

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 641 733**

51 Int. Cl.:

B22C 7/02 (2006.01)
B22C 9/10 (2006.01)
B22C 9/04 (2006.01)
B28B 7/34 (2006.01)
B29C 33/38 (2006.01)
B29C 33/40 (2006.01)
B29C 45/14 (2006.01)
B28B 1/24 (2006.01)
F01D 5/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.03.2014 E 14158500 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.05.2017 EP 2777841**

54 Título: **Núcleo cerámico con pieza de inserción compuesta provisional para perfiles aerodinámicos**

30 Prioridad:

13.03.2013 US 201313815631

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

13.11.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**MUELLER, BOYD A.;
ROGERS, DARREN K. y
MOLAMPHY, TIMOTHY J.**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 641 733 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

Núcleo cerámico con pieza de inserción compuesta provisional para perfiles aerodinámicos

CAMPO DE LA INVENCION

5 La presente invención se refiere a núcleos cerámicos complejos para el moldeo de piezas moldeadas de perfiles aerodinámicos multipared, tales como los perfiles aerodinámicos que tienen múltiples paredes moldeadas y conductos complejos para mejorar la eficiencia de refrigeración del aire y a un método de fabricación de dichos núcleos cerámicos complejos multipared.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

10 La mayoría de los fabricantes de motores turbina de gas están evaluando avanzados perfiles aerodinámicos de turbina (es decir, álabes o palas de turbina) multi-pared, de paredes delgadas que incluyen intrincados canales de refrigeración de aire para mejorar la eficiencia de refrigeración interna del perfil aerodinámico para permitir un mayor empuje del motor y proporcionar una satisfactoria vida útil del perfil aerodinámico. Sin embargo, los sistemas de refrigeración para los motores de aeronaves avanzados de alto empuje son complejos, implicando a menudo

15 múltiples paredes delgadas y características de refrigeración no coplanarias. Los núcleos cerámicos que definen estos sistemas de refrigeración avanzados se forman convencionalmente mediante el forzado del compuesto cerámico en el utillaje de acero, pero la complejidad del núcleo está limitada por las capacidades de diseño/fabricación del utillaje. Por lo tanto, los sistemas de refrigeración complejos avanzados a menudo se basan en el ensamblaje de múltiples piezas de núcleo cerámico después de la cocción. El ensamblaje requiere mano de

20 obra especializada y da lugar a variabilidad dimensional en el núcleo debido a la falta de coincidencia entre los componentes de núcleo ensamblados, al tiempo que la naturaleza frágil de los núcleos cocidos da lugar a una manipulación de fragmentos elevada y requiere de compromisos en los sistemas de refrigeración avanzados para permitir el ensamblaje.

25 Algunas geometrías de núcleo requieren la formación de múltiples piezas de inserción provisionales de núcleo para definir las características que no operan en planos comunes, que incluyen: (1) los múltiples segmentos de revestimiento de núcleo (2) las características del borde de salida (por ejemplo, pedestales y salidas), (3) las características del borde de ataque (por ejemplo, cruzamientos) y (4) las características que se curvan sobre la longitud del perfil aerodinámico. La formación de múltiples piezas de inserción provisionales y el ensamblaje de las mismas en una matriz de núcleo presenta un problema similar a aquel creado por el ensamblaje del núcleo. El

30 contacto sólido entre las piezas de inserción no se puede asegurar cuando se cargan en una matriz de núcleo, ya sea debido a la variabilidad dimensional de las piezas de inserción individuales o a los pobres sistemas de ubicación en la matriz de núcleo. El posterior moldeo del material del núcleo cerámico puede dar lugar a la formación de rebaba en la unión de dos segmentos de piezas de inserción provisionales. Aunque la rebaba es común en el moldeo del núcleo cerámico y se elimina como parte del procesado estándar, la rebaba alrededor o entre las piezas de inserción provisionales pueden residir en cavidades internas ocultas o como parte de las características intrincadas, donde no es posible la inspección y la eliminación. Cualquiera de dicha rebaba que permanezca en el núcleo cerámico cocido puede alterar el flujo del aire en el álabe o pala moldeada.

40 El documento EP 2 522 444 A1 se refiere a un núcleo multipared para moldear un perfil aerodinámico con uno o más conductos internos de refrigeración. El núcleo cerámico multipared convencional se fabrica mediante la realización de al menos una pieza de inserción provisional de núcleo, formando, a continuación, al menos in situ una pieza de inserción de núcleo adyacente y fusionada con la al menos una pieza de inserción de núcleo realizada mediante la introducción del material líquido del modelo provisional en un molde de la pieza de inserción compuesta de núcleo,

45 por medio de lo cual las piezas de inserción provisionales de núcleo se conectan integralmente como una sola pieza de inserción compuesta de núcleo que incluye las características para formar las superficies de los conductos internos en el núcleo cuando la pieza de inserción compuesta de núcleo se retira. La pieza de inserción compuesta de núcleo se coloca en una cavidad de la matriz de moldeo del núcleo y el material cerámico fluido se introduce dentro de la cavidad de la matriz para formar el cuerpo de núcleo cerámico que incorpora la pieza de inserción

50 compuesta provisional de núcleo en el mismo.

El documento EP 1 616 641 A1 se refiere a un ensamblaje del modelo provisional fabricado mediante la realización de uno o más modelos provisionales de un artículo a ser moldeado, la colocación de los modelos preformados en una matriz de inyección y la inyección del material de alimentación líquido en la matriz para formar bebederos conectados a los modelos. Los modelos provisionales se disponen en una relación extremo a extremo y/o lado a

55 lado y se interconectan mediante el bebedero.

El documento de Estados Unidos 3.695.340 A se refiere a la fabricación de los modelos de combustible para las piezas moldeadas, utilizando materiales tales como el poliestireno expandido; y en particular, a efectuar la alineación

60 fiable, resistente a la flexión de los modelos ensamblados de varias partes que incluyen una parte de alimentación.

El documento WO 2001/24957 A1 se refiere a dispositivos y métodos para formar modelos de moldeo de cera perdida, en particular los modelos que comprenden varios componentes modelo unidos entre sí.

Las patentes de Estados Unidos 5 295 530 y 5 545 003 describen diseños avanzados de palas o álabes de turbina multipared, de paredes delgadas que incluyen intrincados canales de refrigeración de aire para este fin.

En la patente de Estados Unidos 5 295 530, se fabrica un ensamblaje de núcleo multipared mediante el recubriendo de un primer núcleo cerámico de paredes delgadas con cera o plástico, un segundo núcleo cerámico similar se coloca sobre el primer núcleo cerámico recubierto utilizando pasadores de colocación provisionales, los agujeros se perforan a través de los núcleos cerámicos, una barra de colocación se inserta en cada orificio perforado y luego el segundo núcleo, a continuación, se recubre con cera o plástico. Esta secuencia se repite según sea necesario para construir el ensamblaje del núcleo cerámico multipared.

Este procedimiento de ensamblaje del núcleo es bastante complejo, costoso y consume mucho tiempo como consecuencia del uso de la conexión múltiple y otras barras y agujeros perforados en los núcleos para recibir las barras. Además, este procedimiento de ensamblaje del núcleo puede dar lugar a una pérdida de precisión dimensional y repetibilidad de los ensamblajes de núcleo y por lo tanto a piezas moldeadas del perfil aerodinámico producidas utilizando dichos ensamblajes de núcleo.

La patente de Estados Unidos 6.626.230 describe la formación de múltiples elementos modelo provisionales de paredes delgadas (por ejemplo, cera) como una sola pieza o como elementos individuales que se unen entre sí mediante adhesivo para formar un ensamblaje modelo que se coloca en una matriz de núcleo cerámico para moldear un núcleo de una pieza.

SUMARIO DE LA INVENCION

La presente invención proporciona un método de fabricación de un núcleo cerámico multipared, sin rebaba para el moldeo de un perfil aerodinámico con uno o más conductos de refrigeración internos según lo definido en la reivindicación independiente 1. La presente invención proporciona además una combinación de un núcleo cerámico multipared, sin rebaba para el moldeo de un perfil aerodinámico hueco y una pieza de inserción compuesta provisional de núcleo según se define en la reivindicación independiente 11. Desarrollos adicionales son el método inventivo y la combinación inventiva definidas en las reivindicaciones subordinadas correspondientes.

La presente invención proporciona un método de fabricación de un núcleo cerámico multipared para utilizar en el moldeo de avanzados perfiles aerodinámicos multipared, de paredes delgadas (por ejemplo, piezas moldeadas de álabes o palas de turbina) que puede incluir complejos canales de refrigeración de aire para mejorar la eficiencia de la refrigeración interna del perfil aerodinámico.

La presente invención proporciona en una forma de realización un método de fabricación de un núcleo cerámico multipared de este tipo en donde una pieza de inserción compuesta de núcleo se forma en una serie de etapas que implican preformar al menos una pieza de inserción provisional de núcleo para tener una superficie de formación de la unión con una o más características de unión macho y/o hembra, formando, a continuación, al menos una pieza de inserción provisional de núcleo in situ adyacente y conectada integralmente a la al menos una pieza de inserción preformada de núcleo en la superficie de formación de la unión para formar una unión fusionada enclavada para formar una pieza de inserción compuesta de núcleo que incluye las características para formar las superficies de los conductos internos en el núcleo cuando la pieza de inserción compuesta de núcleo se retire. La pieza de inserción compuesta de núcleo se coloca en una cavidad de la matriz de moldeo del núcleo y un material cerámico líquido se introduce dentro de la cavidad de la matriz para formar un cuerpo de núcleo que incorpora la pieza de inserción compuesta de núcleo seguido de la eliminación del cuerpo de núcleo cerámico de la cavidad de la matriz.

La unión fusionada enclavada incluye una o más características de unión macho y una o más características de unión hembra enclavadas. La(s) característica(s) de unión macho de la superficie de formación de la unión en una forma de realización comprende(n) un saliente que se extiende desde la superficie de formación de la unión de la al menos una pieza de inserción preformada provisional de núcleo. El(Los) saliente(s) incluye(n), pero no se limita(n) a, una característica cola de milano macho de una unión de cola de milano, una característica espiga macho de una unión de espiga, una característica lengüeta macho de una unión machihembrada, un saliente espiga macho y/o una característica estría macho de una unión estriada.

La(s) característica(s) de unión hembra de la superficie de formación de la unión en otra forma de realización comprende(n) un rebaje en la superficie de formación de la unión de la al menos una pieza de inserción preformada provisional de núcleo. El rebaje incluye, pero no se limita a, una característica cola de milano hembra, una característica agujero de recepción de espiga, una característica ranura hembra, un rebaje caja hembra y/o una característica estría hembra.

