



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 358 848**

51 Int. Cl.:  
**B01D 39/00** (2006.01)  
**B01J 21/00** (2006.01)  
**B01J 21/02** (2006.01)  
**B01J 20/00** (2006.01)  
**B01J 20/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07754610 .9**  
96 Fecha de presentación : **02.04.2007**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2001574**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **17.12.2008**

54 Título: **Filtros de espuma cerámica de baja dilatación resistente a la corrosión para filtración de aluminio fundido.**

30 Prioridad: **31.03.2006 US 788391 P**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**16.05.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**16.05.2011**

73 Titular/es: **PORVAIR, plc.**  
**7 Regis Place Bergen Way King's Lynn**  
**Norfolk PE30 2JN, GB**

72 Inventor/es: **Chi, Feng;**  
**Haack, David P. y**  
**Aubrey, Leonard S.**

74 Agente: **Curell Aguilá, Marcelino**

ES 2 358 848 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

## REFERENCIA CRUZADA A SOLICITUDES RELACIONADAS

La presente solicitud reivindica la prioridad de la solicitud provisional US nº 60/788.391 presentada el 31/3/2006 que está en trámite.

5

ANTECEDENTES

La producción de lingotes y tochos de aluminio destinados a la fabricación de productos de aluminio de alta calidad requiere que el aluminio fundido esté relativamente libre de inclusiones, tales como impurezas sólidas insolubles o líquidas inmiscibles. Esto sirve para garantizar que los lingotes o tochos después de una fabricación aguas abajo cumplirán con los requisitos rigurosos de productos de alta calidad, tales como materiales de envasado rígidos y flexibles, productos aeroespaciales (extrusiones, chapa, plancha, forjados), material litográfico, tubos de condensador de automóvil y guarnición brillante. Durante la producción del aluminio fundido se generan impurezas o inclusiones insolubles en la totalidad de los procesos de reducción, mantenimiento, aleación y colada completos.

10

En el proceso de reducción electrolítica primaria se transfieren alúmina sin disolver; carburos de aluminio; fluoruro de aluminio y sodio del baño electrolítico y costras de □-alúmina como impurezas e inclusiones. En las etapas de aleación y mantenimiento en el horno, se genera una espina de aluminato de magnesio, magnesita, costras de □-alúmina y materiales refractarios de horno como inclusiones o impurezas. En la transferencia de metal, durante la colada se generan sales de cloruro, agrupaciones de boruro de titanio, materiales refractarios erosionados y costras de □-alúmina como impurezas o inclusiones.

15

Es deseable retirar las inclusiones en la última etapa de procesamiento antes de que solidifique el aluminio fundido para dar un lingote o tocho a través de filtración. Esto se ha realizado durante muchos años en la industria a través de la utilización de una variedad de tecnologías, incluyendo la filtración en lecho y filtración con espuma cerámica tal como se pone como ejemplo en Brondyke, K. J. y Hess, P. D., "Filtering and Fluxing for Aluminum Alloys", Transactions of AIME. Volumen 230, diciembre de 1964, págs. 1.553-1.556; patente US nº 3.947.363, expedida el 30 de marzo de 1976, "Ceramic Foam", Michael J. Pryor y Thomas J. Gray; y la patente US nº 4.343.704, expedida el 10 de agosto de 1982, "Ceramic Foam Filter", Jerry W. Brockmeyer.

20

25

Se desarrollaron filtros de espuma cerámica de poros abiertos para su utilización en naves de colada de aluminio al principio de los años setenta con la primera solicitud comercial de la tecnología en 1974 para producir lingotes de laminación para la fabricación para dar materiales de plancha y chapa. Los filtros de espuma cerámica son filtros monolíticos, de una sola utilización o desechables, que se utilizan para una única colada. El tamaño de poro del filtro está comprendido entre 4 y 28 poros por cm (de 10 a 70 poros por pulgada lineal), lo cual corresponde a un poro con un diámetro de aproximadamente 0,036 a 0,26 cm. Los filtros de espuma cerámica se producen normalmente en tamaños cuadrados que oscilan entre 22,86 cm X 22,86 cm X 5,08 cm (9 pulgadas x 9 pulgadas x 2 pulgadas) y 66,04 cm x 66,04 cm x 5,08 cm (26 pulgadas X 26 pulgadas X 2 pulgadas) con un bisel de borde de 17° para asentarse en un recipiente de filtro refractario tal como se ilustra en la figura 1. En el borde biselado, se fija una junta de papel de fibra para proporcionar una carga de compresión lateral para mantener el filtro en su sitio en el recipiente de filtro y evitar una derivación de metal alrededor del borde del filtro. El material de la junta de fibra es normalmente de aproximadamente 0,317 cm a 0,476 cm (de 1/8 a 3/16") de espesor y se compone normalmente de fibras de silicato. A menudo se añade vermiculita al material de junta, que se dilata durante el calentamiento para aumentar la presión de la junta. El tiempo de utilización típico en el aluminio fundido es de 30 a 120 minutos.

30

35

Durante los años ochenta, se produjo una aceptación rápida y generalizada en el mercado de la tecnología de filtración de espuma cerámica para una amplia gama de productos de aluminio fabricados de alta calidad incluyendo materiales de envasado rígidos, chapa litográfica, productos aeroespaciales tales como chapa, plancha, forjados y extrusiones; guarnición de acabado brillante, tubos de condensador, lámina metálica, extrusiones arquitectónicas, aleaciones de fundición y cable y alambre de conductor eléctrico. La rápida aceptación posterior en el mercado y el crecimiento en la tecnología en naves de colada de aluminio de todos los tipos y niveles de sofisticación se debió a los siguientes motivos: facilidad de utilización y aceptación por el operario; flexibilidad operativa; capacidad para drenar después de cada colada; bajo coste de funcionamiento variable; bajo coste de inversión de instalación; retirada eficaz de inclusiones; y requisitos de compacidad que eran iguales al espacio de suelo mínimo requerido para su instalación.

