista de corte transversal de un molde de moldes múltiples alternativo al de la Figura 4, que tiene los moldes conectados mediante miembros de suministro de masa fundida secuenciales en forma de arco, donde el primer molde y el segundo molde de la serie se conectan al radio de suministro de masa fundida. La Figura 5 es una vista de corte transversal parcial ampliada de una serie de moldes de un montaje de moldes no cubierto por las reivindicaciones que tiene un primer molde falso al que se le proporciona masa fundida de una manera de recoger materia extraña y moldes para formar artículos posteriores conectados mediante miembros de suministro de masa fundida secuenciales de una manera entre parte superior y parte inferior para proporcionar un flujo de aleación o metal líquido desde la parte superior de cada molde hacia la parte inferior del siguiente molde con el flujo de masa fundida a través de cada cavidad de molde desde la parte inferior hasta la parte superior en una secuencia horizontal de moldes.

La Figura 6 es una vista de corte transversal parcial ampliada de aun otra serie de moldes de un montaje de moldes no cubierto por las reivindicaciones con un primer molde falso al que se le proporciona masa fundida

de una manera de ayudar a recoger o atrapar materia extraña y moldes para formar artículos posteriores conectados mediante miembros de suministro de masa fundida secuenciales de una manera entre parte superior y parte inferior para proporcionar un flujo de aleación o metal líquido desde la parte superior de cada molde hacia la parte inferior del siguiente molde con el flujo de masa fundida a través de cada cavidad de molde desde la parte inferior hasta la parte superior en una secuencia inclinada de moldes.

La Figura 7 es una vista de corte transversal de un montaje de moldes múltiples de otra realización no cubierta por las reivindicaciones que tiene los moldes conectados mediante miembros de suministro de masa fundida horizontales secuenciales respectivos a un canal descendente vertical de una manera para proporcionar el relleno completo del primer molde en la secuencia antes del relleno completo del segundo molde en la secuencia. Los moldes se muestran conectados a la parte superior de cada miembro de suministro de masa fundida.

La Figura 8 es una vista de corte transversal de un montaje de moldes múltiples de otra realización no cubierta por las reivindicaciones que tiene moldes apilados de forma vertical conectados con una relación de flujo de masa fundida entre ellos y mediante miembros de suministro de masa fundida horizontales secuenciales respectivos a un canal descendente vertical de una manera para proporcionar el relleno completo del primer molde apilado en la secuencia antes del relleno completo del molde apilado posterior en la secuencia.

La Figura 9 es una vista de corte transversal de un montaje de moldes múltiples de otra realización no cubierta por las reivindicaciones similar a la de la Figura 7 que tiene los moldes conectados a la parte inferior de miembros de suministro de masa fundida respectivos, los cuales se conectan con un canal descendente vertical de una manera para proporcionar el relleno completo del primer molde en la secuencia antes del relleno completo del segundo molde en la secuencia.

La Figura 10 es una vista en perspectiva de un montaje de moldes múltiples según otra realización ilustrativa de la invención que tiene un primer miembro de suministro de masa fundida curvado al cual se conecta una primera pluralidad de moldes en relación de flujo de masa fundida y un segundo miembro de suministro de masa fundida al cual se conecta una segunda pluralidad de moldes en relación de flujo de masa fundida. El primer y segundo miembros de suministro de masa fundida se conectan mediante un miembro de pasaje de suministro de masa fundida en forma de arco de una manera en la cual la primera pluralidad de moldes se rellena parcial o completamente antes que la segunda pluralidad de moldes.

La Figura 11 es una vista en perspectiva de otro montaje de moldes múltiples según otra realización ilustrativa de la invención que tiene una pluralidad de miembros de suministro de masa fundida que se extiende en un patrón en forma de H desde un canal descendente en la parte inferior de la copa de colada del molde para proporcionar el relleno completo del primer molde en cada serie o secuencia antes de que se rellene el segundo molde en cada serie o secuencia.

La Figura 12 es una vista en perspectiva de aun otro montaje de moldes múltiples según otra realización ilustrativa de la invención que tiene un miembro de suministro de masa fundida curvado que se extiende en un espiral inclinado desde un canal descendente en la parte inferior de la copa de colada del molda de manera que cada molde en la serie se rellene completamente antes que el siguiente molde.

La Figura 13 es una vista de corte transversal de aun otro montaje de moldes múltiples según otra realización ilustrativa no cubierta por las reivindicaciones que tiene moldes para formar artículos configurados para la fundición de artículos de cristal individual y conectados mediante miembros de suministro de masa fundida secuenciales de una manera similar a la Figura 5.

La Figura 14 es una vista de corte transversal de aun otro montaje de moldes múltiples según otra realización ilustrativa de la invención que tiene moldes para formar artículos configurados para la fundición de artículos solidificados de forma direccional con grano columnar y conectados mediante miembros de suministro de masa fundida secuenciales de una manera similar a la Figura 4 para proporcionar un flujo en cascada entre partes superiores de aleación o metal líquido para rellenar los moldes en secuencia.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Las realizaciones ilustrativas del método y aparato para la fundición de una aleación o metal líquido en una pluralidad de moldes implica proporcionar masa fundida de aleación o metal en una copa de molde para recibir masa fundida de un montaje de moldes y suministrar la masa fundida desde la copa de molde hacia un pasaje de suministro de masa fundida para que fluya hacia una pluralidad de moldes que están conectados con comunicación de flujo de masa fundida hacia el pasaje de suministro de masa fundida en configuración en serie entre sí, donde el pasaje de masa fundida se configura de una manera tal que cada uno de los moldes de las serie se rellene al menos parcialmente antes de que se rellene al menos parcialmente el siguiente molde en la serie.

Las Figuras 1A, 1B y 1C se ofrecen para ilustrar una realización de la invención sin limitar el alcance de esta. En las Figuras 1A, 1B y 1C, se muestra un molde múltiple 10 que tiene una copa de molde 10a integral para recibir masa fundida, un canal descendente 10b que tiene un pasaje de canal 10c comunicado con la copa de molde 10a y una pluralidad de miembros de suministro de masa fundida 10d comunicados con el canal descendente y cada uno tiene un pasaje de suministro de masa fundida 10e. Un filtro convencional opcional de aleación o metal líquido (no se muestra), como, por ejemplo, un filtro de espuma cerámica reticulada o un filtro de cerámica de flujo celular, puede proporcionarse típicamente en la copa de molde 10a para eliminar materia extraña antes de que la masa fundida ingrese en los moldes.

Según una realización ilustrativa de la invención, se muestra una pluralidad de moldes 20 para formar artículos conectados con comunicación de flujo de masa fundida a cada uno de una pluralidad (se muestran cuatro) de miembros de suministro de masa fundida 10d a lo largo de sus longitudes respectivas que se inclinan hacia arriba en relación con la horizontal en una dirección generalmente radial que se extiende en dirección opuesta a la copa de molde 10a. Cada molde 20 comprende una cubierta de cerámica 20a que incluye y define en esta una cavidad de molde 20c para formar artículos que tiene la forma del artículo de fundición que será producido y un extremo cerrado 20e. Con fines ilustrativos y no limitantes, la cavidad de molde 20c se muestra con la forma de una pala de motor de turbina de gas, aunque las cavidades de molde pueden tener cualquier forma para producir un artículo de fundición deseado. Con este fin, la cavidad de molde incluye una región raíz 20r de pala, una región de plataforma 20p de pala, una región de alerón 20f de pala y una región de punta 20t de pala. La cavidad de molde 20c se conecta mediante un pasaje de bebedero de molde 20g que se comunica con relación de flujo con el pasaje de suministro de masa fundida 10e respectivo para recibir una aleación o metal líquido desde este cuando la aleación o metal líquido se proporciona en la copa de molde 10a y fluye a través del canal descendente y pasaje de canal 10e. La aleación o metal líquido puede verterse en la copa de molde 10a desde un crisol convencional CR, tal como un crisol inclinable convencional o crisol de alimentación inferior ubicado por encima de la copa de molde, o cualquier otro recipiente de contención de masa fundida. De manera alternativa, la aleación o metal puede colocarse como una carga sólida en la copa de molde 10a y se funde in situ en esta mediante fundido por inducción, fundido de haz de electrones u otro proceso de fundido. La aleación o metal líquido puede fundirse y/o mantenerse en el crisol u otro recipiente de contención de masa fundida al vacío, con atmósfera protectora o al aire, dependiendo de la aleación o metal líquido en particular que se someterá a fundición.

El molde múltiple 10 puede formarse como un montaje de molde de cubierta cerámica mediante el proceso conocido de cera perdida, donde se monta un montaje de patrón de cera u otro patrón temporal que tenga los elementos correspondientes a los del molde múltiple (por ejemplo, copa de molde de cera, canal descendente de cera, miembros de suministro de masa fundida de cera y moldes de cera). El montaje de patrón temporal se sumerge repetidamente en pasta de cerámica, se drena el exceso de pasta y se estuca con particulados de estuco cerámico grueso para acumular un espesor deseado de cubierta de espesor de cerámica sobre el montaje de patrón. El montaje de patrón, entonces, se elimina de forma selectiva y el resto del molde de cubierta múltiple de cerámica restante se calienta a una temperatura elevada para impartir propiedades de resistencia al molde de cubierta necesarias para la fundición posterior.

Durante la fundición, la aleación o metal líquido M, Figura 1B, puede verterse desde el crisol CR u otro recipiente de contención de masa fundida hacia el interior de la copa de molde 10a para que fluya mediante la gravedad a través del canal descendente 10b y los pasajes 10e de bebedero. Según una realización de la invención, la aleación o metal líquido M fluye desde el canal descendente a través de los pasajes 10e de suministro de masa fundida para rellenar las cavidades de molde 20c que forman artículos en secuencia dependiendo de la posición del molde 10 a lo largo de la longitud del miembro de suministro de masa fundida 10d. Por ejemplo, con referencia a la Figura 3, la aleación o metal líquido M fluye hacia el interior del molde n.º 1 para rellenarlo primero, entonces fluye hacia el interior del molde n.º 2 para rellenarlo completamente en segunda instancia, entonces fluye hacia el interior del molde n.º 3 para rellenarlo completamente y finalmente fluye hacia el interior del molde n.º 4 para rellenarlo completamente, por último. La aleación o metal líquido M se solidifica en los moldes para formar un artículo de fundición de inversión en cada molde 20. Los artículos de fundición se conectan a los bebederos solidificados, canal descendente y copa de molde cuando se retira el material de molde. Después de retirar el material de molde, los artículos de fundición se separan del bebedero mediante corte, sierra, rotura en una muesca de fundición o cualquier otra técnica de separación.

