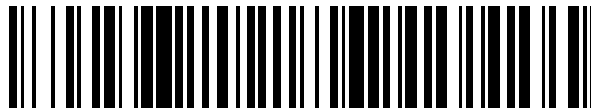


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 602 353**

51 Int. Cl.:

B22C 1/02 (2006.01)

B22C 9/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.11.2005 PCT/US2005/042158**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.10.2006 WO06107345**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.11.2005 E 05824830 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.09.2016 EP 1866110**

54 Título: **Molde para colada con revestimiento y método de fabricación**

30 Prioridad:

31.03.2005 US 96114

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

20.02.2017

73 Titular/es:

**BUNTROCK INDUSTRIES, INC. (100.0%)
1176 JAMESTOWN ROAD
WILLIAMSBURG, VA 23185, US**

72 Inventor/es:

**VANDERMEER, JOHN;
BUNTROCK, KERMIT A.;
BRANSCOMB, THOMAS M. y
DAVIS, ARLEN G.**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 602 353 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

Molde para colada con revestimiento y método de fabricación.

5 CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a métodos y composiciones mejorados para la tecnología de colada con revestimiento.

10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

La colada con revestimiento por el proceso de la cera perdida puede remontarse al Egipto y la China antiguos. El proceso como se practica hoy en día, sin embargo, es una tecnología relativamente nueva que data de la década de los años 1930 y representa un negocio y ciencia rápidamente crecientes. La tecnología de la colada con revestimiento simplifica la producción de formas metálicas complejas por colada de metal fundido en moldes fungibles de cáscara cerámica formados alrededor de preformas de cera desechables que duplican la forma metálica deseada. "Precision Investment Casting", es decir, PIC, es el término de la técnica que se refiere a esta tecnología.

20 El proceso PIC convencional emplea seis pasos principales:

1. Preparación de la preforma:

25 Se fabrica una preforma positiva desechable de la pieza colada metálica deseada a partir de un material termoplástico tal como cera que se fundirá, vaporizará o quemará completamente de tal modo que no dejará residuos contaminantes en el molde de cáscara cerámica exento de cera. La preforma positiva se prepara por inyección del material termoplástico en una matriz o "herramienta" metálica negativa segmentada diseñada para producir preformas de la forma, dimensión y acabado superficial requeridos para la pieza metálica colada. Pueden ensamblarse preformas simples o múltiples por fusión de las mismas a un "sistema de canal de colada" de cera desechable que alimenta metal fundido para llenar el molde de cáscara;

2. Construcción del molde de cáscara por:

- 35 (a) inmersión del ensamblaje de preformas en una papilla refractaria que tiene un grano refractario de partícula fina en una solución acuosa de ligante de sílice coloidal estabilizada con álcali para definir un revestimiento de material refractario sobre la preforma;
- (b) puesta en contacto del revestimiento refractario con un grano refractario particulado y seco de grano grueso o "estuco" para definir un revestimiento estucado, y
- 40 (c) secado al aire para definir un revestimiento unido insoluble, crudo y desecado al aire. Estos pasos de proceso pueden repetirse hasta construir por medio de capas sucesivas un molde de cáscara "crudo" secado al aire del espesor deseado.

3. Eliminación de la cera - La preforma de cera desechable se elimina del molde de cáscara secado al aire "crudo" por tratamiento con vapor en autoclave, inmersión del molde de cáscara crudo en un horno de eliminación instantánea de cera calentado a 1000°F-1900°F (537,7°C-1037,7°C), o por cualquier otro método que caliente y funda rápidamente la cera a fin de que una acumulación excesiva de presión no agriete el molde de cáscara.

4. Tratamiento en horno - El molde de cáscara exento de cera se calienta a aproximadamente 1600°F-2000°F (871,0°C-1093,2°C) para eliminar residuos volátiles y formar uniones cerámicas estables en el molde de cáscara.

5. Vertido - El molde de cáscara calentado se recupera del horno y se posiciona para recibir el metal fundido. El metal puede fundirse por gas, arco indirecto, o calentamiento de inducción. El metal fundido puede colarse al aire o en una cámara de vacío. El metal fundido puede verterse por medios estáticos o por centrifugación, y desde una cuchara de colada o un crisol de fusión directa. El metal fundido se enfría para producir una pieza colada metálica solidificada en el molde.

6. Recuperación de la pieza colada - Los moldes de cáscara que tienen piezas coladas metálicas solidificadas en su interior se rompen y las piezas coladas metálicas se separan del material de cáscara cerámica. Las piezas coladas pueden separarse del sistema de canal de colada por aserrado o corte con discos abrasivos. Las piezas coladas pueden limpiarse por volteo en tambor, chorreado con granalla o chorreado con arena.

Los moldes de cáscara de la colada con revestimiento tienden a ser frágiles y propensos a la rotura. En un esfuerzo para aumentar la resistencia de los moldes de cáscara de la colada con revestimiento, se han añadido pequeñas cantidades de fibras refractarias desmenuzadas y/o en combinación con fibras orgánicas desmenuzadas a las

papillas refractarias acuosas. Las papillas refractarias que incluyen estas pequeñas cantidades de fibras refractarias desmenuzadas permiten la aplicación de revestimientos más gruesos a una preforma. Sin embargo, estas papillas requieren adiciones importantes de polímero a fin de alcanzar una resistencia en crudo y propiedades de fluidez satisfactorias de la papilla.

5 De hecho, se conoce por WO 02/38.308 un método de revestimiento de moldes de colada. Este método implica la mezcladura de fibra refractaria, fibra de vidrio y carga refractaria para formar una primera mezcla seca; mezcladura de la fibra refractaria, fibra de vidrio y carga refractaria para formar una segunda mezcla seca (igual o diferente de la primera mezcla seca); mezcladura de la primera mezcla seca con un sol acuoso de sílice coloidal para formar una papilla refractaria de revestimiento premium, mezclar la segunda mezcla seca con un sol acuoso de sílice coloidal para formar una papilla de revestimiento refractaria de respaldo (igual o diferente de la primera papilla de revestimiento premium); y emplear sucesivamente las papillas refractarias para producir un molde de colada con revestimiento. Así, en WO2/38.308, ambas papillas primera y segunda incluyen fibras.

15 Por tanto, existe necesidad de materiales y métodos que proporcionen moldes de cáscara de colada con revestimiento que tengan resistencia mejorada y eviten las desventajas de la técnica anterior.

SUMARIO DE LA INVENCION

20 La invención se refiere a la formación rápida de un molde de cáscara cerámica sobre una preforma fungible, y a los moldes de cáscara cerámica así obtenidos.

25 En líneas generales, la presente invención se refiere a composiciones utilizadas para formar moldes de cáscara colada con revestimiento que comprenden una mezcla seca de refractario que incluye fibra y una carga refractaria y un sol ligante adecuado que se mezcla con la mezcla seca para formar una papilla de revestimiento de refractario.

30 Así pues, la presente invención se refiere a la técnica de mezclar fibra con carga refractaria para formar una mezcla seca y mezclar luego dicha mezcla seca con sílice coloidal u otro sol adecuado para formar una papilla de colada con revestimiento. Estas papillas se emplean luego en el proceso de colada con revestimiento en la producción de moldes de cáscara; los moldes de cáscara se "liberan de cera", se queman y se someten a colada como se conoce en la técnica. Las fibras pueden ser inorgánicas u orgánicas, desmenuzadas o molidas. Pueden utilizarse cargas de refractarios tales como sílice, circón, alúmina, o alúmina-sílice fundidas, u otras. La carga refractaria puede contener una diversidad de tamaños de partícula que van desde partículas microfinas de unos pocos micrómetros o menos a partículas finas de mallas -120 a -325, hasta agregados gruesos de mallas 10 a 40. Las mezclas secas que contienen fibra y carga refractaria son fáciles y cómodas de utilizar y contribuyen a asegurar la uniformidad de la papilla. Se ha demostrado que las cáscaras fabricadas por los métodos descritos en esta memoria presentan ventajas importantes sobre las producidas con papillas que carecen de la mezcla seca arriba indicada.

40 Con relación a los diversos métodos descritos en esta memoria, muy generalmente los métodos de fabricación incluyen los pasos de proporcionar papillas de revestimiento refractaria primera y segunda en las cuales al menos una de dichas papillas se forma a partir de una mezcla seca que incluye fibra y carga refractaria, mezclándose dicha mezcla seca con un sol acuoso coloidal para formar dicha papilla; aplicar una de dichas papillas de revestimiento refractario primera y segunda sobre un patrón fungible para producir una preforma revestida; opcionalmente, aplicar un estuco de material refractario sobre la preforma revestida; secar la preforma revestida opcionalmente estucada lo bastante para aplicar otra de dichas papillas primera o segunda de revestimiento refractario sobre la preforma; repetir la aplicación de papilla refractaria y opcionalmente el estucado tantas veces como sea necesario para construir una preforma del espesor deseado, con tal que dicha preforma incluya al menos una capa de papilla de revestimiento refractario formada a partir de dicha mezcla seca; secar la preforma multicapa para producir un molde de cáscara de colada con revestimiento crudo; y calentar el molde de cáscara crudo a una temperatura suficiente para producir un molde de cáscara de colada con revestimiento quemado.

55 La carga puede tener un tamaño de partícula comprendido entre aproximadamente la malla 20 y aproximadamente la malla -600, con preferencia entre aproximadamente la malla 120 y aproximadamente la malla -325. La carga puede emplearse en mezcla con coque calcinado.

60 La primera mezcla seca se mezcla con un primer sol coloidal para formar una primera papilla. La segunda mezcla seca se mezcla con un segundo sol coloidal que puede ser igual o diferente del primer sol coloidal para formar una segunda papilla que puede ser igual o diferente de la primera papilla. Soles coloidales útiles incluyen, pero sin carácter limitante, sol coloidal de sílice, sol coloidal de sílice modificado por látex, silicato de etilo, silicatos iónicos, o mixturas de los mismos, preferiblemente sílice coloidal.

Se aplica un revestimiento de la primera papilla sobre una preforma fungible tal como plástico o cera para producir una preforma. La preforma se estuca luego con material refractario y se seca. A continuación, se aplica un revestimiento de la segunda papilla sobre la preforma estucada. Se aplica un estuco de material refractario a la

segunda capa para construir la preforma, que se seca a continuación. La preforma fungible se elimina para producir un molde de cáscara crudo que se quema para producir un molde de cáscara cerámica.

5 En otro aspecto adicional de la invención, se aplica una primera papilla a una preforma fungible que se estuca y se seca. Se aplica luego al menos una capa adicional de la primera papilla, se estuca y se seca para producir una preforma que tiene capas múltiples formadas a partir de la primera papilla. A continuación, se aplica una segunda papilla, se estuca y se seca. Puede aplicarse también una pluralidad de capas de la segunda papilla. La preforma fungible se elimina y el molde de cáscara crudo resultante se calcina para producir un molde de cáscara cerámica. La primera papilla de revestimiento premium puede estar formada por mezclado de una o más cargas cerámicas con un sol coloidal. Una mezcla seca de una o más cargas cerámicas con fibras tales como fibras cerámicas o fibras orgánicas tales como nailon y polipropileno puede mezclarse también con un sol coloidal para formar la primera papilla. La segunda papilla puede formarse por mezclado de una mezcla seca de una o más cargas cerámicas con fibras tales como fibras cerámicas o fibras orgánicas tales como nailon y polipropileno. Los soles coloidales empleados en las papillas pueden ser iguales o diferentes. Soles coloidales útiles incluyen, pero sin carácter limitante, sol coloidal de sílice, sol coloidal de sílice modificado por látex, silicato de etilo, silicatos iónicos, y mixturas de los mismos, preferiblemente sol coloidal de sílice y sol coloidal de sílice modificado por látex.

20 En otro aspecto adicional de la invención, se mezclan una o más cargas cerámicas con un sol coloidal para producir una primera papilla que está sustancialmente exenta de fibra. Se forma una segunda papilla por mezclado de una mezcla de fibra y carga cerámica con adición de un sol coloidal. Fibras que pueden utilizarse en la segunda papilla incluyen, pero sin carácter limitante, fibras cerámicas, fibras de vidrio, y fibras orgánicas. Fibras orgánicas útiles incluyen, pero sin carácter limitante, nailon y polipropileno. La carga cerámica utilizada en la segunda papilla puede ser la misma o diferente de cualquiera de las cargas cerámicas utilizadas en la primera papilla. Los soles coloidales utilizados en las papillas primera y segunda pueden ser también iguales o diferentes. Soles coloidales que pueden utilizarse en las papillas primera y segunda incluyen, pero sin carácter limitante, sol coloidal de sílice, y sol coloidal de sílice modificado por polímeros tales como látex, silicato de etilo, silicatos iónicos, y mixturas de los mismos, preferiblemente sol coloidal de sílice sol coloidal de sílice modificado por látex.