40

45

Los filtros de espuma cerámica comerciales iniciales se basaban en un material de granos de cromo-alúmina, un aglutinante de ortofosfato de aluminio y aditivos de bentonita/caolín para mejorar la reología de la suspensión espesa. El grano de cromo-alúmina era relativamente costoso y creaba un posible problema de eliminación de desechos debido a las preocupaciones con respecto al posible cromo hexavalente que es un carcinógeno conocido. La formulación de cromo-alúmina se sustituyó posteriormente por una formulación "todo alúmina" que incorporaba fibra de aluminosilicato y un coloide mineral, aditivo de arcilla, mientras que aún se utilizaba el sistema de aglutinante de ortofosfato de aluminio de los filtros de cromo-alúmina. Posteriormente, se ha utilizado ampliamente en todo el mundo esta formulación de filtro "todo alúmina" y se ha convertido en la "norma de la industria" para los filtros de espuma cerámica utilizados en naves de colada de aluminio durante más de 25 años. A pesar de la utilización extendida del filtro de espuma de alúmina unida a fosfato de aluminio, hay varios defectos

50

55

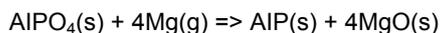
significativos en esta formulación de filtro. Los filtros de fosfato de aluminio presentan una escasa resistencia al choque térmico, presentan una tendencia de desarrollar fallos de compresión lateral, pierden resistencia durante la utilización debido al ataque de la unión de fosfato de aluminio; presenta una escasa resistencia al ataque químico y erosión de la estructura del filtro. Además, puede generarse gas de fosfina a partir de los filtros utilizados, lo que complica la eliminación de desechos.

La utilización del grano de alúmina en un filtro de espuma cerámica parecería ser una elección obvia para cualquier persona familiarizada con los materiales refractarios utilizados para contener aluminio fundido y sus aleaciones. La alúmina es relativamente inerte químicamente en el aluminio fundido y sus aleaciones comunes, incluyendo las que contienen magnesio. Asimismo, se utiliza ampliamente como material de grano en materiales refractarios utilizados en hornos tanto para fundir como para mantener las aleaciones de aluminio fundido. Además, antes del desarrollo del filtro de espuma cerámica desechable de una única utilización, se utilizaron filtros de lecho de alúmina tabulares para filtrar el aluminio fundido. Los filtros de lecho son grandes recipientes calentados que contienen granos de alúmina tabulares no unidos que se utilizan para coladas repetidas durante un periodo de varios días e incluso semanas. El largo tiempo de exposición del metal fundido a materiales agregados no unidos como en los filtros de lecho y materiales refractarios requiere la utilización de un material de grano químicamente inerte tal como alúmina.

Sin embargo, la alúmina presenta un coeficiente relativamente alto de dilatación térmica lineal ( $8,0 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ ), y las formas monolíticas de alúmina, tales como los filtros de espuma cerámica, presentan una escasa resistencia al choque térmico debido a las altas tensiones térmicas generadas por una combinación de gradientes térmicos debidos a un calentamiento irregular y el alto coeficiente de dilatación térmica. Durante el precalentamiento y el contacto con el metal fundido inicial, el material del filtro de espuma cerámica puede agrietarse o rajarse por choque térmico y dar como resultado la liberación del material de filtro dentro del lingote o tocho en los que se convierte en una inclusión. Además, cuando se limita un filtro de espuma de alúmina en un recipiente de filtro durante el precalentamiento y la utilización, pueden generarse altas tensiones de compresión lateral como resultado de la alta velocidad de dilatación térmica del filtro, que conduce a un fallo por compresión del filtro.

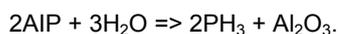
El ortofosfato de aluminio ( $\text{Al}(\text{H}_2\text{PO}_4)_3$ ) se utiliza ampliamente como un aglutinante refractario en la industria de los metales. Desarrolla una buena resistencia en verde durante el secado a una temperatura relativamente baja, presenta una baja contracción en verde y desarrolla una buena resistencia durante la cocción posterior. El ortofosfato de aluminio es relativamente económico, disponible ampliamente y requiere una temperatura de cocción relativamente baja ( $1.100^\circ\text{C}$ ) para obtener la unión final de fosfato de aluminio ( $\text{AlPO}_4$ ). Por estos motivos, y porque el ortofosfato de aluminio presenta un coste relativamente bajo, el material se utiliza ampliamente en la fabricación de filtros de espuma cerámica para su utilización en la filtración de aluminio fundido. Sin embargo, la unión de fosfato de aluminio resultante está sujeta a reacción con magnesio en muchas aleaciones de aluminio comerciales.

El magnesio es uno de los elementos de aleación más comunes en aleaciones de aluminio comerciales. El magnesio en aluminio fundido es altamente reactivo, presenta una presión de vapor relativamente alta y penetrará fácilmente en cualquier matriz refractaria en la que reaccionará inmediatamente con casi todos los materiales de óxido comunes. El fosfato de aluminio es altamente reactivo con el vapor de magnesio en aleaciones de aluminio y no es tan estable como se creía originariamente y se dio a conocer en las patentes de Pryor y Brockmeyer. En cambio, el material está sujeto a reducción por magnesio:



Debido a que el fosfato de aluminio es una parte contigua de la matriz del filtro, la degradación de la unión de fosfato de aluminio conduce a una resistencia reducida o "ablandamiento" del filtro durante su utilización. El ataque corrosivo de la fase de unión es de naturaleza intergranular, comprometiendo la estructura del filtro y potencialmente sometiendo el filtro a un fallo prematuro en su utilización. La reacción se produce incluso a temperaturas relativamente bajas, justo por encima de la temperatura del líquido del aluminio, y aumenta rápidamente con el tiempo, el contenido en magnesio y la temperatura. El análisis metalúrgico de filtros utilizados utilizando tanto microscopía óptica como electrónica de barrido confirma la degradación de la unión de fosfato de aluminio. La figura 3 muestra el ataque intergranular de un filtro de alúmina unida a fosfato de aluminio. La reacción anterior da como resultado la humectación del aluminio fundido en la estructura del filtro y el aumento de la corrosión de la estructura del filtro. La corrosión de la estructura del filtro da como resultado la liberación de grano de alúmina y partículas de fosfuro de aluminio en el aluminio fundido en el que se convierte en un material de inclusión en la masa fundida de aleación. Además, la unión a fosfato de aluminio no protege la fibra de aluminosilicato en la matriz del filtro, que también experimenta ataque químico.

El fosfuro de aluminio que permanece en el interior del filtro después del ataque corrosivo se convierte en un posible peligro en la manipulación y eliminación de desechos posteriores del filtro utilizado. Cuando el material del filtro utilizado entra en contacto con vapor de agua atmosférico o en contacto directo con agua, se formará gas de fosfina según la reacción:



El gas de fosfina es un gas altamente inflamable y tóxico. Como resultado, los filtros utilizados pueden

requerir una manipulación especial.

La unión a fosfato de aluminio también contribuye a una escasa resistencia al choque térmico. Después de la cocción, el fosfato de aluminio presenta una estructura cristalina de berlinita, que pasa por una transformación de fase estructural con un aumento de volumen del 2 al 3% en el intervalo de temperatura comprendido entre 80 y 180°C. Este cambio de volumen da como resultado una dilatación abrupta que disminuye la resistencia al choque térmico de los materiales y aumenta la tensión lateral de compresión en el cuerpo del filtro. La figura 2 muestra una dilatación térmica de un filtro de alúmina unida a fosfato de aluminio y la transformación de fase a baja temperatura.

