(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 564 407**

(51) Int. Cl.:

B22C 7/02	(2006.01)
B22C 9/04	(2006.01)
B22C 9/10	(2006.01)
B22C 21/14	(2006.01)
F01D 5/18	(2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.03.2014** **E 14158655 (2)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.01.2016** **EP 2777842**

(54) Título: **Características de refrigeración del fundido especialmente para álabes de turbina**

(30) Prioridad:

12.03.2013 US 201313815595

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.03.2016

(73) Titular/es:

HOWMET CORPORATION (100.0%)
3850 White Lake Drive
Whitehall, MI 49461, US

(72) Inventor/es:

MUELLER, BOYD A.;
PEPPER, MICHAEL A.;
ROGERS, DARREN K. y
COLE, GAIL R.

(74) Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 564 407 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

Características de refrigeración del fundido especialmente para álabes de turbina

Campo de la invención

La presente invención se refiere a la colada de artículos manufacturados de metal o de aleación y, más en particular, a un procedimiento de fabricación de un núcleo cerámico y un molde, o porción de molde, cerámico integral cooperante, que es útil, aunque no está limitado a, para colar un álabe de turbina con características de refrigeración del fundido y un control del grosor de la pared externa colada mejorado.

Antecedentes de la invención

La mayor parte de los fabricantes de motores de turbinas de gas están evaluando álabes de turbina de paredes delgadas avanzadas, de múltiples paredes, (es decir, palas o aletas de turbina) que incluyen canales de refrigeración de aire intrincados para mejorar la eficiencia de la refrigeración interna del álabe para permitir un mayor empuje del motor y proporcionar una vida de servicio satisfactoria del álabe. Sin embargo, los sistemas de refrigeración para motores de avión avanzados de gran empuje son complejos, implicando a menudo múltiples características de refrigeración de paredes delgadas y no planas. Los núcleos cerámicos que definen estos esquemas de refrigeración avanzados son formados convencionalmente forzando un compuesto cerámico dentro de útiles de acero, pero la complejidad del núcleo está limitada por las capacidades de diseño / fabricación de los útiles. Por lo tanto, los esquemas de refrigeración complejos avanzados a menudo están basados en el montaje de múltiples piezas de núcleo cerámico después de la cocción. El montaje requiere mano de obra especializada y produce una variabilidad de las dimensiones del núcleo debido a la falta de coincidencia entre los componentes de núcleo montados, mientras que la naturaleza frágil de los núcleos cocidos produce una elevada cantidad de chatarra por la manipulación y se requieren concesiones en los esquemas de refrigeración avanzados para permitir el montaje y el posicionamiento del conjunto del núcleo o de múltiples piezas de núcleo en la colada subsiguiente.

Algunas geometrías de núcleos requieren la formación de múltiples insertos fugitivos de núcleo para definir características que no operan en planos comunes, incluyendo: (1) múltiples segmentos de núcleo de coquilla, (2) características de borde de salida (por ejemplo, pedestales y salidas), (3) características de borde de ataque (por ejemplo, entrecruzamientos), y (4) características que se curvan a lo largo de la longitud del álabe. La formación de múltiples insertos fugitivos y el montaje de los mismos en un molde de núcleo presenta un problema similar al creado por el conjunto del núcleo. El contacto íntimo entre los insertos no se puede asegurar cuando se cargan en una matriz del núcleo, ya sea debido a la variabilidad dimensional de los insertos individuales o a esquemas de posicionamiento deficientes en la matriz del núcleo. El posterior moldeo del material del núcleo cerámico puede resultar en la formación de rebabas en la unión de dos segmentos de inserto fugitivos. Aunque las rebabas son comunes en el moldeo de núcleos cerámicos y son eliminadas como parte del procesamiento estándar, las rebabas alrededor o entre los insertos fugitivos pueden residir en cavidades internas, ocultas o como parte de características intrincadas, en las que la inspección y eliminación no son posibles. Cualquier rebaba de este tipo que permanezca en el núcleo cerámico cocido puede alterar el flujo de aire en la pala o aleta colada.

Las patentes norteamericanas números 5 295 530 y 5 545 003 describen diseños avanzados de palas o aletas de turbina de paredes delgadas, de múltiples paredes, que incluyen canales de refrigeración de aire intrincados para este fin.

En la patente norteamericana número 5 295 530, un conjunto del núcleo de paredes múltiples está hecho recubriendo un primer núcleo cerámico de pared delgada con cera o plástico, un segundo núcleo cerámico similar se posiciona sobre el primer núcleo cerámico recubierto usando espigas de posicionamiento temporales, unos orificios son perforados a través de los núcleos cerámicos, una varilla de posicionamiento es insertada en cada orificio perforado y a continuación el segundo núcleo es recubierto entonces con cera o plástico. Esta secuencia se repite de acuerdo con lo que sea necesario para construir el conjunto del núcleo cerámico de paredes múltiples.

Este procedimiento de montaje de núcleo es bastante complejo, consumidor de tiempo y costoso como resultado de la utilización de conexiones múltiples y otras varillas y de los orificios taladrados en los núcleos para recibir las varillas. Además, este procedimiento de montaje de núcleo puede producir una pérdida de precisión dimensional y de repetibilidad de los conjuntos de núcleo y por lo tanto de las piezas coladas de álabes producidas utilizando tales conjuntos de núcleo.

La patente norteamericana número 6.626.230 describe la formación de múltiples elementos de modelo fugitivos de pared delgada (por ejemplo, cera) como una única pieza o como elementos individuales que se unen unos a los otros por medio de un adhesivo para formar un conjunto de modelo que se coloca en una matriz de núcleo cerámico para moldear un núcleo de una pieza.

La patente norteamericana número 7.258.156 describe el uso de núcleos cerámico y núcleos de metal refractario que se utilizan para formar las salida del pasaje de refrigeración del borde de salida o características de refrigeración

del fundido del convoluto del álabe en el que los núcleos son eliminados para definir características de refrigeración interna.

El documento EP2 522 444 A1 describe un procedimiento de fabricación de núcleos cerámicos de capas múltiples en los que que al menos un inserto fugitivo de núcleo es preformado y, a continuación, al menos, otro inserto fugitivo de núcleo es formado in-situ conectado al inserto de núcleo preformado para formar núcleos complejos con paredes internas que no pueden ser inspeccionadas o reparadas fácilmente una vez que el núcleo está formado.