La pieza de inserción compuesta de núcleo se coloca en una cavidad de la matriz de moldeo del núcleo y un material cerámico líquido se introduce dentro de la cavidad de la matriz para formar un cuerpo de núcleo alrededor de la pieza de inserción compuesta de núcleo. El cuerpo de núcleo se retira de la cavidad de la matriz, seguido de la cocción, que puede incluir la eliminación selectiva de la pieza de inserción compuesta de núcleo del cuerpo de núcleo, para producir un núcleo cerámico multipared cocido en el que se puede formar un modelo provisional de

perfil aerodinámico a ser moldeado para el moldeo en un molde en cascarón cerámico mediante el procedimiento de cera perdida.

En una forma de realización ilustrativa adicional de la invención, una de las piezas de inserción provisional de núcleo forma un conducto de cruzamiento en el núcleo cerámico próximo a su borde de ataque y/o de salida cuando la pieza de inserción compuesta de núcleo se retira.

En todavía una forma de realización ilustrativa adicional de la invención, una de las piezas de inserción de núcleo forma una superficie de recubrimiento del segmento de núcleo en el lado de presión y/o en el lado de aspiración en el núcleo cerámico cuando la pieza de inserción compuesta de núcleo se retira.

En todavía una forma de realización ilustrativa adicional de la invención, uno de las piezas de inserción de núcleo forma una superficie del borde de salida (pedestal y/o salida) en el núcleo cerámico cuando la pieza de inserción compuesta de núcleo se retira.

Otra forma de realización de la invención implica preformar las piezas de inserción provisionales primera y segunda de núcleo para tener las respectivas superficies de formación de la unión con las respectivas características de unión de ajuste a presión y ensamblar las piezas de inserción provisionales primera y segunda de núcleo para formar una pieza de inserción compuesta de núcleo mediante el ajuste a presión de las características de unión de ajuste a presión entre sí para formar una unión enclavada. La pieza de inserción compuesta de núcleo se coloca en una cavidad de la matriz de moldeo del núcleo y un material cerámico líquido se introduce dentro de la cavidad de la matriz para formar el cuerpo de núcleo cerámico que incorpore las piezas de inserción compuestas provisionales de núcleo en el mismo. Esta forma de realización es útil para piezas de inserción de núcleo relativamente grandes que definen los respectivos lados externos primero y segundo del núcleo cerámico. La puesta en práctica de la presente invención es ventajosa por que elimina el ajuste flojo entre los componentes de las piezas de inserción de núcleo ensamblados manualmente proporcionando uniones de las piezas de inserción de núcleo mecánicamente enclavadas, fusionadas y selladas, reduce la descolocación de los componentes de la pieza de inserción en la matriz de núcleo durante el moldeo del núcleo posterior, evita el uso de adhesivos (es sin adhesivos) o de otro material diferente que puede fallar a las temperaturas y presiones implicadas en los posteriores procesos de moldeo de núcleo o retarda/afecta la eliminación de la pieza de inserción provisional, elimina la rebaba del núcleo formada entre las uniones de la pieza de inserción provisional integralmente unidas (fusionadas) y selladas y como consecuencia proporciona un mejor control de la posición de la característica y pared interna y reduce la criticidad de inspección y reparación de las características internas. La puesta en práctica de la presente invención facilita la fabricación de núcleos complejos con paredes internas que no pueden ser fácilmente inspeccionadas o reparadas una vez que el núcleo se ha formado, ya que la ubicación positiva de las piezas de inserción de núcleo y la eliminación de la rebaba de las uniones del núcleo están incorporadas en la presente invención.

Otras ventajas de la presente invención serán más fácilmente evidentes a partir de la siguiente descripción detallada tomada con los siguientes dibujos.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La Figura 1A es una vista en perspectiva parcial de un núcleo cerámico necesario para moldear un sistema de refrigeración avanzado para una pala o álabe de turbina.

La Figura 1B es una vista en sección de una hipotética pieza de inserción provisional de núcleo de una sola pieza necesaria para formar el núcleo de Figura 1A pero que no se puede formar con un único proceso de inyección.

La Figura 1C ilustra cómo la pieza de inserción provisional de núcleo de la Fig. 1B se puede fabricar mediante el ensamblaje manual de dos partes de piezas de inserción distintas, pero con inconvenientes que hacen esta solución inadecuada para sistemas de refrigeración avanzados según se muestra en la Fig. 1A, donde es imposible eliminar la rebaba fina, ya que no se tiene acceso a las características internas ocultas de este núcleo.

La Figura 1D ilustra una matriz de la pieza de inserción de núcleo para la fabricación de la pieza de inserción preformada provisional de núcleo de la Fig. 1C de conformidad con una forma de realización ilustrativa de la invención.

La Figura 1E ilustra una segunda matriz compuesta de núcleo en la que se recibe la pieza de inserción preformada provisional de núcleo formada con la matriz de la Fig. 1D y se sobremoldea la segunda pieza de inserción provisional de núcleo sobre la superficie de formación de la unión de la pieza de inserción preformada de núcleo para formar una pieza de inserción compuesta provisional de núcleo de conformidad con una forma de realización ilustrativa de la invención.

La Figura 1F muestra la pieza de inserción compuesta provisional de núcleo formada y residiendo en una matriz de núcleo para formar un núcleo cerámico alrededor de la pieza de inserción provisional de núcleo.

La Figura 2 es una vista en sección de una pieza de inserción compuesta de núcleo que tiene tres piezas de inserción de núcleo fusionadas entre sí de conformidad con otra forma de realización ilustrativa de la invención.

La Figura 3 es una vista en sección de un núcleo cerámico que tiene una pieza de inserción compuesta de núcleo que tiene tres piezas de inserción de núcleo fusionadas entre sí con las uniones de tipo lengüeta/ranura de conformidad con todavía otra forma de realización de la invención.

La Figura 4 es una vista en sección de un núcleo cerámico que tiene una pieza de inserción compuesta de núcleo con dos piezas de inserción de núcleo fusionadas en la misma, fusionadas con juntas de tipo lengüeta/ranura de acuerdo con una forma de realización adicional de la invención.

La Figura 5A es una vista parcial de las características de la unión de cola de milano de una forma de realización ilustrativa de la invención. La Figura 5A muestra la unión de cola de milano enclavada como-sobre-moldeada. La Figura 5B muestra una característica de la unión de cola de milano hembra en la superficie de formación de la unión de la pieza de inserción preformada de núcleo. La Figura 5C muestra la característica de la unión de cola de milano macho en la superficie de formación de la unión de la pieza de inserción preformada de núcleo.

Las Figuras 6A y 6B son vistas parciales de las características de la unión de espiga/agujero de otra forma de realización ilustrativa de la invención. La Figura 6A muestra una característica de la unión de espiga macho en la superficie de formación de la unión de la pieza de inserción preformada de núcleo. La Figura 6B muestra la característica de la unión de agujero hembra en la superficie de formación de la unión de la pieza de inserción preformada de núcleo.

Las Figuras 7A y 7B son vistas parciales de las características de la unión de lengüeta/ranura de todavía otra forma de realización ilustrativa de la invención. La Figura 7A muestra una característica de la unión de lengüeta macho en la superficie de formación de la unión de la pieza de inserción preformada de núcleo. La Figura 7B muestra la característica de la unión de ranura hembra en la superficie de formación de la unión de la pieza de inserción preformada de núcleo.

La Figura 8 es una vista parcial de las características de la unión estriada o con textura macho/hembra en la superficie de formación de la unión de la pieza de inserción preformada de núcleo de una forma de realización ilustrativa adicional de la invención.

La Figura 9 es vista parcial de las características de la unión de altorrelieve/bajorrelieve combinadas en la superficie de formación de la unión de la pieza de inserción preformada de núcleo de todavía una forma de realización ilustrativa adicional de la invención

La Figura 10 es una vista en perspectiva de todavía una forma de realización ilustrativa, adicional en donde las piezas de inserción preformadas provisionales primera y segunda del núcleo incluyen características de unión de ajuste a presión de nervadura y ranura cooperantes sobre las respectivas superficies de formación de la unión de las mismas que, cuando se ajustan a presión entre sí, forman una pieza de inserción compuesta de núcleo que recibe el material del núcleo cerámico entre las piezas de inserción de núcleo según se muestra.

La Figura 10A es una vista ampliada de una característica de la unión de ajuste a presión macho y hembra de la Figura 10.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

Para hacer los sistemas de refrigeración de los perfiles aerodinámicos de los motores de las aeronaves más eficaces, especialmente álabes y palas de turbinas de alta presión (a partir de ahora perfiles aerodinámicos), los conductos internos de estos componentes necesitan reforzar las paredes del perfil aerodinámico y también una separación precisa del aire de refrigeración interno tal que su presión esté controlada y se dirija a las áreas más necesitadas de la pala o álabe. La puesta en práctica de la presente invención utilizando piezas de inserción compuestas provisionales de núcleo con piezas de inserción de núcleo fusionadas y enclavadas mecánicamente entre sí, permite la producción de geometrías de núcleo del perfil aerodinámico complejas, que no se pueden conseguir con un utillaje simple o multiplano. La presente invención permite la creación de geometrías de núcleo del perfil aerodinámico adicionales y específicamente más complejas y elimina las líneas de separación o de testigo entre las piezas de inserción provisionales individuales del núcleo y las une entre sí en una única pieza de inserción compuesta provisional de núcleo para su inserción dentro de la matriz de núcleo para inyección.

Forma de realización 1

Como introducción a la descripción de esta forma de realización de la invención, la Figura 1A muestra una parte de un núcleo CC cerámico necesario para el sistema de refrigeración avanzado para formar un sistema de conductos de refrigeración en un álabe o pala de turbina. Este núcleo CC incluye secciones sólidas SS que están interconectadas en posiciones ocultas a la vista en la Fig. 1A y que formarán los conductos de refrigeración cuando el metal o aleación fundida sea moldeada y se solidifique alrededor del núcleo CC y el núcleo sea eliminado, a continuación, de forma selectiva. Este tipo de sistema de refrigeración sería extremadamente difícil o imposible de formar mediante el ensamblaje de múltiples piezas de núcleo cerámico individuales a un núcleo cerámico para moldear.

La Figura 1B muestra una vista en sección de una hipotética pieza de inserción provisional de núcleo de una pieza necesaria para formar el núcleo CC cerámico de la Figura 1A, pero cuya pieza de inserción provisional de núcleo no se puede formar como una pieza de inserción de núcleo de una pieza en un único proceso de inyección debido a las características de la geometría interna del núcleo que bloquean los planos de arrastre del utillaje.