En las Figuras 1A a 1D, se muestra que los moldes 20 producen artículos de fundición de inversión equiaxiales policristalinos en las cavidades de molde 20c, aunque la invención no se limita a este respecto, dado que cualquier tipo de artículo de fundición, tal como un artículo de grano columnar, artículos de cristal único o artículo compuesto, puede producirse mediante la puesta en práctica de la invención.

Se ha descubierto que rellenado de los moldes 20 de esta manera secuencial es ventajoso para proporcionar un rellenado más uniforme y consistente de los moldes en la serie sin interrupciones importantes en su rellenado. Esto mejora la consistencia y la calidad de los artículos de fundición en los moldes 20. Asimismo, rellenar los moldes 20 de esta manera secuencial proporciona un uso más eficaz de las aleaciones y metales sometidos a fundición para reducir el costo de fabricación. La puesta en práctica de la invención puede lograr una reducción de artículos de fundición descartados por defectos de porosidad, defectos de grano y defectos revelados mediante radiografía, tales como inclusiones no metálicas y defectos visuales, tales como inclusiones no metálicas. La puesta en práctica de determinadas realizaciones de la invención puede producir una reducción de materia extraña, tales como inclusiones no metálicas e impurezas, en moldes rellenados posteriormente (por ejemplo, moldes n.º 2 y n.º 4) en la secuencia y una reducción resultante en artículos de fundición fragmentados. Como se conoce, las inclusiones no metálicas pueden ser perjudiciales para las propiedades mecánicas de los artículos solidificados en los moldes, tal como, por ejemplo, reducción de la tracción, rotura y vida a fatiga de los artículos de fundición en servicio. En aplicaciones aeroespaciales, los niveles reducidos de inclusiones no metálicas en los artículos de aleación o metálicos solidificados en los moldes n.º 2, n.º 3, n.º 4, etc., son altamente deseables y/o a menudo necesarios para los consumidores finales de los artículos, tales como fabricantes de motores de turbina o armazones de aviones. El

artículo de fundición producido en el molde n.º 1 puede descartarse, volverse a trabajar o volverse a fundir para recuperar el metal o aleación.

5 Haciendo referencia al a Figura 1D, una realización ilustrativa no cubierta por las reivindicaciones prevé disponer los moldes 20 para formar artículos por encima del miembro de suministro de masa fundida 10d inclinado en relación de flujo con un pasaje de suministro de masa fundida 10e. Tal como se muestra en la Figura 1D, el miembro de suministro de masa fundida 10d se inclina a un ángulo agudo en relación con la horizontal.

10 En las Figuras 1A a 1D, así como las restantes Figuras 2 a 14, los números de referencia similares se utilizan para designar características o elementos iguales o similares.

15 Haciendo referencia a la Figura 2, aun otra realización ilustrativa de la invención implica conectar los moldes 20 para formar artículos en secuencia de serie con comunicación de flujo de masa fundida con un miembro de suministro de masa fundida 10d que tiene un pasaje de suministro de masa fundida 10e que incluye cortes transversales (estrechamientos) 10f variables cuya área de corte transversal disminuye en una dirección que se aleja de la copa de molde. Los moldes 20 tienen comunicación de flujo de masa fundida por medio de un pasaje de bebedero de molde 20g con cortes transversales (estrechamientos) 10f respectivos del pasaje de suministro de masa fundida 10e, de manera que los moldes se rellenen de forma secuencial durante la fundición. Es decir, la aleación o metal líquido M fluye hacia el interior del molde n.º 1 para rellenoarlo primero, entonces fluye hacia el interior del molde n.º 2 para rellenoarlo completamente en segunda instancia y finalmente fluye hacia el interior del molde n.º 3 para rellenoarlo completamente, por último. Si bien el miembro de suministro de masa fundida 10d se muestra horizontal en la Figura 2, también puede estar inclinado con respecto a la horizontal.

25 Haciendo referencia a la Figura 3, una realización ilustrativa adicional de la invención implica conectar los moldes 20 mencionados anteriormente con comunicación de flujo con un radio de bebedero 10s que se extiende desde un miembro de suministro de masa fundida 10d vertical. El miembro de suministro de masa fundida 10d incluye un pasaje de suministro de masa fundida 10e vertical, de manera que se suministre aleación o metal líquido a los moldes 20 de una manera generalmente horizontal a través de los pasajes de bebedero de molde 20g respectivos. Los moldes se rellenan en secuencia mediante la aleación o metal líquido M que fluye hacia el interior del molde n.º 1 para rellenoarlo primero, entonces fluye hacia el interior del molde n.º 2 para rellenoarlo completamente en segunda instancia, entonces fluye hacia el interior del molde n.º 3 para rellenoarlo completamente y finalmente fluye hacia el interior del molde n.º 4 para rellenoarlo completamente, por último. La aleación o metal líquido se vierte en el interior de la copa de molde 10a y fluye mediante la gravedad hacia abajo a través del canal descendente 10b y entonces hacia arriba mediante la presión metalostática y la gravedad a través del pasaje de suministro de masa fundida 10e hacia el interior de los moldes. Los moldes 20 pueden orientarse de forma horizontal, tal como se muestra, o en ángulo hacia abajo con las regiones de punta 20t más abajo que las regiones raíz 20r.

40 Haciendo referencia a la Figura 4, aun una realización ilustrativa adicional de la invención implica proporcionar una aleación o metal líquido en una copa de molda 10a de contención de masa fundida de un montaje de moldes y suministrar la masa fundida desde la copa de molde 10a hacia un radio de suministro de masa fundida 10s del montaje de moldes para que fluya hacia una pluralidad de moldes 20, el primero de los cuales está conectado con comunicación directa de flujo de masa fundida con el pasaje del radio de suministro de masa fundida 10s desde la copa de molde y los siguientes se conectan en una configuración en serie, uno después del otro, mediante miembros de suministro de masa fundida 10d respectivos, cada uno conectado entre una parte superior de un molde anterior y la parte superior del siguiente molde en la serie. En particular, esta realización implica conectar los moldes 20 para formar artículos en secuencia mediante pasajes de suministro de masa fundida 10e secuenciales respectivos de los miembros de suministro de masa fundida 10d conectados con los pasajes de bebedero de molde 20g, tal como se muestra, para proporcionar un flujo en cascada entre partes superiores de aleación o metal líquido desde la parte superior del primer molde n.º 1 en la secuencia hacia la parte superior del segundo molde n.º 2 en la secuencia, hacia la parte superior del tercer molde n.º 3 en la secuencia y así sucesivamente, de manera que los moldes se rellenen de forma secuencial durante la fundición. La serie de miembro de suministro de masa fundida 10d secuenciales y moldes 20 interconectados puede extenderse en cualquier patrón en relación con la copa de molde 10a o el canal descendente 10b. Por ejemplo, la serie de miembro de suministro de masa fundida 10d secuenciales y moldes 20 interconectados puede extenderse de una manera lineal, circular o de otra manera curvada, en relación con la copa de molde y/o el canal descendente.

60 Haciendo referencia a la Figura 4, el flujo en cascada de la aleación o metal líquido se proporciona desde la parte superior de la cavidad de molde 20c de cada molde 20 hacia la parte superior de la cavidad de molde del siguiente molde 20 en la secuencia, de manera de que no haya flujo de masa fundida a través de la cavidad de molde 20c del molde anterior en la serie directamente hacia el siguiente molde en la serie y, en su lugar, el flujo de masa fundida no tenga salida en cada cavidad de molde 20c de la serie de moldes 20. En particular, se proporciona un primer miembro de suministro de masa fundida 10d que tiene un pasaje 10e para suministrar la aleación o metal líquido hacia el pasaje de bebedero 20g superior de la cavidad de molde 20c del primer molde rellenoado n.º 1 desde la copa de colada 10a (o canal descendente) y se proporciona un segundo miembro de colada 10d para suministrar la aleación o metal líquido desde el primer molde rellenoado n.º 1 hacia la parte superior de la cavidad de molde 20c del siguiente molde n.º 2 que se rellenoará en la secuencia y así sucesivamente para los siguientes moldes.