30 En este aspecto de la invención, la primera papilla se aplica sobre una preforma fungible que se estuca y se seca para construir una preforma estucada. Se aplica luego la segunda papilla, se estuca y se seca para terminar la preforma. Puede aplicarse una pluralidad de capas formadas a partir de la segunda papilla. La preforma fungible se elimina luego y el molde de cáscara crudo resultante se quema para producir un molde de cáscara cerámica.

35 La invención ofrece varias ventajas para la fabricación de moldes de cáscara cerámicas con respecto a la técnica anterior. Por ejemplo, la formación de mezclas secas de fibras y carga cerámica permite una adición fácil de la carga cerámica y las fibras al ligante de sol coloidal sin necesidad de mezclar o remezclar continuamente la preforma de sol coloidal y fibra antes de su utilización. Otra ventaja es que las fibras no precisan predispersarse en un ligante líquido o combinarse con una adición de polímero antes de añadir la carga cerámica. Una ventaja adicional es que no se requiere el uso de aditivos ligantes polímeros para alcanzar una resistencia en crudo mejorada. Otra ventaja es que la invención evita el problema presentado en la técnica anterior de la aglomeración de fibra en condiciones de mezclado con cizallamiento alto. Una ventaja adicional es que las papillas que utilizan mezclas secas que incluyen fibra permiten construir revestimientos más gruesos. El uso de papillas que emplean mezclas secas que incluyen fibra permite construir también cáscaras más uniformes de mayor espesor comparadas con las papillas que emplean mezclas que no incluyen fibra.

45 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La figura 1 ilustra una preforma fungible positiva 1 de una pieza colada metálica deseada.

50 La figura 2 es una vista isométrica de una cáscara cruda 10 antes de la eliminación de la preforma 1.

La figura 3 es una vista isométrica de una cáscara cerámica cruda exenta de cera y secada 20.

55 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES PREFERIDAS

Mezclas Secas

60 Las mezclas secas que pueden utilizarse en los diversos aspectos de la invención incluyen una o más cargas cerámicas, y una o más cargas cerámicas con fibras tales como fibras cerámicas y fibras orgánicas a modo de ejemplo no limitante. Cargas cerámicas que pueden emplearse incluyen, pero sin carácter limitante, sílice, alúmina, y aluminosilicatos fundidos tales como mullita, cianita, y moloquita, circón, cromita, ceniza de cascarilla de arroz, coque calcinado y mixturas de las mismas. La carga cerámica tiene por lo general un tamaño de partícula de aproximadamente malla 20 a aproximadamente malla 600, con preferencia aproximadamente malla -120 a aproximadamente malla -325.

Fibras cerámicas que pueden emplearse son típicamente, pero sin carácter limitante, aquéllas que tienen una relación de dimensiones de longitud a anchura de aproximadamente 20:1. Ejemplos de fibras cerámicas útiles incluyen, pero sin carácter limitante, la fibra Orleans One de Wollastonita del Grupo Orleans Resource, localizado en Quebec, Canadá, la fibra NIAD G de Wollastonita de NYCO Minerals Co. en Willsboro, NY, fibras metálicas, fibras de aramida, fibras de carbono, así como fibras cerámicas desmenuzadas o molidas tales como aluminosilicatos tales como mullita, óxidos tales como alúmina y circonia, nitruros tales como nitruro de silicio, carbono, y carburos tales como carburo de silicio, y mixturas de las mismas. Fibras cerámicas desmenuzadas y molidas están disponibles comercialmente de numerosas fuentes tales como Thermal Ceramics Corp.

Fibras de vidrio que pueden emplearse en las mezclas secas incluyen, pero sin carácter limitante, fibras de vidrio desmenuzadas y molidas. Fibras de vidrio desmenuzadas que pueden emplearse incluyen, pero sin carácter limitante, fibras de vidrio E y fibra de vidrio S y mixturas de las mismas. Ejemplos de fibras de vidrio E que pueden emplearse incluyen, pero sin carácter limitante, aquéllas que miden aproximadamente 3 mm a aproximadamente 6 mm de longitud y tienen un diámetro de aproximadamente 10 μm tales como las de PPG Industries, Shelby, NC con el nombre comercial Chop Vantage 8610. Fibras de vidrio S desmenuzadas que pueden emplearse incluyen, pero sin carácter limitante, aquéllas que miden aproximadamente 3 mm a aproximadamente 6 mm de longitud y tienen un diámetro de aproximadamente 10 μm tales como las disponibles de AGY Inc. Aiken, SC. Ejemplos de fibras de vidrio E molidas útiles incluyen, pero sin carácter limitante, fibras floculares 731ED de 3 mm que tienen una longitud de aproximadamente 0,125 pulgadas (3,18 mm), un diámetro medio de 15,8 μm y una densidad aparente de 0,17 g/cm^3 de Owens Corning Co.

Fibras orgánicas que pueden emplearse en las mezclas secas incluyen, pero sin carácter limitante, olefinas, amidas, aramidias, poliésteres y fibras de celulosa. Ejemplos de olefinas que pueden utilizarse incluyen, pero sin carácter limitante, polietileno y polipropileno tales como los de Minifibers, Inc. Ejemplos de fibras amídicas incluyen fibras de nailon tales como las de Wex Chemical Co. Ejemplos de fibras de aramida que pueden utilizarse incluyen, pero sin carácter limitante, Kevlar de DuPont y Twaron de Akzo Nobel. Ejemplos de fibras poliéster que pueden utilizarse incluyen las de Wex Chemical Co. Ejemplos de fibras de celulosa incluyen las de Interfibe Corp.

En las mezclas secas, la cantidad de fibra puede variar dentro de un amplio intervalo. En el caso de una mezcla seca que incluye una mixtura de fibra cerámica, fibra de vidrio y carga cerámica, la fibra cerámica puede representar aproximadamente 1% en peso a aproximadamente 10% en peso de la mezcla seca, la fibra de vidrio puede representar aproximadamente 0,5% en peso a aproximadamente 10% en peso de la mezcla seca, y la carga cerámica puede representar aproximadamente 80% en peso a aproximadamente 98,5% en peso de la mezcla seca.

En el caso de una mezcla seca que incluye una mixtura de fibra cerámica, fibra de vidrio, carga cerámica, y fibra orgánica, la fibra cerámica puede representar aproximadamente 1% en peso a aproximadamente 10% en peso de la mezcla seca, la fibra de vidrio puede representar aproximadamente 0,5% en peso a aproximadamente 10% en peso de la mezcla seca, y la carga cerámica puede representar aproximadamente 76% en peso a aproximadamente 98% en peso de la mezcla seca, y la fibra orgánica puede representar aproximadamente 0,3% en peso a aproximadamente 4% en peso de la mezcla seca.

En el caso de una mezcla seca que incluye una mixtura de fibra cerámica, carga cerámica, y fibra orgánica, la fibra cerámica puede representar aproximadamente 0,5% en peso a aproximadamente 10% en peso de la mezcla seca, la carga cerámica puede representar aproximadamente 86% en peso a aproximadamente 98,2% en peso de la mezcla seca, y la fibra orgánica puede representar aproximadamente 0,3% en peso a aproximadamente 4,0% en peso de la mezcla seca.

En el caso de una mezcla seca que incluye una mixtura de fibra cerámica y carga cerámica, la fibra cerámica puede representar aproximadamente 1% en peso a aproximadamente 10% en peso de la mezcla seca, y la carga cerámica puede representar aproximadamente 90% en peso a aproximadamente 99% en peso de la mezcla seca.

En el caso de una mezcla seca que incluye una mixtura de fibra orgánica y carga cerámica, la fibra orgánica puede representar aproximadamente 0,3% en peso a aproximadamente 5% en peso de la mezcla seca, y la carga cerámica puede representar aproximadamente 99,7% en peso a aproximadamente 95% en peso de la mezcla seca.

Preparación de las Papillas Refractarias

Una papilla refractaria para uso como papilla de revestimiento premium o una papilla de revestimiento de respaldo se prepara por mezclado de una mezcla seca con un sol coloidal. Preferiblemente, el sol es un sol de sílice coloidal acuoso disponible con el nombre comercial Megasol® de Wesbond, Inc., Wilmington, DE. Soles de sílice acuosos Megasol® están disponibles en una gama de valores de pH, contenidos valorables de Na_2O , así como contenidos de sólidos. Los soles de sílice acuosos Megasol® tienen un tamaño medio de partícula de aproximadamente 40 nm, un intervalo de tamaños de partícula de aproximadamente 6 nm a aproximadamente 190 nm, y una desviación estándar de tamaños de partícula de aproximadamente 20 nm. El pH de los soles de sílice

acuoso Megasol® puede variar desde aproximadamente 8,0 a aproximadamente 10,0, con preferencia aproximadamente 9,0 a aproximadamente 9,5; el contenido valorable de Na₂O puede variar desde aproximadamente 0,02% a aproximadamente 0,5%, con preferencia aproximadamente 0,1% a aproximadamente 0,25%, con más preferencia aproximadamente 0,20% a aproximadamente 0,22%, y un contenido de sólidos de aproximadamente 30% a aproximadamente 50%, con preferencia aproximadamente 40 a aproximadamente 47% de contenido de sólidos, con más preferencia aproximadamente 45% de contenido de sólidos. Pueden utilizarse otros soles de sílice coloidal acuosos tales como MegaPrime de Buntrock Industries, Inc. Williamsburg, VA; Nyacol 830 de EKA Chemical Co., Nalcoag 1130 y Nalcoag 1030 de Nalco Chemical Co., así como Ludox SM-30 y Ludox HS-30 de W.R. Grace & Co.

Las papillas se preparan generalmente poniendo un sol coloidal, preferiblemente un sol de sílice coloidal, más preferiblemente Megasol® en un tanque de mezclado limpio y lavado con agua y añadiendo la mezcla seca de material mientras se agita. En el tanque de mezcla con agitación pueden emplearse diversos dispositivos de mezclado conocidos en la técnica. Estos dispositivos incluyen, por ejemplo, mezcladores tipo hélice, trituradores de bolas, mezcladores de dispersión de alta velocidad, y mezcladores de paletas fijas con plataforma giratoria. La mezcla seca se añade mientras se agita hasta que se alcanza una viscosidad adecuada.

Para las primeras papillas, que se utilizan a menudo como revestimientos premium, una viscosidad adecuada es por lo general alrededor de 18-30 segundos Zahn #5, preferiblemente 20-30 segundos, muy preferiblemente 24-30 segundos. Para las segundas papillas, que se utilizan a menudo como revestimientos de respaldo, las viscosidades adecuadas son por lo general aproximadamente 10-18 segundos de viscosidad Zahn #5, con preferencia aproximadamente 10-16 segundos Zahn #5, y de modo muy preferible aproximadamente 12-15 segundos Zahn #5. Puede realizarse mezclado adicional de cualquiera de las papillas para eliminar el aire atrapado y para alcanzar el equilibrio. Un ajuste final de viscosidad puede hacerse por adición de ligante de sol coloidal de sílice Megasol® adicional o material refractario, así como surfactantes no iónicos y surfactantes aniónicos.

Pueden utilizarse diversas composiciones de papilla refractaria como papillas primera y segunda. La composición específica de la papilla viene determinada por las características deseadas en el molde de cáscara cerámica a fin de producir una colada metálica de las dimensiones y el acabado superficial deseados. Por ejemplo, primeras papillas útiles, especialmente cuando se utilizan como revestimientos premium, emplean grano refractario de tamaño fino, por lo general aproximadamente de malla -200 a aproximadamente malla -325. Ejemplos de papillas de revestimiento premium útiles incluyen Megasol® junto con una mezcla de sílice fundida de malla -200 y grano refractario de circón de malla -325. El grano refractario de circón proporciona resistencia elevada al metal fundido. El tamaño de partícula fino del circón hace posible también la producción de piezas coladas que tienen acabados de superficie detallada lisos. En estos tipos de papillas de revestimiento premium que emplean una carga cerámica que contiene a la vez sílice fundida y circón, la sílice fundida puede tener convenientemente tamaños tales como aproximadamente malla -100, aproximadamente malla -120, aproximadamente malla -140, aproximadamente malla -170, aproximadamente malla -270 y aproximadamente malla -325, de modo muy preferible aproximadamente malla -120 a aproximadamente malla -200. El circón puede tener convenientemente un tamaño de partícula tal como aproximadamente malla -200, aproximadamente malla -325 y aproximadamente malla -400, con preferencia aproximadamente malla -200, y con más preferencia aproximadamente malla -325.