Aunque la pieza de inserción provisional de núcleo de la Fig. 1B podría estar formada como dos piezas distintas y ensambladas, según se muestra en Figura 1C, esta solución tiene numerosos inconvenientes que incluyen, pero no se limitan a, la dificultad de ensamblaje de las pequeñas partes de piezas de inserción provisionales (por ejemplo, plástico o cera) (Piezas 1 y 2), la unión de las dos piezas de inserción provisionales para formar una unión de precisión fuerte y la propensión para formarse rebaba en la unión entre las dos partes de piezas de inserción provisionales. Los sistemas de refrigeración avanzados tal como se muestra en la Fig. 1A hacen que sea imposible eliminar esta rebaba, puesto que no hay acceso a las características internas ocultas de este núcleo. Por lo tanto, la rebaba fina se debe evitar.

Haciendo referencia a las Figuras 1D a 1F, se describirá una forma de realización ilustrativa de la invención con fines de ilustración y no de limitación para formar el núcleo CC cerámico de la Fig. 1A al tiempo que se superan los inconvenientes enumerados anteriormente.

La Figura 1D ilustra una matriz D1 de una pieza de inserción de núcleo que tiene las secciones de matriz 1a, 1b primera y segunda de matrices emparejadas que forman una cavidad de moldeo MC1 para la fabricación de una pieza de inserción 1 preformada provisional de núcleo mostrada en la Fig. 1E de conformidad con una etapa de una forma de realización del método ilustrativo de la invención. El material del modelo provisional líquido, tal como plástico fundido, cera u otro material se inyecta o se introduce de otra manera en la cavidad de moldeo MC1 para formar la pieza de inserción 1 preformada provisional de núcleo que tiene una superficie JS de formación de la unión con una o varias características de unión de cola de milano, tal como la característica de unión F de cola de milano hembra mostrada cuando la cera se solidifica y la pieza de inserción 1 preformada de núcleo se retira de la matriz D1.

La Figura 1E ilustra una segunda matriz D2 del núcleo compuesto. La matriz D2 tiene las secciones de matriz 2a, 2b primera y segunda de matrices emparejadas que forman una cavidad de moldeo MC2 para la fabricación de una pieza de inserción compuesta provisional PP de conformidad con una forma de realización ilustrativa de la invención, Fig. 1F. En particular, la cavidad de moldeo MC2 incluye una región R2 configurada para recibir la pieza de inserción 1 preformada provisional de núcleo según se muestra en la Fig. 1E y una región R2' vacía inicialmente configurada para formar el resto de la pieza de inserción compuesta provisional PP y adaptada para recibir material líquido del modelo provisional, tal como plástico fundido o cera, a este extremo para formar o sobre-moldear y fusionar el resto de la pieza de inserción 2 provisional de núcleo sobre la pieza de inserción 1 preformada provisional en la superficie JS de formación de la unión para formar la pieza de inserción compuesta provisional de núcleo de la Figura 1F. La formación del resto de la pieza de inserción 2 provisional mediante dicho sobremoldeo in situ sobre la superficie de formación de la unión de la pieza de inserción 1 preformada provisional en la matriz D2 proporciona un enlace fusionado fuerte, sólido y preciso con una unión de cola de milano J1 enclavada sin ninguna posibilidad de rebaba en la unión porque el material provisional sobremoldeado proporciona un sellado fusionado hermético con la pieza de inserción provisional. La unión de cola de milano J1 enclavada incluye la característica de unión F de cola de milano hembra preformada, Figura 1E y Figura 5B, de la superficie JS de formación de la unión fusionada con el material del modelo provisional de la pieza de inserción 1 del núcleo para formar una unión de cola de milano J1 sellada, enclavada, sobremoldeada en la superficie JS de formación de la unión de la pieza de inserción 1 preformada provisional de núcleo, Figura 5A. En lugar de la característica de unión F de cola de milano hembra, la superficie JS de formación de la unión de la pieza de inserción preformada provisional de núcleo puede incluir una o varias características de unión F' de cola de milano macho según se muestra en la Figura 5C. Las características de unión de cola de milano (u otras características de unión enclavada descritas más adelante) son visibles en la pieza de inserción compuesta fusionada de núcleo utilizando una lupa convencional o lente.

Además, la unión J1 sellada, enclavada, sobremoldeada no está limitada a la unión de tipo cola de milano ilustrada. Por ejemplo, la unión J1 puede comprender otras configuraciones tal como se muestra en las Figuras 6A y 6B donde características de unión de espiga/agujero se proporcionan de conformidad con otra forma de realización ilustrativa de la invención. La Figura 6B muestra una forma de realización en la que se proporciona la característica de unión F en agujero hembra sobre la superficie JS de formación de la unión de la pieza de inserción 1 preformada de núcleo y se llena con material provisional moldeado y fusionado in situ contra la superficie JS de formación de la unión en la cavidad de moldeo MC2 para formar una configuración de unión de espiga/agujero. La Figura 6A muestra otra forma de realización en la que se proporciona característica de unión F' de espiga macho sobre la superficie JS de formación de la unión de la pieza de inserción 1 preformada de núcleo y se rodea o embebe en el material provisional moldeado y fusionado in situ contra la superficie JS de formación de la unión para formar la configuración de unión de espiga/agujero.

Las Figuras 7A y 7B son vistas parciales de las características de unión de lengüeta y ranura de todavía otra forma de realización ilustrativa de la invención. La Figura 7B muestra una forma de realización en la que se proporciona la característica de unión de ranura hembra F en la superficie JS de formación de la unión de la pieza de inserción 1 preformada de núcleo y se llena con material provisional moldeado y fusionado in situ contra la superficie JS de formación de la unión en la cavidad de moldeo MC2 para formar la configuración de unión de lengüeta y ranura. La Figura 7A muestra otra forma de realización en la que se proporciona la característica de unión de lengüeta macho F' en la superficie JS de formación de la unión de la pieza de inserción 1 preformada de núcleo y está rodeada o

embebida en el material provisional moldeado y fusionado in situ contra la superficie JS de formación de la unión para formar la configuración de unión de lengüeta y ranura.

La Figura 8 es una vista parcial de características de unión F, F' macho y hembra de una superficie estriada o una superficie con textura en la superficie JS de formación de la unión de la pieza de inserción 1 preformada de núcleo de una forma de realización ilustrativa adicional de la invención. La superficie JS de formación de la unión estriada o con textura está enclavada con el material provisional moldeado y fusionado in situ contra de la superficie JS de formación de la unión en la cavidad de moldeo MC2 para formar la configuración de la unión estriada o con textura enclavada.

La Figura 9 es una vista parcial de características de unión F, F' de bajorrelieve y altorrelieve combinadas relativamente en la superficie JS de formación de la unión de la pieza de inserción 1 preformada de núcleo de conformidad con todavía otra forma de realización ilustrativa de la invención. Las características de unión de bajorrelieve y altorrelieve en la superficie JS de formación de la unión están enclavadas con el material provisional moldeado in situ contra la superficie JS de formación de la unión para formar la configuración de la unión de bajorrelieve/altorrelieve enclavada como consecuencia de que las características de unión F de bajorrelieve se llenan y las características de unión de altorrelieve se rodean o embeben en el material provisional moldeado y fusionado in situ contra la superficie de formación de la unión de la pieza de inserción 1 provisional de núcleo en la cavidad de moldeo MC2.

Haciendo referencia de nuevo a Figura 1F, esta figura muestra la pieza de inserción PP compuesta provisional de núcleo después de que el plástico fundido o cera solidifica y después de la eliminación de la matriz D2. La pieza de inserción PP provisional de núcleo incluye la pieza de inserción 1 preformada y la pieza de inserción 2 formada in situ sobremoldeada en la superficie de formación de la unión de la pieza de inserción 1 preformada en la unión J1 enclavada, sobremoldeada (fusionada) para formar la pieza de inserción PP provisional compuesta de una sola pieza.

La pieza de inserción PP compuesta provisional de la matriz D2 se coloca, a continuación, en una matriz D3 de núcleo cerámico final que tiene las secciones 3a, 3b que forman una cavidad de moldeo M3. El material del núcleo cerámico líquido, tal como aglutinante termoplástico fundido o cera que contiene las partículas cerámicas del núcleo de alúmina, sílice, circonia o de otro material cerámico adecuado o mezclas de los mismos, se inyecta o se introduce de otra manera en la cavidad de moldeo M3 en y alrededor de la pieza de inserción PP para formar un núcleo CC cerámico verde (sin cocer) de una sola pieza. La pieza de inserción PP provisional se elimina, a continuación, de forma selectiva mediante medios térmicos convencionales u otros, del núcleo CC verde retirado de la matriz D3. El núcleo CC verde, a continuación, se cuece a temperatura elevada para formar un núcleo CC cerámico cocido, Fig. 1A, para su uso en la fabricación de un molde cerámico para moldear una pala o álabe de turbina según se describe con más detalle más adelante en la forma de realización 2.

Para fines de ilustración adicional y no de limitación, las Figuras 2, 3 y 4 ilustran esquemáticamente tres formas de realización adicionales diferentes de la invención en las que la pieza de inserción compuesta provisional ofrece las ventajas descritas anteriormente.

Forma de realización 2

En la Figura 2, la pieza de inserción 1' preformada provisional de núcleo forma el borde de salida y la doble fila de las características de conductos de cruzamiento del núcleo, la pieza de inserción 2' provisional de núcleo formada in situ forma segmentos de recubrimiento del núcleo que no se pueden formar mediante el utillaje del núcleo y la pieza de inserción 3' preformada provisional de núcleo forma un conducto del borde de ataque.

Las piezas de inserción 1' y 3' preformadas provisionales del núcleo se forman por separado lo que permite el uso de utillaje más sencillo para formarlas como consecuencia. Por ejemplo, la pieza de inserción 1' se puede formar en un molde de pieza de inserción de núcleo que tiene una cavidad de moldeo adecuadamente configurada. Un material provisional, tal como un material plástico fundido o cera se puede inyectar dentro del molde de la pieza de inserción para formar la pieza de inserción 1' que tiene una característica de unión F o F' de lengüeta hembra o macho en la superficie de formación de la unión JS de la misma. Del mismo modo, la pieza de inserción 3' preformada se puede formar en otro molde de pieza de inserción de núcleo que tiene una cavidad de moldeo adecuadamente configurada para esa pieza de inserción. Un material provisional, tal como un material plástico fundido o cera se puede inyectar dentro del molde de la pieza de inserción para formar la pieza de inserción 3' que tiene una característica de unión F o F' de lengüeta hembra o macho en la superficie de formación de la unión JS de la misma.