- 5 Los moldes se rellenan en secuencia mediante la aleación o metal líquido que fluye desde la copa de molde 10a (o el canal descendente) hacia el interior del molde n.º 1 para rellenarlo completamente en una primera instancia, entonces fluye en cascada desde el molde n.º 1 hacia el interior del molde n.º 2 para rellenarlo completamente en segunda instancia, entonces fluye en cascada hacia el interior del molde n.º 3 para rellenarlo completamente en tercera instancia y fluye hacia el interior del siguiente molde para rellenarlo completamente, y así sucesivamente hasta rellenar todos los moldes con la aleación o metal líquido.
- 10 Si bien los miembros de suministro de masa fundida en secuencia se muestran como miembros de suministro de masa fundida 10d en forma de arco, se puede utilizar cualquier forma y tamaño de corte transversal adecuados del pasaje de masa fundida 10e en estos. Por ejemplo, los miembros de suministro de masa fundida 10d pueden estar hechos de segmentos lineales y/o curvados para proporcionar una forma de C o de bucle invertido, u otra forma que proporcione el flujo en cascada desde la parte superior del molde anterior hacia el siguiente molde en la serie.
- 15 Un filtro convencional opcional de aleación o metal líquido F, como, por ejemplo, un filtro de espuma cerámica reticulada o un filtro de cerámica de flujo celular, puede proporcionarse en el pasaje del radio de suministro de masa fundida 10s para eliminar materia extraña, como impurezas e inclusiones no metálicas, antes de que la masa fundida ingrese en los moldes.
- 20 La Figura 4A es una vista de corte transversal de un montaje de molde múltiple alternativo al que aparece en la Figura 4, que tiene los moldes 20 conectados mediante miembros de suministro de masa fundida 10d secuenciales en forma de arco que tienen pasajes 10e en donde el primer molde n.º 1 y el segundo molde n.º 2 de la serie se conectan con el radio de suministro de masa fundida 10s que tiene el filtro de masa fundida F en este y los moldes posteriores n.º 3, etc., se conectan de una manera entre partes superiores como se describe en la Figura 4.
- 25 El molde para formar artículos n.º 1 que se muestra en las Figuras 4 y 4A puede reemplazarse opcionalmente por un molde falso o simulado que no forma artículos del tipo que se describe más adelante en conexión con la Figura 5 y 6 y se denomina molde n.º 0 en esas figuras. Molde falso o simulado que no forma artículos significa que la cavidad de molde 20c del molde que no forma artículos no tiene la forma del artículo que se someterá a fundición en los moldes para formar artículos.
- 30 Haciendo referencia a las Figuras 5 y 6, se muestra un montaje de moldes que tiene un primer molde que no forma artículos falso o simulado n.º 0 al que se le suministra masa fundida mediante un radio de bebedero 10s de una manera de flujo sin salida para ayudar a recoger o atrapar materia extraña, como inclusiones no metálicas e impurezas, y moldes para formar artículos posteriores n.º 1-n.º 3, etc., conectadas mediante miembros de suministro de masa fundida 10d de una manera entre parte superior y banda inferior para proporcionar flujo de aleación o metal líquido desde la parte superior de cada molde hacia la parte inferior del siguiente molde con flujo de masa fundida a través de cada cavidad de molde 20c en la secuencia horizontal o inclinada de moldes que se muestra en las Figuras 5 y 6, respectivamente. En cada cavidad de molde 20c de los moldes n.º 1, n.º 2, n.º 3, etc., la masa fundida fluye desde la parte superior como resultado de la configuración de los miembros de suministro de masa fundida 10d que se muestra. En las Figuras 5 y 6, la masa fundida fluye desde la copa de molde (no se muestra) por medio de un pasaje del radio de bebedero 10s hacia la parte superior del molde falso o simulado n.º 0. Después de rellenar completamente el molde falso o simulado n.º 0, la masa fundida fluye a través del pasaje 10e del primer miembro de suministro de masa fundida 10d desde la parte superior del molde n.º 1 hacia la parte inferior del molde n.º 2. La masa fundida fluye a través de la cavidad de molde 20c del molde n.º 2 desde la parte inferior hacia la parte superior y entonces a través del miembro de suministro de masa fundida 10d desde la parte superior del molde n.º 2 hacia la parte inferior del siguiente molde n.º 3 y así sucesivamente. Si bien se muestra que el molde falso o simulado n.º 0 comprende un molde que no forma artículos, el primer molde puede configurarse como un molde para formar artículos, por ejemplo, como es muestra en la Figura 4.
- 35 40 45 50
- 55 La Figura 6 difiere de la Figura 5 en que tiene los moldes para formar artículos 20 dispuestos en secuencia de serie con diferentes elevaciones unos respecto a los otros.
- 60 La Figura 7 ilustra un montaje de moldes múltiples 10 de otra realización no cubierta por las reivindicaciones que tiene los moldes 20 conectados mediante un pasaje de bebedero de molde 20g respectivo con un miembro de suministro de masa fundida 10d horizontal secuencial respectivo que tiene el pasaje 10e con comunicación de flujo de masa fundida con un canal descendente 10b vertical de manera de proporcionar el rellenado completo del primer molde n.º 1 en la secuencia antes de rellenar completamente el segundo molde n.º 2 en la secuencia.
- 65 Los moldes se muestran conectados a la parte superior de cada miembro de suministro de masa fundida 10d. El canal descendente 10b recibe masa fundida desde la copa de molde 10a.
- La Figura 8 ilustra un montaje de moldes múltiples similar a la Figura 7 de otra realización no cubierta por las reivindicaciones que tiene moldes 20 apilados verticalmente y conectados con comunicación de flujo de masa fundida entre sí mediante un pasaje conector P entre los moldes. Los moldes 20 se conectan con comunicación de flujo de masa fundida mediante un pasaje de bebedero de molde 20g respectivo con un pasaje 10e del miembro de

suministro de masa fundida 10d horizontal secuencial respectivo conectado con el canal descendente 10 b vertical de una manera que proporciona el relleno completo del primer molde apilado n.º 1 en la secuencia inferior antes del relleno completo del segundo molde apilado n.º 2 en esta secuencia, y así sucesivamente para los moldes n.º 3 y n.º 4 en la secuencia superior.

La Figura 9 ilustra un montaje de moldes múltiples similar a la Figura 7 de otra realización no cubierta por las reivindicaciones en donde los moldes 20 conectados mediante un pasaje de bebedero de molde 20g conectado a la parte inferior del pasaje 10e de los miembros de suministro de masa fundida 10d respectivos, los cuales están conectados un canal descendente 10b vertical de manera de proporcionar el relleno completo del primer molde n.º 1 en la secuencia antes de rellenar completamente el segundo molde n.º 2 en la secuencia.

Además, haciendo referencia a las Figuras 1A-1D y 2, los moldes 20 pueden disponerse a lo largo de la longitud de un miembro de suministro de masa fundida 10d lineal (recto) que se extiende desde el canal descendente 10b del molde múltiple 10.

De manera alternativa, haciendo referencia a la Figura 11, los moldes pueden disponerse a lo largo de la longitud de miembros de suministro de masa fundida 10d lineales (rectos) inclinados que se extienden en un ángulo agudo con respecto a la horizontal desde un cruce de radios de bebedero 10s en un patrón con forma de H. El cruce de radios de bebedero 10s se conecta con comunicación de flujo de masa fundida con el canal descendente 10b del molde múltiple para recibir aleación o metal líquido de este y suministrarles la masa fundida a los moldes. La invención puede llevarse a la práctica mediante el uso de cualquier patrón adecuado de miembros de bebedero y moldes y no se limita a los que se muestran y describen en la presente memoria.

Por ejemplo, los moldes pueden disponerse de manera alternativa a lo largo de la longitud de un miembro de bebedero curvado del molde múltiple. Por ejemplo, haciendo referencia a la Figura 12, el miembro de suministro de masa fundida 10d puede extenderse desde un radio de bebedero 10s generalmente radial conectado con comunicación de flujo de masa fundida con el canal descendente 10b. Se muestra que el miembro de suministro de masa fundida 10d se extiende de una manera en espiral inclinado hacia arriba alrededor de la copa de molde 10a, en donde los moldes 20 se conectan con comunicación de flujo de masa fundida con el miembro de bebedero espiral como se muestra. El espiral inclinado da como resultado rellenar los moldes 20 en secuencia uno después del otro en la dirección de la inclinación del espiral.

En las realizaciones ilustrativas anteriores de la invención, los moldes 20 se muestran configurados para la fundición de artículos equiaxiales en estos. Es decir, la aleación o metal líquido se introduce en las cavidades de molde 20c y se solidifica al aire, al vacío o atmósfera protectora, dependiendo de la aleación o metal que se somete a fundición, para proporcionar una microestructura de grano equiaxial en el artículo de fundición. La invención no se limita a la fabricación de artículos de fundición equiaxiales y puede llevarse a la práctica para fabricar otros artículos de fundición, que incluyen, pero no se limitan a, artículos de grano columnar solidificados, artículos de cristal individual, artículos compuestos y otros.

Por ejemplo, haciendo referencia a la Figura 13, se muestra un molde múltiple ilustrativo para la fundición de artículos de cristal individual que comprende una copa de molde 10a, canal descendente 10b, radio de bebedero 10s y miembros de bebedero 10d secuenciales del tipo descrito anteriormente en conexión con la Figura 5 que tienen pasajes 10e para suministrar la aleación o metal líquido a los moldes 20 y que están configurados para la fundición de artículos de cristal individual. El radio de bebedero 10s puede ramificarse en dos, tres o más radios de bebedero ramificados, en donde cada radio de bebedero ramificado se conecta con relación flujo con una serie respectiva de moldes.

En la Figura 13, cada uno de los moldes 20 incluye una cámara de nucleación de granos 21 cerrada mediante una placa de refrigeración CP para proporcionar la eliminación de calor unidireccional desde la aleación o metal líquido en la cámara de nucleación, un pasaje selector de cristal 22, tal como un pasaje "en espiral" comunicado con la cámara de nucleación para seleccionar una grano o cristal individual que se propaga hacia arriba en esta para la propagación adicional en la aleación o metal líquido en la cavidad de molde 20c por encima del pasaje en espiral. En lugar de la cámara de nucleación 21 y/o el pasaje "en espiral", se puede colocar una matriz de cristal individual (no se muestra) en el molde para nuclear un cristal o grano individual para su propagación a través de la cavidad de molde 20c. El molde n.º 1 puede estar cerrado en el extremo inferior en lugar de estar comunicado con las placas de refrigeración como los moldes n.º 2, n.º 3, etc. Cuando se someten los artículos a fundición mediante solidificación direccional para producir artículos de cristal individual o de grano columnar direccional solidificado, la puesta en práctica de la invención proporciona una conservación del calor de masa fundida mejorada en la cámara de nucleación de grano de molde 21 para iniciar la solidificación direccional.

La Figura 13 difiere de la práctica de fundición de cristal individual anterior en donde se apilaron moldes por encima de una cámara de suministro de masa fundida del molde de cubierta cerámica al que se le proporcionó masa fundida desde un radio de suministro de masa fundida de una copa de colada de molde, donde la cámara de suministro de masa fundida se ha ubicado por encima de un selector de grano, tal como un espiral, y en donde solamente el molde más inferior se ha conectado directamente con comunicación de flujo de masa fundida con la cámara de suministro

de masa fundida mediante un pasaje de bebedero de molde, los moldes restantes por encima del molde más inferior se conectan con el siguiente molde mediante un pasaje conector vertical entre los moldes. Se han proporcionado también múltiples pilas de moldes por encima de la cámara de suministro de masa fundida, en donde solamente el molde más inferior de cada pila se ha conectado directamente con comunicación de flujo de masa fundida con la cámara de suministro de masa fundida mediante un pasaje de bebedero de molde, los moldes restantes por encima del molde más inferior en cada pila se conectan con el siguiente molde mediante un pasaje conector vertical entre los moldes, de manera que los moldes más inferiores se rellenen al mismo tiempo con masa fundida, entonces los siguientes moldes más superiores se rellenan al mismo tiempo y así sucesivamente.

Por ejemplo, haciendo referencia a la Figura 14, se muestra un molde múltiple ilustrativo para la fundición de artículos de grano columnar que comprende una copa de molde 10a, canal descendente 10b, radio de bebedero 10s y miembros de suministro de masa fundida 10d secuenciales del tipo descrito anteriormente en conexión con la Figura 4 que tienen pasajes 10e para suministrar la aleación o metal líquido a los moldes 20 y que están configurados para la fundición de artículos grano columnar. En particular, los moldes 20 incluyen una cámara de nucleación de granos 21 cerrada por una placa de refrigeración CP para proporcionar la eliminación de calor unidireccional desde la aleación o metal líquido en la cámara de nucleación. La cavidad de molde 20cse comunica con la cámara de nucleación 21 de manera de que múltiples cristales o granos que se propagan hacia arriba en la cámara de nucleación 21 puedan propagarse en la aleación o metal líquido en la cavidad de molde 20c para formar un artículo de grano columnar. El molde n.º 1 puede estar cerrado en el extremo inferior en lugar de estar comunicado con las placas de refrigeración como los moldes n.º 2, n.º 3, etc.