Tales primeras papillas pueden incluir también uno o más surfactantes no iónicos. Un surfactante no iónico particularmente útil es PS9400, disponible de Buntrock Industries, Williamsburg, VA. Este surfactante mejora la capacidad de la papilla para humectar una preforma de cera y favorece el escurrido. Los surfactantes pueden añadirse a la papilla en diversas cantidades dependiendo de la composición. Por ejemplo, en el caso en que la papilla incluye una mezcla seca de sílice fundida y circón con Megasol®, puede utilizarse un surfactante en una cantidad de hasta aproximadamente 0,2% basada en el peso del Megasol®.

Las segundas papillas, especialmente cuando se utilizan como papillas de respaldo, emplean por lo general tamaños de grano refractario más gruesos que los utilizados en las primeras papillas. Por ejemplo, en papillas de respaldo en las que se emplea sílice fundida como carga cerámica, la sílice fundida tiene por lo general un tamaño de partícula de aproximadamente malla -80 a aproximadamente malla -270, con preferencia aproximadamente malla -100 a aproximadamente malla -200, con más preferencia aproximadamente malla -100 a aproximadamente malla -120. Las cantidades de mezcla seca y sol de sílice acuoso coloidal utilizadas para formar una papilla de respaldo pueden variar dentro de un amplio intervalo. Típicamente, la mezcla seca puede representar aproximadamente 54% en peso a aproximadamente 70% en peso basado en el peso total de la papilla, siendo el resto sol de sílice acuoso.

La fabricación de papillas refractarias ilustrativas de la invención se describe a continuación por referencia a los ejemplos no limitantes siguientes.

Ejemplo 1 (comparativo): Este ejemplo ilustra la formación de papilla refractaria por mezclado de una mezcla seca que incluye carga cerámica, fibra refractaria, y fibra de vidrio y mezclado de dicha mezcla seca con un sol de sílice coloidal acuoso.

5 100 g de fibra refractaria Orleans One de Wollastonita, 20 g de fibra de vidrio E 731 ED 1/8 pulgadas (3,18 mm) molida, y una carga cerámica que incluye 715 g de Sílice 120 fundida (sílice fundida de malla 120 de C-E Minerals Co., Greeneville, TN) y 715 g de Sílice 200 fundida (sílice fundida de malla 200 de C-E Minerals Co., Greeneville, TN) se mezclan en seco para formar una mezcla seca. La mezcla seca se añade a 1000 g de Megasol® que tiene un contenido de sólidos de 45%, un pH de 9,5 y un contenido valorable de Na₂O de 0,2% para formar una papilla refractaria.

10 **Ejemplo 2 (comparativo):** Este ejemplo ilustra la formación de una papilla refractaria por mezclado de una mezcla seca que incluye carga cerámica, fibra refractaria, fibra de vidrio, y fibra de polímero orgánico y mezclado de dicha mezcla seca con un sol de sílice coloidal acuoso.

15 100 g de fibra refractaria Orleans One de Wollastonita, 20 g de fibra de vidrio E 731 ED 1/8 pulgadas (3,18 mm) molida, una carga cerámica que incluye 715 g de Sílice 120 fundida y 715 g de Sílice 200 fundida se mezclan en seco con 20 g de fibra de polietileno que tiene una longitud de 1 mm y un diámetro de 25 µm para formar una mezcla seca.

La mezcla seca se añade a 1000 g del Megasol® del ejemplo 1 para formar una papilla refractaria.

20 **Ejemplo 3 (comparativo):** Este ejemplo ilustra la formación de una papilla refractaria por mezclado de una mezcla seca que incluye carga cerámica, fibra refractaria y fibra de polímero orgánico y mezclado de dicha mezcla seca con un sol de sílice coloidal acuoso.

Fibra de polietileno que tiene una longitud de 1 mm y un diámetro de 20 µm para formar una mezcla seca.

25 La mezcla seca se añade a 1000 g del Megasol® del ejemplo 1 para formar una papilla refractaria.

30 **Ejemplo 4 (comparativo):** Este ejemplo ilustra la formación de una papilla refractaria por mezclado de una mezcla seca que incluye carga cerámica, fibra de vidrio y fibra de polímero orgánico, y mezclado de dicha mezcla seca con un sol de sílice coloidal acuoso.

100 g de fibra de vidrio E 731 ED 1/8 pulgadas (3,18 mm) molida, 20 g de fibra de polietileno que tiene una longitud de 1 mm y un diámetro de 25 µm, y una carga cerámica que incluye 715 g de Sílice 120 fundida y 715 g de Sílice 200 fundida se mezclan en seco para formar una mezcla seca.

35 La mezcla seca se añade a 1000 g del Megasol® del ejemplo 1 para formar una papilla refractaria.

40 **Ejemplo 5 (comparativo):** Este ejemplo ilustra la formación de una papilla refractaria por mezclado de una mezcla seca que incluye fibra refractaria y fibra de vidrio y mezclado de dicha mezcla seca con una mezcla de un sol de sílice coloidal acuoso y carga cerámica.

100 g de fibra refractaria Orleans One de Wollastonita y 20 g de fibra de vidrio E 731 ED 1/8 pulgadas (3,18 mm) molida se mezclan en seco para formar una mezcla seca.

45 La mezcla seca se añade a una mezcla que incluye 1000 g del Megasol® del ejemplo 1 y una carga cerámica que incluye 715 g de Sílice 120 fundida y 715 g de Sílice 200 fundida para formar una papilla refractaria.

50 **Ejemplo 6 (comparativo):** Este ejemplo ilustra la formación de una papilla refractaria por mezclado de una mezcla seca que incluye fibra refractaria, fibra de vidrio y fibra de polímero orgánico y mezclado de dicha mezcla seca con una mezcla de un sol de sílice coloidal acuoso y carga cerámica.

100 g de fibra refractaria Orleans One de Wollastonita, 20 g de fibra de polietileno que tiene una longitud de 1 mm y un diámetro de 25 µm, y 100 g de fibra de vidrio E 731 ED 1/8 pulgadas (3,18 mm) molida se mezclan en seco para formar una mezcla seca.

55 La mezcla seca se añade a una mezcla que incluye 1000 g del Megasol® del ejemplo 1 y una carga cerámica que incluye 715 g de Sílice 120 fundida y 715 g de Sílice 200 fundida para formar una papilla refractaria.

60 **Ejemplo 7 (comparativo):** Este ejemplo ilustra la formación de una papilla refractaria por mezclado de una mezcla seca que incluye carga cerámica y fibra de vidrio y mezclado de dicha mezcla seca con un sol de sílice coloidal acuoso.

100 g de fibra de vidrio E 731 ED 1/8 pulgadas (3,18 mm) molida y una carga cerámica que incluye 715 g de Sílice 120 fundida y 715 g de Sílice 200 fundida se mezclan en seco para formar una mezcla seca.

La mezcla seca se añade a 1000 g del Megasol® del ejemplo 1 para formar una papilla refractaria.

Ejemplo 8 (comparativo): Este ejemplo ilustra la formación de papilla refractaria por mezclado de una mezcla seca que incluye carga cerámica y fibra refractaria con un sol de sílice coloidal acuoso.

100 g de fibra refractaria Orleans One de Wollastonita y una carga cerámica que incluye 715 g de Sílice 120 fundida y 715 g de Sílice 200 fundida se mezclan en seco para formar una mezcla seca.

La mezcla seca se añade a 1000 g del Megasol® del ejemplo 1 para formar una papilla refractaria.

Ejemplo 8A (comparativo): Este ejemplo ilustra la formación de una papilla refractaria por mezclado de una mezcla seca que incluye carga cerámica y fibra de vidrio con un sol de sílice coloidal acuoso.

20 g de fibra de vidrio E 731 ED 1/8 pulgadas (3,18 mm) molida y una carga cerámica que incluye 715 g de Sílice 120 fundida y 715 g de Sílice 200 fundida se mezclan en seco para formar una mezcla seca.

La mezcla seca se añade a 1000 g del Megasol® del ejemplo 1 para formar una papilla refractaria.

Molde de Cáscara Cerámica

En la formación de un molde de cáscara cerámica, una preforma desechable, preferiblemente una preforma de cera tal como cera de grado para colada con revestimiento o cera microcristalina basada en parafina con o sin carga, se sumerge en una primera papilla para revestir la superficie de la preforma con una capa continua. Típicamente, se aplican uno a tres revestimientos. El o los revestimientos aplicados pueden tener espesores de aproximadamente 0,02 pulgadas a 0,2 pulgadas (0,51 a 5,1 mm), preferiblemente 0,04 pulgadas a 0,2 pulgadas (1,02 a 5,1 mm), y muy preferiblemente 0,04 pulgadas a 0,1 pulgadas (1,02 a 2,5 mm). La preforma revestida se escurre concienzudamente para eliminar el exceso de papilla, después de lo cual se estuca utilizando estuco refractario de grano fino para producir una preforma estucada. La preforma se seca luego antes de la aplicación de cualesquiera revestimientos adicionales de la primera papilla o la segunda papilla. Preferiblemente, la preforma incluirá una pluralidad de capas de tal modo que la preforma incluye al menos un revestimiento de ambas papillas primera y segunda. Como debería apreciarse, el estucado seguido por cierto grado de secado puede realizarse con cada aplicación sucesiva de una papilla primera o segunda a la preforma.

El tiempo de secado entre revestimientos sucesivos de papilla depende de la complejidad de la forma de la preforma desechable. Las preformas desechables que tienen cavidades profundas en las que el flujo de aire es mínimo requieren más tiempo para el secado entre revestimientos. El secado puede realizarse a aproximadamente 60°F (16°C) hasta aproximadamente 90°F (32°C), con preferencia aproximadamente 70°F (21°C) a aproximadamente 75°F (24°C). El secado puede realizarse en condiciones aceleradas de baja humedad y alta temperatura con movimiento rápido del aire. Un espesor del molde de cáscara cerámica de aproximadamente 0,20 pulgadas (5,1 mm) a aproximadamente 0,5 pulgadas (12,7 mm) es suficiente para la mayoría de las piezas coladas. Así, la aplicación de dos revestimientos de la primera papilla a cinco revestimientos de la segunda papilla, generalmente con estucado, proporciona un molde de cáscara cerámica de 0,25 pulgadas (6,4 mm) que tiene una resistencia suficiente para soportar la eliminación de la cera y el tratamiento en horno.

Pueden utilizarse una gran diversidad de granos refractarios como estuco para aplicación a los revestimientos de papilla. Ejemplos de granos refractarios útiles incluyen, pero sin carácter limitante, mullita, tierra de porcelana calcinada y otros aluminosilicatos, sílice vítrea y cristalina, alúmina, circón y cromita. Los granos refractarios están preferiblemente exentos de contaminantes iónicos en cantidades que puedan contribuir a la inestabilidad de los granos refractarios e inducir térmicamente cambios de fase durante la colada del metal. Como se conoce en la técnica, granos refractarios que están exentos de contaminantes en cantidades que puedan contribuir a la inestabilidad de los granos refractarios pueden producirse por purificación con o sin calcinación.

Granos refractarios para aplicación como estuco a la primera papilla cuando se utilizan como revestimiento premium incluyen, pero sin carácter limitante, arena de circón de malla aproximada -70 a malla aproximada 200, con preferencia de aproximadamente malla -70 a aproximadamente malla 140. Los granos refractarios que pueden utilizarse como estuco sobre los revestimientos de la segunda papilla cuando se utilizan como revestimientos de respaldo pueden variar desde aproximadamente malla -10 a aproximadamente malla 200, con preferencia aproximadamente malla -20 a aproximadamente malla 50. Muy preferiblemente, los granos refractarios tienen un tamaño de aproximadamente malla -30 a aproximadamente malla 50.