La pieza de inserción 2' formada in situ se forma in situ entre las piezas de inserción preformadas 1' y 3' en un molde de pieza de inserción compuesto en el que las piezas de inserción 1' y 3' preformadas se colocan a fin de residir en lados opuestos de una cavidad de moldeo intermedia para formar la pieza de inserción 2'. Un material provisional, tal como material plástico fundido o cera se puede inyectar en la cavidad de moldeo intermedia para formar la pieza de inserción 2' in situ entre y conectada (fusionada) integralmente a las piezas de inserción 1' y 3' preformadas cuando el material plástico fundido o cera se solidifica a fin de crear una unión J2' de lengüeta y ranura, integral entre la

pieza de inserción 1' y 2' y una unión J1' de lengüeta y ranura entre la pieza de inserción 2' y 3' mediante el fusinado de las mismas entre sí. Normalmente, el material plástico fundido o cera se sobremoldea, por que unas piezas de inserción provisionales iniciales 1' y 3' se cargan en una matriz y el material provisional se inyecta dentro de la cavidad que llena el vacío entre las piezas de inserción 1' y 3' y que las une (fusiona) entre sí para formar una
 5 única pieza de inserción 10' provisional, compleja para cargar dentro de la matriz de núcleo. El método elimina el adhesivo y su efecto potencialmente perjudicial sobre la eliminación de la pieza de inserción, al tiempo que asegura un montaje preciso y la eliminación de la rebaba del núcleo durante el moldeo del núcleo.

En la producción de un núcleo cerámico para el moldeo de un perfil aerodinámico de superaleación, tal como un perfil aerodinámico (álabe o pala) de un motor turbina de gas, la pieza de inserción de núcleo compuesta formada por las piezas de inserción 1', 2', 3' unidas tendrá normalmente un perfil de la sección transversal del perfil aerodinámico general con lados cóncavos y convexos y bordes de ataque y de salida complementarios con el perfil aerodinámico a ser moldeado como los expertos en la técnica apreciarán.

La pieza de inserción compuesta provisional de núcleo formada por la pieza de inserción 1' preformada, la pieza de inserción 2' formada in situ y la pieza de inserción 3' preformada conectadas integralmente se coloca en una cavidad de la matriz de núcleo M3' mostrada esquemáticamente, Figura 2. Dos tiradores de la matriz de núcleo se ilustran y se emplean para formar las características del borde de salida y las nervaduras del cuerpo principal del núcleo cerámico. Un material cerámico fluido, tal como un aglutinante termoplástico o cera que contiene las partículas cerámicas del núcleo de alúmina, sílice, circonia, o de otro material cerámico adecuado o mezclas de los mismos, se introduce dentro de la cavidad de la matriz de núcleo para formar el cuerpo de núcleo cerámico que incorpora la pieza de inserción compuesta de núcleo en él mismo después de que el material cerámico líquido se solidifique, se estabilice, se gelifique y/o se endurezca en la cavidad de la matriz. La invención no se limita a formar el núcleo cerámico mediante la inyección del material cerámico y también se puede poner en práctica utilizando el moldeo de núcleo por vertido, moldeo por colada, moldeo por transferencia u otras técnicas de formación del núcleo.
 20
 25

El material del núcleo cerámico puede comprender una base de sílice, una base de alúmina, una base de circón, una base de circonia u otros materiales cerámicos adecuados para el núcleo y mezclas de los mismos conocidos por los expertos en la técnica. El material del núcleo cerámico particular no forma parte de la invención, estando los materiales de núcleo cerámico adecuados descritos en la patente de Estados Unidos 5 394 932. El material del núcleo se elige para ser químicamente lixiviable de la pieza moldeada del perfil aerodinámico formada alrededor del mismo como es conocido.
 30

Acto seguido, el núcleo cerámico verde (sin cocer) con la pieza de inserción compuesta de núcleo en el mismo se retira de la cavidad de la matriz del molde del núcleo y se cuece (sinteriza) para hacerlo adecuado para su uso en el moldeo de un metal fundido o aleación. La pieza de inserción 10' compuesta provisional de núcleo se puede eliminar de forma selectiva del núcleo antes o como parte de la operación de cocido. Normalmente, el núcleo cerámico cocido será sometido a etapas de moldeo a la cera perdida convencionales que implican la formación de un modelo provisional del perfil aerodinámico para ser moldeado en el núcleo con el material del modelo que llena los conductos presentes en el núcleo, moldeando el núcleo/modelo en un molde cerámico en cascarón seguido de una operación de eliminación del modelo para eliminar de forma selectiva el modelo provisional del perfil aerodinámico a ser moldeado. Esto deja un molde cerámico en cascarón que se cuece y, a continuación, se moldea con metal fundido o aleación. Por ejemplo, el núcleo cerámico se moldea en material de molde cerámico de conformidad con el proceso bien conocido de "cera perdida" mediante inmersión repetida en lechada cerámica, drenado del exceso de lechada y estucado con estuco cerámico de grano grueso hasta construir un molde en cascarón sobre el ensamblaje del núcleo/modelo hasta un espesor deseado. El molde en cascarón se cuece, a continuación, a temperatura elevada para desarrollar la resistencia del molde para el moldeo y el modelo se retira de forma selectiva mediante técnicas de disolución térmicas o químicas, dejando el molde en cascarón que tiene el ensamblaje del núcleo en el mismo. La superaleación fundida, a continuación, se introduce dentro del molde en cascarón con el núcleo cerámico en el mismo utilizando técnicas de moldeo convencionales. La superaleación fundida se puede solidificar direccionalmente en el molde sobre el núcleo para formar una pieza moldeada del perfil aerodinámico de grano columnar o un solo cristal. Alternativamente, la superaleación fundida se puede solidificar para producir una pieza moldeada del perfil aerodinámico de grano equiaxial. El molde de moldeo se retira de la pieza moldeada solidificada utilizando una operación mecánica de desmoldeo seguida de una o más técnicas de lixiviación química o de limpieza mecánica con chorro de arena. El núcleo 20 se elimina de forma selectiva de la pieza moldeada solidificada del perfil aerodinámico mediante lixiviación química u otras técnicas de eliminación del núcleo convencionales.
 35
 40
 45
 50
 55

Forma de realización 3

La Figura 3 ilustra un núcleo 20" cerámico de conformidad con una forma de realización de la invención, en el que las características internas no pueden ser examinadas o reparadas. En esta forma de realización, las piezas de inserción 1" y 3" del núcleo son preformadas y, a continuación, fusionadas con la pieza de inserción 2" del núcleo formada in situ con uniones selladas, enclavadas, tales como las uniones J1" y J2" de lengüeta y ranura selladas, enclavadas, durante su formación según se describió anteriormente sin que la rebaba del núcleo forme la pieza de inserción 10" compuesta provisional de núcleo. La pieza de inserción compuesta de núcleo se coloca, a continuación, en una cavidad de la matriz de núcleo para moldear el cuerpo de núcleo alrededor de la pieza de
 60
 65

inserción compuesta de núcleo según se describió anteriormente. Las piezas de inserción 2" y 3" del núcleo tienen secciones alargadas que se encuentran en planos diferentes según se muestra.

Forma de realización 4

5 La Figura 4 ilustra un núcleo 20" cerámico de conformidad con una forma de realización de la invención que tiene dos piezas de inserción de núcleo; a saber la pieza de inserción 1" preformada del núcleo y la pieza de inserción 2" formada in situ del núcleo en donde las piezas de inserción 1" y 2" se fusionan entre sí con uniones selladas, enclavadas, tales como las uniones J1" y J2" de lengüeta y ranura selladas, enclavadas, durante la formación de la pieza de inserción 2", según se describió anteriormente, para formar la pieza de inserción 10" compuesta provisional de núcleo a fin de eliminar la rebaba del núcleo y mejorar la precisión de la ubicación de la pieza de inserción.

15 La puesta en práctica de la presente invención utilizando las piezas de inserción de núcleo provisionales según se describió anteriormente permite la producción de geometrías del núcleo complejas que no se pueden conseguir con un utillaje simple o multiplano. La presente invención permite la creación de geometrías adicionales y específicamente más complejas y elimina las líneas de separación o de testigo entre piezas provisionales individuales ensambladas manualmente y las une entre sí en una sola pieza de inserción compuesta provisional para su inserción en la matriz de núcleo para inyección.

20 Además, la presente invención puede producir geometrías del núcleo que requieren características del núcleo que no operan en planos comunes, que incluyen: (1) los múltiples segmentos de revestimiento de núcleo (2) las características del borde de salida (por ejemplo, pedestales y salidas), (3) las características del borde de ataque (por ejemplo, cruzamientos) y (4) las características que se curvan sobre la longitud del perfil aerodinámico.

25 Mientras que una o dos piezas de inserción preformadas provisionales de núcleo fueron sobremoldeadas en los ejemplos anteriores, en la puesta en práctica de la invención se podría sobremoldear cualquier número de múltiples piezas de inserción preformadas para formar la pieza de inserción compuesta provisional.

Forma de realización 5

30 Las figuras 10 y 10a son vistas de todavía una forma de realización ilustrativa adicional en donde las piezas de inserción 100 y 200 preformadas provisionales primera y segunda de núcleo incluyen una característica de unión F de ranura hembra alargada cooperante y emparejada y una característica de unión F' de nervadura de ajuste a presión macho alargada que se extienden a lo largo de las longitudes de las respectivas superficies JS de formación de la unión de las mismas, en lados opuestos de cada pieza de inserción de núcleo. La Figura 10a ilustra que cada característica de unión F' de nervadura macho ajustable a presión tiene un saliente 100a periférico que está dimensionado lateralmente para ser ligeramente mayor que el del rebaje entrante 200a de la característica de unión F de ranura hembra de manera que el ajuste a presión pase más allá del rebaje entrante 200a de la característica de unión F de ranura hembra finalmente retenida en la característica de unión F de ranura a partir de entonces. Las uniones J1' y J2' de ajuste a presión enclavadas se proporcionan de este modo cuando las piezas de inserción 100 y 200 del núcleo están ajustadas a presión entre sí en las superficies de formación de la unión para formar la pieza de inserción 300 compuesta provisional de núcleo, que se coloca, a continuación, en una cavidad de la matriz, donde un material cerámico líquido se introduce dentro de la cavidad de la matriz como se describió anteriormente para formar un cuerpo de núcleo CC que incorpora las piezas de inserción 100, 200 compuestas del núcleo. El ensamblaje del cuerpo de núcleo CC y las piezas de inserción 100, 200 del núcleo se retiran de la cavidad de la matriz mediante la eliminación selectiva de las piezas de inserción 100, 200 provisionales del núcleo por medios térmicos (fusión), químicos (disolución) o por otros medios que dejen el cuerpo de núcleo CC cerámico para su incorporación en un molde para el moldeo de un perfil aerodinámico de metal o aleación. Esta forma de realización es útil para piezas de inserción 100, 200 provisionales del núcleo relativamente grandes que definen los respectivos lados exteriores primero y segundo del núcleo CC cerámico según se muestra en la Figura 10.