El documento US 2011/0132562 A1 describe productos de aleación que son producidos con un proceso de colado sin cera. Un modelo de un recipiente cerámico colado que define una forma deseada del producto es dividido digitalmente en secciones. Cada sección se convierte en una herramienta maestra de aleación blanda que incluye los insertos donde sean necesarios para los detalles finos. Un molde flexible es colado fundido a partir de cada herramienta maestra, y una sección del recipiente cerámico colado es colada fundida a partir del molde flexible respectivo. No se necesitan útiles de cera o modelos de cera para producir el producto de aleación colada.

Sumario de la invención

La presente invención proporciona un procedimiento útil, aunque no limitado a, para hacer un molde para la colada de álabes avanzados de turbina (por ejemplo, palas y aletas de turbina de gas) que pueden incluir características complejas de refrigeración internas y / o externas del fundido para mejorar la eficiencia de la refrigeración del álabe durante la operación en la corriente de gas caliente de turbina de gas.

Un procedimiento ilustrativo incluye las etapas de incorporar al menos un inserto fugitivo en un material cerámico de manera que forme un núcleo y al menos una porción de pared de molde integral cooperante en el que el núcleo define una característica interna que va a ser transferido al artículo colado y la al menos una porción de la pared de molde tiene una superficie interior que define una característica externa que va a ser transferida al artículo colado, eliminando selectivamente el inserto fugitivo, e incorporando el núcleo y la al menos una porción de pared de molde integral cooperante en un molde para recibir el metal o aleación colado, en el que el núcleo define una característica interna que va a ser transferida al artículo colado y la pared de molde tiene una superficie interior que define una característica externa que va a ser transferida al artículo colado. La solidificación del metal o aleación colado en el molde produce tales características internas y externas del fundido del artículo colado. La presente invención puede ponerse en práctica para formar un núcleo con sólo una porción de pared de molde integral cooperante en el que las porciones de pared de molde que faltan se pueden formar posteriormente por etapas de colada en coquilla de revestimiento convencional para proporcionar una coquilla de molde completa alrededor del núcleo. Alternativamente, la presente invención puede ser practicada para formar en una única etapa en la primera matriz un núcleo cerámico y un molde cerámico cooperante integral sustancialmente completo para la colada de un álabe de turbina u otro artículo de fabricación.

En la práctica de la presente invención para colar un álabe de turbina, ciertas superficies del núcleo pueden formar características de refrigeración internas del fundido tales como pasajes de aire de refrigeración internos con generadores de turbulencias para aumentar la eficiencia de la refrigeración, mientras que la superficie interior de la pared de molde integral cooperante puede formar orificios de salida de aire de refrigeración externos del fundido que penetran en el álabe externo adyacente, y características en la superficie externa de la pieza colada que mejoran el rendimiento tales como características que reducen la resistencia aerodinámica o ayudan a la adherencia del recubrimiento, cuando se solidifica el metal o aleación colado.

La práctica de la presente invención es ventajosa en que las características de refrigeración externas complejas, tales como orificios de salida de aire de refrigeración en película y / o características que reducen la resistencia aerodinámica o ayudan en la adherencia del recubrimiento, pueden ser superficies externas del fundido de los álabes en localizaciones y / u orientaciones que no son posibles con operaciones de mecanizado posteriores a la colada, tales como taladrado, con formas y estrechamientos progresivos para mejorar el rendimiento de la refrigeración y con un mejor control del grosor de la pared colada externo e interno. Además, las características de dilatación térmica del núcleo y de la pared de molde cooperante se hacen coincidir al menos en la región local y se pueden adaptar para proporcionar las propiedades térmicas y / o mecánicas deseadas en el molde en su totalidad o localmente para reducir el rasgado en caliente en piezas coladas equiaxiales, recristalización local en piezas coladas DS / SC, y / o proporcionar control local de tamaño de grano. Además, la práctica de ciertas realizaciones de la invención se puede usar para reducir o eliminar la extensión de las etapas de en coquillas de revestimiento convencionales necesarias para formar el molde.

Otras ventajas de la práctica de la presente invención serán más fácilmente evidentes a partir de la descripción detallada que sigue considerada con los dibujos que siguen.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una vista en perspectiva de una pala de turbina de metal o aleación colado que tiene un modelo de orificios de salida de aire de refrigeración del fundido que penetran en la superficie externa del álabe y se comunican con los pasajes de aire de refrigeración internos del fundido como se muestra en la figura 2.

La figura 2 es una vista en sección tomada a lo largo de un único plano de la pala de turbina de metal o de aleación que se ha tomado normal al eje de apilamiento de la pala de turbina de la figura 1, que muestran los orificios de salida de aire de refrigeración del fundido conectados a los pasajes de aire de refrigeración internos colados que son formados cuando el núcleo es eliminado.

La figura 3 es una vista en sección de un Inserto transitorio (fugitivo) que reside en una primera matriz de moldeo en el que material cerámico es moldeado por inyección o por transferencia para incorporar el inserto transitorio dentro de un componente cerámico útil para la colada después de eliminar el inserto.

La figura 3A es una vista ampliada de escala de la región A de la figura 3.

La figura 3B es una vista ampliada de escala de la región B de la figura 3.

La figura 4 es una vista en sección del inserto transitorio (fugitivo) después de que se formen el núcleo cerámico y las paredes del molde integral cooperante.

La figura 5 es una vista en sección del inserto transitorio (fugitivo) después de que se formen el núcleo cerámico y las paredes del molde integral cooperante y después de una coquilla del molde sea recubierta alrededor de las regiones del núcleo con fin de proporcionar una coquilla del molde completa.

La figura 6A a 6E ilustran diferentes tipos de configuraciones de orificios de aire de refrigeración que se pueden formar en virtud de realizaciones ilustrativas de la invención.

La figura 7 es una vista en sección de un inserto transitorio (fugitivo) que reside en una primera matriz de moldeo que está diseñada para formar una coquilla de molde sustancialmente completa y el núcleo alrededor del inserto cuando el material cerámico es moldeado por inyección o por transferencia.

Descripción de la invención

Con el fin de hacer que los esquemas de aire de refrigeración de los álabes de los motores de turbina de gas aéreas y / o industriales sean más eficaces, especialmente de las palas y aletas de turbinas de alta presión (en la presente memoria descriptiva y en lo que sigue álabes de turbina), las características de refrigeración internas, tales como pasajes de refrigeración por aire, pedestales de soporte, etc., así como características de refrigeración externas, tales como orificios de salida de aire de refrigeración de película, generadores de turbulencias de mejora de refrigeración, etc. necesitan partir y dirigir con precisión el aire de refrigeración de tal manera que su presión esté controlada y se dirija a las regiones más necesitadas de la pala o aleta. La práctica de la presente invención permite la producción de geometrías de álabes complejas con características de refrigeración del fundido complejas internas y externas y un mejor control de grosor de pared colada externa.