En las realizaciones anteriores, después de que la aleación o metal líquido se solidifica en la copa de molde, canal descendente, miembros de bebedero y cavidades de molde 20c de los moldes 20, el material del molde se puede eliminar de la pieza de fundición de aleación o metal. La pieza de fundición de aleación o metal comprende los artículos de aleación o metal solidificados en las cavidades de molde 20c y conectados con los bebederos solidificados que se conectan con el canal descendente y la copa de colada. El material de molde se puede eliminar de la pieza de fundición de una manera convencional mediante una operación de desmoldado, vibración, arenado, arenado/disolución química u otros procesos de desmoldado convencionales. El artículo de aleación o metal solidificado en el primer molde relleno (por ejemplo, molde falso n.º 0 o molde n.º 1 en las figuras) puede incluir más inclusiones no metálicas presentes en la aleación o metal líquido. Los artículos de aleación o metal solidificado restantes formados en moldes rellenos posteriormente (por ejemplo, n.º 2, n.º 3, n.º 4, etc.) pueden tener niveles reducidos de inclusiones no metálicas presentes en estos.

La Figura 10 ilustra un montaje de moldes múltiples 10 según otra realización de la invención que tiene una copa de molde 10a, un canal descendente 10b y un radio de bebedero generalmente radial 10s con comunicación de flujo de masa fundida. El radio de bebedero 10s se extiende hacia un primer miembro de suministro de masa fundida 10d curvado que tiene un pasaje 10e al cual se conecta una primera pluralidad de moldes 20 con comunicación de flujo de masa fundida. El primer miembro de suministro de masa fundida curvado se conecta con comunicación de flujo de masa fundida con un segundo miembro de suministro de masa fundida 10d' curvado que tiene un pasaje 10e' al cual se conecta una segunda pluralidad de moldes 20' con comunicación de flujo de masa fundida. El primer y segundo miembros de suministro de masa fundida se conectan con comunicación de flujo de masa fundida mediante un miembro conector de suministro de masa fundida 10g en forma de arco de una manera en la cual la primera pluralidad de moldes 20 se rellenan parcial o completamente antes que la segunda pluralidad de moldes 20'. Los miembros de suministro de masa fundida 10d, 10d' pueden tener forma de anillo o anillos parciales, como se muestra. De manera alternativa, los miembros de suministro de masa fundida pueden tener una configuración recta o de otro tipo. Se pueden conectar miembros de suministro de masa fundida rectos o curvados (no se muestran) mediante cualquier conector de suministro de masa fundida adecuado (no se muestran) similares al miembro conector 10g' para proporcionar un tercer, cuarto, quinto, etc., miembro de suministro de masa fundida, cada uno con moldes respectivos conectados en serie con relación de flujo de masa fundida con estos.

En la puesta en práctica de la invención, el montaje de moldes puede producirse por fundición mediante el uso de una variedad de procesos de fundición. Por ejemplo, el montaje de moldes puede producirse mediante fundición de gravedad al proporcionar la masa fundida en la copa de molde 10a y el flujo de la masa fundida mediante gravedad a los moldes 20, que pueden disponerse al aire, al vacío o a una atmósfera protectora. Asimismo, el montaje de molde puede producirse por fundición con presión de gas aplicada a la masa fundida que se encuentra dentro de la copa de molde 10a para ayudar al flujo hacia los moldes, como se describe, por ejemplo, en las patentes estadounidenses 6.019.158 y 6.070.644. Además, se le puede proporcionar al montaje de molde un recubrimiento o capa de vidrio exterior para reducir la permeabilidad de gas de la pared del molde y la masa fundida se puede proporcionar en la copa de molde en una cámara de vacío, la cual se presuriza con gas para ayudar al flujo de masa fundida hacia los moldes, como se describe en la patente estadounidense 6.453.979.

El Ejemplo que sigue a continuación se ofrece para ilustrar de manera adicional la invención sin limitar el alcance de esta.

EJEMPLO

Se produjo un molde de molde de cubierta de inversión de cerámica para solidificar direccionalmente palas de

turbina de alta presión. El montaje de molde incluía una copa de molde central dentro de la cual se vertió una masa fundida de superaleación a base de níquel disponible comercialmente (RENE 142) al vacío y supercalentamiento de 500 grados F. La copa de molde 10a incluía 6 (seis) radios de suministro de masa fundida 10s que se extienden de forma radial, cada uno conectado con comunicación de flujo de masa fundida con uno de 6 (seis) moldes múltiples respectivos que cada uno comprende un primer molde de cubierta falso (que no forma artículos) cilíndrico relleno y 10 (diez) moldes de cubierta para formar artículos (para formar palas de turbina), que se conectaban en serie entre partes superiores entre sí mediante pasajes de suministro de masa fundida en forma de arco de manera similar a la Figura 4A. El molde falso y el primer molde para formar artículo se conectaron a cada radio de suministro de masa fundida 10s de una manera similar a la Figura 4A, donde el molde falso cilíndrico se encontraba en la posición que se muestra para el molde n.º 1 de la Figura 4A y los moldes para formar artículos para formar artículos de fundición de pala de turbina se encontraban en las posiciones que se muestran para los moldes n.º 2 y n.º 3, etc., en la Figura 4A. Cada molde falso incluía un molde con corte transversal cilíndrico que se comunicaba en su extremo inferior con la placa de refrigeración CP.

Los moldes para formar artículos y la placa de refrigeración eran similares a las que se muestran en la Figura 14 con la excepción de que los moldes para formar artículos se dispusieron en un patrón circular sobre la placa de refrigeración alrededor de la copa de molde. Se proporcionó un filtro de cerámica de masa fundida convencional con 20 ppi (poros por pulgada lineal) en cada radio de suministro de masa fundida que se extendía radialmente en una ubicación similar a la de la Figura 4A.

Muchos montajes de moldes del tipo descrito en el párrafo anterior se produjeron mediante fundición con el tiempo mediante el uso del método de llenado secuencial del ejemplo para producir artículos de fundición de pala de turbina. Las piezas de fundición formadas en los moldes falsos tenían forma cilíndrica y no de piezas de fundición de pala de turbina. El porcentaje de piezas de fundición de pala de turbina descartadas por descarte inclusión oscilaba entre aproximadamente 1,2 % y 2,5 % para la segunda a la décima pieza de fundición de pala de turbina de la serie de moldes para formar artículos producidas por fundición mediante el método de llenado del ejemplo. Para la primera pieza de fundición de pala de turbina producida por fundición en cada una de la serie de moldes mediante llenado secuencial, el porcentaje de piezas de fundición descartadas por descarte de inclusión fue de aproximadamente 5 %. Por lo tanto, de la segunda a la décima piezas de fundición de pala de turbina de cada una de la serie producida mediante fundición según el ejemplo presentaban un por lo tanto significativamente reducido de piezas de fundición descartadas en comparación con la primera pala de turbina producida por fundición en cada serie.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método de fundición de aleación o metal líquido, que comprende suministrar una masa fundida de aleación o metal a una pluralidad de moldes (20) que se conectan en una configuración en serie, uno después del otro, mediante miembros de suministro de masa fundida (10s, 10d) respectivos, cada uno conectado entre una parte superior de un molde anterior y una parte superior del siguiente molde en la serie, y rellenar completamente cada molde en la serie antes de rellenar el siguiente molde, en donde los miembros de suministro de masa fundida (10s, 10d) respectivos se inclinan en un ángulo agudo con respecto a la horizontal para proporcionar una dirección inclinada hacia arriba de flujo de aleación o metal líquido en estos.
- 10 2. El método de la reivindicación 1, en donde los miembros de suministro de masa fundida (10s, 10d) respectivos tiene una forma de arco.
- 15 3. El método de la reivindicación 1, que comprende proporcionar la masa fundida de aleación o metal en una copa de molde (10a) de contención de masa fundida de un montaje de moldes y suministrar la masa fundida desde la copa de molde (10a) hacia un pasaje de suministro de masa fundida (10s, 10d) del montaje de moldes para que fluya hacia la pluralidad de moldes (20).
- 20 4. El método de la reivindicación 1, en donde un primer molde de la serie se rellene completamente antes de rellenar un segundo molde de la serie, y en donde el segundo molde se rellena completamente antes de rellenar un tercer molde de la serie y así sucesivamente hasta rellenar los restantes moldes de la serie.
- 25 5. El método de la reivindicación 1, en donde un primer molde de la serie se rellena de una manera sin salida sin flujo a través de una cavidad de molde de este hacia el siguiente molde en la serie.
- 30 6. El método de la reivindicación 1, que incluye rellenar completamente un primer molde de la serie desde una parte superior de este con masa fundida desde el pasaje de suministro de masa fundida (10s, 10d), entonces rellenar un segundo molde de la serie desde una parte superior de este mediante el uso de un segundo pasaje de suministro de masa fundida que se extiende desde dicha parte superior de dicho primer molde hacia dicha parte superior de dicho segundo molde.
- 35 7. El método de la reivindicación 6, que incluye rellenar completamente el segundo molde desde dicha parte superior de este y entonces rellenar un tercer molde de la serie desde una parte superior de este mediante el uso de un tercer pasaje de suministro de masa fundida que se extiende desde dicha parte superior de dicho segundo molde hacia dicha parte superior de dicho tercer molde y así sucesivamente para los moldes restantes de la serie.
- 40 8. El método de la reivindicación 5, que incluye rellenar el primer molde mediante el uso de un único pasaje de entrada en un extremo del primer molde que sea remoto de un extremo opuesto cerrado de este.
- 45 9. El método de la reivindicación 1, incluye conectar moldes adyacentes de la serie mediante un pasaje de suministro de masa fundida (10s, 10d) respectivo que comprende un pasaje con forma de arco.
- 50 10. Un montaje de moldes para la fundición de masa fundida de aleación o metal líquido, que comprende una copa de colada (10a) de contención de masa fundida, un miembro de suministro de masa fundida (10s, 10d) con comunicación de masa fundida con la copa de molde (10a) y una pluralidad de moldes (20) que están conectados con comunicación de masa fundida con un pasaje de suministro de masa fundida (10d) con una configuración en serie, uno después del otro, en donde moldes adyacentes (20) de la serie se conectan con comunicación de flujo de masa fundida mediante un miembro de suministro de masa fundida (10d) respectivo para proporcionar una relación de flujo de metal líquido entre partes superiores entre moldes adyacentes (20) y en donde el pasaje de suministro de masa fundida (10s, 10d) se configura de una manera en la que cada uno de los moldes (20) de la serie se rellena antes de rellenar el siguiente molde (20) en la serie, en donde el miembro de suministro de masa fundida (10d) se inclina en un ángulo agudo en relación con la horizontal para proporcionar una dirección inclinada hacia arriba de flujo de aleación o metal líquido en este.
- 55 11. El montaje de moldes de la reivindicación 10, en donde el pasaje de suministro de masa fundida (10d) respectivo entre moldes adyacentes comprende un pasaje en forma de arco.
- 60 12. El montaje de moldes de la reivindicación 10, en donde cada miembro de suministro de masa fundida (10d) se extiende desde la parte superior de cada molde (20) hacia la parte superior del siguiente molde (20) adyacente en la serie.