50 Será evidente para los expertos en la técnica que se pueden hacer diversas modificaciones y variaciones en las formas de realización de la presente invención descritas anteriormente sin apartarse del espíritu y alcance de la invención como se describe en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un método de fabricación de un núcleo cerámico (CC, 20, 20', 20", 20" ') sin rebaba, multipared para moldear un perfil aerodinámico con uno o más conductos de refrigeración internos, que comprende preformar al menos una pieza de inserción (1, 10, 100, 200) provisional de núcleo para tener una superficie de formación de la unión con una característica de unión macho y/o hembra, formando, a continuación, al menos una pieza de inserción (1, 10, 100, 200) adicional provisional de núcleo adyacente in situ y conectada integralmente a dicha al menos una pieza de inserción (1) preformada de núcleo en dicha superficie de formación de la unión para formar una unión fusionada, enclavada, sobremoldeada que tiene una característica de unión (F, F') macho y una característica de unión (F, F') hembra enclavadas para formar una pieza de inserción compuesta de núcleo que incluye las características para formar las superficies de los conductos internos en el núcleo cerámico cuando la pieza de inserción compuesta de núcleo se retira, en donde algunas de dichas características residen en planos diferentes de modo que la pieza de inserción compuesta de núcleo no se puede formar como una pieza, como consecuencia de la compleja geometría del núcleo, colocar la pieza de inserción de núcleo en una cavidad de la matriz de molde del núcleo, introducir un material cerámico fluido dentro de la cavidad de la matriz para formar un cuerpo de núcleo cerámico que incorpore la pieza de inserción compuesta de núcleo en donde la unión fusionada, sobremoldeada está oculta en el interior del cuerpo de núcleo cerámico y está tan sellada como para evitar que la rebaba de moldeo interior del cuerpo de núcleo no pueda ser detectada o eliminada y eliminar el cuerpo de núcleo cerámico de la cavidad de la matriz y eliminar selectivamente la pieza de inserción compuesta de núcleo para producir un núcleo cerámico sin rebaba que tenga dichas superficies de los conductos internos.
2. El método de la reivindicación 1, que incluye formar al menos dos piezas de inserción preformadas provisionales de núcleo y formar al menos una pieza de inserción de núcleo provisional in situ e integralmente conectada entre las al menos dos piezas de inserción preformadas provisionales de núcleo en uniones fusionadas, enclavadas, respectivas.
3. El método de la reivindicación 1 o 2, en donde la característica macho comprende un saliente (100a) que se extiende desde la superficie (JS) de formación de la unión de la al menos una pieza de inserción preformada provisional de núcleo.
4. El método de la reivindicación 3, en donde el saliente (100a) comprende una característica (F) de cola de milano macho, una característica de espiga, una característica (F') de la lengüeta macho o una característica de estría macho, o en donde el rebaje comprende una característica de cola de milano hembra, una característica de agujero de recepción de espiga, una característica de ranura hembra o una característica de estría hembra.
5. El método de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la característica hembra comprende un rebaje en la superficie (JS) de formación de la unión de la al menos una pieza de inserción preformada provisional de núcleo.
6. El método de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde una de las piezas de inserción de núcleo forma un conducto de cruzamiento en el núcleo (CC) cerámico cuando la pieza de inserción compuesta de núcleo se retira.
7. El método de la reivindicación 6, en donde el conducto de cruzamiento se forma próximo a un borde de ataque y/o borde de salida del núcleo (CC) cerámico.
8. El método de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde una de las piezas de inserción de núcleo forma un núcleo de recubrimiento en el lado de presión integral con el núcleo principal cuando la pieza de inserción compuesta de núcleo se retira, o en donde una de las piezas de inserción de núcleo forma una superficie de núcleo en el lado de aspiración en el núcleo cerámico cuando la pieza de inserción compuesta de núcleo se retira, o en donde una de las piezas de inserción de núcleo forma una superficie de borde de salida en el núcleo cerámico cuando la pieza de inserción compuesta de núcleo se retira.
9. El método de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la al menos una pieza de inserción preformada provisional de núcleo se forma mediante inyección de un material seleccionado del grupo que consta de material plástico o cera en un molde de pieza de inserción de núcleo, o en donde la al menos una pieza de inserción provisional de núcleo formada in situ se forma mediante inyección de un material seleccionado del grupo que consta de material plástico o cera en un molde de pieza de inserción compuesta de núcleo en el que reside la al menos una pieza de inserción preformada de núcleo.
10. El método de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que incluye además eliminar de forma selectiva la pieza de inserción compuesta de núcleo del cuerpo de núcleo cerámico para producir un núcleo cerámico multipared.

- 5 11. La combinación de un núcleo (CC) cerámico multipared, sin rebaba para moldear un perfil aerodinámico hueco y una pieza de inserción (1, 10', 100, 200) compuesta provisional de núcleo que comprende al menos una pieza de inserción (10', 100, 200) preformada provisional de núcleo que tiene una superficie de formación de la unión con una característica de unión macho y/o hembra y al menos una pieza de inserción provisional de núcleo adicional formada in situ adyacente y fusionada integralmente a la misma en dicha superficie de formación de la unión para proporcionar una unión sobremoldeada, fusionada que tiene una característica de unión (F, F') macho y una característica de unión (F, F') hembra enclavadas y que tiene superficies para formar las superficies de los conductos en el núcleo cerámico cuando la pieza de inserción compuesta de núcleo se retira, en donde algunas de las características residen en diferentes planos de modo que la pieza de inserción compuesta de núcleo no se puede formar como una pieza como consecuencia de la compleja geometría del núcleo y en donde la unión fusionada, sobremoldeada está oculta en el interior del cuerpo de núcleo cerámico y está tan sellada como para evitar que la rebaba de moldeo interior del cuerpo de núcleo no pueda ser detectada o eliminada.
- 10
- 15 12. La combinación de la reivindicación 11 en donde la característica macho comprende un saliente que se extiende desde la superficie de formación de la unión de la al menos una pieza de inserción preformada provisional de núcleo, y en donde el saliente comprende preferiblemente una característica (F) macho de cola de milano, una característica de espiga, una característica (F) macho de lengüeta o una característica de estría macho.
- 20 13. La combinación de la reivindicación 11 o 12, en donde la característica hembra comprende un rebaje en la superficie de formación de la unión de la al menos una pieza de inserción preformada provisional de núcleo.
- 25 14. La combinación de una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, en donde una de las piezas de inserción de núcleo forma un conducto de cruzamiento en el núcleo cerámico cuando el modelo se retira, o en donde el conducto de cruzamiento se forma próximo a un borde de ataque y/o borde de salida del núcleo cerámico, o en donde una de las piezas de inserción de núcleo forma un núcleo de recubrimiento en el lado de presión integral con el núcleo cerámico principal cuando la pieza de inserción compuesta de núcleo se retira, o en donde una de las piezas de inserción de núcleo forma un núcleo de recubrimiento en el lado de aspiración integral con el núcleo cerámico principal cuando la pieza de inserción compuesta de núcleo se retira, o en donde en donde una de las piezas de inserción de núcleo forma una superficie de borde de salida en el núcleo cerámico cuando la pieza de inserción compuesta de núcleo se retira, o en donde la al menos una pieza de inserción preformada provisional de núcleo comprende un material seleccionado del grupo que consta de material plástico o cera.
- 30
- 35 15. La combinación de una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 14, en donde la al menos una pieza de inserción provisional de núcleo formada in situ comprende un material seleccionado del grupo que consta de material plástico o cera.