Los siguientes son los requisitos de materiales ideales para un material de filtro de espuma de cerámica:

1. Alta resistencia al choque térmico, el material no debe agrietarse ni rajarse durante el precalentamiento o contacto con el metal fundido. El material debe presentar una baja dilatación térmica para minimizar las tensiones de compresión lateral mientras que se asienta en el recipiente de filtro.

2. Resistencia a la corrosión: El material de filtro no debe reaccionar significativamente en el intervalo de aplicación previsto (tiempo, temperatura, contenido en aleación) y debe permanecer sin humectar por el aluminio fundido y sus aleaciones comunes.

3. Resistencia a la compresión y flexión adecuadas.

4. Económico de producir.

5. El material de filtro tras su utilización debe ser seguro de manipular y desechar.

6. Baja densidad o peso ligero para el operario de la fosa de colada para manipularlo fácilmente.

Aún no ha habido un material de filtro que proporcione todas estas características. En la presente memoria, se proporciona un filtro de este tipo.

### **SUMARIO**

Un objetivo de la presente invención es proporcionar un filtro mejorado para aluminio fundido.

Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un filtro para aluminio fundido, que presenta alta resistencia al choque térmico, alta resistencia a la corrosión, resistencia adecuada, que es económico de producir, que es más respetuoso con el medio ambiente que la técnica anterior y que presenta una baja densidad.

Una característica particular de la presente invención es la capacidad para utilizar materias primas relativamente económicas mientras que todavía se logra un rendimiento superior.

Éstas y otras ventajas, tal como se realizarán, se proporcionan en un filtro de espuma cerámica para aleaciones de aluminio fundido que comprende un núcleo rico en aluminosilicato y una cubierta de vidrio de boro y una composición química que comprende: entre el 20 y el 70% en peso de  $Al_2O_3$ , entre el 20 y el 60% en peso de  $SiO_2$ , entre el 0 y el 25% en peso de por lo menos un óxido del grupo II y entre el 2 y el 20% en peso de  $B_2O_3$ .

Se proporciona aún otra forma de realización en un procedimiento para formar un filtro de espuma cerámica. El procedimiento incluye formar una suspensión espesa que comprende una fase sólida que comprende entre el 20 y el 70% en peso de alúmina, entre el 20 y el 60% en peso de sílice, entre el 0 y el 20% en peso de compuesto de calcio, entre el 0 y el 20% en peso de magnesia y entre el 2 y el 20% en peso de compuesto de boro y una fase portadora; impregnar una espuma de células abiertas con la suspensión espesa; volatilizar el portador; y sinterizar.

Se proporciona una forma de realización particularmente preferida en un filtro de espuma cerámica que comprende entre el 65 y el 85% en peso de un núcleo y entre el 15 y el 35% en peso de una cubierta que reviste el núcleo en el que el núcleo comprende aluminosilicato y en el que la cubierta comprende entre el 15 y el 45% en peso de alúmina, entre el 2 y el 35% en peso de sílice, entre el 15 y el 50% en peso de óxido de boro y entre el 0 y el 25% en peso de por lo menos un óxido del grupo II, preferentemente calcio, bario, magnesio o estroncio.

**BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS**

La figura 1 es una ilustración esquemática de la colocación de un filtro de espuma cerámica en un recipiente de filtro.

La figura 2 ilustra gráficamente la dilatación en porcentaje frente a la temperatura para un filtro de alúmina unida a fosfato de aluminio, y particularmente, la transformación de fase perjudicial que se produce a aproximadamente entre 80 y 180°C.

La figura 3 es una micrografía óptica de reflexión que muestra un ataque intergranular de un filtro de alúmina unida a fosfato de aluminio después de una inmersión de 2 horas en aleación de magnesio y aluminio al 4,5% en peso a 725°C.

La figura 4 ilustra una micrografía óptica de reflexión que muestra un filtro de la invención después de una inmersión de 2 horas en aleación de magnesio y aluminio al 4,5% en peso a 725°C.

La figura 5 ilustra gráficamente MOR como una función de la densidad relativa para un filtro de la invención.

La figura 6 ilustra gráficamente la dilatación como una función de la temperatura para un filtro de la invención.

La figura 7 es una micrografía electrónica de retrodispersión que muestra un material de filtro microporoso que no reaccionó con el aluminio fundido y permaneció sin humectar durante el ensayo.

La figura 8 es una fotomicrografía óptica de un material de filtro de la invención que muestra una superficie de contacto filtro-metal, que no está humectada ni reaccionó durante el ensayo.

La figura 9 es una micrografía electrónica de un ejemplo de la invención después de someterlo a ensayo en aleación de MgAl fundida durante 2 horas a 750°C que ilustra la ausencia de reactividad y humectación en la superficie de contacto metal-filtro.

La figura 10 ilustra gráficamente una comparación de dilatación en porcentaje para un filtro de alúmina unida a fosfato (PBA) de la técnica anterior con un filtro de la invención.

**DESCRIPCIÓN DETALLADA**

La presente invención se refiere a un filtro poroso, que es particularmente adecuado para filtrar aleaciones de aluminio o aluminio fundido. El filtro presenta una composición básica del 20 al 70% en peso de  $Al_2O_3$ , del 20 al 60% en peso de  $SiO_2$ , del 0 al 25% en peso de un óxido del grupo II y del 2 al 20% en peso de  $B_2O_3$  en una configuración de núcleo-cubierta, siendo el núcleo rico en alúmina y sílice y comprendiendo la cubierta una composición de vidrio de boro que reviste el núcleo. Más preferentemente, la composición básica comprende del 40 al 60% en peso de  $Al_2O_3$ , del 30 al 50% en peso de  $SiO_2$ , del 0 al 10% en peso de CaO; del 0 al 10% en peso de MgO y del 3 al 10% en peso de  $B_2O_3$ .

El óxido del grupo II incluye preferentemente por lo menos un óxido de calcio, magnesio, estroncio y bario.

La composición del filtro presenta lo más preferentemente un núcleo que representa del 65 al 85% en peso y una cubierta que representa del 15 al 35% en peso. Más preferentemente, el núcleo representa del 70 al 80% en peso del filtro, siendo el resto la cubierta. La cubierta encapsula el núcleo protegiendo así el núcleo del ataque químico durante la filtración y particularmente un ataque por magnesio.