En una realización alternativa, un material refractario estucado de transición, preferiblemente circón o un aluminosilicato que tiene un tamaño de grano intermedio entre los estucos de granos fino y grueso, tal como un tamaño de grano de aproximadamente la malla -50 a aproximadamente la malla +100, puede aplicarse después de la aplicación de un segundo revestimiento de papilla sobre un primer revestimiento de papilla. El estuco de transición

puede utilizarse para aumentar la resistencia y minimizar la posibilidad de desestratificación entre capas de revestimiento de papilla de composición diversa.

Eliminación de la cera

5 Los moldes de cáscara cerámica pueden liberarse de cera por métodos tales como inmersión en agua hirviendo, tratamiento con vapor en autoclave, y eliminación instantánea de la cera como se conoce en la técnica. El tratamiento con vapor en autoclave puede realizarse por:

- 10 1. Utilización de una presión de vapor lo más alta posible, preferiblemente alrededor de 60 PSI (413,4 kPa) o mayor, con más preferencia aproximadamente 80-90 PSI (551,2-620,1 kPa).
- 15 2. Cierre y presurización del autoclave lo más rápidamente posible, con preferencia en menos de aproximadamente 15 a 20 segundos.
3. Exposición de la cáscara cruda secada con aire al vapor durante aproximadamente 10 a 15 min.
4. Despresurización lenta del autoclave durante aproximadamente 30 a 60 segundos.

20 La eliminación instantánea de la cera puede realizarse por inmersión del molde de cáscara crudo secado al aire en un horno calentado a aproximadamente 1000°F (537,8°C) hasta aproximadamente 1900°F (1.038°C). A estas temperaturas, la cera próxima a la pared de la cáscara cerámica funde rápidamente de tal manera que la presión debida a la expansión de la cera no agrieta la cáscara cerámica. La cáscara cerámica puede retirarse luego a una zona de temperatura más baja de aproximadamente 200°F (94°C) a aproximadamente 600°F (316°C) para completar la eliminación de la cera. La cera fundida puede escurrir a través de una abertura en el fondo de la cámara de fusión a un baño o depósito de agua para su recuperación.

Tratamiento en horno

30 El tratamiento en horno implica calentamiento del molde de cáscara cerámica exento de cera a aproximadamente 1600°F (871,1°C) hasta aproximadamente 2000°F (1.092°C) para eliminar los residuos volátiles y producir un molde de cáscara cerámica quemado de alta resistencia. El molde de cáscara cerámica exento de cera se mantiene en el horno hasta alcanzar el equilibrio térmico, después de lo cual se recupera del horno y se somete a colada con el metal fundido deseado.

35 La fabricación de moldes de cáscara cerámica se ilustra a continuación por referencia a los ejemplos no limitantes siguientes:

Ejemplo 9 (comparativo):

40 Una preforma 1 de barra de cera de 8 pulgadas por 7/8 pulgadas por 3/8 pulgadas (203,2 mm x 22,2 mm x 9,5 mm) como la representada en la figura 1 se sumerge en la papilla refractaria del ejemplo 1. Por conveniencia, en este ejemplo se utiliza la misma papilla de refractario para ambos revestimientos primero y segundo.

45 La preforma de cera 1 se sumerge en la papilla refractaria durante ocho segundos, se retira, y se deja escurrir durante 10 segundos para formar un primer revestimiento. Una arena de circón que tiene un intervalo de tamaños de malla -70 a 140, disponible de DuPont Corp. se aplica como estuco al primer revestimiento. La pieza acabada de cera revestida y estucada resultante se seca durante 30 min a 75°F (23,9°C) y se sumerge luego nuevamente en la papilla refractaria durante ocho segundos para formar un segundo revestimiento, después de lo cual se estuca una vez más con la arena de circón de mallas -70 a 140.

50 La preforma de cera 1 que tiene dos revestimientos se sumerge luego en la papilla refractaria durante ocho segundos y se escurre durante 10 segundos. El producto revestido se estuca con sílice fundida Tecosil de mallas -50+100, disponible de C-E Minerals para formar una preforma estucada intermedia. La preforma estucada intermedia se seca luego durante 30 min a 75°F (23,9°C). La preforma estucada intermedia se sumerge en la papilla refractaria y se estuca con sílice fundida Tecosil de mallas -30+50. La preforma revestida y estucada de respaldo se seca luego a 75°F (23,9°C). Este ciclo de inmersión, escurrido, estucado, y secado se repite hasta proporcionar un total de cinco revestimientos adicionales.

60 Después de la formación de cada revestimiento o capa, porciones de los lados verticales 5 y lados laterales 1B de la preforma 1 se rascan para eliminar los revestimientos y el estuco a fin de producir un molde de cáscara cerámica 10 como se muestra en la figura 2. El molde de cáscara cerámica 10 se sumerge de nuevo en la papilla refractaria para proporcionar un revestimiento de sellado sobre la preforma. El molde de cáscara cerámica con revestimiento de sellado 10 se seca a 75°F (23,9°C) durante una noche. La cáscara cerámica secada resultante producida se

sumerge en agua hirviendo para retirar la preforma 1. La cáscara cerámica cruda secada y exenta de cera resultante 20, representada en la figura 3, se corta en mitades en sentido longitudinal, y se seca a 75°F (23,9°C) durante 4 horas.

- 5 Una sección de la cáscara cerámica 20 que mide 1 pulgada (25,4 mm) de anchura por 6 pulgadas (152,4 mm) de longitud por 0,3 pulgadas (7,6 mm) de espesor se evalúa en cuanto a resistencia cargando un segmento de 2 pulgadas (50,8 mm) de la sección hasta fallo en flexión a fin de determinar el módulo de rotura. El modo de rotura (MOR) de la cáscara cerámica se calcula utilizando la fórmula:

10
$$R = (3 WI)/(2bd^2)$$
 donde:

R	=	módulo de rotura en lb/in ²
W	=	carga en libras a la cual falló el espécimen
l	=	distancia (segmento) en pulgadas entre las líneas de centro de los bordes de apoyo inferiores
b	=	anchura del espécimen en pulgadas
d	=	profundidad del espécimen en pulgadas

El módulo de rotura para la cáscara cruda es 1.018 PSI (7.014 kPa). La cáscara cruda se calcina a 1850°F (1010°C) durante una hora. El módulo de rotura del molde de la cáscara quemado resultante es 1.044 PSI (7.193 kPa).

- 15 **Ejemplo 10 (comparativo):** Se repite el proceso del ejemplo 9 excepto que se emplea la papilla del ejemplo 8. El módulo de rotura para la cáscara cruda es 688 PSI (4.740 kPa). La cáscara cruda se calcina a 1850°F (1010°C) durante una hora. El módulo de rotura del molde de cáscara quemado resultante es 941 PSI (6,483kPa).

20 **Ejemplo 11 (comparativo):**

Se repite el proceso del ejemplo 9 excepto que se emplea la papilla del ejemplo 8A. El módulo de rotura para la cáscara cruda es 645 PSI (4.444 kPa). El molde de cáscara se calcina a 1850°F (1010°C) durante una hora. El módulo de rotura del molde quemado resultante es 694 PSI (4.782 kPa).

- 25 En otro aspecto de la invención, se emplea una papilla refractaria que incluye ceniza de cascarilla de arroz. Preferiblemente, la ceniza de cascarilla de arroz está constituida aproximadamente por 95% o más de sílice amorfa, siendo el resto carbono. Este tipo de ceniza de cascarilla de arroz está disponible de Agrilectric Power, Inc., Houston, TX. Se emplea un ligante de sol de sílice MegaPrime, disponible de Buntrock Industries, Inc. El uso de ceniza de cascarilla de arroz con mezclas secas de materiales refractarios se ilustra en los ejemplos no limitantes siguientes:

30 **Ejemplo 12 (comparativo):**

- 35 Se repite el proceso del ejemplo 9 excepto que la papilla refractaria utilizada incluye 1000 g del ligante de sol de sílice MegaPrime que tiene un pH de 10,5, un contenido de sólidos de 40%, un contenido valorable de Na₂O de 0,33%, un tamaño medio de partícula de aproximadamente 40 nm, una distribución de tamaño de partícula de aproximadamente 6 nm a aproximadamente 190 nm, y una desviación estándar de tamaño de partícula de aproximadamente 20 nm, y la mezcla seca está constituida por 1430 g de carga cerámica de Sílice 200 fundida. El MOR de la cáscara cruda es 621 PSI (4.279 kPa).

40 **Ejemplo 13 (comparativo):**

- 45 Se repite el proceso del ejemplo 9 excepto que la papilla refractaria utilizada incluye 1000 g del ligante de sol de sílice MegaPrime del ejemplo 12, y la mezcla seca está constituida por 1430 g de carga cerámica de Sílice 200 fundida, y 200 g de ceniza de cascarilla de arroz. El MOR de la cáscara cruda es 804 PSI (5.540 kPa).

Ejemplo 14 (comparativo):

- 50 Se repite el proceso del ejemplo 9 excepto que la papilla refractaria utilizada incluye 1000 g del ligante de sol de sílice MegaPrime del ejemplo 12, y la mezcla seca está constituida por 1430 g de Sílice 200 fundida, 200 g de ceniza de cascarilla de arroz, y 16 g de fibra de vidrio E 731 ED 1/8 pulgadas (3,18 mm) molida. El MOR del molde de cáscara crudo es 833 PSI (5.739 kPa).

55

Ejemplo 15 (comparativo):

Se repite el proceso del ejemplo 9 excepto que la papilla refractaria utilizada incluye 1000 g del ligante de sol de sílice MegaPrime del ejemplo 12, la mezcla seca está constituida por 1430 g de Sílice 200 fundida, 100 g de ceniza de cascarilla de arroz, 16 g de fibra de vidrio E 731 ED 1/8 pulgadas (3,18 mm) molida, y 4 g de fibra de vidrio E Chop Vantage 8610 desmenuzada de 1/8 pulgadas (3,18 mm). El MOR de la cáscara cruda es 1161 PSI (7.999 kPa).

Ejemplo 16 (comparativo):

Se repite el proceso del ejemplo 9 excepto que la papilla refractaria utilizada incluye 1000 g del ligante de sol de sílice Megasol® que tiene un pH de 9,5, un contenido de sólidos de 45% y un contenido valorable de Na₂O de 0,2%, y la mezcla seca está constituida por 1300 g de Sílice 200 fundida y 100 g de ceniza de cascarilla de arroz. El MOR de la cáscara cruda es 831 PSI (5.726 kPa).

Ejemplo 17 (comparativo):

Se repite el proceso del ejemplo 9 excepto que la papilla refractaria utilizada incluye 875 g del ligante de sol MegaPrime del ejemplo 12, y la mezcla seca está constituida por 1485 g de Sílice 120 fundida, 100 g de ceniza de cascarilla de arroz y 100 g de fibra de polietileno que tiene una longitud de 1 mm y un denier de 1,8.

Ejemplo 18 (comparativo):

Se repite el proceso del ejemplo 9 excepto que la papilla refractaria utilizada incluye 1000 g del ligante de sol de sílice MegaPrime que tiene un pH de 10,5, un contenido de sólidos de 40%, un contenido valorable de Na₂O de 0,33%, un tamaño medio de partícula de aproximadamente 40 nm, una distribución de tamaño de partícula de aproximadamente 6 nm a aproximadamente 190 nm, y una desviación estándar de tamaño de partícula de aproximadamente 20 nm, y la mezcla seca está constituida por 1430 g de carga cerámica de Sílice 200 fundida y 100 g de ceniza de cascarilla de arroz.

Ejemplo 19 (comparativo):

Se repite el proceso del ejemplo 9 excepto que la papilla refractaria utilizada incluye 1000 g del ligante de sol de sílice MegaPrime que tiene un pH de 10,5, un contenido de sólidos de 40%, un contenido valorable de Na₂O de 0,33%, un tamaño medio de partícula de aproximadamente 40 nm, una distribución de tamaño de partícula de aproximadamente 6 nm a aproximadamente 190 nm, y una desviación estándar de tamaño de partícula de aproximadamente 20 nm, y la mezcla seca está constituida por 1430 g de carga cerámica que incluye 50% de sílice fundida de malla 325, 25% de sílice fundida de malla 120, y 25% de sílice fundida de malla 50.

Ejemplo 20 (comparativo):

Se repite el ejemplo del proceso 19 excepto que se incluyen también 100 g de ceniza de cascarilla de arroz en la mezcla seca utilizada para preparar la papilla refractaria.