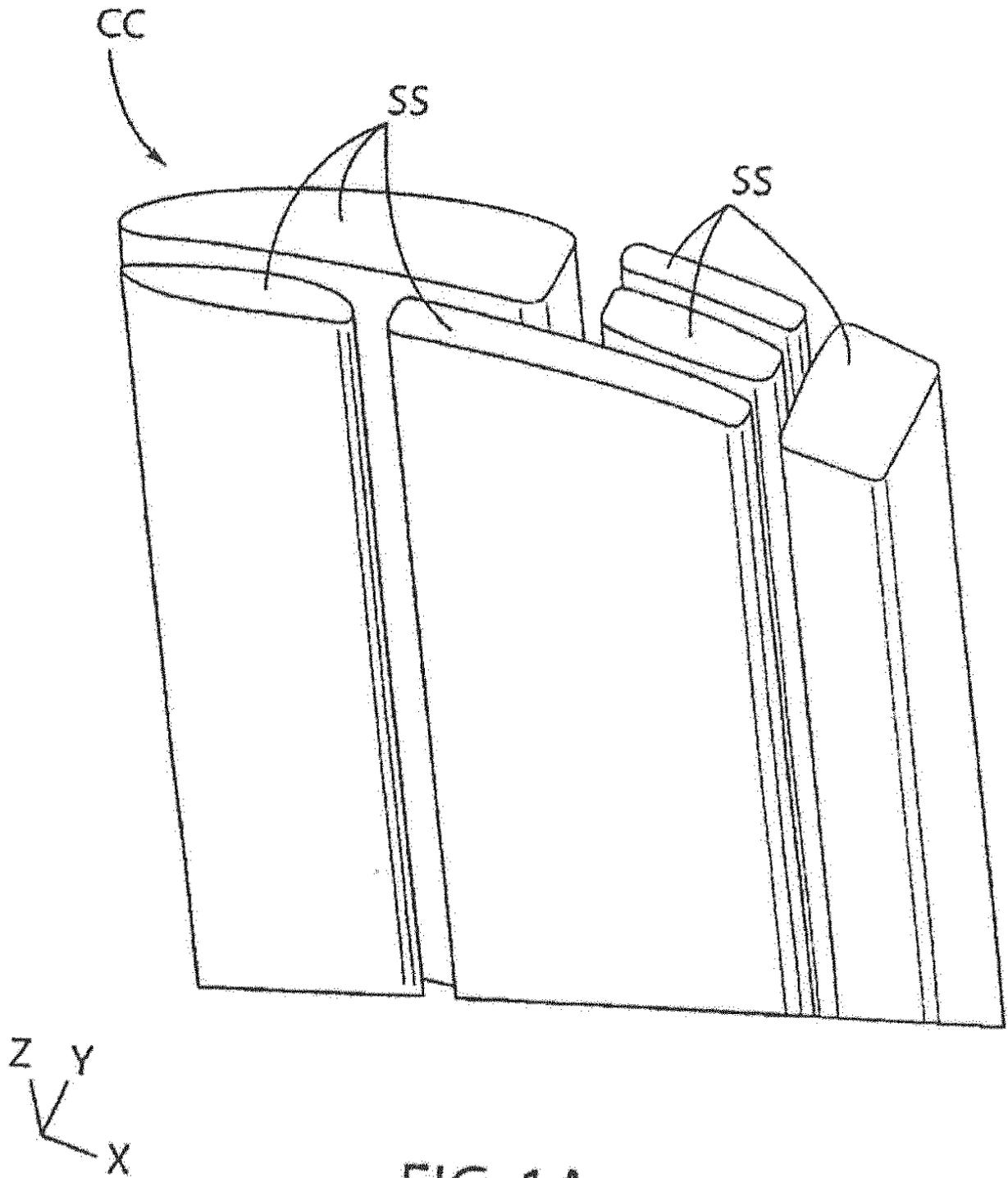


FIG. 1A

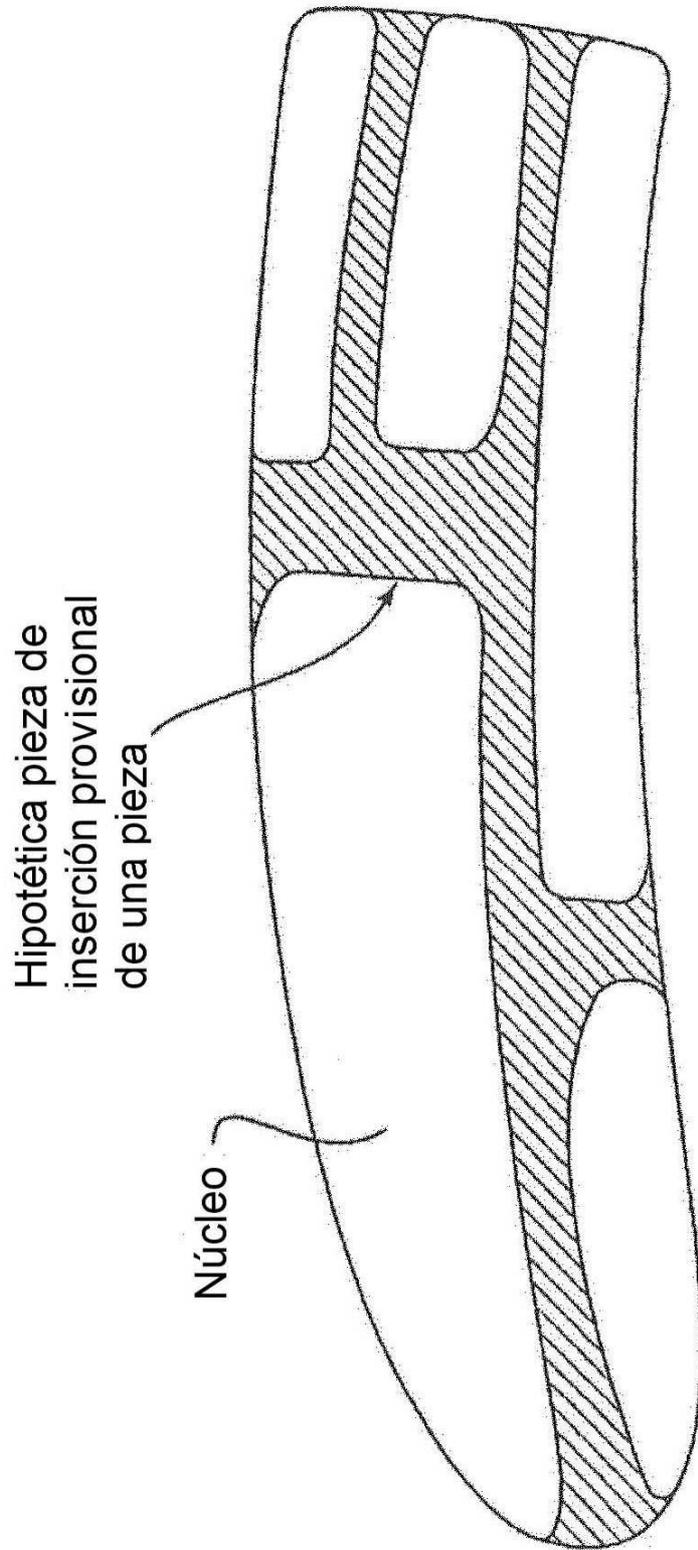


FIG. 1B

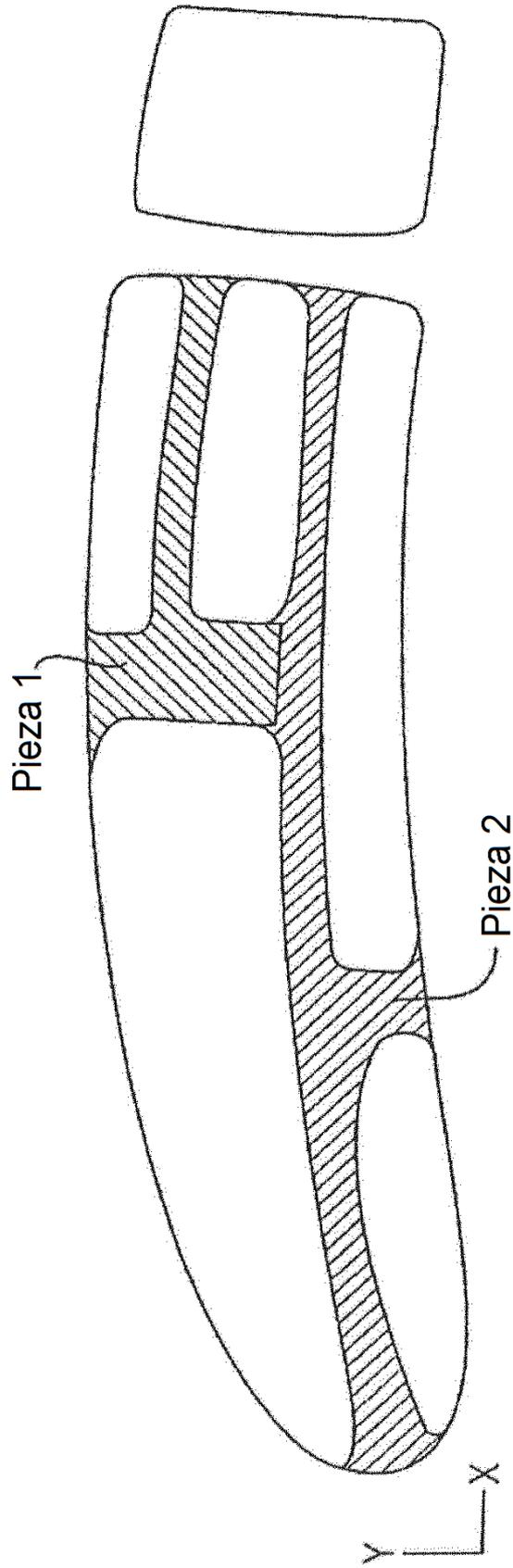


FIG.1C

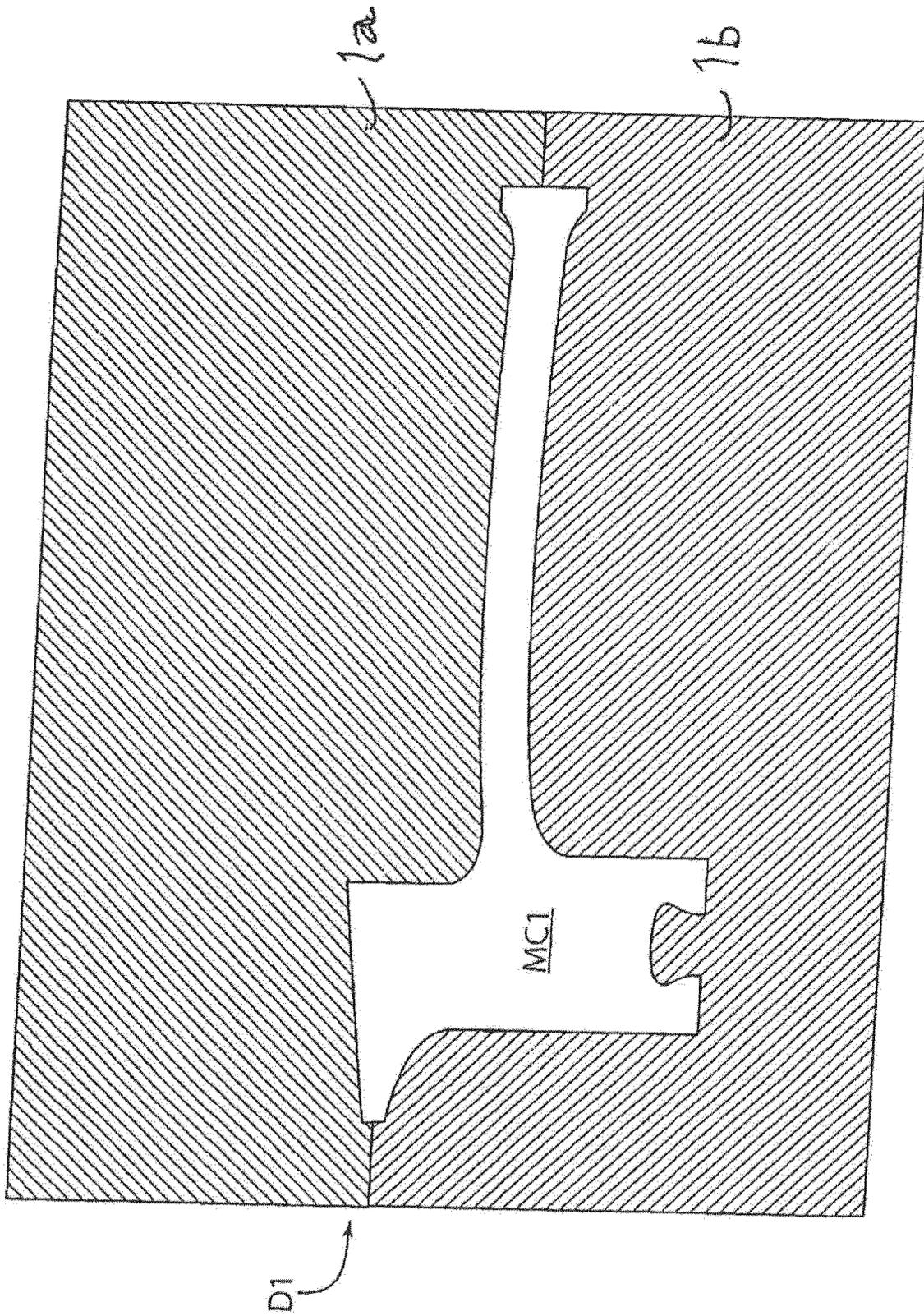


FIG.1D

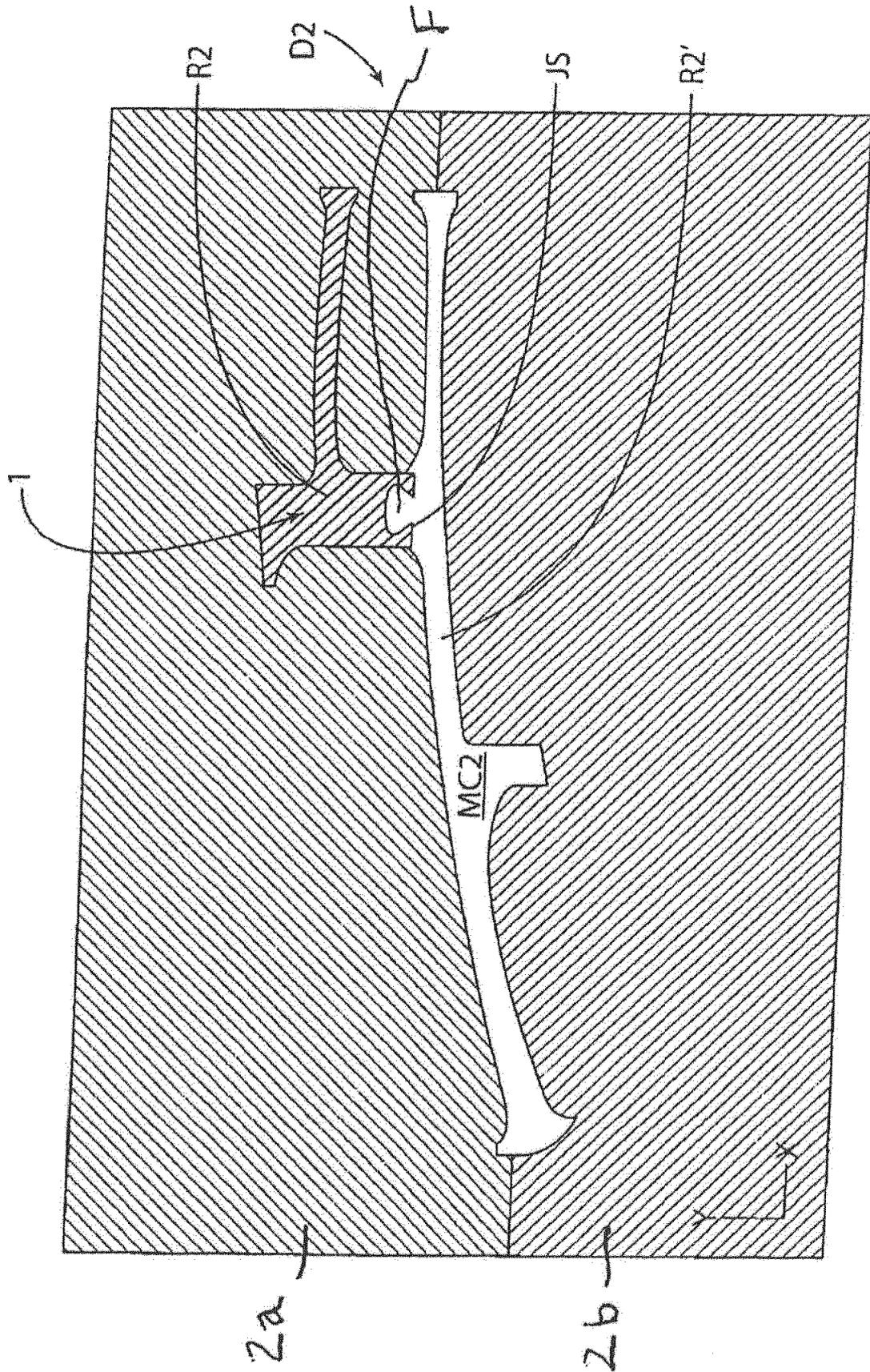


FIG. 1E

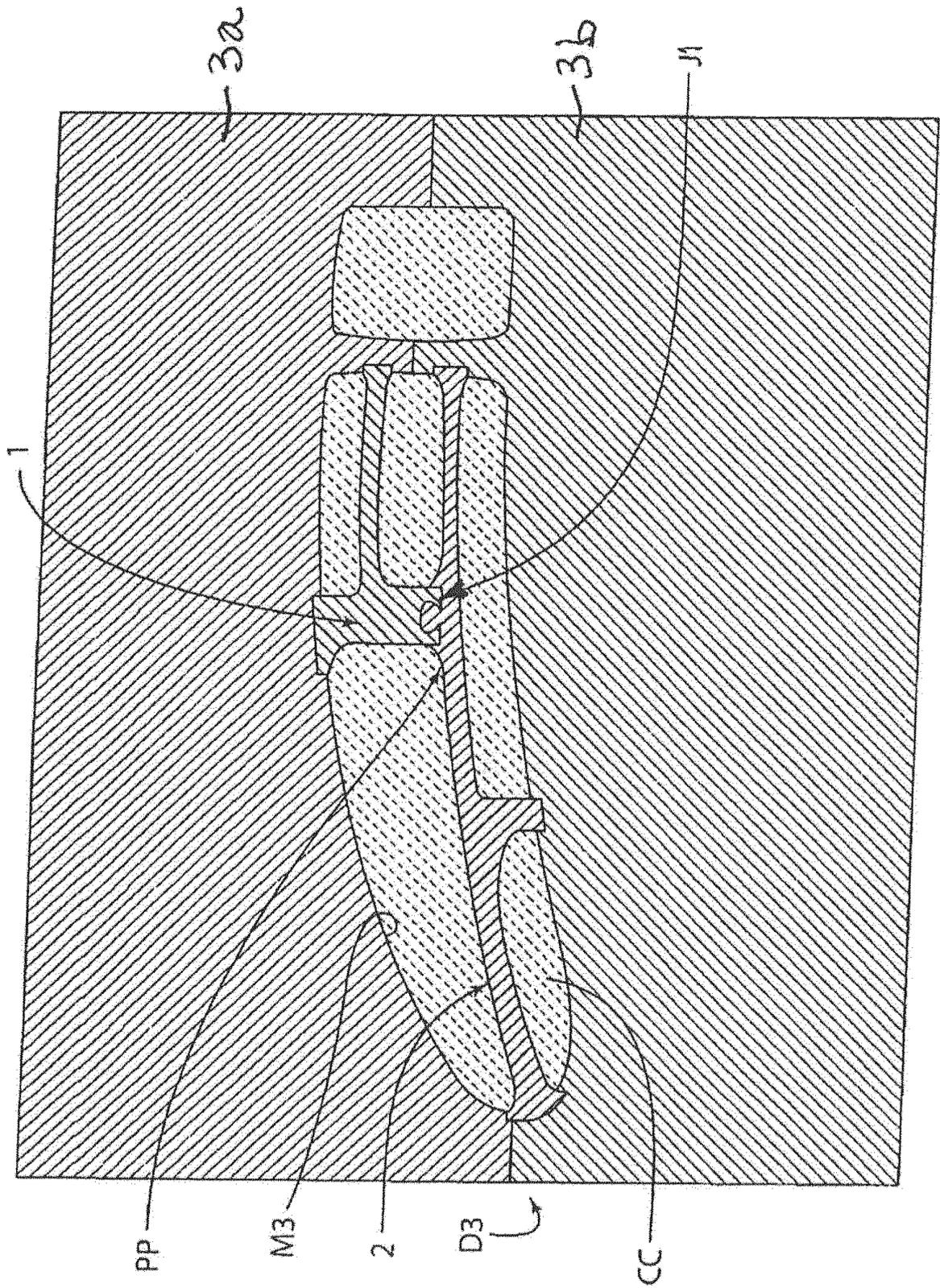