El núcleo comprende preferentemente del 45 al 60% en peso de alúmina y del 40 al 55% en peso de sílice. La alúmina y la sílice se incorporan preferentemente como un aluminosilicato tal como la mullita, cianita, silimanita, caolín calcinado y andalucita. La cianita es la más preferida. Otros posibles materiales de núcleo son otros materiales de silicato de dilatación térmica baja o cero tales como sílice fundida, silicatos de aluminio y litio (petalita), y silicatos de aluminio y magnesio (cordierita).

La cubierta es principalmente una matriz unida a vidrio de boro, que reviste el núcleo. La cubierta comprende preferentemente del 15 al 45% en peso de alúmina, del 2 al 35% en peso de sílice, del 15 al 50% en peso de óxido de boro y del 0 al 25% en peso de por lo menos un óxido del grupo II. Se prefiere más del 15 al 25% en peso de alúmina. Se prefiere más del 5 al 10% en peso de sílice. Se prefiere más del 30 al 50% en peso de óxido de boro. El óxido del grupo II se selecciona preferentemente de calcio, estroncio, bario y magnesio.

La presente invención adopta un enfoque diferente de una tecnología de filtro de espuma cerámica anterior. Se utiliza un grano de aluminosilicato de baja dilatación térmica, lo más preferentemente cianita o mullita, en lugar de alúmina para obtener la resistencia al choque térmico mejorada y para reducir la tensión de compresión lateral. Sin embargo, la mullita y la cianita son reactivas con el aluminio fundido y sus aleaciones. Para proteger el material de grano del ataque químico, se utiliza una fase de aglutinante relativamente inerte basada en un vidrio de boro complejo que contiene un óxido del grupo II, preferentemente calcio o magnesio; alúmina y sílice. La unión a vidrio de boro es contigua en toda la matriz del filtro formando una estructura de núcleo-cubierta con una cubierta de vidrio de boro que encapsula y protege completamente el núcleo de grano de agregado frente al ataque por vapor de

5 magnésio. Esta unión a vidrio de boro desarrolla una buena resistencia en verde a baja temperatura y actúa para fundir y unir los granos de cianita durante la cocción. Este nuevo cuerpo de filtro en ensayos de metal fundido muestra una resistencia superior frente al ataque por vapor de magnésio. La figura 4 muestra el nuevo filtro después de los ensayos de inmersión en aleación de aluminio y magnésio al 4,5% durante 2 horas a 725°C que son las mismas condiciones utilizadas para el filtro unido a fosfato de aluminio mostrado en la figura 3.

Otros materiales de óxido de metales pueden existir en la formulación en cantidades pequeñas normalmente menores que el 3% en peso tales como impurezas. Éstos incluyen  $K_2O$ ,  $Na_2O$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $TiO_2$ , entre otros.

10 El material de espuma cerámica presenta una estructura de células abiertas con una distribución de huecos conectados que están rodeados por redes de material cerámico. Dicha estructura se utiliza comúnmente para la filtración de metal fundido y se conoce en la industria como espuma cerámica.

El filtro de espuma cerámica de esta invención presenta una velocidad de dilatación térmica en el intervalo de  $1,5 - 7,5 \times 10^{-6}$  mm/mm°C. Más preferentemente, el filtro de espuma cerámica de esta invención presenta una velocidad de dilatación térmica en el intervalo de  $5,0 - 6,0 \times 10^{-6}$  mm/mm°C.

15 Se muestra que el filtro de espuma cerámica es resistente al ataque químico por las aleaciones de aluminio fundido en condiciones de utilización normales.

El filtro de espuma cerámica es ligero con una densidad preferida de aproximadamente 0,25 – 0,40 g/cc.

20 Se muestra que el filtro es sustancialmente no reactivo y no genera gases de fosfina o materiales reactivos después de filtrar aleaciones de aluminio fundido. Se ha mostrado que los filtros de alúmina unida a fosfato del estado de la técnica generan gases de fosfina y están sujetos a inflamación después de su utilización.

25 Es preferible incorporar fibras de cerámica, que refuercen el material. Las fibras particularmente preferidas incluyen alúmina, sílice y silicatos de aluminio, magnesio, calcio y combinaciones de los mismos. Se prefieren particularmente las fibras Pyrolog®. Las fibras Pyrolog® comprenden aproximadamente el 47% en peso de  $Al_2O_3$  y aproximadamente el 53% en peso de  $SiO_2$ . Otras fibras preferidas son la fibra Isofrax® 1260 (silicato de magnesio) o la fibra Insufrax® 3010/3011 (silicato de CaMg).

En una forma de realización, la cubierta comprende un polvo de vidrio que contiene boro. Un vidrio que contiene boro particularmente preferido es B40C, disponible de Matrix Enterprises, que comprende aproximadamente el 30,8% en peso de  $Al_2O_3$ , el 2,4% en peso de  $SiO_2$ , el 23,25% en peso de CaO, el 41,38% en peso de  $B_2O_3$ , el 1,47% en peso de  $Na_2O$ , siendo el resto impurezas tales como  $Fe_2O_3$ ,  $K_2O$  y MgO.

30 El filtro presenta su porosidad primaria conferida por la macroestructura de la espuma, que es un exoesqueleto del precursor de poliuretano, que se reproduce recubriendo la suspensión espesa seguido por secado y cocción. El tamaño de poro primario es normalmente de 3 a 100 ppi y más preferentemente de 20 a 70 ppi.

35 Durante el proceso de sinterización, se forman huecos microporosos dispersos en la fase de aglutinante de vidrio de boro. Se cree que esta microporosidad dispersa mejora adicionalmente la resistencia al choque térmico puesto que los huecos tienden a suavizar la propagación cualquier grieta por choque térmico que pueda desarrollarse. El coeficiente global de dilatación térmica es significativamente menor que el del filtro de alúmina unida a fosfato. La microporosidad presenta un tamaño de poro de aproximadamente 0,1 a 10 micras y más preferentemente de 0,5 a 5 micras.

40 La cianita es un polimorfo de alta presión de los aluminosilicatos del grupo de nesosilicatos, incluyendo cianita, silimanita y andalucita. Estos tres minerales aluminosos o ricos en alúmina son idénticos químicamente a la composición  $Al_2SiO_5$ , pero presentan diferentes estructuras cristalinas.

El material de espuma cerámica se prepara a través de la impregnación de una suspensión acuosa sobre los sostenes de un precursor de espuma de células abiertas flexible. El secado y cocción posteriores del material crean el producto de espuma cerámica final.

45 El precursor podría ser de cualquier tipo de material que presente una elasticidad suficiente para recuperar su forma original después de la compresión. Generalmente, la espuma de poliuretano se utiliza para este fin.