Ejemplo 21 (comparativo):

Se repite el proceso del ejemplo 9, excepto que la papilla refractaria utilizada incluye 1000 g de ligante de sol de sílice Megasol® que tiene un contenido de sólidos de 45%, un pH de 9,5 y un contenido valorable de Na₂O de 0,2%, un tamaño medio de partícula de aproximadamente 40 nm, una distribución de tamaño de partícula de aproximadamente 6 nm a aproximadamente 190 nm, y una desviación estándar de tamaño de partícula de aproximadamente 20 nm, y la mezcla seca es una mezcla de 100 g de fibra cerámica y 1500 g de carga cerámica. La fibra cerámica es fibra Wollastonita One. La carga cerámica incluye 700 g de Sílice 120 fundida, 700 g de Sílice 200 fundida, y 100 g de mullita de malla 100. El MOR es 910 PSI (6.270 kPa).

Ejemplo 22 (comparativo):

Se repite el proceso del ejemplo 21 excepto que se incluyen también 100 g de ceniza de cascarilla de arroz en la mezcla seca utilizada para preparar la papilla refractaria.

Ejemplo 23 (comparativo):

Este ejemplo ilustra la fabricación de moldes de cáscara cerámica sin el uso de estuco.

Una preforma 1 de barra de cera de 8 pulgadas (203,2 mm) por 7/8 pulgadas (22,2 mm) por 3/8 pulgadas (9,5 mm) como la representada en la figura 1 se sumerge en una papilla refractaria que incluye 1000 g del Megasol® utilizado en el ejemplo 1, y una mezcla seca de 2135 g de carga cerámica y 213 g de fibra refractaria Wollastonita. La carga cerámica incluye 1485 g de sílice fundida de malla 200, 250 g de mullita de malla 35, y 400 g de mullita de malla 48. En este ejemplo, se utiliza la misma papilla refractaria para los revestimientos primero y segundo.

La preforma de cera 1 se sumerge en la papilla refractaria durante 8 segundos, se retira, y se deja escurrir durante 10 segundos para formar un primer revestimiento. La preforma de cera revestida se seca durante 30 min a 75°F (23,9°C) y se sumerge luego nuevamente en la papilla refractaria durante 8 segundos para formar un segundo revestimiento.

La preforma de cera 1 que tiene dos revestimientos se sumerge luego en la papilla refractaria durante 8 segundos y se escurre durante 10 segundos. La preforma revestida se seca luego durante 30 min a 75°F (23,9°C). Este ciclo de inmersión, escurrido y secado se repite hasta proporcionar un total de cinco revestimientos adicionales.

Después de la aplicación de cada revestimiento o capa, porciones de los lados verticales 5 y los lados laterales 1B de la preforma 1 se rascan para eliminar los revestimientos a fin de producir un molde de cáscara cerámica 10 como se muestra en la figura 2. El molde de cáscara cerámica 10 se sumerge luego en la papilla refractaria para proporcionar un revestimiento de sellado sobre la preforma. El molde de cáscara cerámica provisto del revestimiento de sellado 10 se seca a 75°F (23,9°C) durante una noche. La cáscara cerámica secada resultante producida se sumerge en agua hirviendo para eliminar la preforma 1 a fin de producir una cáscara cerámica cruda exenta de cera y secada. El molde de cáscara crudo se quema luego a 1850°F (1010°C) para producir un molde de cáscara cerámica quemado.

Ejemplo 24 (comparativo):

Se repite el procedimiento del ejemplo 23 excepto que la mezcla seca incluye 213 g de fibra de vidrio E.

Ejemplo 25 (comparativo):

Se repite el procedimiento del ejemplo 23 excepto que la mezcla seca incluye 100 g de ceniza de cascarilla de arroz.

Ejemplo 26 (comparativo):

Se repite el procedimiento del ejemplo 24 excepto que la mezcla seca incluye 100 g de ceniza de cascarilla de arroz.

En los ejemplos 27-32 se forman cáscaras cerámicas por aplicación de una primera papilla para formar un revestimiento que no tiene fibras sobre una preforma de cera fungible. Se aplican luego a la preforma uno o más revestimientos subsiguientes, cada uno de los cuales está formado por adición de una mezcla seca que incluye fibras y carga con sol coloidal, para producir una preforma con revestimiento cerámico.

La preforma de cera empleada tiene la forma de una barra en forma de triángulo equilátero que mide 1,25 pulgadas (31,8 mm) de lado, 8 pulgadas (203,2 mm) de longitud, y tiene un radio de curvatura de 0,070 pulgadas (1,8 mm) en cada esquina. La preforma triangular de cera está disponible de Buntrock Industries, Inc. Antes de utilizarla, la preforma de cera se trata típicamente por limpieza de la misma con un disolvente tal como tricloroetano y alcohol (aproximadamente una mezcla 50:50), Freón, acetona, metil-etil-cetona, solución detergente de base acuosa o una emulsión acuosa que contiene d-limoneno. Un método especialmente satisfactorio de preparación de la preforma de cera consiste en tratar la misma con una suspensión coloidal de alúmina como se encuentra en la Pattern Wetting Solution from Buntrock Industries, Inc.

Se prepara una cáscara por inmersión de la preforma triangular de cera tratada en una primera papilla, estucado, secado e inmersión en una segunda papilla, estucado y secado. La aplicación de la segunda papilla, el estucado y el secado se repiten hasta que se obtiene una cáscara del espesor deseado. La preforma de cera se funde luego para producir una cáscara cerámica cruda. Los espesores del centro y de las esquinas de la cáscara se miden y se comparan para evaluar la uniformidad. Las medidas demuestran que el espesor de cada una de las esquinas de la cáscara se incrementan y que la uniformidad de la cáscara mejora significativamente por utilización de papillas producidas a partir de mezclas secas que incluyen fibras. El uso de estas papillas hace posible también una utilización mejor de los materiales y minimiza la formación de grietas en los puntos de fatiga elevada tales como las esquinas de la cáscara.

Ejemplo 27 (conforme a la invención): Este ejemplo muestra el uso de una primera papilla de revestimiento formada por mezclado de una mezcla de cargas cerámicas con un sol de sílice coloidal, y una segunda papilla formada por mezclado de una mezcla de una carga cerámica y fibra de nailon con un sol de sílice coloidal.

Se forma una primera papilla por mezcla de 75 partes de una mezcla seca de dos cargas cerámicas con 25 partes de sol de sílice coloidal Nyacol 830 (disponible de Eka Chemical) que se diluye con agua hasta una concentración de sílice de 25%. Nyacol 830 tiene 30% en peso de partículas de sílice con un diámetro medio de 10 nm. El pH de la papilla es 10,5 y tiene una viscosidad a 25°C de 8 cps. La densidad del sol es 10 lb/gal (0,998 kg/l), y tiene un contenido de Na₂O de 0,55% en peso. La mezcla seca incluye 20 partes de Sílice 200f fundida y 80 partes de circón de malla 325. La viscosidad de la papilla se ajusta a 20 segundos en una copa Zahn #5 por adición de agua.

La segunda papilla se prepara por mezcla de 825 partes de BI-2010 y 550 partes de TMM-30. BI-2010, de Buntrock Industries, Inc., es una mezcla seca que incluye sílice fundida y ceniza de cascarilla de arroz junto con fibra de nailon. TMM-30 es un sol de sílice coloidal al 30% disponible de Buntrock Industries, Inc. La papilla de revestimiento de respaldo se diluye con agua hasta una viscosidad de 17 segundos en una copa Zahn #5.

Una preforma triangular de cera, tratada como se ha descrito arriba, se sumerge en la primera papilla, se estuca con arena de circón 115 AFS, y se seca al aire a la temperatura ambiente durante 2 horas para formar una preforma. La preforma se sumerge luego en la segunda papilla, se estuca con sílice fundida de malla -30+50 (disponible de CE Minerals, Inc.), y se seca a la de a la temperatura de durante 4 horas. Este paso se repite dos veces más para producir un total de tres revestimientos estucados de la segunda papilla. La preforma resultante se provee de un revestimiento de sellado sumergiéndola una sola vez en la segunda papilla y secándola al aire a la temperatura ambiente durante 8 horas.

La preforma se calienta a 200°F (93,3°C) para eliminar la preforma de cera a fin de obtener una cáscara cruda. Se miden el espesor y la uniformidad de la cáscara. El espesor medio de cáscara de la cáscara cruda era 0,368 pulgadas (9,35 mm) en los centros y 0,316 pulgadas (8,03 mm) en las esquinas con una uniformidad de 85,9%.

Ejemplo 27A (conforme a la invención): Este ejemplo muestra el uso de una primera papilla formada por mezcla de una carga cerámica con un sol de sílice coloidal, y una segunda papilla formada por mezcla de una mezcla de cargas cerámicas y fibra de nailon con un sol de sílice coloidal.

Se repite el método del ejemplo 27, excepto que se emplean 65 partes de sílice fundida en sustitución de las 75 partes de la mezcla seca de cargas cerámicas y se mezclan luego con las 25 partes de Nyacol 830 en la primera papilla.

Ejemplo 28 (conforme a la invención): Este ejemplo muestra el uso de una primera papilla formada por mezcla de una mezcla de cargas cerámicas con un sol de sílice coloidal, y una segunda papilla formada por mezcla de una mezcla de cargas cerámicas y fibra de nailon con un sol de sílice coloidal modificado por látex.

Se sigue el procedimiento del ejemplo 27, excepto que se aplican cinco revestimientos de la segunda papilla. Cada revestimiento formado por utilización de la segunda papilla incluyen 15 partes de la mezcla seca BI-2010 empleada en el ejemplo 27, y 10 partes de sol de sílice TMM-30 que está modificado por adición de 6% en peso de polímero de látex QDA basado en el peso del sol TMM-30. El polímero de látex QDA está disponible de Buntrock Industries, Inc. La segunda papilla tiene una viscosidad de 15-16 segundos en una copa Zahn #5.

La preforma resultante se calienta a 200°F (93,3°C) para eliminar la preforma de cera a fin de formar una cáscara cruda. Se miden el espesor y la uniformidad de la cáscara. El espesor medio de la cáscara en los centros es 0,404 pulgadas (10,3 mm) y 0,311 pulgadas (7,9 mm) en las esquinas, con una uniformidad de 77,0%.

Ejemplo 29 (conforme a la invención): Este ejemplo muestra el uso de una primera papilla formada por mezcla de una mezcla de cargas cerámicas con un sol de sílice coloidal, y una segunda papilla formada por mezcla de una mezcla de cargas cerámicas y fibra de polipropileno con un sol de sílice coloidal.

Se utiliza el procedimiento del ejemplo 27 excepto que la segunda papilla se forma utilizando Gray Matter de Ondeo Nalco en sustitución de la mezcla seca BI-2010. Gray Matter es una mezcla seca de sílice fundida, sílice de combustión y fibra de polipropileno que tienen una longitud media de 3,2 mm. La viscosidad de la segunda papilla es 15-16 segundos en una copa Zahn #5. La preforma revestida se calienta a 200°F (93,3°C) para eliminar la preforma de cera a fin de formar una cáscara cruda. El espesor medio de la cáscara en los centros es 0,374 pulgadas (9,5 mm) y 0,286 pulgadas (7,3 mm) en las esquinas con una uniformidad de 76,5%.

Ejemplo 30 (conforme a la invención): Este ejemplo muestra el uso de una primera papilla formada por mezcla de una mezcla de cargas cerámicas con un sol de sílice coloidal, y una segunda papilla formada por mezcla de una mezcla de una pluralidad de cargas cerámicas y fibra de polipropileno con un sol de sílice coloidal.

La primera papilla se prepara por mezclado de 35 partes de una primera mezcla seca de cargas cerámicas con 10 partes de sol de sílice coloidal Nyacol 1430 de Eka Chemical. La primera mezcla seca de cargas cerámicas incluye 75 partes de circón (malla -325), y 25 partes de Sílice 200f fundida. La viscosidad de la primera papilla se ajusta con agua a 24 segundos en una copa Zahn #5.

5 Se prepara una segunda papilla por mezclado de 24 partes de una segunda mezcla seca con 10 partes de sol de sílice coloidal Nyacol 830. La segunda mezcla seca incluye 1% en peso de fibra de polipropileno de 3,3 mm de longitud, 60% en peso de Sílice 120f fundida, 35% de Sílice 200f fundida y 4% en peso de sílice de combustión (disponible de CE Minerals, Inc.), estando basadas todas las cantidades en el peso total de la segunda mezcla seca.
10 La segunda papilla se diluye con agua hasta alcanzar una concentración de sílice de 25% y una viscosidad de 16 segundos en una copa Zahn #5. Las cáscaras se preparan como en el ejemplo 27.