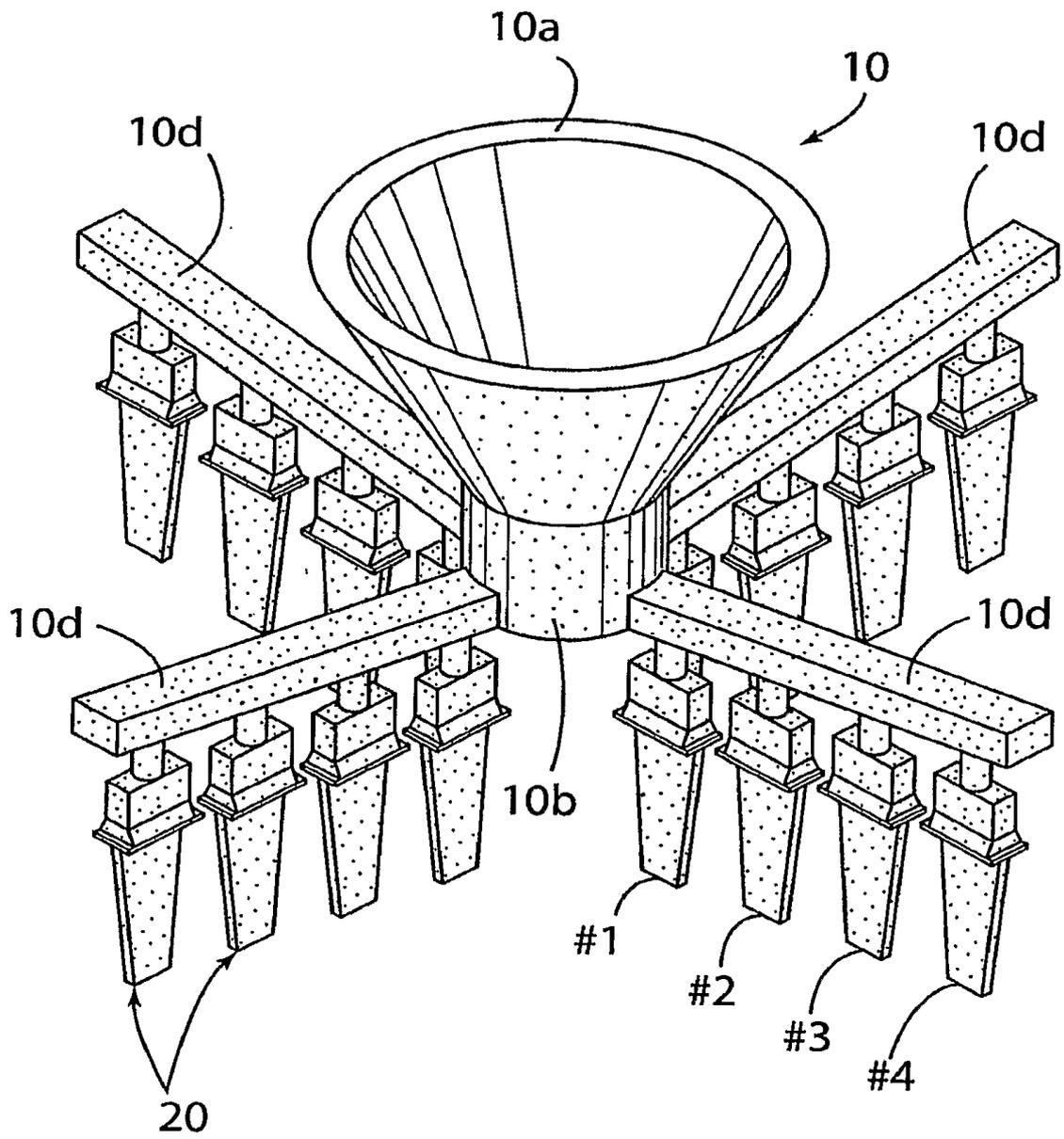


FIG. 1A

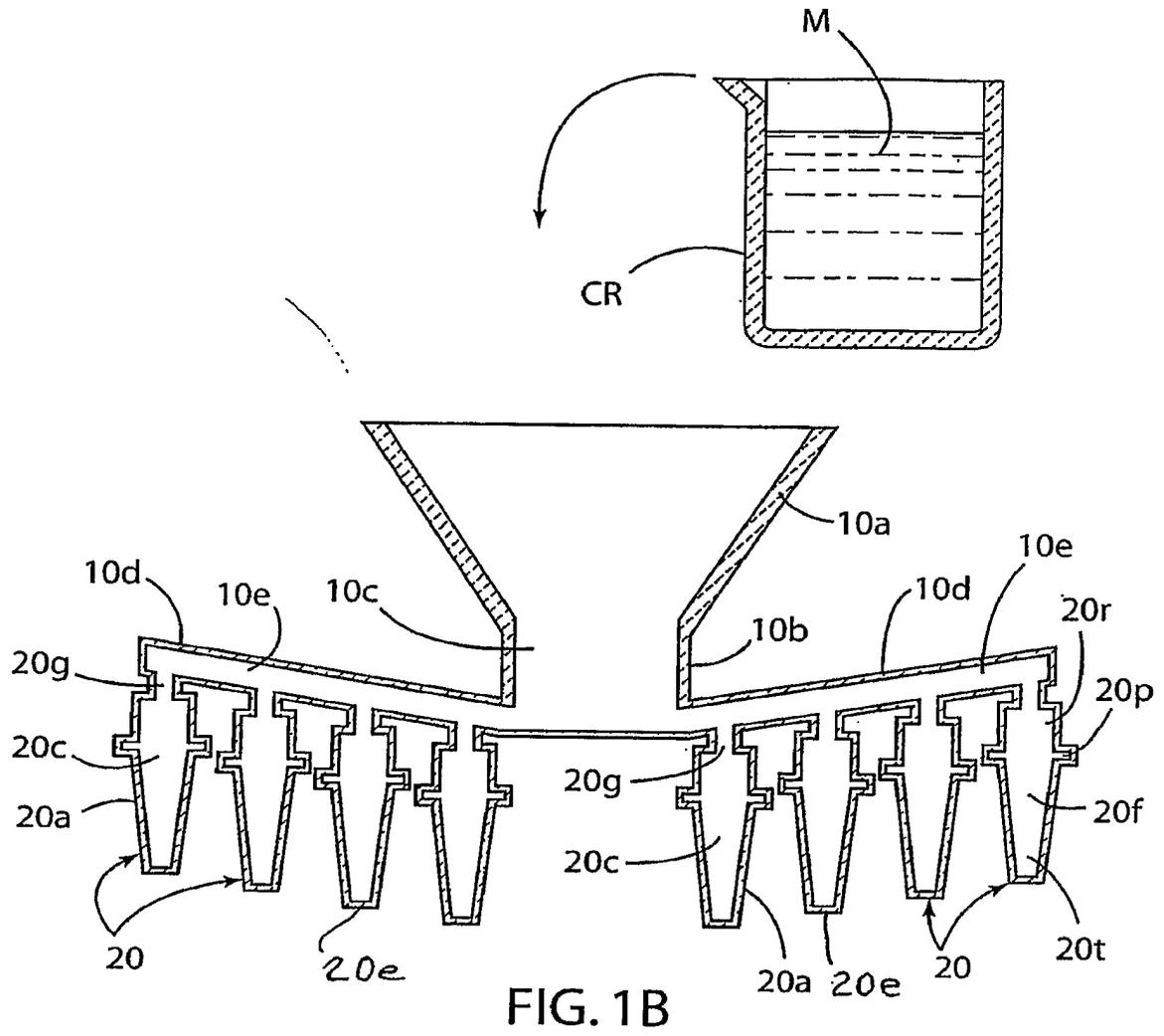


FIG. 1C

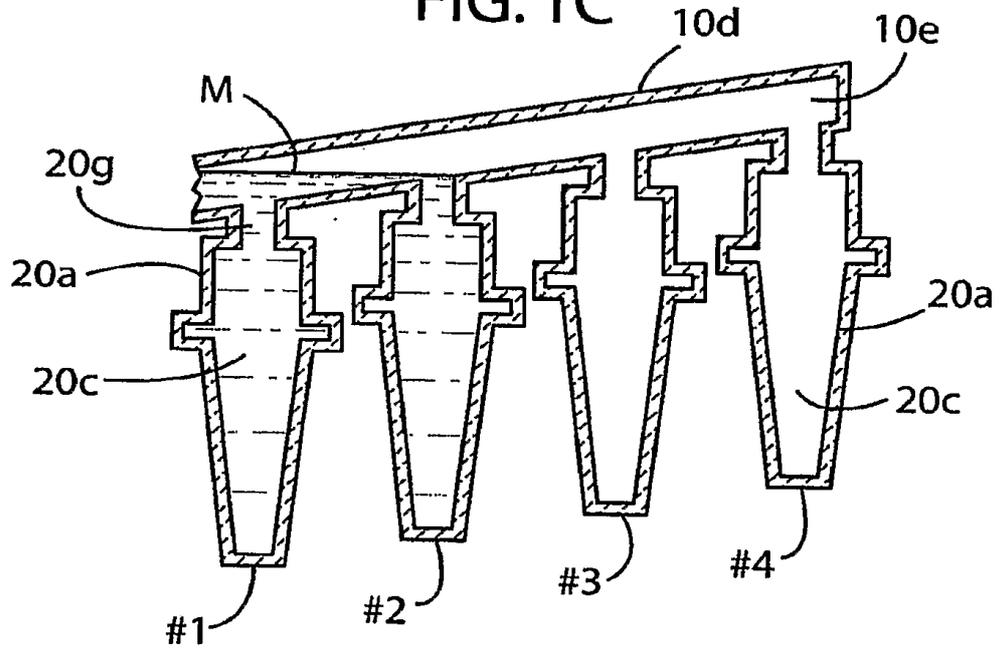
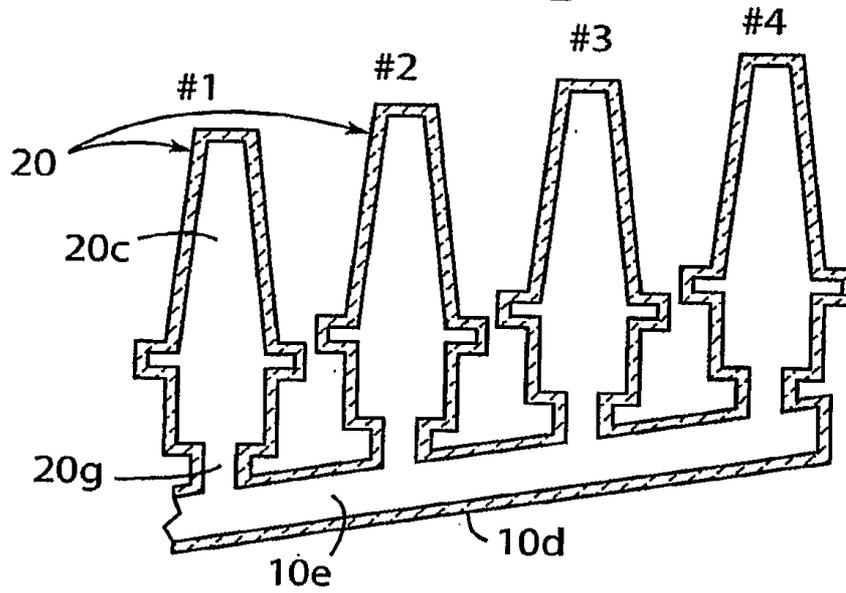