50 La suspensión espesa de cerámica se prepara a través del mezclado de los componentes deseados entre sí para formar una suspensión espesa acuosa de partículas. La suspensión espesa presenta preferentemente características reológicas de manera que la suspensión espesa fluye fácilmente con tensión aplicada tal como durante la impregnación de la suspensión espesa en la espuma de poliuretano, pero no fluye cuando se retira la tensión. Una suspensión espesa de este tipo presenta un alto límite de elasticidad inherente y características tixotrópicas.

55 En la preparación del material de esta invención, los componentes de partida presentan preferentemente un alto contenido en grano de cianita de -325 de tamaño de malla. El material presenta generalmente un tamaño de partícula nominal normalmente menor que 44 micras. Sin embargo, es aceptable utilizar un tamaño grano de cianita

más grueso o más fino que éste. Un tamaño de grano disponible comúnmente es de -270 de malla, con un tamaño de partícula nominal normalmente menor que 53 micras.

El polvo de cianita es una materia prima disponible comúnmente utilizada ampliamente en varios productos cerámicos. El polvo de cianita es un producto extraído de mina, limpiado y calcinado que contiene aproximadamente el 95% de mineral de cianita, el 3% de cuarzo y el 2% de otros materiales o impurezas. El polvo utilizado generalmente presenta una composición de aproximadamente el 58% en peso de  $Al_2O_3$ , el 40% en peso de  $SiO_2$ , el 1% en peso de  $TiO_2$  y el resto de impurezas. Se sabe que el mineral de cianita se transforma en la fase cristalina de mullita de menor densidad a temperaturas mayores que  $1200^\circ C$ . Esta transformación es irreversible.

La presente invención demuestra la utilización del polvo de cianita en la fabricación de los filtros de espuma cerámica, pero podría utilizarse cualquier polvo de aluminosilicato, sílice amorfa, silicato de aluminio y magnesio o silicato de aluminio y litio, de manera igualmente eficaz. Ejemplos de tales materiales disponibles comercialmente incluyen mullita, cordierita, petalita o sílice fundida.

La invención utiliza preferentemente polvo de cianita en la suspensión espesa acuosa en un intervalo comprendido entre el 40 y el 60% en peso. Se cree que el material de cianita genera una estructura de grano estable que confiere características de baja dilatación térmica al producto acabado. Además, la materia prima es rentable en cantidades a granel y de suministro estable a largo plazo.

La suspensión espesa acuosa utiliza adicionalmente una materia prima que contiene boro que proporciona un formador de fase de vidrio para el producto final durante la cocción. Las materias primas a modo de ejemplo incluyen ácido bórico, óxido bórico, colemanita, borato de calcio o vidrios que contienen boro. El ácido bórico es el más preferido. El material que contiene boro utilizado en una concentración del 2 al 25% en peso en la suspensión espesa acuosa proporciona un sistema de formación de vidrio con otros componentes de la suspensión espesa en el proceso de cocción. Este vidrio comprende el material de cubierta, que protege a su vez el grano de aluminosilicato frente al ataque por las aleaciones de aluminio fundido en su utilización.

La suspensión espesa acuosa comprende preferentemente adyuvantes para controlar diversas propiedades. Los adyuvantes particularmente preferidos incluyen tensioactivos, modificadores de la reología, antiespumantes, adyuvantes de sinterización, disolventes, dispersantes y similares. La suspensión espesa puede definirse como que presenta una fase sólida y una fase portadora en la que la fase sólida incluye los precursores de cerámica y la fase portadora incluye disolventes y adyuvantes. El agua es el disolvente o portador preferido.

El secado del material cerámico después de la impregnación de la espuma precursora con la suspensión espesa acuosa de cerámica se realiza generalmente en una secadora del tipo de convección a una temperatura de entre  $100^\circ F$  y  $600^\circ F$  para una duración de entre 15 minutos y 6 horas. Se desean duraciones más cortas para la economía del proceso y altas tasas de fabricación.

La cocción del material cerámico generalmente se produce a temperaturas mayores que aquéllas a las que la fase vítrea del material puede formarse y unirse, y así crear las características de resistencia y resistencia a la corrosión que se desean en el producto final. La cocción se realiza generalmente en un horno continuo a una temperatura mayor que  $1100^\circ C$  durante una duración de 1 a 3 horas, con temperaturas máximas mantenidas durante de 15 minutos a una hora. Las menores temperaturas y las duraciones más cortas mejoran la economía de fabricación. Sin embargo, debe proporcionarse tiempo y temperatura suficientes para lograr las propiedades deseadas de resistencia y resistencia a la corrosión del material.

El tamaño de poro del filtro viene dictado principalmente por el tamaño de poro inicial de la espuma polimérica utilizada en el procedimiento. Para una filtración de aleación de aluminio eficaz, los tamaños de los poros primarios típicos son de entre 10 y 70 poros por pulgada lineal. Sin embargo, cada aplicación requerirá un tamaño de poro único, dependiendo de los requisitos para el taller de colada o fabricante de tochos en cuanto a la eficacia de filtración requerida y la permeabilidad de filtro deseada para la aplicación.

La velocidad de dilatación térmica del filtro completado es de entre  $1,5 \times 10^{-6}$  mm/mm/ $^\circ C$  y  $7,5 \times 10^{-6}$  mm/mm/ $^\circ C$ . Más preferentemente, la velocidad de dilatación térmica del filtro completado es de entre  $5,0 \times 10^{-6}$  mm/mm/ $^\circ C$  y  $6,5 \times 10^{-6}$  mm/mm/ $^\circ C$ . Este ensayo se realiza según la norma ASTM E831.

El módulo de ruptura (MOR) es un ensayo común utilizado para someter a ensayo la resistencia de los materiales cerámicos. En el ensayo, una barra de ensayo nominalmente de  $12'' \times 2'' \times 2''$  se rompe en tres puntos cargando con un intervalo de medida menor que 6". Se registra la fuerza máxima requerida para romper la barra de ensayo y el MOR se calcula como:

$$MOR = \frac{3PL}{2Wt^2}$$

en el que P es la carga de rotura, L es el intervalo de medida, W es el ancho de la pieza y t el espesor de la pieza. Para el filtro de espuma cerámica de esta invención, el MOR es mayor que 50 psi a una densidad relativa inferior al 11%.