Ejemplo 31 (conforme a la invención): Este ejemplo muestra el uso de una primera papilla formada a partir de una sola carga cerámica y un sol de sílice coloidal, y una segunda papilla formada a partir de una mezcla de cargas cerámicas y fibra de nailon con un sol de sílice coloidal.

La primera papilla se prepara utilizando 80% en peso de harina de circón de malla -200 (Continental Minerals) y 20% en peso de Nyacol 830. Una preforma de cera preparada como en el ejemplo 27 se sumerge en la primera papilla, se estuca con arena de circón 115 AFS (Continental Minerals), y se seca al aire. Se prepara una segunda papilla a partir de 10 partes de TMM30 y 15 partes de mezcla seca BI 2010. La preforma revestida se sumerge en la segunda papilla, se estuca con sílice fundida SS30 (disponible de Buntrock Industries, Inc.) y se seca al aire para construir la preforma. Este paso se repite cuatro veces más para producir una preforma que tiene cinco revestimientos de la segunda papilla.

25 La preforma estucada resultante se provee de un revestimiento de sellado sumergiéndola una sola vez en la segunda papilla. La preforma estucada se calienta a 200°F (93,3°C) para eliminar la preforma de cera a fin de formar una cáscara cruda. El espesor medio de cáscara en los centros es 0,528 pulgadas (13,4 mm) y 0,482 pulgadas (12,2 m) en las esquinas con uniformidad de 91,3%.

30 **Ejemplo 31A (conforme a la invención):** Este ejemplo muestra el uso de una primera papilla formada a partir de una sola carga cerámica y un sol de sílice coloidal, y una segunda papilla formada a partir de una mezcla de cargas cerámicas y fibra de nailon con un sol de sílice coloidal modificado con látex.

35 Se sigue el procedimiento del ejemplo 31 excepto que se emplea sol de sílice TMM-30 que está modificado por adición de 6% en peso de polímero de látex QDA en sustitución del sol de sílice TMM-30.

Ejemplo 32 (conforme a la invención): Este ejemplo muestra el uso de una primera papilla formada a partir de una sola carga cerámica con un sol de sílice coloidal, y una segunda papilla formada a partir de una mezcla de cargas cerámicas y fibra de nailon con un sol de sílice coloidal.

40 La primera papilla se prepara por mezclado de 78 partes de harina de circón de malla -325 (disponible de Continental Minerals) y 20 partes de sol de sílice TMM30 hasta alcanzar una viscosidad de 22 segundos en una copa Zahn #5. La segunda papilla se prepara a partir de 150 partes de BI 2010 y 100 partes de TMM30. La segunda papilla tiene una viscosidad de 15 segundos en una copa Zahn #5.

45 Una preforma triangular de cera como en el ejemplo 27 se sumerge en la primera papilla, se estuca con arena de circón AFS 110 a 125 y se seca al aire para producir una preforma estucada. La preforma estucada se sumerge de nuevo en la primera papilla, se estuca con sílice fundida -50+100 (CE Minerals) y se seca al aire. La preforma estucada resultante se sumerge en la segunda papilla, se estuca con sílice fundida SS-30 (Buntrock Industries, Inc.), y se seca al aire. Este paso se repite dos veces más para producir una preforma que tiene un total de tres revestimientos estucados de la segunda papilla. La preforma se calienta a 200°F (93,3°C) para eliminar la preforma de cera a fin de formar una cáscara cruda. El espesor de la cáscara es 0,372 pulgadas (9,4 mm) en los centros y 0,307 pulgadas (7,8 mm) en las esquinas con uniformidad de 82,5%.

55 Los ejemplos 33 y 34 son ejemplos comparativos que muestran el uso de primera y segunda papillas que incluyen carga cerámica pero sin fibra.

60 **Ejemplo 33 (comparativo):** Este ejemplo muestra el uso de una primera papilla formada por mezclado de una sola carga cerámica con un sol de sílice coloidal, y una segunda papilla formada por mezclado de una mezcla de una pluralidad de cargas cerámicas y sol de sílice coloidal.

Los especímenes de cáscara se preparan como en el ejemplo 31, excepto que la segunda papilla está formada por mezclado de una mezcla seca de 490 partes de Sílice 120f fundida y 1122 partes de Sílice 200f fundida (CE Minerals) con 790 partes de Nyacol 830 y 98 partes de agua, y también que el estuco aplicado a la segunda papilla

es sílice fundida -30+50 (CE Minerals). La preforma se calienta a 200°F (93,3°C) para eliminar la preforma de cera a fin de formar una cáscara cruda. El espesor medio de cáscara en los centros era 0,418 pulgadas (10,6 mm) y 0,327 (8,3 mm) en las esquinas con una uniformidad de 78,2%.

5 **Ejemplo 34 (comparativo):** Este ejemplo muestra el uso de una primera papilla formada por mezclado de una sola carga cerámica y un sol de sílice coloidal, y una segunda papilla formada por mezclado de una sola carga cerámica y sol de sílice coloidal.

10 Se preparan especímenes de cáscara como en el ejemplo 31, excepto que la segunda papilla se prepara a partir de 70 partes de Sílice 200f fundida (CE Minerals) y 30 partes de Nyacol 830, y que cada uno de los revestimientos de la segunda papilla se estuca con sílice fundida -30+50 (CE Minerals). Se aplican un total de cuatro revestimientos de la segunda papilla con estucado, así como un revestimiento de sellado. El revestimiento de sellado emplea la segunda papilla. La preforma se calienta a 200°F (93,3°C) para eliminar la preforma de cera a fin de formar una cáscara cruda. El espesor de cáscara es 0,285 en los centros y 0,229 en las esquinas con una uniformidad de 80,5%.

15 Los ejemplos 35-41 (**comparativos**) muestran la versatilidad de papillas formadas a partir de mezclas de fibra seca en la construcción de cáscaras. En los ejemplos 35-37, se emplean mezclas secas 1 a 4 y papillas AA a DD. La designación de las papillas AA a DD se adopta para demostrar que son factibles numerosas papillas que emplean diferentes combinaciones de mezclas secas con soles coloidales. Adicionalmente, las diversas papillas pueden emplearse en un revestimiento premium o como revestimiento de respaldo, como se comprenderá por los ejemplos que siguen.

20 La mezcla seca número 1 se prepara por mezclado de 0,5% en peso de fibras de nailon Wex que tienen una longitud media de 0,5 mm, 50% en peso de Sílice 200f fundida (disponible de CE Minerals), y 49,5% en peso de circón de malla 325 (disponible de Continental Minerals, Inc.), estando basadas todas las cantidades en el peso total de la mezcla. La papilla AA se forma por mezclado de 75 partes de mezcla seca número 1 con 30 partes de Nyacol 830, donde el Nyacol 830 se diluye con agua hasta alcanzar una concentración de sílice de 25%. La viscosidad de la papilla AA se ajusta con agua a 22 segundos en una copa Zahn #5.

25 La mezcla seca número 2 se prepara por mezclado de una mezcla de 50% en peso de Sílice 200f fundida (disponible de CE Minerals), y 50% en peso de circón de malla 325 (disponible de Continental Minerals, Inc.), estando basadas todas las cantidades en el peso total de la mezcla. La papilla BB se prepara de la misma manera que se ha descrito arriba para la papilla AA, excepto que se emplea la mezcla seca 2 en sustitución de la mezcla seca 1. La viscosidad de la papilla BB se ajusta a 22 segundos en una copa Zahn número #5 por adición de agua.

30 La mezcla seca número 3 es BI-2010 (disponible de Buntrock Industries, Inc.). La papilla CC se prepara utilizando 15 partes de BI-2010 y 10 partes de ligante de sílice coloidal TMM-30. La viscosidad de la papilla CC se ajusta a 16 segundos en una copa Zahn #5 por adición de agua.

35 La mezcla seca número 4 se prepara por mezclado de 1% en peso de fibra de nailon Wex que mide 1,6 mm de longitud y 99% en peso de Mulgrain M60 200ICC (disponible de CE Minerals, Inc.), estando basadas todas las cantidades en el peso total de la mezcla. La papilla DD se fabrica con 40 partes de Megasol® (disponible de Buntrock Industries) y 60 partes de mezcla seca número 4. La papilla DD se ajusta a una viscosidad de 14 segundos en una copa Zahn #5 por adición de agua.

40 **Ejemplo 35 (comparativo):** Este ejemplo muestra el uso de una papilla de revestimiento premium formada por mezclado de una mezcla de cargas cerámicas y fibra de nailon con sol de sílice coloidal, así como una papilla de revestimiento de respaldo formada por mezclado de una mezcla de cargas cerámicas y fibra de nailon con sol de sílice coloidal.

45 Una preforma triangular de cera como en el ejemplo 31 se sumerge en una Solución de Humectación Patrón (Buntrock Industries) que contiene alúmina coloidal y agente humectante. La preforma tratada resultante se sumerge una sola vez en la papilla AA, se estuca con arena de circón y se seca al aire para formar una preforma revestida y estucada premium. La preforma revestida premium se sumerge de nuevo en la papilla AA, se estuca con sílice fundida SS-30 para producir una preforma revestida estucada de respaldo, y se seca luego al aire. Este paso se repite tres veces para producir un total de cuatro revestimientos de respaldo estucados. La preforma estucada se calienta a 200°F (93,3°C) para eliminar la preforma de cera a fin de formar una cáscara cruda.

50 **Ejemplo 36 (comparativo):** Este ejemplo muestra el uso de una primera papilla de revestimiento premium formada por mezclado de una mezcla de cargas cerámicas con sol de sílice coloidal, una segunda papilla de revestimiento premium formada por mezclado de una mezcla de cargas cerámicas y fibra de nailon con sol de sílice coloidal, y una papilla de revestimiento de respaldo formada por mezclado de una mezcla de una sola carga cerámica y fibra de nailon con sol de sílice coloidal.

Se prepara una preforma de cera como en el ejemplo 35, se reviste con la Solución de Humectación Patrón y se seca al aire. La preforma de cera se sumerge en la papilla BB, y se estuca con arena de circón y se seca al aire para formar una primera preforma estucada de revestimiento premium. La preforma estucada de revestimiento premium se sumerge luego en la papilla CC, se estuca con sílice fundida -50+100 y se seca al aire para producir una preforma bicapa estucada de revestimiento premium. La preforma bicapa estucada se sumerge en la papilla DD, y se estuca con Mulgrain M47 22S (disponible de CE Minerals, Inc.) y se seca al aire para producir una preforma revestida y estucada de respaldo. Este paso se repite dos veces para producir una preforma que tiene un total de tres revestimientos estucados de respaldo. La preforma se calienta a 200°F (93,3°C) para eliminar la preforma de cera a fin de formar una cáscara cruda.

Ejemplo 36A (comparativo): Este ejemplo muestra el uso de una primera papilla de revestimiento premium formada por mezcla de una mezcla de cargas cerámicas con sol de sílice coloidal, una segunda papilla de revestimiento premium formada por mezcla de una mezcla de carga cerámica y fibra cerámica con sol de sílice coloidal, y una papilla de revestimiento de respaldo formada por mezcla de una mezcla de carga cerámica y fibra cerámica con sol de sílice coloidal.

Se sigue el proceso del ejemplo 36, excepto que se emplea fibra cerámica Wollastonita en lugar de nailon en cada una de las mezclas 3 y 4 para uso en la papilla CC aplicada como un segundo revestimiento premium y se aplica la papilla DD como un revestimiento de respaldo.

Ejemplo 37 (comparativo): Este ejemplo muestra el uso de un revestimiento premium formado por mezcla de una mezcla de cargas cerámicas con sol de sílice coloidal y una papilla de revestimiento de respaldo formada por mezcla de una mezcla de cargas cerámicas y fibra de nailon con sol de sílice coloidal.