Aunque la presente invención se describirá a continuación en conexión con la colada de álabes de turbina avanzados (por ejemplo palas y aletas de turbina de gas coladas) que puede incluir características de refrigeración de aire internas y externas complejas coladas para mejorar la eficiencia de la refrigeración del álabe durante el funcionamiento en la corriente de gas caliente en la turbina de gas, la invención no está limitada a álabes de turbina y puede ser practicada para producir otros artículos colados que incluyen características internas y / o externas complejas del fundido de conformidad con una especificación de diseño particular.

Haciendo referencia a las figuras 1 y 2, una pala de turbina de gas colada 10 se ilustra teniendo una región de álabe 10a, una región de raíz 10b, y una región de plataforma 10c situada entre la región de álabe y la región de raíz. La región de álabe 10a se muestra teniendo un modelo de orificios de salida de aire de refrigeración del fundido 20 comunicados con la superficie externa del álabe y también comunicados con los pasajes de aire de refrigeración internos del fundido 22 que conducen a y se comunican con los pasajes de aire de refrigeración principales 23 que recibe el aire de refrigeración. La disposición espacial particular y el número orificios de salida de aire de refrigeración del fundido 20 y los pasajes de aire de refrigeración 22, 23 se muestran solamente con fines de ilustración y no de limitación, puesto que cada diseño particular de álabe de turbina puede ser diferente en este sentido.

La pala de turbina de gas 10 (o aleta) se puede colar utilizando superaleaciones convencionales basadas en níquel, superaleaciones de cobalto, titanio, aleaciones de titanio y otros metales o aleaciones adecuadas, incluyendo materiales intermetálicos. La práctica de la presente invención no está limitada a ningún metal o aleación en particular. Por otra parte, la pala (o aleta) de turbina se pueden colar utilizando diferentes procesos de colada convencionales

que incluyen, pero no se limitan a, procesos de colada equiaxiales para producir una pala o aleta de turbina de grano equiaxial, procesos de colada de solidificación direccional para producir una pala o aleta de turbina de grano columnar y procesos de colada de monocristal para producir una pala o aleta de turbina de monocristal. La práctica de la presente invención no está limitada a ningún proceso de colada en particular.

Haciendo referencia a las figuras 3, 4 y 5, una realización ilustrativa de procedimiento de acuerdo con la presente invención se muestra con fines de ilustración y no de limitación. En esta realización se proporciona un inserto transitorio (fugitivo) 50 para su posicionamiento en una matriz de moldeo D de núcleo como se muestra mejor en la figura 3, que ilustra el inserto fugitivo 50 que incluye las cavidades principales internas 51 del inserto y los pasajes internos 53 del inserto comunicadas a las cavidades 55a, 55b de formación de la pared de molde asociadas formadas como se muestra por la cooperación de las superficies de inserto y los rebajes de la superficie interior de la matriz de moldeo D. Las cavidades 51, los pasajes 53, y las cavidades 55a, 55b se llenan posteriormente con el material cerámico por moldeo por inyección o por transferencia, o vertiendo un material cerámico adecuado. El inserto fugitivo preformado 50 puede ser moldeado como una única pieza, sobremoldeado en dos o más inyecciones, o como múltiples piezas moldeadas por inyección o piezas parciales moldeadas por inyección, y montadas juntas. El sobremoldeo para proporcionar un inserto fugitivo de piezas múltiples se describe en el documento EP 2 522 444 A1.

Además, aunque el inserto fugitivo 50 se muestra por conveniencia como una única pieza en las figuras 3 y 4, el inserto fugitivo 50 puede comprender múltiples componentes o piezas de inserto preformadas moldeadas individualmente y que después se montan juntas y se colocan en la matriz de moldeo D. Los componentes o piezas múltiple preformados de inserto se pueden montar juntos en relación apropiada con adhesivo, entrelazados entre los componentes, y / o sobremoldeados para formar colectivamente la configuración de inserto fugitivo final deseada.

El inserto fugitivo 50, ya sea de una única pieza o de múltiples piezas, puede ser moldeado de un material fugitivo que pueden tolerar las condiciones de temperatura que se emplean típicamente para formar los núcleos cerámicos utilizando aglutinantes termoplásticos o termoestables por moldeo por inyección o por transferencia, o por vertido. Dicha temperatura puede variar de 37,8ºC a 204,4ºC. Con fines de ilustración y no de limitación, el inserto fugitivo 50 puede estar hecho de resinas solubles o polímeros de cristal líquido de alta temperatura, que son solubles en agua u otros líquidos tales como alcoholes, ácidos débiles o fuertes, cetonas y alcoholes minerales.

La figura 3 muestra el inserto fugitivo 50 colocado en la matriz de moldeo D del núcleo mostrando las figuras 3A y 3B vistas ampliadas de las regiones A y B, respectivamente, de la figura 3. El inserto fugitivo 50 se puede posicionar en relación apropiada en la cavidad de la matriz de moldeo usando características moldeadas sobre la superficie del mismo inserto 50 y / o mediante el uso de espigas de posicionamiento (no mostradas) conocidas también como espigas de localización o soportes de macho. El material cerámico se introduce en la matriz de moldeo para llenar las cavidades 51, los pasajes 53, y las cavidades 55 de molde de formación de pared y se deja curar y / o asentarse durante un tiempo para alcanzar un estado cerámico rígido. Con este fin, con los propósitos de ilustración y no de limitación, el material cerámico puede comprender materiales de núcleo cerámico basados en sílice, basados en alúmina, basados en circón, basados en circonio, basados en itria, basados en erbia u otros adecuados en las mezclas de lechadas conocidas por los expertos en la técnica que contiene un aglutinante termoplástico o termoestable. Los materiales de núcleo cerámico adecuados se describen en la patente norteamericana número 5 394 932. El material de núcleo se elige para que sea químicamente lixiviable desde el álabe colado de turbina formado alrededor del mismo como es conocido. El material cerámico es inicialmente fluido (por ejemplo una lechada cerámica) para moldeo por inyección o por transferencia, o por vertido y se cura y / o se asienta al estado rígido en la matriz de moldeo.