Los ensayos de corrosión del producto final son críticos para evaluar la capacidad del material para soportar el ambiente corrosivo de la aleación de aluminio. Los ensayos de corrosión se realizan a través de ensayos de laboratorio, ensayos de campo o ambos. En los ensayos de laboratorio, se cortan pequeñas probetas de muestra de materiales representativos y se exponen a una aleación de aluminio caliente y corrosiva durante un periodo de tiempo especificado. La aleación utilizada se selecciona para que contenga por lo menos un 4,5% en peso de magnesio para representar el peor caso de condiciones de corrosión de aleaciones. Se explora una diversidad de temperaturas de fusión para evaluar el impacto de la variación de las condiciones operativas en el campo. En estos ensayos de laboratorio, debe exponerse de manera continua la muestra al metal crudo para garantizar que las condiciones de campo se aproximan de manera tan próxima como sea posible. Para lograr esto, la muestra o bien se agita mientras se sumerge en la aleación fundida, o bien se levanta y se desciende de manera continua para conferir un flujo a través de la porosidad de la muestra del filtro de espuma cerámica. Después de por lo menos dos horas la exposición al metal de este tipo, se retira la muestra del metal fundido y se enfría rápidamente con una plancha de aluminio de enfriamiento. Esta rápida solidificación direccional garantiza que se obtiene una muestra relativamente sólida o libre de porosidad para análisis metalúrgicos posteriores.

En los ensayos en campo, se somete a ensayo un filtro completo en un entorno de producción utilizando un proceso de enfriamiento directo vertical semicontinuo. El tiempo de ensayo es normalmente de 35 a 120 minutos. Se selecciona el lugar de ensayo en el que se utilizan AA6063 o AA6061 u otras aleaciones de aluminio que llevan magnesio. Se utilizan juntas de filtro y condiciones de precalentamiento del filtro convencionales. Los datos recopilados durante el ensayo incluyen la velocidad de flujo del metal y las condiciones de colada, la temperatura del metal fundido y otras observaciones visuales con respecto a la condición del filtro durante el precalentamiento e inmediatamente después de la colada. Después de la colada, los filtros utilizados se someten a un análisis metalúrgico para evaluar su capacidad para soportar la aleación corrosiva de aluminio fundido.

Normalmente, se hace referencia al tamaño de poro en la técnica como el número de poros en una dimensión lineal tal como poros por pulgada. Un mayor valor de ppi presenta un diámetro de células más pequeño. Éste es un procedimiento convencional para notificar el tamaño de poro.

En la presente descripción, el término aleación de aluminio pretende incluir aluminio.

La densidad de los materiales cerámicos porosos se notifica normalmente como una densidad relativa. Una densidad relativa es la razón de la densidad medida con respecto a la densidad teórica en la que la densidad teórica supone que no hay ningún hueco.

### Ejemplo 1

Se preparó un material de espuma cerámica de la presente invención siguiendo técnicas de fabricación de espuma cerámica convencionales. En el ejemplo, se preparó una suspensión espesa acuosa a partir de los siguientes componentes:

Componente	Contenido (% en peso)
Polvo de cianita	57,8%
Polvo de alúmina A3000	3,9%
Polvo de hidróxido de magnesio	1,6%
Polvo de ácido bórico	3,9%
Polvo de vidrio (B40C, Matrix Enterprises)	7,9%
Agua	20,8%
Dispersante	0,4%
Modificador de la reología de goma xantana	0,1%
Fibra de aluminosilicato	0,8%
Tensioactivo	0,2%
Sílice coloidal	2,6%

Se mezclaron los componentes para formar una suspensión espesa acuosa sustancialmente homogénea con una viscosidad de mezcla en el intervalo de 10.000 a 20.000 Cp. A continuación, se impregnó la suspensión dentro de los poros de un precursor de espuma de poliuretano que presentaba un tamaño de poro deseado próximo

a 30 poros por pulgada lineal (ppi). A continuación, se extrajo la suspensión espesa por compresión de la espuma de poliuretano con rodillos, y se repitió el proceso hasta que se recubrió un recubrimiento uniforme de la suspensión espesa sobre los sostenes de la espuma de poliuretano. En el proceso, se fijó la separación entre los rodillos de manera que el producto final deseado presentara una densidad relativa del 10-12%.

5 A continuación, se secó el filtro en un horno de convección para retirar la fase líquida en la suspensión espesa para desarrollar una resistencia en verde o un artículo rígido. Entonces se coció el filtro en una solera de rodillos hasta una temperatura máxima de 1185°C durante una duración de dos horas, para producir el producto final. Se prepararon varios filtros a partir de la misma fórmula y se utilizaron para diversas mediciones de caracterización.

10 El producto presentaba una composición teórica final del 53,9% en peso de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, el 33,2% en peso de SiO<sub>2</sub>, el 2,5% en peso de CaO, el 1,4% en peso de MgO, el 7,3% en peso de B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, el 1,0% en peso de TiO<sub>2</sub>, siendo el resto el 0,7% de impurezas tales como K<sub>2</sub>O, Ma<sub>2</sub>O, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y otros.

15 Se cortó el material en tiras para medir el módulo de ruptura (MOR) del producto. La figura 5 muestra los resultados para el filtro de este ejemplo. También se cortó el filtro para producir una muestra para la caracterización de la dilatación térmica. La figura 6 muestra los resultados de la dilatación térmica del material de este ejemplo. A partir de esta curva, se halló que la velocidad de dilatación térmica promedio del material es de 6,0x10<sup>-6</sup> pulgadas/pulgadas/°C.

20 Se preparó una barra de ensayo de 3,8 cm x 5,08 cm x 45,72 cm (1,5 pulgadas X 2,0 pulgadas X 18 pulgadas) para el ensayo de inmersión de metal fundido para verificar la resistencia a la corrosión y el comportamiento de no humectación en una aleación de Mg y Al al 4,5%. El tamaño de poro de la barra de ensayo era de 3,93 poros por cm (10 ppi) y se realizó de una manera similar a la descrita para los otros materiales de este ejemplo. Sin embargo, la suspensión de la barra de ensayo presentó microesferas de polímero de 80 micras de diámetro añadidas a la suspensión espesa para conferir una microporosidad controlada para los fines de los ensayos de corrosión. El concepto de añadir esferas de polímeros para el fin de generar porosidad en el material se ha dado a conocer en la patente US n° 6.036.743. El intento era ver si el material de filtro altamente microporoso resistiría la humectación e infiltración de metal fundido durante el ensayo de corrosión. Se sumergió la barra de ensayo dentro de un crisol de 12" de profundidad de aluminio fundido manteniéndose a 750°C. A continuación, se hizo girar la barra de ensayo en el crisol para garantizar que el metal fundido fluyera a través de los poros de la barra de espuma cerámica durante el ensayo. La duración del ensayo de corrosión fue de 2,5 horas. A la finalización del ensayo, se retiró la barra de ensayo del crisol y se solidificó el extremo inferior contra una plancha de aluminio de enfriamiento. Entonces se cortó una sección de la barra de ensayo del extremo inferior de la barra de ensayo, y se preparó una muestra metalográfica mediante esmerilado y pulido. La figura 7 es una micrografía electrónica de barrido que muestra la superficie la interfaz de de contacto metal-filtro. La figura 7 muestra el material de filtro que incluye los microporos esféricos que permanecieron sin humectar y no reactivos con la aleación de MgAl al 4,5% fundida. Esto se considera como un ensayo bastante severo basado en la alta temperatura del metal (750°C), la duración del ensayo (2,5 horas), la profundidad de inmersión (12"), el tamaño de poro y el alto contenido en magnesio.