Una preforma triangular de cera como en el ejemplo 35 se trata con Solución de Humectación Patrón y se seca al aire como en el ejemplo 35. La preforma se sumerge en la papilla BB, se estuca con Mulgrain M47 105AFS (disponible de CE Minerals, Inc.) y se seca al aire para producir una preforma revestida premium estucada. La preforma revestida premium estucada se sumerge en papilla CC, se estuca con Mulgrain M47 22S y se seca al aire para producir una preforma revestida estucada de respaldo. Este paso se repite tres veces para producir una preforma que tiene cuatro revestimientos de respaldo estucados. La preforma se calienta a 200°F (93,3°C) para eliminar la preforma de cera a fin de formar una cáscara cruda.

Ejemplo 38 (comparativo): Este ejemplo muestra el uso de un primer revestimiento premium formado por mezcla de una mezcla de cargas cerámicas con sol de sílice coloidal, un segundo revestimiento premium formado por mezcla de una mezcla de cargas cerámicas con sol de sílice coloidal que tiene un modificador de látex, y una papilla de respaldo formada por mezcla de una mezcla de cargas cerámicas con sol de sílice coloidal que tiene un modificador de látex. Este ejemplo muestra la diferencia en la construcción de la cáscara y la carga de rotura cuando se emplean papillas que no incluyen fibra.

Una barra de cera que mide 8 pulgadas (203,2 mm) de longitud por 1,25 pulgadas (31,8 mm) de anchura por 0,25 pulgadas (6,4 mm) de espesor se sumerge en la Solución de Humectación Patrón de Buntrock Industries. La barra de cera tratada resultante se seca al aire para producir una barra revestida que lleva un film hidrófilo de alúmina coloidal secada. La barra se sumerge luego en una primera papilla de revestimiento premium formada por mezcla de 2000 g de una mezcla que incluye 75% en peso de circón 200 y 25% en peso de Sílice 120f fundida con 625 g de Nyacol 830. La viscosidad de esta primera papilla de revestimiento premium es 20 segundos en una copa Zahn #4. La barra que lleva el primer revestimiento premium se seca luego al aire.

La barra secada al aire se humecta con sol de sílice TMM-30 diluido con agua hasta 15% de concentración antes de la aplicación de una segunda papilla de revestimiento premium. La barra pre-humectada resultante, sin secado, se sumerge en una segunda papilla que está formada por mezcla de una mezcla 50:50 de Sílice 120f fundida y Sílice 200f fundida con sol de sílice acuoso TMM-30 que se ha modificado para incluir 10% en peso de polímero de látex, basado en el sol TMM-30. La segunda papilla de revestimiento premium tiene una viscosidad de 15 segundos en una copa BI#5. La copa BI#5 está disponible de Buntrock Industries.

El segundo revestimiento premium se estuca con arena de circón para formar una barra revestida premium estucada y se seca al aire. La barra de revestimiento premium estucada y secada se sumerge de nuevo en la segunda papilla y se estuca luego con sílice fundida -30+50 (CE Minerals) y se seca al aire para producir una barra revestida estucada de respaldo. Este paso se repite tres veces para producir una barra que lleva cuatro revestimientos estucados de respaldo. Se aplica un revestimiento de sellado por inmersión de la barra resultante en la segunda papilla y se seca luego al aire sin aplicación de estuco.

Utilizando este procedimiento, se producen dos barras estucadas. Cada barra se seca al aire, y se calienta luego a 200°F (93,3°C) para fundir la cera a fin de producir cáscaras cerámicas crudas. El espesor de cáscara en la primera barra es 0,229 pulgadas (5,8 mm), y el espesor de cáscara en la segunda barra es 0,244 pulgadas (6,2 mm). Cada

cáscara mide 6,5 pulgadas (165,1 mm) de longitud y 1,25 pulgadas (31,8 mm) de anchura. La primera cáscara se evalúa respecto a carga de rotura en crudo y en seco y el MOR como se ha descrito arriba. La primera cáscara tiene una carga de rotura en crudo y en seco de 16,23 lb (7,37 kg), y un MOR en crudo y en seco de 733 PSI (5.050 kPa).

- 5 La segunda cáscara se impregna durante 2 min en agua hirviendo y se elimina luego. Esta segunda cáscara, mientras está caliente y húmeda, se ensaya utilizando los procedimientos arriba descritos para obtener la carga de rotura y el MOR. La carga de rotura para la segunda cáscara en caliente y en húmedo es 4,74 lb (2,15 kg), y su MOR es 189 PSI (1.302 kPa).

- 10 **Ejemplo 39 (comparativo):** Este ejemplo muestra el uso de una primera papilla de revestimiento premium formada por mezcla de una mezcla de una carga cerámica con sol de sílice coloidal, una segunda papilla de revestimiento premium formada por mezcla de una mezcla de cargas cerámicas y fibra de polipropileno con un sol de sílice coloidal que tiene un modificador de látex, y una papilla de revestimiento de respaldo formada por mezcla de una mezcla de cargas cerámicas y fibra de polipropileno con un sol de sílice coloidal que tiene un modificador de látex.

- 15 Se sigue el procedimiento del ejemplo 38 excepto que se emplea una mezcla seca Gray Matter de Ondeo Nalco en sustitución de la mezcla 50:50 de Sílice 120f fundida y Sílice 200f fundida utilizada para formar la segunda papilla. La segunda papilla tiene una viscosidad de 15 segundos en una copa Bl#5. La mezcla seca Gray Matter incluye sílice fundida, sílice de combustión, y fibra de polipropileno. Se producen una primera cáscara de 0,263 pulgadas (6,7 mm) de espesor y una segunda cáscara de 0,260 pulgadas (6,6 mm) de espesor. La primera cáscara tiene una carga de rotura en crudo y en seco de 13,60 lb (6,17 kg) y un MOR en crudo y en seco de 478 PSI (3293 kPa). La segunda cáscara, después de haber sido impregnada en agua hirviendo durante 2 min, se ensaya como anteriormente para determinar la carga de rotura y el MOR. La cáscara tiene una carga de rotura en húmedo y en caliente de 6,64 lb (3,01 kg) y un MOR en húmedo y en caliente de 239 PSI (1647 kPa).

- 20 **Ejemplo 40 (comparativo):** Este ejemplo muestra el uso de una primera papilla de revestimiento premium formada por mezcla de una mezcla de cargas cerámicas con sol de sílice coloidal, una segunda papilla de revestimiento premium formada por mezcla de una mezcla de cargas cerámicas y fibra de nailon con un sol de sílice coloidal, y una papilla de revestimiento de respaldo formada por mezcla de una mezcla de cargas cerámicas y fibra de nailon con un sol de sílice coloidal.

- 25 Se sigue el procedimiento del ejemplo 38, excepto que en la segunda papilla se emplea la mezcla seca BI-2010 disponible de Buntrock Industries en sustitución de la mezcla 50:50 de Sílice 120f fundida y Sílice 200f fundida y se utiliza sol de sílice TMM-30 en sustitución del sol de sílice TMM-30 modificado por látex. La segunda papilla tiene una viscosidad de 15 segundos en una copa Bl#5. Se producen una primera cáscara de 0,332 pulgadas (8,4 mm) de espesor y una segunda cáscara de 0,370 pulgadas (9,4 mm) de espesor. La primera cáscara tiene una carga de rotura en crudo y en seco de 20,61 lb (9,36 kg) y un MOR en crudo y en seco de 443 PSI (3052 kPa). La segunda cáscara, después de haber sido impregnada en agua hirviendo durante 2 min, tiene una carga de rotura en húmedo y en caliente de 13,24 lb (6,01 kg) y un MOR en húmedo y en caliente de 230 PSI (1185 kPa).

- 30 **Ejemplo 41 (comparativo):** Este ejemplo muestra el uso de una primera papilla de revestimiento premium formada por mezcla de una mezcla de cargas cerámicas con sol de sílice coloidal, una segunda papilla de revestimiento premium formada por mezcla de una mezcla de cargas cerámicas y fibra de nailon con un sol de sílice coloidal, y una papilla de revestimiento de respaldo formada por mezcla de una mezcla de carga cerámica y fibra de polipropileno con un sol de sílice coloidal.

- 35 Siguiendo el procedimiento del ejemplo 38, se aplica un primer revestimiento premium a la barra de cera, se seca al aire, y se humecta luego con el sol de sílice TMM-30 diluido. Antes del secado, se aplica a la barra un segundo revestimiento premium por inmersión de la misma en la segunda papilla utilizada en el ejemplo 40 y se seca al aire. La barra revestida premium resultante se sumerge luego en una papilla de revestimiento de respaldo formada a partir de mezcla seca Gray Matter y sol de sílice coloidal TMM-30. La papilla de revestimiento de respaldo tiene una viscosidad de 15 segundos en una copa Bl#5. La barra revestida de respaldo se estuca luego con sílice fundida - 30+50 (CE Minerals) y se seca al aire para producir una barra revestida de respaldo estucada. Este paso se repite tres veces para producir una barra que lleva cuatro revestimientos de respaldo estucados. Se aplica un revestimiento de sellado final por inmersión de la barra en la papilla de revestimiento de respaldo y se seca al aire sin aplicación de estuco.

- 40 Utilizando este procedimiento, se producen dos barras estucadas. Cada barra se seca al aire, y se libera luego de cera como en el ejemplo 38. El espesor de la cáscara en la primera barra es 0,287 pulgadas (7,29 mm), y el espesor de la cáscara en la segunda barra es 0,288 pulgadas (7,32 mm). La primera cáscara tiene una carga de rotura en crudo y en seco de 18,68 lb (8,48 kg), y un MOR en crudo y en seco de 547 PSI (3769 kPa). La segunda cáscara, después de haber sido impregnada en agua hirviendo durante 2 min, tiene una carga de rotura en húmedo y en caliente de 8,91 lb (4,08 kg), y un MOR en húmedo y en caliente de 261 PSI (1798 kPa).

Ejemplo 42 (comparativo): Este ejemplo muestra el uso de una papilla de revestimiento premium formada por mezcla de una mezcla de carga cerámica y fibra cerámica con sol de sílice coloidal y una papilla de revestimiento de respaldo formada por mezcla de una mezcla de carga cerámica y fibra cerámica con un sol de sílice coloidal.

5 Una preforma triangular de cera como en el ejemplo 35 se sumerge una sola vez en una papilla que está formada por mezcla de 20 partes de una mezcla de 98% de carga cerámica de sílice fundida y 2% de fibra cerámica de Wollastonita con 12 partes de sol TMM-30. La preforma revestida resultante se estuca con arena de circón y se seca al aire para formar una preforma estucada y revestida premium. La preforma revestida premium se sumerge de nuevo en la papilla, se estuca con sílice fundida SS-30 para producir una preforma revestida de respaldo estucada, y se seca luego al aire. Este paso se repite tres veces para producir un total de cuatro revestimientos de respaldo estucados. La preforma estucada se calienta luego a 200°F (93,3°C) para eliminar la preforma de cera a fin de formar una cáscara cruda.

15 **Ejemplo 43 (comparativo):** Este ejemplo muestra el uso de un revestimiento premium formado por mezcla de una mezcla de carga cerámica y fibras cerámicas con sol de sílice coloidal y un revestimiento de respaldo formado por mezcla de una mezcla de una carga cerámica y una pluralidad de fibras cerámicas con sol de sílice coloidal.

20 Una preforma triangular de cera como en el ejemplo 35 se sumerge una sola vez en una papilla que está formada por mezcla de 24 partes de una mezcla formada por 97 partes de carga cerámica de sílice fundida y 3 partes de una mixtura formada por 50 partes de fibra cerámica Kaowool y 50 partes de fibra cerámica Saffil, con 10 partes de sol de sílice Nyacol 830. La preforma revestida resultante se estuca con arena de circón y se seca al aire para formar una preforma estucada y revestida premium. La preforma revestida premium se sumerge de nuevo en la papilla, se estuca con sílice fundida ese SS-30 para producir una preforma revestida de respaldo estucada, y se seca al aire. Este paso se repite tres veces para producir un total de cuatro revestimientos de respaldo estucados. La preforma estucada se calienta luego a 200°F (93,3°C) para eliminar la preforma de cera a fin de formar una cáscara cruda.

30 **Ejemplo 44 (comparativo):** Este ejemplo muestra el uso de un revestimiento premium formado por mezcla de una mezcla de cargas cerámicas y fibra de polipropileno con sol de sílice coloidal y un revestimiento de respaldo formado por mezcla de una mezcla de cargas cerámicas y fibra de polipropileno con sol de sílice coloidal.