La figura 4 muestra el núcleo cerámico 100 y las porciones de pared de molde integral cooperante 102a, 102b formadas en el inserto fugitivo 50 como resultado del material cerámico que llena las cavidades 51 del inserto, los pasajes 53, y las cavidades 55a, 55b después de la extracción del conjunto de la matriz de moldeo D. En esta realización de la invención, es evidente que sólo una porción de la pared de molde 102a está formada alrededor del inserto fugitivo 50 en la etapa precedente que se muestra en la figura 3. De acuerdo con una secuencia de procesamiento, el inserto fugitivo 50 es eliminado selectivamente del núcleo 100 y las porciones de pared de molde 102a, 102b, que a continuación son cocidas a temperatura elevada como se describe en el presente documento para desarrollar la resistencia deseada de núcleo / pared para su procesamiento posterior. Un segundo modelo fugitivo, tal como cera o plástico, está formado en el núcleo cocido 100 y las porciones de pared de molde 102a, 102b para proporcionar un conjunto de modelos. Por ejemplo, el núcleo cocido 100 con porciones de pared de molde integral 102a, 102b se coloca en una matriz de inyección de modelo, y un modelo fugitivo deseado es formado en el núcleo cocido 100 y porciones de pared de molde integral 102a, 102b. El conjunto de modelos resultante se asemeja al conjunto que se muestra en la figura 4 con un segundo modelo que reemplaza al inserto fugitivo 50. Con este fin, el carácter de referencia P se muestra inmediatamente debajo del numeral de referencia del inserto de núcleo 50 en la figura 4. El uso del segundo modelo puede ser ventajoso para permitir la inclusión de una raíz de modelo adicional, plataforma o características de álabe en otras líneas de sección o planos del modelo de pala de turbina que no puede ser proporcionado en el inserto fugitivo 50 debido a complicaciones de la geometría del núcleo y también permite la selección y uso de un material de modelo más fácil de eliminar que el material de inserto de tal manera que la eliminación selectiva del modelo del molde / núcleo final se puede realizar más fácil y completamente que con el material del núcleo

de inserto. El conjunto de modelos es incorporado entonces en un molde seguido por la eliminación del modelo para producir un molde con núcleo integral interno del tipo que se muestra como molde M y el núcleo integral 100 en la figura 5.

En esta secuencia de procesamiento, el inserto fugitivo 50 o segundo modelo P puede ser eliminado de forma selectiva por disolución si el inserto o modelo comprende un material soluble, por degradación térmica si el inserto o modelo comprende un material degradable térmicamente, o cualquier otro medio adecuado apropiado al que el material de inserto es selectivo.

De acuerdo con otra secuencia de procesamiento más directo que sólo puede ser posible con algunas geometrías de núcleo, el núcleo 100 y las porciones de pared de molde integral 102a, 102b en el inserto fugitivo 50, figura 4, son incorporadas directamente en el molde M seguido por la eliminada del inserto fugitivo 50 para producir el molde M con el núcleo interno C de la figura 5. El molde y el núcleo integral a continuación son cocidos a temperatura elevada como se describe en el presente documento para eliminar el inserto de núcleo 50 y desarrollar la resistencia del núcleo / pared deseada para la colada del metal o aleación fundido en el mismo. Esta secuencia de procesamiento elimina la etapa de formación de un segundo modelo P como se ha descrito en los dos párrafos anteriores.

En estas secuencias de proceso, la pared de coquilla de molde que falta se forma en una etapa posterior adicional de procesamiento en la que se recubre con material cerámico adicional o se forma de otra manera alrededor de las regiones del núcleo cocido 100 y porciones de pared de molde integral 102a, 102b (primera secuencia de procesamiento) o alrededor del núcleo no cocido 100 y las porciones de pared de molde 102a, 102b sobre el inserto fugitivo 50 (segunda secuencia de procesamiento) en la que falta la coquilla 102a del molde como se muestra en la figura 5, de manera que se forma una coquilla de molde completa M (es decir, el resto de la pared de molde). En esta etapa de revestimiento, las porciones de pared de molde 102b también funcionan para enclavarse con la coquilla de molde M para bloquear el núcleo 100 en su posición. La coquilla de molde M se recubre por el procesamiento de conformidad con el proceso de moldeado de la coquilla de revestimiento convencional mediante la inmersión repetida en lechada cerámica, drenaje del exceso de lechada, y estucado con partículas de estuco cerámico de grano grueso hasta que la coquilla de molde M de grosor de pared de molde deseado se acumule.

Alternativamente, en referencia a la figura 7, la presente invención puede ser practicada para formar en una única etapa un núcleo 100' y una coquilla de molde M' cooperante integral sustancialmente completa, para la colada de un álabe de turbina u otro artículo de fabricación. Esta realización se ilustra en la figura 7, en la que el núcleo 100' y la coquilla de molde M' se forman en la matriz de moldeo D'. En la figura 7, las características similares de las figuras anteriores se representan por números de referencia similares con apóstrofe. Esta realización de la invención reduce en gran medida o elimina la necesidad de las operaciones de coquilla de revestimiento que se han explicado más arriba para completar una coquilla de molde alrededor del núcleo.

La presente invención es capaz de formar diferentes tipos de configuraciones de orificios de pasajes / salida de aire de refrigeración del fundido, como se ilustra en las figuras 6A, 6B, 6C, 60, y 6E, que ilustran un pasaje de refrigeración en ángulo recto 22 que tiene un orificio de salida externo 20, un pasaje de refrigeración de extremo acampanado 22 que tiene un orificio de salida externo 20, un pasaje de refrigeración convoluto 22 que tiene un orificio de salida externo 20, un pasaje de refrigeración convergente 22 (es decir, que se enfoca cónicamente) que tiene un orificio de salida externo 20, y pasaje de refrigeración divergente 22 (es decir divergente cónicamente) que tiene un orificio de salida externo 20, respectivamente, que se pueden formar usando el inserto fugitivo 50 de forma apropiada para este fin. Estas configuraciones de orificios de refrigeración del fundido se ofrecen para fines de ilustración y no de limitación puesto que otras configuraciones se pueden formar por la práctica de la invención.