**Ejemplo 2**

En este ejemplo, los componentes fueron tal como sigue:

Componente	Contenido (% en peso)
Polvo de cianita	63,1 %
Polvo de hidróxido de magnesio	1,6%
Polvo de ácido bórico	3,9%
Polvo de vidrio (B40C, Matrix Entrprises)	7,7%
Agua	22,3%
Dispersante	0,4%
Modificador de la reología de goma xantana	0,1%
Fibra de aluminosilicato	0,8%
Tensioactivo	0,1%

40 Se utilizaron los componentes para fabricar un material de espuma cerámica de una manera similar a la descrita en el ejemplo 1. El material final presentaba una composición teórica del 52,3% en peso de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, el 34,9%

en peso de SiO<sub>2</sub>, el 2,4% en peso de CaO, el 1,4% en peso de MgO, el 7,2% en peso de B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, el 1,1% en peso de TiO<sub>2</sub>, siendo el resto el 0,7% en peso de impurezas tales como K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y otros.

Se midió que el MOR del producto presentaba un promedio de 56,5 psi a una densidad relativa del 11,6% en promedio, y una resistencia al aplastamiento promedio de 64,4 psi a una densidad relativa del 11,0% en promedio.

Es preferible que los materiales de filtro presenten un módulo de elasticidad no mayor que aproximadamente 300 GPa y más preferentemente no superior a aproximadamente 150 GPa.

Se prepararon filtros con un tamaño de 50,8 cm x 50,8 cm por 5,08 cm (20 pulgadas X 20 pulgadas X 2 pulgadas) utilizando la formulación de suspensión espesa anterior para ensayos en una nave de colada de aluminio de producción produciendo un tocho de extrusión AA6063 (0,90% de Mg) mediante el proceso de colada por enfriamiento directo. El tamaño de poro del filtro para este ensayo fue de 30 ppi y la densidad relativa del filtro fue de aproximadamente el 11,5%. El tiempo de colada fue de aproximadamente 40 a 50 minutos y la temperatura del metal en el recipiente de filtro osciló desde 680 hasta 720°C. La velocidad de flujo de metal fue de desde 344,7 hasta 453,2 kg (de 760 a 933 libras) por minuto dependiendo del diámetro de tocho y el número de cordones que se cuelan. Se guardaron los filtros utilizados para la evaluación metalúrgica para la detección de cualquier reacción entre el material de filtro y la aleación del aluminio fundido, y para determinar si el filtro permaneció sin humectar. La figura 8 es una micrografía óptica que muestra que el material de filtro no reaccionó con la aleación de aluminio fundido y permaneció sin humectar.

### Ejemplo 3

En este ejemplo, los componentes fueron tal como sigue:

Componente	Contenido (% en peso)
Polvo de cianita	59,1%
Polvo de wollastonita	5,7%
Polvo de ácido bórico	8,1 %
Alúmina coloidal	7,3%
Agua	18,5%
Dispersante	0,4%
Modificador de reología de goma xantana	0,1 %
Fibra de aluminosilicato	0,8%

Se utilizaron los componentes para fabricar un material de espuma cerámica de una manera similar a la descrita en el ejemplo 1. El material final presentaba una composición teórica del 50,7% en peso de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, el 37,3% en peso de SiO<sub>2</sub>, el 4,0% en peso de CaO, el 6,3% en peso de B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, el 1,0% en peso de TiO<sub>2</sub> siendo el 0,7% en peso restante impurezas tales como K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y otros materiales.

Se evaluaron piezas de espuma cerámica para determinar la resistencia del producto, y ensayos de resistencia a la corrosión. Se midió que el MOR promedio del producto era de 75,5 psi a una densidad relativa promedio del 10,5%. La resistencia al aplastamiento lateral del producto era en promedio de 72,2 psi a una densidad relativa promedio del 9,8%.

Se obtuvieron filtros de ensayo con forma cilíndrica del material anterior utilizando un taladro del núcleo de diamante de 1,30" de diámetro. A continuación, se insertaron estas muestras (2" de espesor) dentro de un tubo de mullita de 18" de largo y se retuvieron en su sitio dentro del tubo utilizando una junta de fibra térmica dilatada. Los conjuntos de tubo-filtro se precalentaron entonces y luego se sumergieron en un crisol de 12" de profundidad que contenía Mg y Al fundidos al 4,5% durante un tiempo de duración de ensayo de 2 horas. Los ensayos de inmersión se realizaron a 675, 700, 725 y 750°C. Durante el ensayo de inmersión se elevaron y descendieron los conjuntos de tubo-filtro para simular la velocidad de flujo de metal que se encuentra normalmente en una aplicación de campo. Al final del ensayo, se retiraron los conjuntos de tubo-filtro y se solidificó el extremo inferior que contenía el filtro contra una plancha de aluminio de enfriamiento. Se prepararon a continuación muestras metalográficas del material de filtro y se evaluaron utilizando microscopía óptica.

Se ilustra una micrografía electrónica de la muestra del ejemplo 3 en la figura 9 después de someterla a ensayo en aluminio fundido con un 4,5% en peso de magnesio durante 2 horas a 750°C. Tal como se ilustra en la

figura 9, hay una ausencia de cualquier reacción filtro- metal fundido y el material de filtro permaneció sin humectar incluso en estas condiciones relativamente severas. En la figura 9, las zonas de aspecto liso son el núcleo y la matriz que rodea el núcleo es la cubierta.

#### Ejemplo 4

5 Se preparó un filtro que comprendía un núcleo que representaba del 65% al 85% en peso del filtro que comprendía cianita con aproximadamente el 57,5% en peso de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y el 40,3% en peso de  $\text{SiO}_2$ , siendo el resto impurezas normalmente asociadas con cianita tales como  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$  y  $\text{MgO}$ . La cubierta representa aproximadamente del 15% al 35% en peso del filtro que comprende aproximadamente el 19,82% en peso de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , el 23,3% en peso de  $\text{SiO}_2$ , el 21,94% en peso de  $\text{CaO}$  y el 34,75% en peso de  $\text{B}_2\text{O}_3$ , siendo el resto impurezas tales como  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$  y  $\text{MgO}$ . La figura 10 ilustró la mejora de la dilatación térmica del ejemplo 4 en relación con la técnica anterior.