FIG. 1F

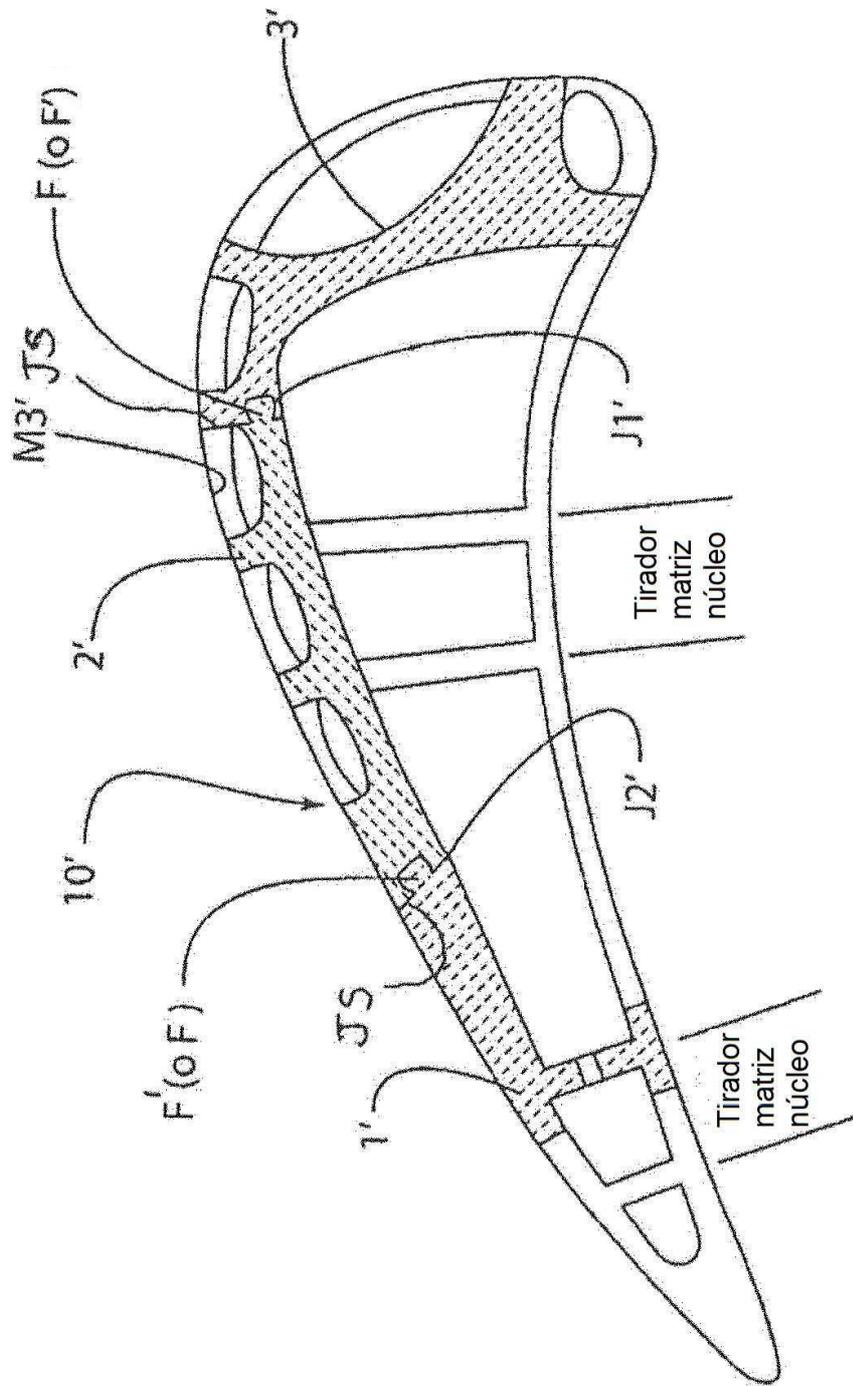


FIG. 2

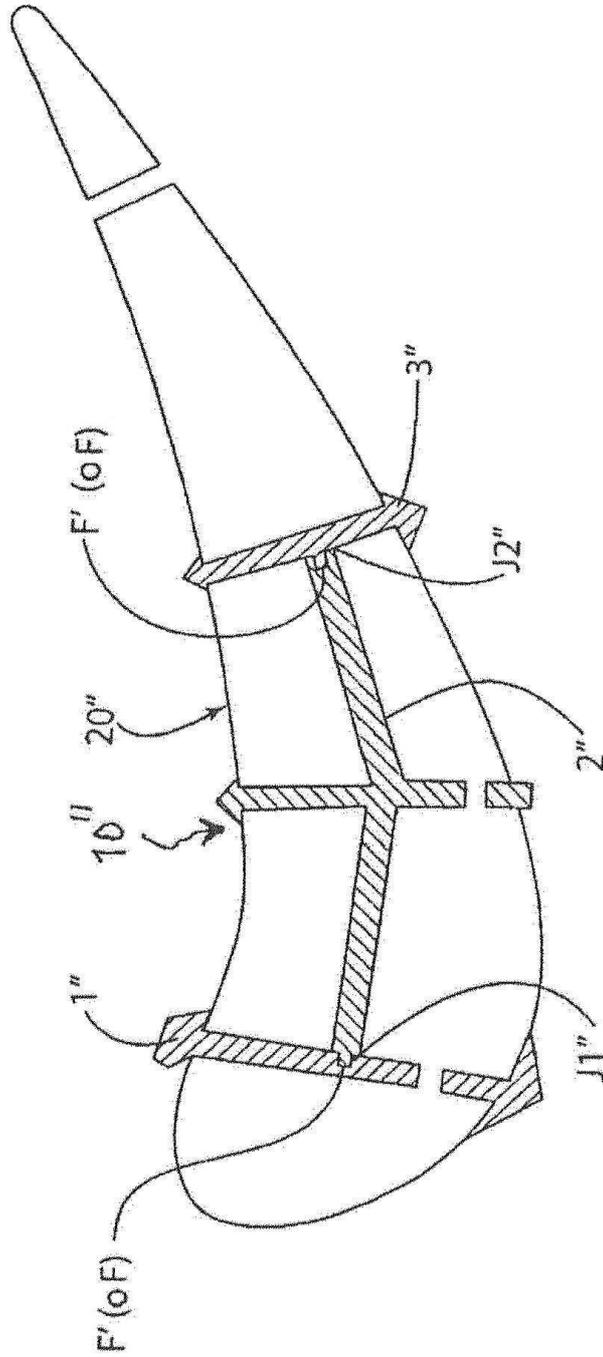


FIG. 3

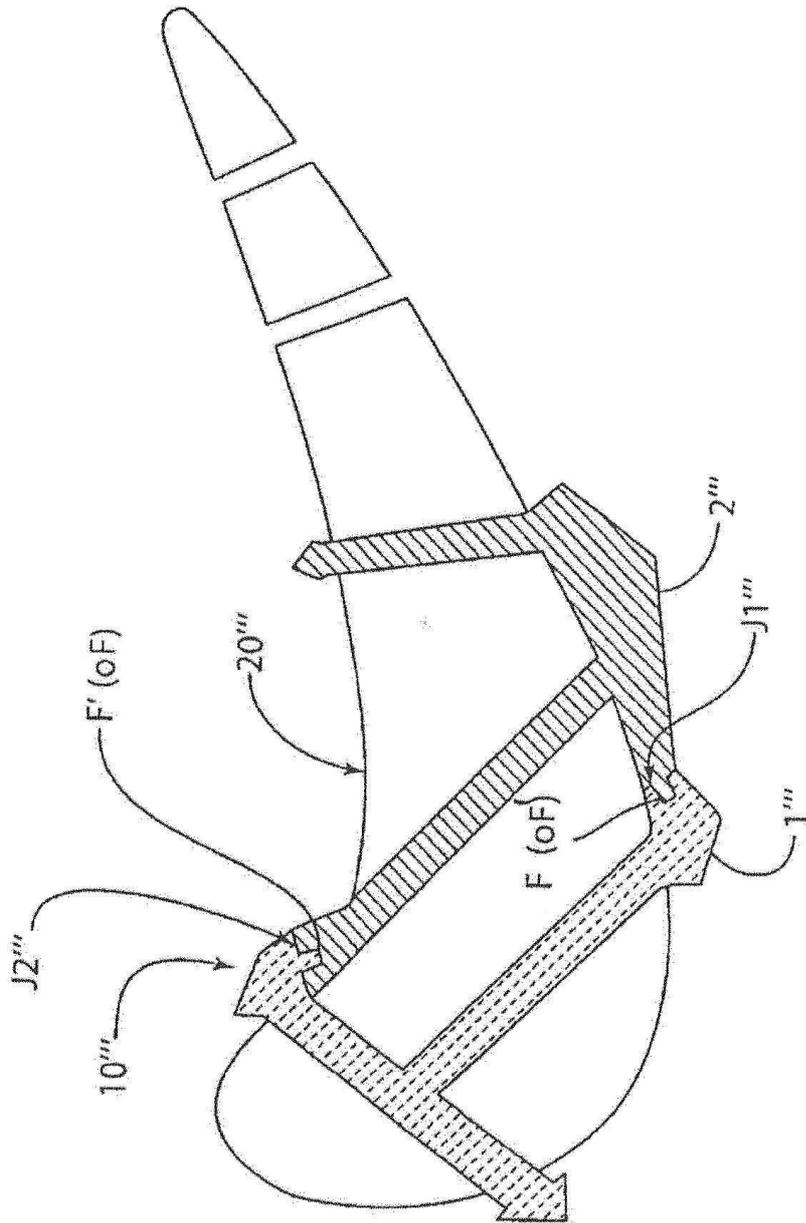


FIG. 4

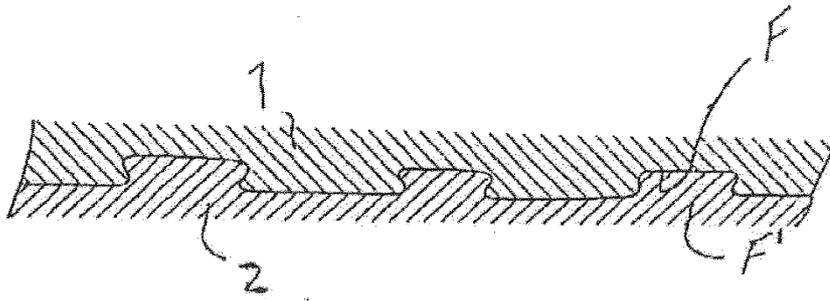


FIG. 5A

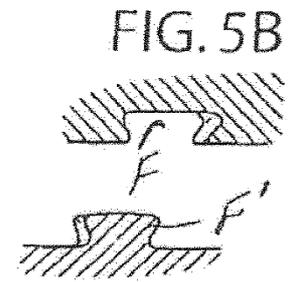


FIG. 5B

FIG. 5C