FIG. 1D



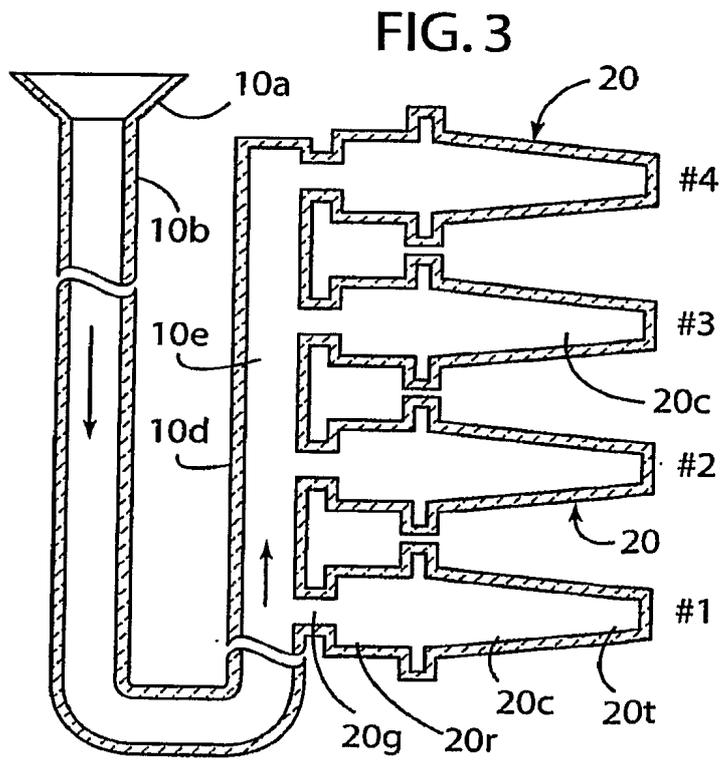
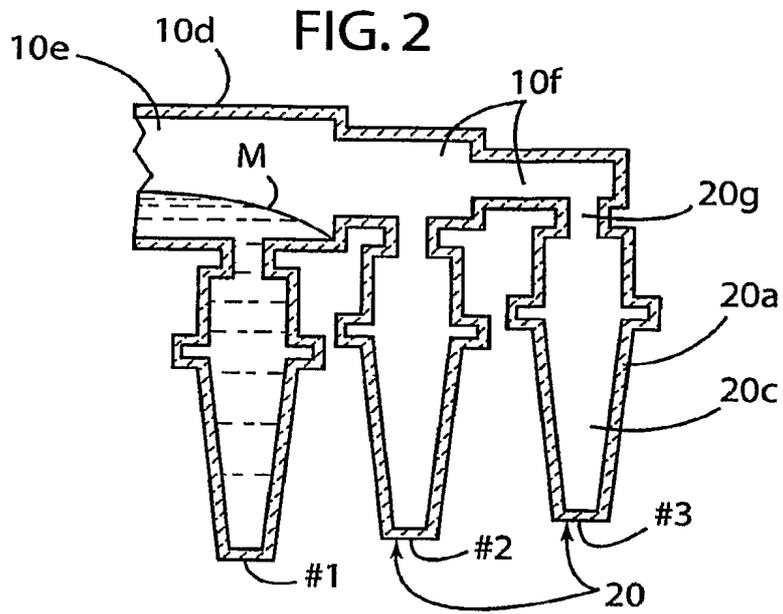


FIG. 5

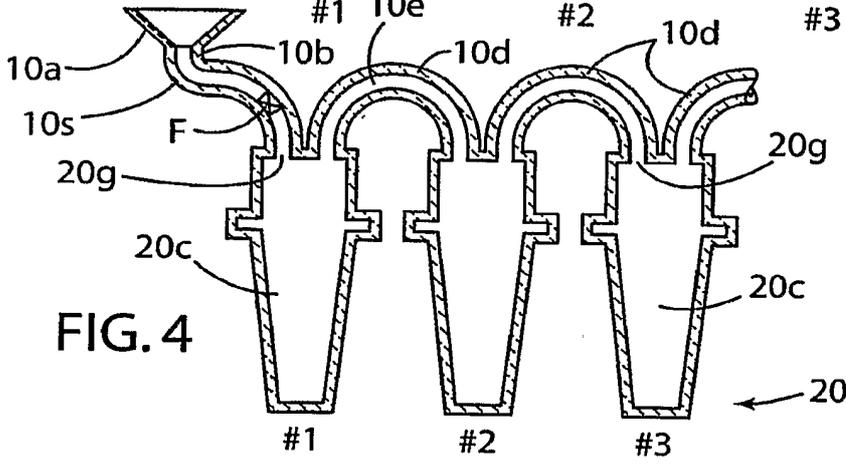
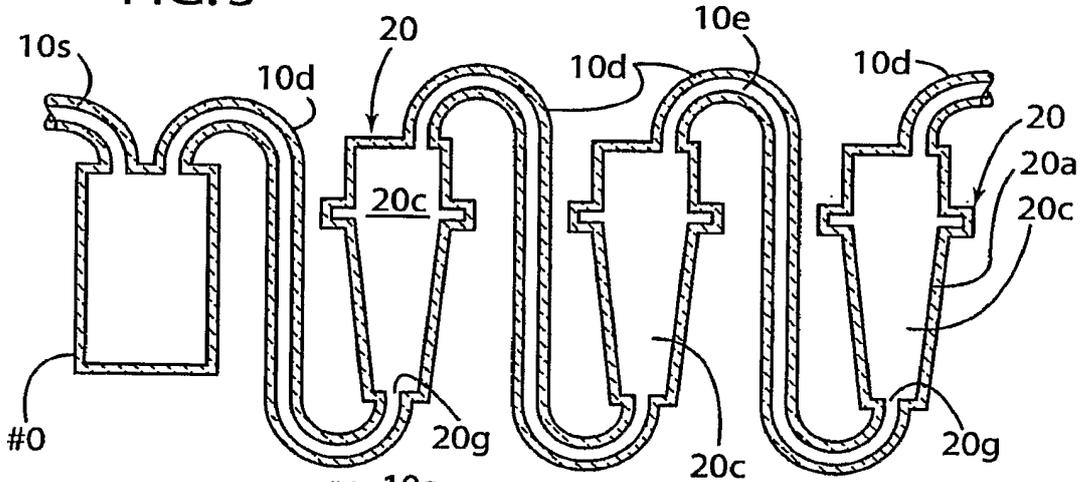


FIG. 4

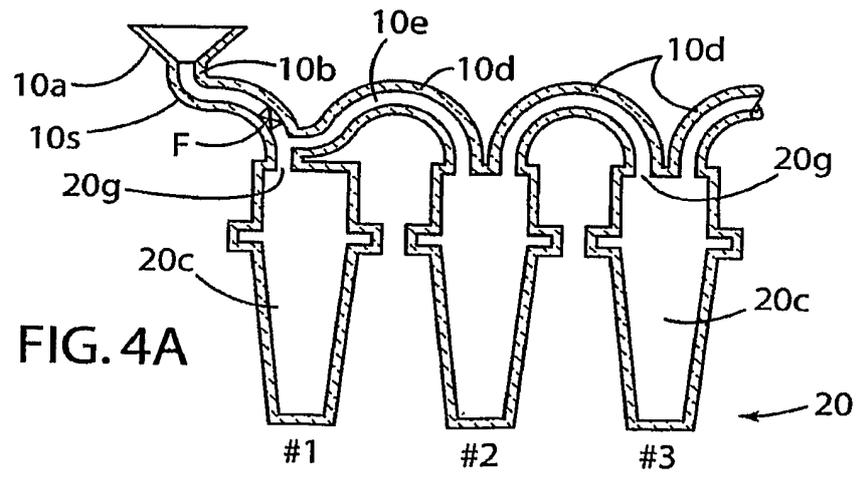
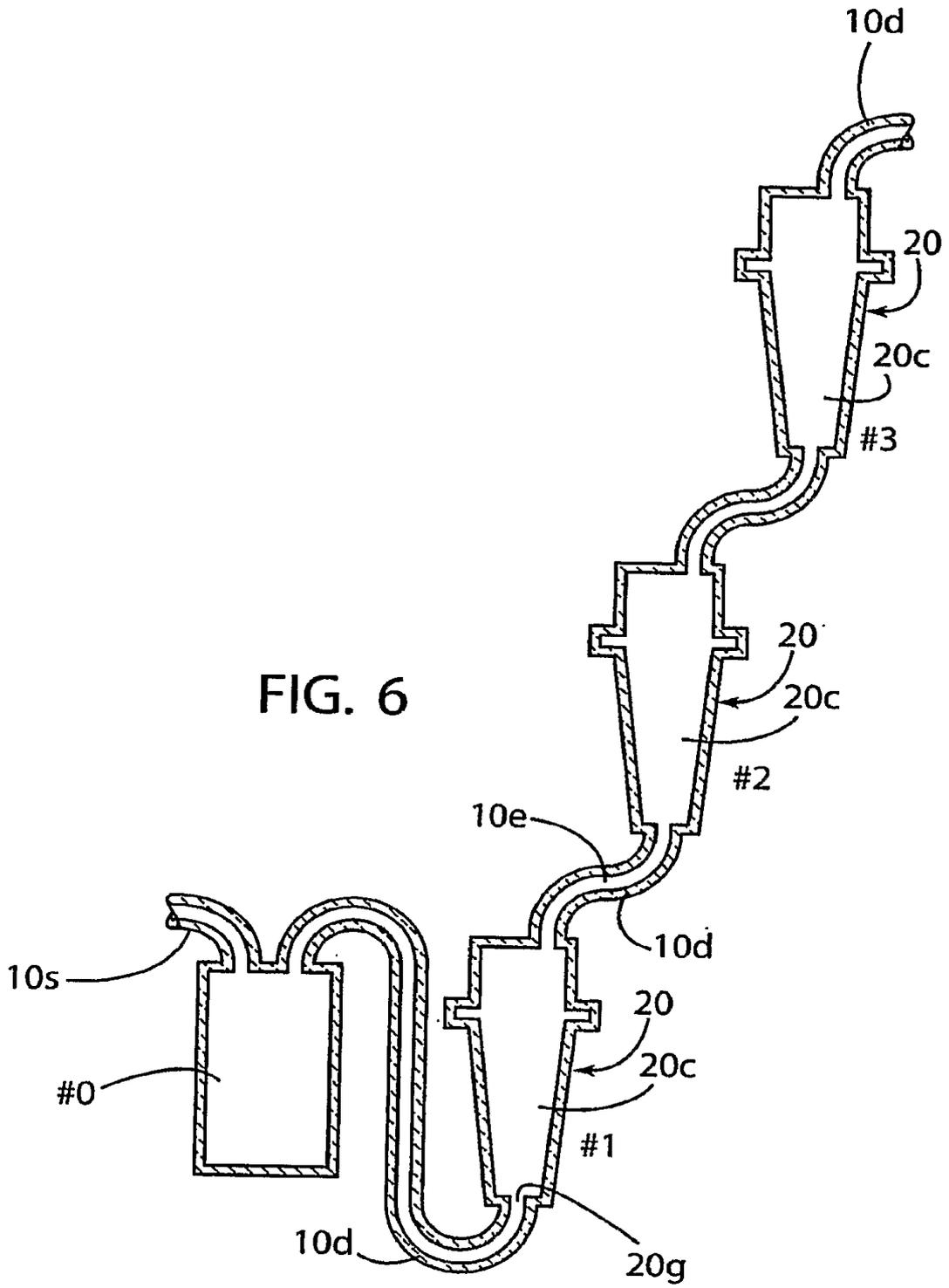