Haciendo referencia de nuevo a la figura 5, el conjunto que se muestra se puede someter a un tratamiento adecuado de cocción a alta temperatura, tal como sinterización, para impartir una resistencia deseada a la coquilla de molde M, a las porciones de pared de molde 102a, 102b, y al núcleo 100 para el colado. Para colar una pala de turbina 10, se introduce entonces una superaleación fundida en la cavidad del molde MC definida entre la pared de molde 102 / coquilla de molde M y el núcleo cerámico 100 usando técnicas de colada convencionales. Por ejemplo, la superaleación fundida se puede verter en un vertedero de colada (no mostrado) y ser alimentada por gravedad a través de un canal de colada descendente (no mostrado) a la cavidad del molde. La superaleación fundida se puede solidificar de manera que produzca una pala de turbina de grano equiaxial, se puede solidificar direccionalmente para formar una pala de turbina de grano columnar, o se puede solidificar como una colada de pala de turbina de monocristal. La pared de molde 102 / coquilla de molde M son eliminados de la pala de turbina colada solidificada mediante una operación mecánica de desmoldeo seguida por una o más técnicas de lixiviación química o chorreado de arena mecánico conocidas. El núcleo 100 es eliminado selectivamente de la pala de turbina colada solidificada por lixiviación química u otras técnicas de eliminación de núcleo convencionales, produciendo la pala de turbina de la figura 1 que tiene los orificios y pasajes de refrigeración por aire del fundido que se muestran, en las que el núcleo 100 forma características de refrigeración interna, tales como pasajes de refrigeración 22, 23 y la superficie interior de las porciones de pared de molde 102a, 102b forman características de forma externas, tales como orificios de salida de refrigeración 20 que penetran en la superficie externa del álabe adyacente.

La presente invención puede producir geometrías de núcleo / pared de molde que requieren características que no operan en planos comunes, incluyendo: (1) segmentos múltiples de núcleo de coquilla, (2) características de borde de salida (por ejemplo, pedestales y salidas), (3) características de borde de ataque (por ejemplo, entrecruzamientos), y (4) características que se curvan a lo largo del álabe. Aunque un inserto fugitivo preformado 50 sea sobremoldeado en la descripción anterior, en la práctica de la invención cualquier número de insertos fugitivos preformados se puede realizar, montar y sobremoldear con el material cerámico, figura 3.

La práctica de la presente invención es ventajosa en que las características de refrigeración externas complejas, tales como los orificios de refrigeración de película y / o generadores de turbulencia que mejoran la refrigeración, pueden ser superficies de álabe de colada externas del fundido en lugares y / u orientaciones que no son posibles por operaciones de mecanizado posteriores a la colada, tales como taladrado, con formas y estrechamientos progresivos para mejorar el rendimiento de refrigeración y con un mejor control de grosor de la pared de colada externo e interno. Además, la necesidad de fijar o posicionar el núcleo posteriormente se reduce o elimina puesto que el núcleo no sólo forma las características internas de la pala, sino también al menos una porción de la coquilla de moldeo externa posiciona con más precisión el núcleo con respecto al molde de coquilla. Las características de expansión térmica del núcleo y de la pared de molde cooperante se hacen coincidir al menos en la región local y se pueden adaptar para que proporcionen las propiedades térmicas y / o mecánicas deseadas en el molde como un todo o localmente para reducir el rasgado en caliente en piezas coladas equiaxiales, recristalización local en piezas coladas DS / SC, y / o proporcionar control local de tamaño de grano. Aún más, un filtro de metal o aleación colado, tal como un filtro de espuma reticulada o un filtro de celosía, puede ser moldeado en un bebedero descendente conectado al conjunto de la figura 5 para mejorar la limpieza del metal o aleación colado que se entrega a la cavidad del molde.

Será evidente para los expertos en la técnica que diversas modificaciones y variaciones se pueden hacer en las realizaciones de la presente invención que se han descrito más arriba. En más detalle, se prefieren y son concebibles los siguientes aspectos y modificaciones:

De acuerdo con un primer aspecto, la invención se refiere a un procedimiento de fabricación de un molde para la colada de un artículo de metal o de aleación, que comprende las etapas de incorporar al menos un inserto fugitivo en un material cerámico de tal manera que forme un núcleo y al menos una porción de una pared de molde integral cooperante en la que el núcleo define una característica interna que va a ser transferida al artículo colado y la al menos una porción de la pared de molde tiene una superficie interior que define una característica externa que va a ser transferida al artículo colado, eliminando de manera selectiva el inserto fugitivo, e incorporando el núcleo y la al menos una porción de la pared de molde integral cooperante en un molde para recibir metal o aleación colado.

De acuerdo con realizaciones preferidas del procedimiento de acuerdo con el primer aspecto, el inserto fugitivo es incorporado en el material cerámico mediante la colocación del inserto fugitivo en una cavidad de moldeo y moldeando por inyección o por transferencia, o vertiendo el material cerámico en la cavidad de moldeo.

De acuerdo con realizaciones preferidas del procedimiento de acuerdo con el primer aspecto, el inserto fugitivo es eliminado antes de que el núcleo y la al menos una porción de la pared de molde integral cooperante sean incorporados en el molde.

De acuerdo con realizaciones preferidas del procedimiento de acuerdo con el primer aspecto, el inserto fugitivo es eliminado del núcleo y la al menos una porción de la pared de molde integral cooperante, un segundo modelo fugitivo es formado en el núcleo y la al menos una porción de una pared de molde integral cooperante para proporcionar un conjunto de modelos, y el conjunto de modelos es incorporado en el molde seguido por la eliminación del segundo modelo.

De acuerdo con realizaciones preferidas del procedimiento de acuerdo con el primer aspecto, el inserto fugitivo es eliminado después de que el núcleo y la al menos una porción de la pared de molde integral cooperante sean incorporados en el molde. Preferiblemente, el núcleo y la al menos una porción de la pared de molde integral cooperante en el inserto fugitivo son incorporados en el molde seguido por la eliminación del inserto fugitivo.

De acuerdo con realizaciones preferidas del procedimiento de acuerdo con el primer aspecto, el al menos un inserto fugitivo comprende un material soluble.

De acuerdo con realizaciones preferidas del procedimiento de acuerdo con el primer aspecto, el al menos un inserto fugitivo es eliminado selectivamente por disolución.

De acuerdo con realizaciones preferidas del procedimiento de acuerdo con el primer aspecto, el al menos un inserto fugitivo comprende un material térmicamente degradable. Preferiblemente, el al menos un inserto fugitivo es eliminado selectivamente por calentamiento.

De acuerdo con realizaciones preferidas del procedimiento de acuerdo con el primer aspecto, el al menos un inserto fugitivo comprende una resina o polímero de cristal líquido.

De acuerdo con realizaciones preferidas del procedimiento de acuerdo con el primer aspecto, dos o más insertos fugitivos o insertos fugitivos parciales se montan y son incorporados en el material cerámico.