35 Una preforma triangular de cera como en el ejemplo 35 se sumerge una sola vez en una papilla que está formada por mezcla de 28 partes de una mezcla formada por 50 partes de carga cerámica de circón y 50 partes de una mixtura formada por 96 partes de sílice fundida y 4 partes de fibra de polipropileno, con 10 partes de sol de sílice Nalcoag 1130. La preforma revestida resultante se estuca con arena de circón y se seca al aire para formar una preforma estucada y revestida premium. La preforma revestida premium se sumerge de nuevo en la papilla, se estuca con sílice fundida ese SS-30 la para producir una preforma revestida de respaldo estucada, y se seca luego al aire. Este paso se repite tres veces para producir un total de cuatro revestimientos de respaldo estucados. La preforma estucada se calienta luego a 200°F (93,3°C) para eliminar la preforma de cera a fin de formar una cáscara cruda.

45 **Ejemplo 45 (comparativo):** Este ejemplo muestra el uso de un revestimiento premium formado por mezcla de una mezcla de una carga cerámica, fibra cerámica y fibra de nailon con sol de sílice y un revestimiento de respaldo formado por mezcla de una mezcla de una carga cerámica, fibra cerámica y fibra de nailon con sol de sílice.

50 Una preforma triangular de cera como en el ejemplo 35 se sumerge una sola vez en una papilla que está formada por mezcla de 25 partes de una mezcla formada por 98 partes de carga cerámica de sílice fundida y 2 partes de una mixtura formada por 4 partes de fibra cerámica de Wollastonita y 1 parte de fibra de nailon, con 10 partes de sol TMM-30. La preforma revestida resultante se estuca con arena de circón y se seca al aire para formar una preforma estucada y revestida premium. La preforma revestida premium se sumerge nuevamente en la papilla, se estuca con sílice fundida ese SS-30 para producir una preforma revestida de respaldo estucada, y se seca luego al aire. Este paso se repite tres veces para producir un total de cuatro revestimientos de respaldo estucados. La preforma estucada se calienta luego a 200°F (93,3°C) para eliminar la preforma de cera a fin de formar una cáscara cruda.

55 **Ejemplo 46 (comparativo):** Este ejemplo muestra el uso de un revestimiento premium formado por una mezcla de cargas cerámicas y fibras cerámica y un revestimiento de respaldo formado por una mezcla de cargas cerámicas y fibra cerámica.

60 Una preforma triangular de cera como en el ejemplo 35 se sumerge una sola vez en una papilla que está formada por mezcla de 30 partes de una mezcla formada por una mixtura de 50 partes de carga cerámica de circón, 45 partes de carga cerámica de sílice fundida y 5 partes de fibra cerámica de Wollastonita, con 10 partes de Megasol®. La preforma revestida resultante se estuca con arena de circón y se seca al aire para formar una preforma estucada

y revestida premium. La preforma revestida premium se sumerge nuevamente en la papilla, se estuca con sílice fundida SS-30 para producir una preforma revestida de respaldo estucada, y se seca luego al aire. Este paso se repite tres veces para producir un total de cuatro revestimientos de respaldo estucados. La preforma estucada se calienta luego a 200°F (93,3°C) para eliminar la preforma de cera a fin de formar una cáscara cruda.

5 **Ejemplo 47 (comparativo):** Este ejemplo muestra el uso de una papilla de revestimiento premium formada por mezcla de una mezcla de cargas cerámicas y fibras cerámicas con sol de sílice coloidal y un revestimiento de respaldo formado por mezcla de una mezcla de cargas cerámicas y de fibras cerámicas con sol de sílice coloidal.

10 Una preforma triangular de cera como en el ejemplo 35 se sumerge una sola vez en una papilla que está formada por mezcla de 29 partes de una mezcla formada por una mixtura de 48 partes de carga cerámica de sílice fundida y 48 partes de carga cerámica Mulgrain con 4 partes de una mixtura de 30 partes de fibra cerámica Kaowool y 70 partes de fibra cerámica de lana mineral, con 10 partes de sol TMM-30. La preforma revestida resultante se estuca con arena de circón y se seca al aire para formar una preforma estucada y revestida premium. La preforma revestida premium se sumerge nuevamente en la papilla, se estuca con sílice fundida SS-30 para producir una preforma revestida de respaldo estucada, y se seca luego al aire. Este paso se repite tres veces para producir un total de cuatro revestimientos de respaldo estucados. La preforma estucada se calienta a luego a 200°F (93,3°C) para eliminar la preforma de cera a fin de formar una cáscara cruda.

20 **Ejemplo 48 (comparativo):** Este ejemplo muestra el uso de una papilla de revestimiento premium formada por mezcla de una mezcla de cargas cerámicas con fibra de polipropileno con sol de sílice coloidal y un revestimiento de respaldo por mezcla de una mezcla de cargas cerámicas con fibra de polipropileno con sol de sílice coloidal.

25 Una preforma triangular de cera como en el ejemplo 35 se sumerge una sola vez en una papilla que está formada por mezcla de 32 partes de una mezcla de una mixtura de 33 partes de carga cerámica de sílice fundida y 33 partes de carga cerámica Mulgrain, y 34 partes de una mixtura de 90 partes de carga cerámica de cianita y 10 partes de fibra de polipropileno, con 10 partes de Megasol®. La preforma revestida resultante se estuca con arena de circón y se seca al aire para formar una preforma estucada y revestida premium. La preforma revestida premium se sumerge de nuevo en la papilla, se estuca con sílice fundida SS-30 para producir una preforma revestida de respaldo estucada, y se seca luego al aire. Este paso se repite tres veces para producir un total de cuatro revestimientos de respaldo estucados. La preforma estucada se calienta luego a 200°F (93,3°C) para eliminar la preforma de cera a fin de formar una cáscara cruda.

35 **Ejemplo 49 (comparativo):** Este ejemplo muestra el uso de una papilla de revestimiento premium formada por mezcla de una mezcla de cargas cerámicas con fibra de nailon con sol de sílice coloidal y un revestimiento de respaldo por mezcla de una mezcla de cargas cerámicas y fibra de nailon con sol de sílice coloidal.

40 Una preforma triangular de cera como en el ejemplo 35 se sumerge una sola vez en una papilla que está formada por mezcla de 35 partes de una mezcla formada por una mixtura de 75 partes de carga cerámica de circón y 20 partes de carga cerámica de alúmina tabular, y 5 partes de una mixtura de 2 partes de fibra cerámica Saffil y 2 partes de fibra de nailon, con 10 partes de sol TMM-30. La preforma revestida resultante se estuca con arena de circón y se seca al aire para formar una preforma estucada y revestida premium. La preforma revestida premium se sumerge nuevamente en la papilla, se estuca con sílice fundida SS-30 para producir una preforma revestida de respaldo estucada, y se seca luego al aire. Este paso se repite tres veces para producir un total de cuatro revestimientos de respaldo estucados. La preforma estucada se calienta luego a 200°F (93,3°C) para eliminar la preforma de cera a fin de formar una cáscara cruda.

REIVINDICACIONES

1. Un método de fabricación de un molde de cáscara de colada con revestimiento que comprende:
5 proporcionar una primera papilla de revestimiento refractaria formada por mezcladura de un sol ligante con una primera mezcla seca que incluye carga refractaria, donde dicha primera mezcla seca carece de fibras;
proporcionar una segunda papilla de revestimiento refractaria formada por mezcladura de un sol ligante con una segunda mezcla seca que incluye carga refractaria y fibras;
10 aplicar una de dichas papillas primera y segunda de revestimiento refractarias sobre un patrón fungible para producir una preforma revestida;
opcionalmente, aplicar un estuco de material refractario sobre la preforma revestida;
15 secar la preforma revestida opcionalmente estucada, lo bastante para aplicar otra de dichas papillas de revestimiento refractarias primera o segunda sobre la preforma;
repetir la aplicación de papilla refractaria y opcionalmente el estucado tantas veces como sea necesario para construir una preforma del espesor deseado;
20 secar la preforma multicapa para producir un molde de cáscara de colada con revestimiento crudo; y
calentar el molde de cáscara crudo a una temperatura suficiente para producir un primer molde de cáscara de colada con revestimiento quemado,
caracterizado por que la preforma incluye al menos una capa de primera papilla de revestimiento refractaria y al menos una capa de segunda papilla de revestimiento refractaria.
2. El método de la reivindicación 1, en el cual dicho molde de cáscara de colada con revestimiento incluye múltiples capas de papilla formadas a partir de dicha mezcla seca que incluye fibras.
3. El método de la reivindicación 1, en el cual dichas fibras incluyen al menos una fibra seleccionada del grupo
25 constituido por fibras refractarias, fibras de vidrio, fibras cerámicas, fibras orgánicas, fibras de carbono y combinaciones de las mismas.
4. El método de la reivindicación 3, en el cual dichas fibras incluyen fibras orgánicas y la carga incluye granos
30 cerámicos que tienen un tamaño de partícula comprendido entre las mallas 20 y 600.
5. El método de la reivindicación 4, en el cual dichas fibras tienen una longitud media comprendida entre 0,2 mm y 12 mm, y está presente en el intervalo comprendido entre 0,1% y 12% en peso de la mezcla seca.
6. El método de la reivindicación 5, en el cual dichas fibras tienen una longitud media comprendida entre 1 mm
35 y 4 mm y está presente en el intervalo comprendido entre 0,2% y 2,5% en peso de la mezcla seca.
7. El método de la reivindicación 4, en el cual dichas fibras comprenden adicionalmente fibras inorgánicas.
8. El método de la reivindicación 7, en la cual dichas fibras inorgánicas se seleccionan del grupo constituido
40 por fibras de vidrio E, fibras de vidrio S, fibra cerámica de alúmina-sílice, o lana mineral y combinaciones de las mismas, y las fibras orgánicas se seleccionan del grupo constituido por olefinas, fibras de tipo nailon, y fibras de aramida y combinaciones de las mismas.
9. El método de la reivindicación 1, en el cual dicha segunda papilla de revestimiento refractario comprende
45 adicionalmente ceniza de cascarilla de arroz.
10. El método de la reivindicación 1, en el cual dicho sol ligante se selecciona del grupo constituido por sílice coloidal, silicato de etilo, silicatos iónicos y mixturas de los mismos.

FIG. 1

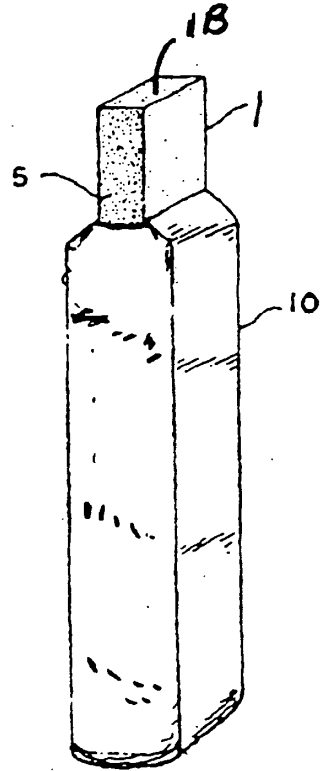
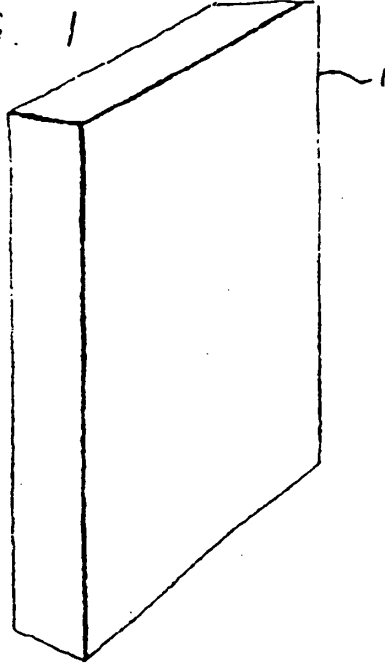


FIG. 2

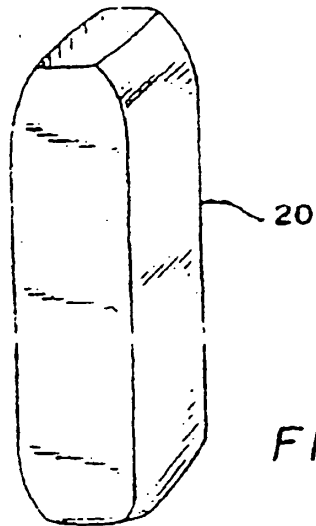


FIG. 3