FIG. 4A



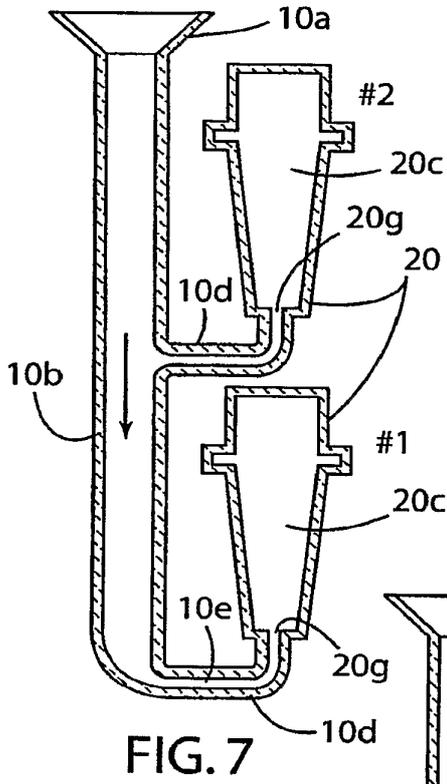


FIG. 7

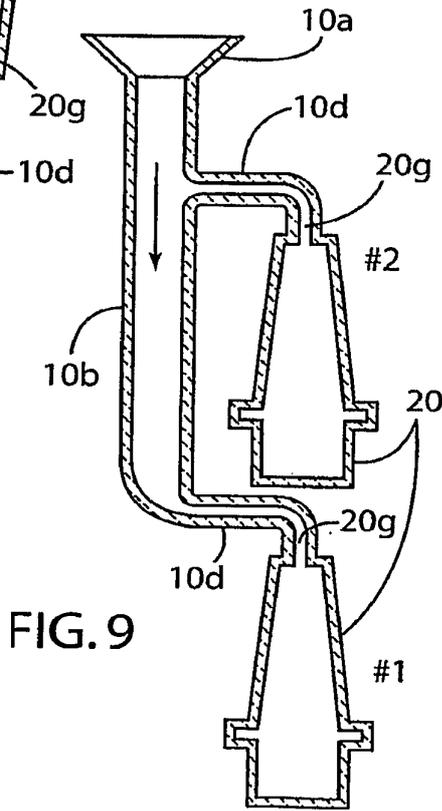
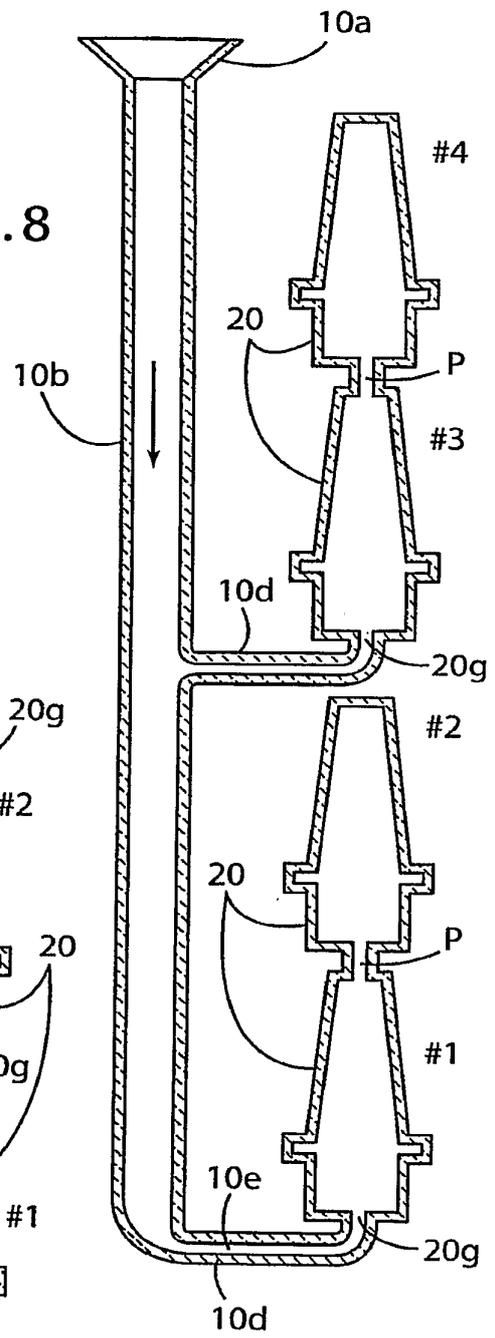