De acuerdo con realizaciones preferidas del procedimiento de acuerdo con el primer aspecto, solamente una porción de la pared de molde se forma integral con el núcleo. En lo que a esto se refiere, el procedimiento puede incluir la etapa adicional de revestir material cerámico alrededor del núcleo y al menos una porción de una pared de molde integral cooperante de manera que forme el resto de la pared de molde alrededor del núcleo.

De acuerdo con un segundo aspecto, la invención se refiere a un procedimiento para colar un álabe de turbina de metal o de aleación, que comprende las etapas de incorporar al menos un inserto fugitivo en un material cerámico de manera que forme un núcleo y al menos una porción de una pared de molde integral cooperante en el que el núcleo define una característica de refrigeración interna que va a ser transferida al álabe colado y la al menos una porción de la pared de molde tiene una superficie interior que define una característica de refrigeración externa que va a ser transferida al álabe colado, eliminar selectivamente el inserto fugitivo, eliminar selectivamente el inserto fugitivo, incorporar el núcleo y la al menos una porción de la pared de molde integral cooperante en un molde, y solidificar un metal o aleación colado en la pared de molde alrededor del núcleo.

De acuerdo con realizaciones preferidas del procedimiento de acuerdo con el segundo aspecto, el inserto fugitivo es eliminado antes de que el núcleo y la al menos una pared de molde estén incorporados en el molde.

De acuerdo con realizaciones preferidas del procedimiento de acuerdo con el segundo aspecto, el inserto fugitivo es eliminado después de que el núcleo y la al menos una porción de la pared de molde estén incorporados en el molde.

De acuerdo con realizaciones preferidas del procedimiento de acuerdo con el segundo aspecto, el inserto fugitivo es incorporado en el material cerámico mediante la colocación del inserto fugitivo en una cavidad de moldeo y moldear por inyección o por transferencia, o vertiendo el material cerámico en la cavidad de moldeo.

De acuerdo con realizaciones preferidas del procedimiento de acuerdo con el segundo aspecto, el al menos un inserto fugitivo es moldeado.

De acuerdo con realizaciones preferidas del procedimiento de acuerdo con el segundo aspecto, el al menos un inserto fugitivo comprende un material soluble.

De acuerdo con realizaciones preferidas del procedimiento de acuerdo con el segundo aspecto, el al menos un inserto fugitivo es eliminado selectivamente por disolución.

De acuerdo con realizaciones preferidas del procedimiento de acuerdo con el segundo aspecto, el al menos un inserto fugitivo comprende un material térmicamente degradable.

De acuerdo con realizaciones preferidas del procedimiento de acuerdo con el segundo aspecto, el al menos un inserto fugitivo es eliminado selectivamente por calentamiento.

De acuerdo con realizaciones preferidas del procedimiento de acuerdo con el segundo aspecto, el al menos un inserto fugitivo comprende una resina o polímero de cristal líquido.

De acuerdo con realizaciones preferidas del procedimiento de acuerdo con el segundo aspecto, dos o más insertos fugitivos o insertos fugitivos parciales son montados y e incorporados en el material cerámico.

De acuerdo con realizaciones preferidas del procedimiento de acuerdo con el segundo aspecto, la característica de refrigeración externa comprende una salida de pasaje de aire de refrigeración externa.

De acuerdo con realizaciones preferidas del procedimiento de acuerdo con el segundo aspecto, el pasaje de aire de refrigeración comprende un pasaje convergente.

De acuerdo con realizaciones preferidas del procedimiento de acuerdo con el segundo aspecto, el pasaje de aire de refrigeración comprende un pasaje divergente.

De acuerdo con realizaciones preferidas del procedimiento de acuerdo con el segundo aspecto, el pasaje de aire de refrigeración comprende un pasaje recto.

De acuerdo con realizaciones preferidas del procedimiento de acuerdo con el segundo aspecto, el pasaje de aire de refrigeración comprende un pasaje acampanado extremo.

De acuerdo con realizaciones preferidas del procedimiento de acuerdo con el segundo aspecto, el pasaje de aire de refrigeración comprende un pasaje convoluto.

De acuerdo con realizaciones preferidas del procedimiento de acuerdo con el segundo aspecto, la característica de refrigeración externa comprende un orificio de salida de aire de refrigeración que penetra en una superficie externa del álabe.

De acuerdo con realizaciones preferidas del procedimiento de acuerdo con el segundo aspecto, la característica de refrigeración externa comprende una característica de superficie para reducir la resistencia aerodinámica o promover la adhesión del recubrimiento.

De acuerdo con realizaciones preferidas del procedimiento de acuerdo con el segundo aspecto, el álabe colado es un álabe de grano equiaxial.

De acuerdo con realizaciones preferidas del procedimiento de acuerdo con el segundo aspecto, el álabe colado es un álabe de grano columnar o de monocristal.

De acuerdo con realizaciones preferidas del procedimiento de acuerdo con el segundo aspecto, el inserto fugitivo define la característica de refrigeración interna y sólo una porción de la pared de molde. Preferiblemente, el procedimiento incluye la etapa adicional de revestir material cerámico alrededor del inserto fugitivo de manera que forme el resto de la pared de molde alrededor del núcleo.

De acuerdo con un tercer aspecto, la invención se refiere a un componente cerámico para la colada de un artículo, que comprende un núcleo cerámico que está configurado para definir una característica interna que va a ser transferida al artículo colado y está conectada integralmente a al menos una porción de una pared de molde cooperante que tiene una superficie interior que define una característica externa que es transferida al artículo colado.

De acuerdo con realizaciones preferidas del tercer aspecto, el núcleo define un pasaje de refrigeración interna de un álabe de turbina.

De acuerdo con las realizaciones preferidas del tercer aspecto, la al menos una porción de la pared de molde cooperante define una característica de refrigeración externa de un álabe de turbina.

De acuerdo con las realizaciones preferidas del tercer aspecto, el componente cerámico incluye además una coquilla de molde revestida que completa una pared de molde alrededor del núcleo.

De acuerdo con un tercer aspecto, la invención se refiere a un álabe de turbina de metal o aleación colado que tiene un componente cerámico que permanece sobre el mismo después de la colada, en el que el componente cerámico comprende un núcleo cerámico que está configurado para definir un pasaje de refrigeración interna en el álabe de turbina y que está conectado integralmente a al menos una porción de una pared de molde cooperante que tiene una superficie interior que define una característica de refrigeración externa del álabe de turbina.