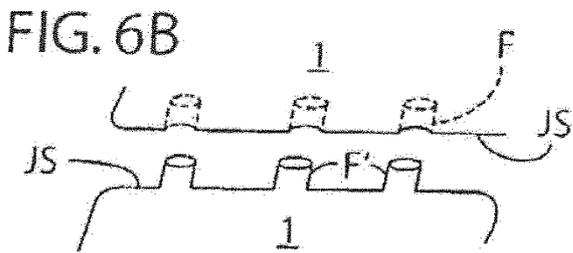


FIG. 6A

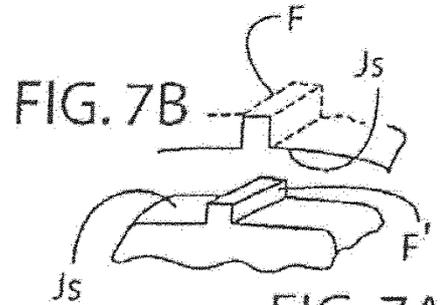


FIG. 7A

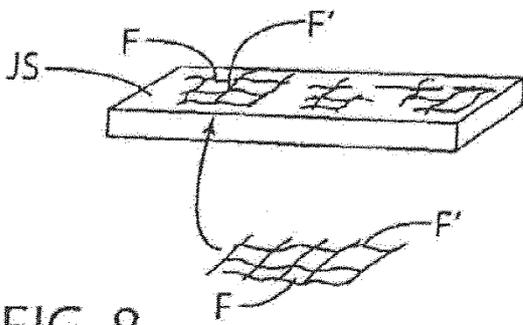


FIG. 8

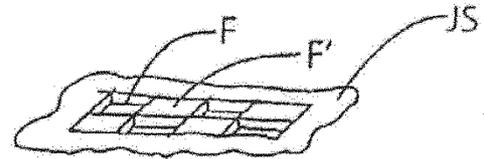


FIG. 9

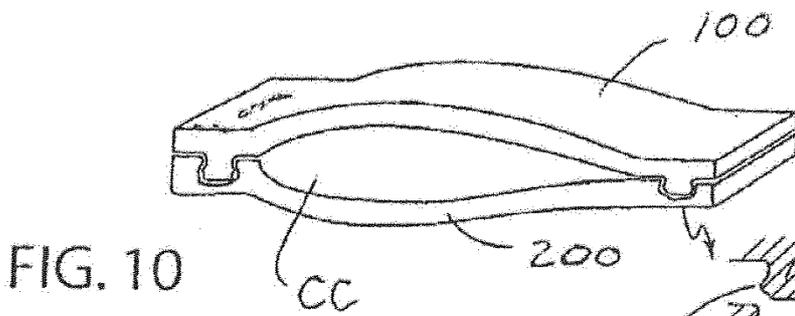


FIG. 10

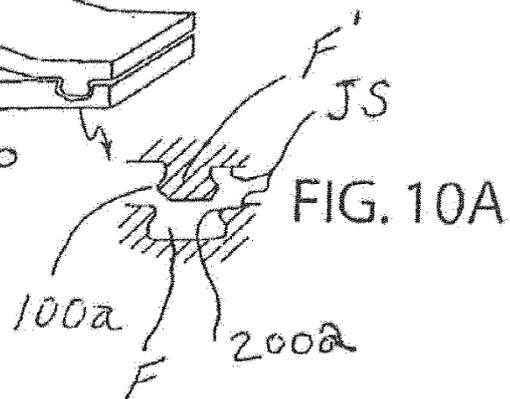


FIG. 10A