FIG. 9

FIG. 8



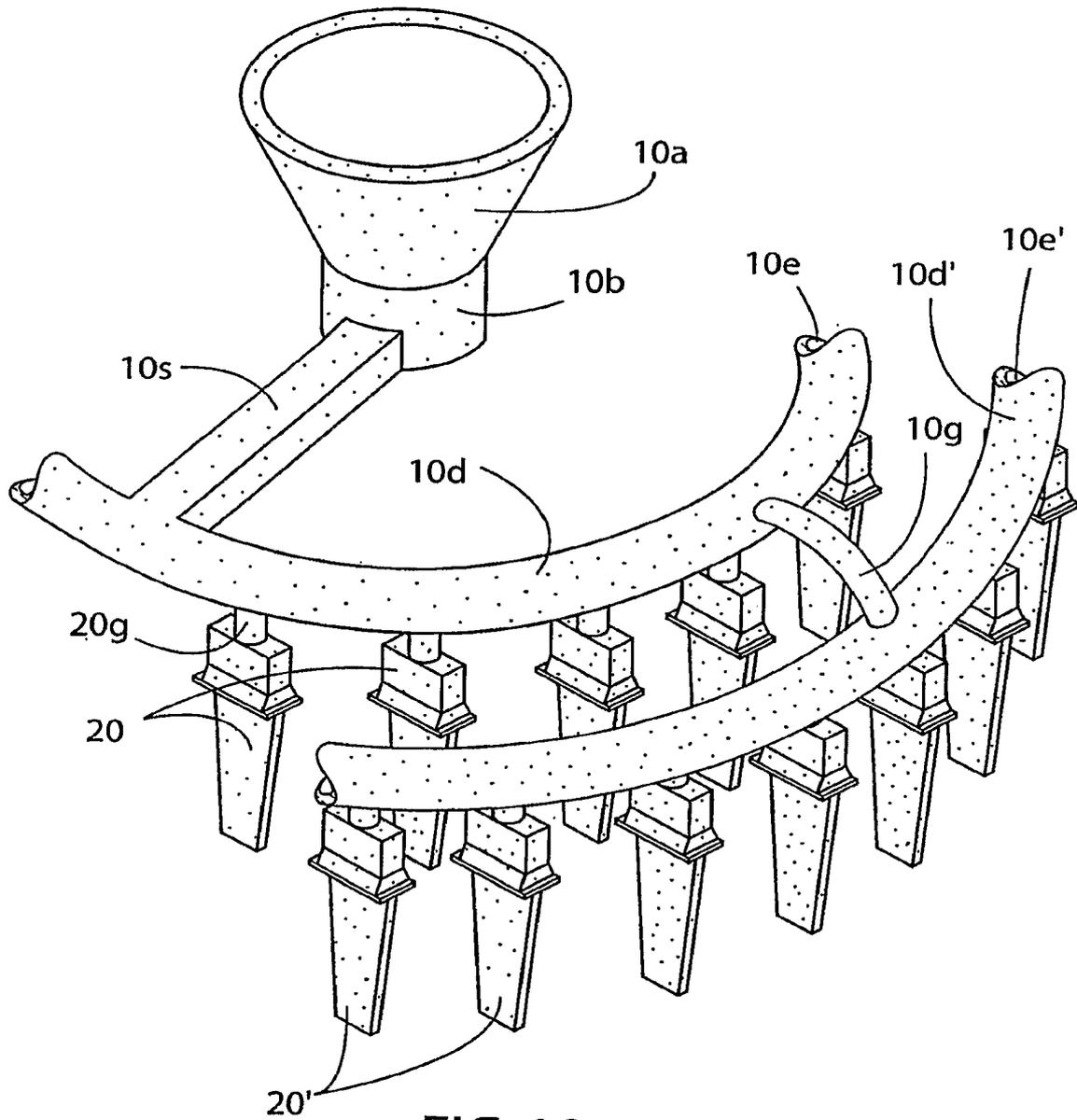


FIG. 10

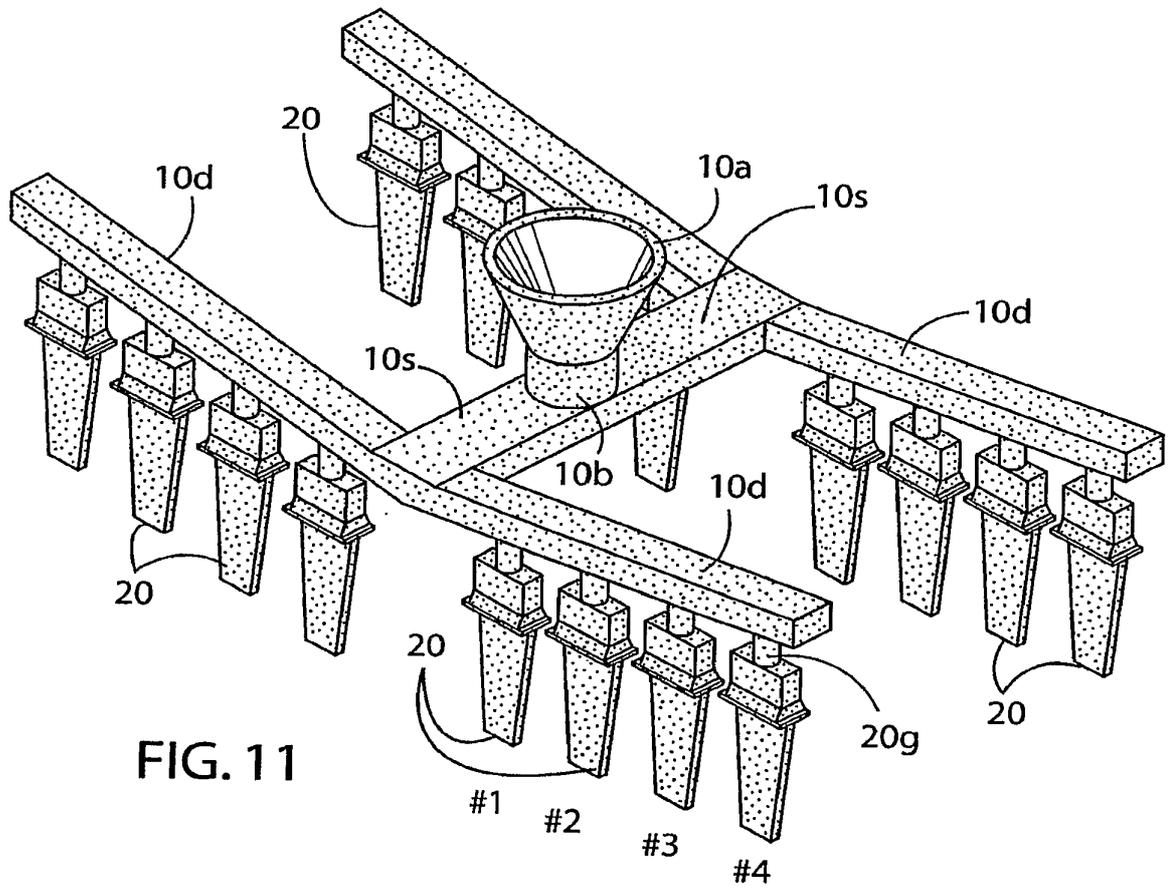
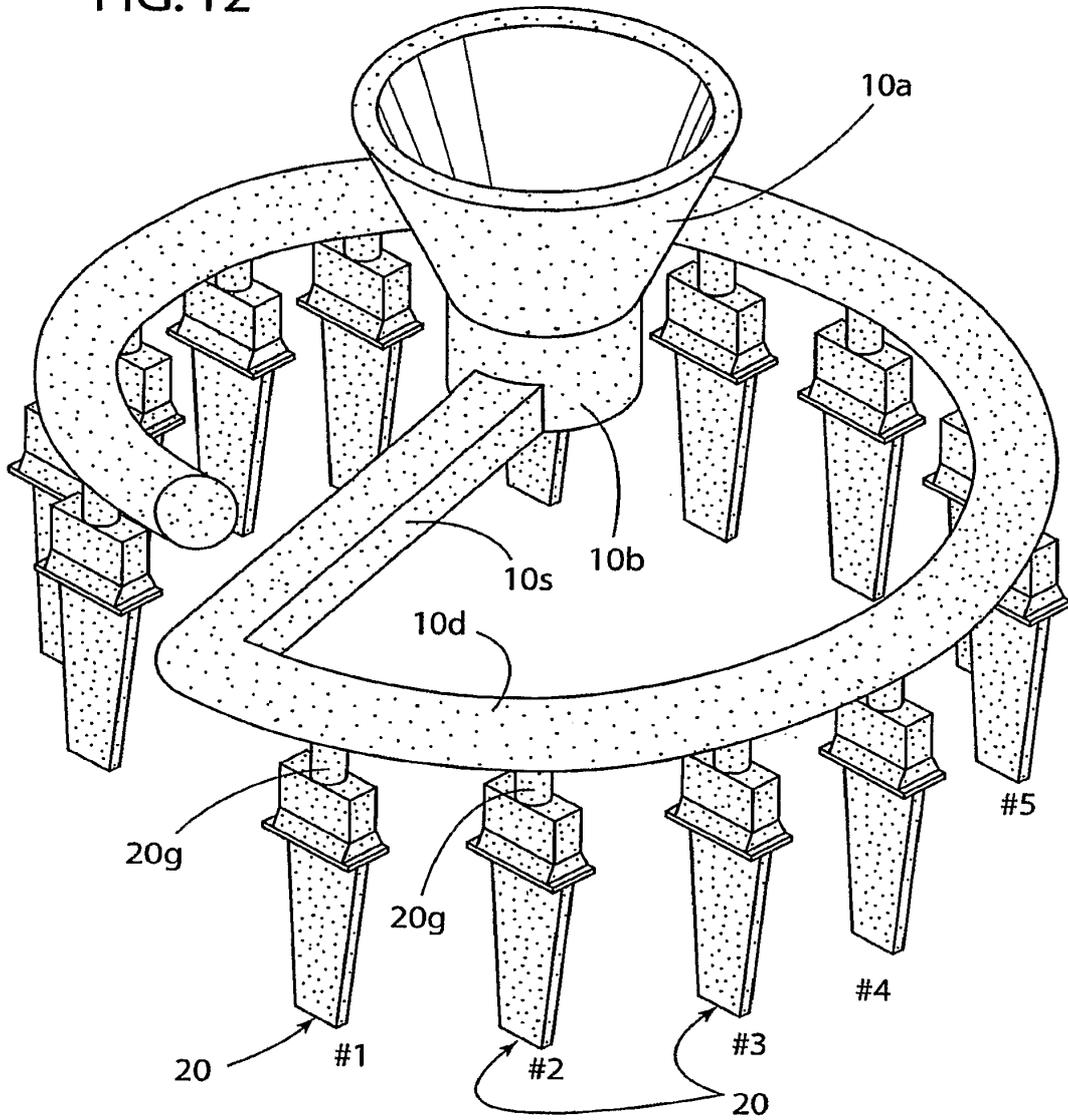


FIG. 11

FIG. 12



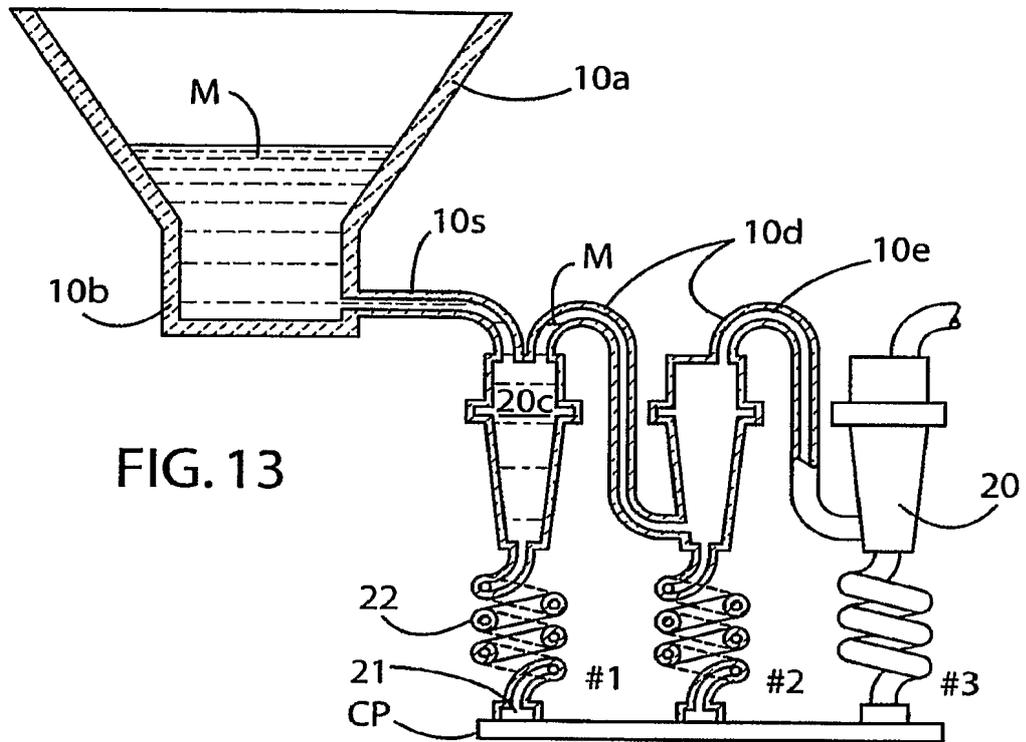


FIG. 13

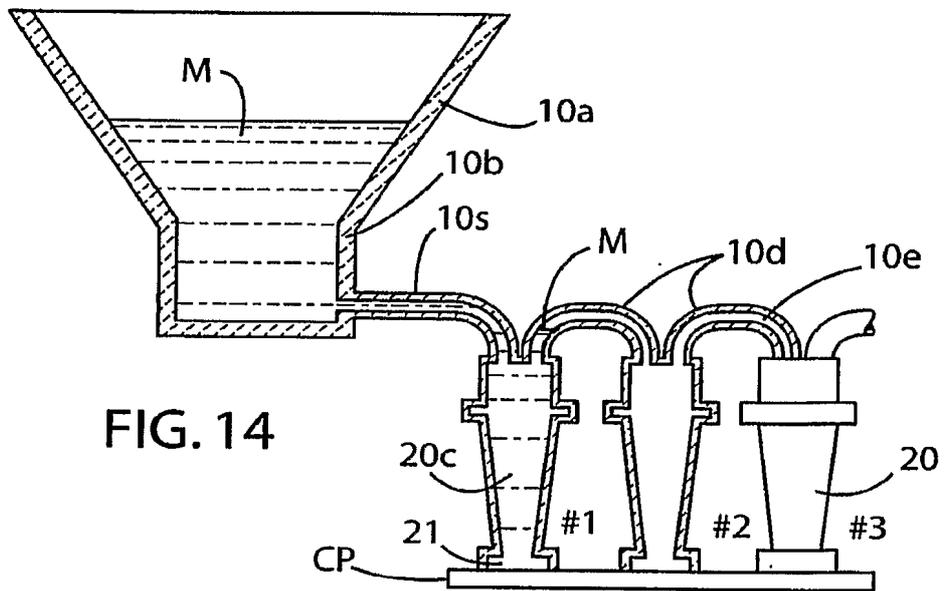


FIG. 14