De acuerdo con realizaciones preferidas del álabe de metal o aleación colado de turbina, la característica de refrigeración externa comprende un orificio de salida de aire de refrigeración que penetra en una superficie externa adyacente del álabe.

De acuerdo con realizaciones preferidas del álabe de metal o aleación colado de turbina, la característica de refrigeración externa comprende un generador de turbulencia formado en una superficie externa adyacente del álabe.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de fabricación de un molde para colar un artículo de metal o de aleación, que comprende las etapas de:

   - incorporar al menos un inserto fugitivo (50, 50') en un material cerámico de manera que forme un núcleo (100, 100') y al menos una porción de una pared de molde integral cooperante (102a, 102b), en la que el núcleo (100, 100') define una característica interna que va a ser transferida al artículo colado y la al menos una porción de la pared de molde (102a, 102b) tiene una superficie interior que define una característica externa que va a ser transferida al artículo colado;

   - eliminar selectivamente el inserto fugitivo (50, 50'); e

   - incorporar el núcleo (100, 100') y la al menos una porción de la pared de molde integral cooperante (102a, 102b) en un molde (11, 11') para recibir el metal o aleación fundido.

2. El procedimiento de la reivindicación 1,

   en el que el inserto fugitivo (50, 50') es incorporado en el material cerámico mediante la colocación del inserto fugitivo (50, 50') en una cavidad de moldeo y moldeando por inyección o transferencia, o vertiendo el material cerámico en la cavidad de moldeo.

3. El procedimiento de la reivindicación 1 o 2,

   en el que el inserto fugitivo (50, 50') es eliminado antes de que el núcleo (100, 100') y la al menos una porción de pared de molde integral cooperante (102a, 102b) sean incorporados en el molde (11, 11').

4. El procedimiento de la reivindicación 3,

   en el que el inserto fugitivo (50, 50') es eliminado del núcleo (100, 100') y la al menos una porción de la pared de molde integral cooperante (102a, 102b), en el que un segundo modelo fugitivo es formado en el núcleo (100, 100') y la al menos una porción de la pared de molde integral cooperante (102a, 102b) para proporcionar un conjunto de modelos, y en el que el conjunto de modelos es incorporado en el molde seguido por la eliminación del segundo modelo.

5. El procedimiento de la reivindicación 1 o 2,

   en el que el inserto fugitivo (50, 50') es eliminado después de que el núcleo (100, 100') y la al menos una porción de la pared de molde integral cooperante (102a, 102b) sean incorporados en el molde.

6. El procedimiento de una de las reivindicaciones 1 a 5,

   en el que el al menos un inserto fugitivo (50, 50') comprende un material soluble, y en el que el al menos un inserto fugitivo (50, 50') es eliminado selectivamente por disolución; o

   en el que el al menos un inserto fugitivo (50, 50') comprende un material térmicamente degradable, y en el que el al menos un inserto fugitivo (50, 50') es eliminado selectivamente por calentamiento.

7. El procedimiento de una de las reivindicaciones 1 a 6,

   en el que dos o más insertos fugitivos (50, 50') o insertos fugitivos parciales (50, 50a', 50B') son montados y son incorporados en el material cerámico.

8. El procedimiento de una de las reivindicaciones 1 a 7,

   en el que el procedimiento incluye la etapa adicional de revestir material cerámico alrededor del núcleo (100, 100') y al menos una porción de una pared de molde integral cooperante (102a, 102b) de manera que forme el resto de la pared de molde (102a, 102b) alrededor del núcleo (100, 100').

9. El procedimiento de una de las reivindicaciones 1 a 8,

   en el que el artículo de metal o de aleación es un álabe de turbina, en particular un álabe de grano equiaxial, un álabe de grano columnar, o un álabe de monocristal, en el que la característica interna definida por el núcleo (100, 100') es una característica de refrigeración interna que va a ser transferida al álabe colado, y en el que la característica externa definida por la superficie interna de la al menos una porción de la pared de molde (102a, 102b) es una característica de refrigeración externa que va a ser transferida al álabe colado.

10. El procedimiento de la reivindicación 9,

en el que el inserto fugitivo (50, 50') está incorporado en el material cerámico mediante la colocación del inserto fugitivo (50, 50') en una cavidad de moldeo y moldear por inyección o por transferencia, o vertiendo el material cerámico en la cavidad de moldeo.

11. El procedimiento de la reivindicación 9 o 10,

en el que la característica de refrigeración externa comprende un pasaje de aire de refrigeración externo, en el que el pasaje de aire de refrigeración comprende un pasaje convergente, un pasaje divergente, o un pasaje recto; o

en el que la característica de refrigeración externa comprende un pasaje de aire de refrigeración externo, comprendiendo el pasaje de aire de refrigeración un pasaje de extremo acampanado, o un pasaje convoluto; y / o en el que la característica de refrigeración externa comprende un orificio de salida de aire de refrigeración que penetra en una superficie externa del álabe; y / o

en el que la característica de refrigeración externa comprende una característica de superficie para reducir la resistencia aerodinámica o promover la adherencia del revestimiento.

12. El procedimiento de una de las reivindicaciones 9 a 11,

en el que el inserto fugitivo (50, 50') define solamente una porción de la pared de molde (102a, 102b), y en el que el procedimiento incluye la etapa adicional de revestir con el material cerámico alrededor del inserto fugitivo (50, 50') de manera que se forme el resto de la pared de molde (102a, 102b) alrededor del núcleo (100, 100').

13. Un componente cerámico para colar un artículo con un procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 12,

en el que el componente cerámico comprende un núcleo cerámico (100) que está configurado para definir una característica interna que va a ser transferida al artículo colado y que está conectado integralmente con al menos una porción de una pared de molde cooperante (102a, 102b) que tiene una superficie interior que define una característica externa que va a ser transferida al artículo colado, en el que el núcleo (100) define un pasaje de refrigeración interno de un álabe de turbina, y en el que la al menos una porción de la pared de molde cooperante (102a, 102b) define una característica de refrigeración externa de un álabe de turbina, en particular un orificio de salida de aire de refrigeración que penetra en una superficie externa adyacente del álabe o un generador de turbulencia formado en una superficie externa adyacente del álabe.

14. El componente de la reivindicación 13, que incluye además una coquilla de molde revestida que completa una pared de molde (102a, 102b) alrededor del núcleo (100).

15. Un álabe de turbina de metal o aleación colado que tiene un componente cerámico de acuerdo con la reivindicación 13 o 14, permaneciendo el citado componente cerámico en el álabe de turbina de metal o aleación colado después de la colada.

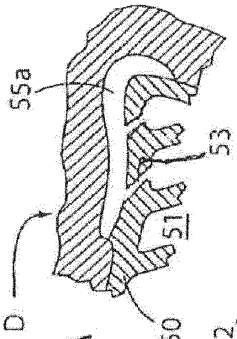

FIG. 3A

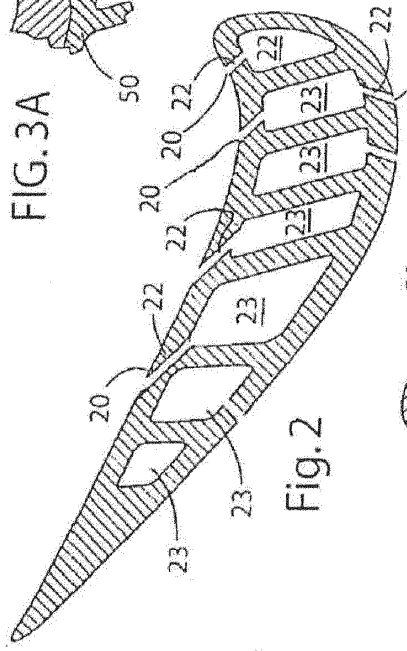

Fig. 2

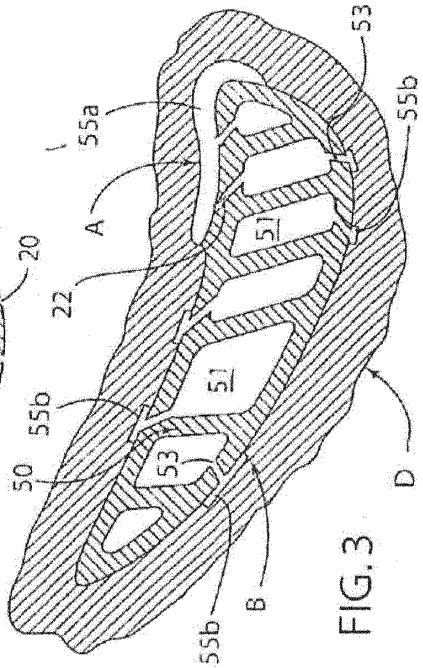

FIG. 3

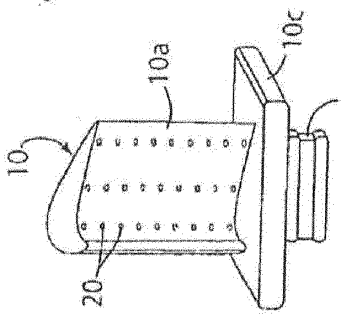

Fig. 1

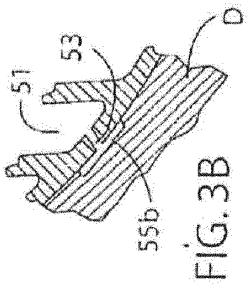

FIG. 3B

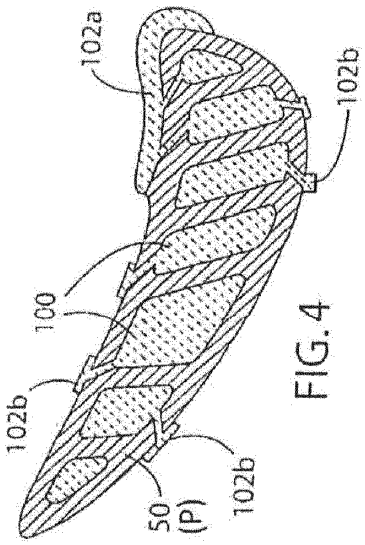

FIG. 4

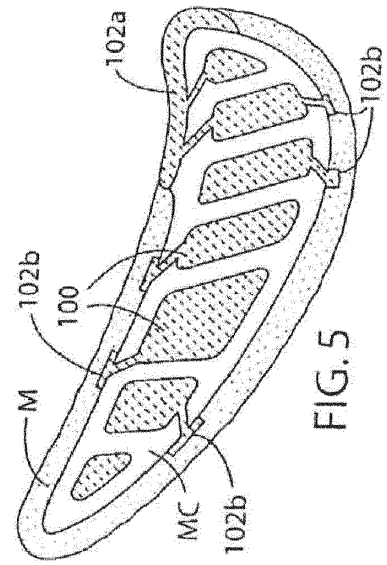

FIG. 5

FIG. 6A

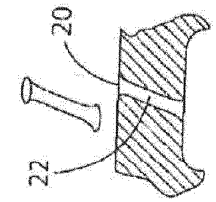

FIG. 6B

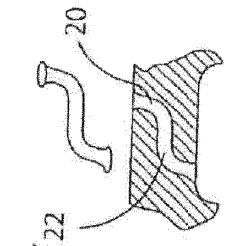

FIG. 6C

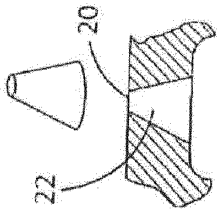

FIG. 6D

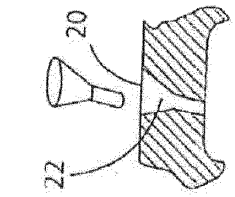

FIG. 6E

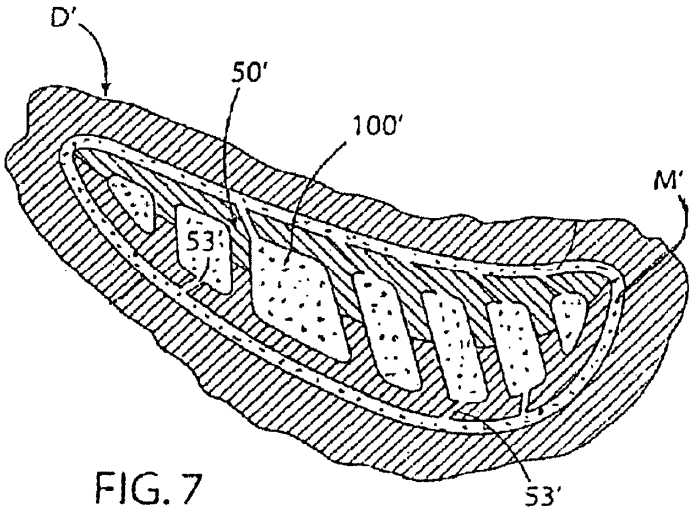

FIG. 7