#### Ejemplo 5

15 Se preparó un filtro que comprendía un núcleo que representaba del 65% al 85% en peso del filtro que comprendía cianita con aproximadamente el 57,5% en peso de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y el 40,3% en peso de  $\text{SiO}_2$ , siendo el resto impurezas normalmente asociadas con cianita tales como  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$  y  $\text{MgO}$ . La cubierta representa aproximadamente del 15% al 35% en peso del filtro que comprende aproximadamente el 40,79% en peso de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , el 7,8% en peso de  $\text{SiO}_2$ , el 11,05% en peso de  $\text{CaO}$ , el 32,98% en peso de  $\text{B}_2\text{O}_3$ , el 6,37% en peso de  $\text{MgO}$ , siendo el resto impurezas tales como  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y  $\text{TiO}_2$ . En esta forma de realización, la cubierta presentaba incorporada en ella, antes de la cocción, un polvo de vidrio B40C de polvo de vidrio añadiéndose los materiales restantes hasta alcanzar la razón de componentes deseada. También la sílice adicional es sílice coloidal.

#### Ejemplo 6

25 Se preparó un filtro que comprendía un núcleo que representaba del 65% al 85% en peso del filtro que comprendía cianita con aproximadamente el 57,5% en peso de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y el 40,3% en peso de  $\text{SiO}_2$ , siendo el resto impurezas normalmente asociadas con cianita tales como  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$  y  $\text{MgO}$ . La cubierta representaba aproximadamente del 15% al 35% en peso del filtro que comprendía aproximadamente el 23,65% en peso de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , el 4,89% en peso de  $\text{SiO}_2$ , el 15,36% en peso de  $\text{CaO}$ , el 45,84% en peso de  $\text{B}_2\text{O}_3$ , el 8,85% en peso de  $\text{MgO}$ , siendo el resto impurezas, tales como  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y  $\text{TiO}_2$ . En esta forma de realización, la cubierta presentaba incorporada en ella, antes de la cocción, un polvo de vidrio B40C de frita de vidrio añadiéndose los materiales restantes hasta alcanzar la razón de componentes deseada.

30 La invención se ha descrito haciendo referencia particular a las formas de realización preferidas sin límite a la misma. Se llevarán a cabo formas de realización y alteraciones adicionales basándose en las enseñanzas en la presente memoria sin apartarse, por ello, de las necesidades y límites de la invención que se exponen de manera más específica en las reivindicaciones adjuntas a la misma.

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Filtro de espuma cerámica para aleaciones de aluminio fundido que comprende un núcleo rico en aluminosilicato y una cubierta de vidrio de boro y una composición química que comprende: del 20 al 70% en peso de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , del 20 al 60% en peso de  $\text{SiO}_2$ , del 0 al 25% en peso de por lo menos un óxido del grupo II y del 2 al 20% en peso de  $\text{B}_2\text{O}_3$ .
2. Filtro de espuma cerámica para aleaciones de aluminio fundido según la reivindicación 1, que comprende del 65 al 85% en peso de dicho núcleo y del 15 al 35% en peso de dicha cubierta.
- 10 3. Filtro de espuma cerámica según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, en el que dicho núcleo comprende aluminosilicato y en el que dicha cubierta comprende entre el 15 y el 45% en peso de alúmina, entre el 2 y el 35% en peso de sílice, entre el 0 y el 25% en peso de óxido de calcio, entre el 15 y el 50% en peso de óxido de boro y entre el 0 y el 25% en peso de óxido de magnesio.
4. Filtro de espuma cerámica para aleaciones de aluminio fundido según la reivindicación 1, en el que dicho núcleo comprende entre el 45 y el 60% en peso de alúmina y entre el 40 y el 55% en peso de sílice.
- 15 5. Filtro de espuma cerámica para aleaciones de aluminio fundido según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que dicho núcleo comprende aluminosilicato.
6. Filtro de espuma cerámica para aleaciones de aluminio fundido según la reivindicación 5, en el que dicho aluminosilicato comprende por lo menos un material seleccionado de entre el grupo constituido por mullita, cianita, silimanita, caolín calcinado y andalucita.
- 20 7. Filtro de espuma cerámica para aleaciones de aluminio fundido según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que dicho óxido del grupo II comprende por lo menos uno de entre magnesio, calcio, estroncio y bario.
8. Filtro de espuma cerámica para aleaciones de aluminio fundido según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que dicha cubierta comprende por lo menos un material seleccionado de entre el grupo constituido por un polvo de vidrio que contiene boro y una fibra.
- 25 9. Filtro de espuma cerámica para aleaciones de aluminio fundido según la reivindicación 8, en el que dicha fibra comprende un material seleccionado de entre el grupo constituido por alúmina, aluminosilicato, silicato de CaMg y fibras de silicato de magnesio.
10. Filtro de espuma cerámica para aleaciones de aluminio fundido según la reivindicación 8, en el que dicha fibra comprende entre el 70 y el 80% en peso de  $\text{SiO}_2$  y entre el 18 y el 27% en peso de MgO.
- 30 11. Filtro de espuma cerámica para aleaciones de aluminio fundido según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, que presenta una densidad teórica en el intervalo comprendido entre el 7 y el 18%.
12. Filtro de espuma cerámica para aleaciones de aluminio fundido según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, que presenta un tamaño de poro primario de 3 ppi a 100 ppi.
- 35 13. Filtro de espuma cerámica para aleaciones de aluminio fundido según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en el que dicha cubierta presenta unos microporos con un tamaño de poro comprendido entre 0,1 y 10 micras.
14. Filtro de espuma cerámica para aleaciones de aluminio fundido según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, que presenta una velocidad de dilatación térmica de por lo menos  $1,5 \times 10^{-6}$  mm/mm/°C hasta no más de  $7,5 \times 10^{-6}$  mm/mm/°C.
- 40 15. Filtro de espuma cerámica para aleaciones de aluminio fundido según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, que presenta un módulo de ruptura de por lo menos 50 psi a una densidad teórica inferior al 11%.
16. Filtro de espuma cerámica para aleaciones de aluminio fundido según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, que presenta una densidad comprendida entre 0,25 y 0,4 g/cc.
- 45 17. Filtro de espuma cerámica para aleaciones de aluminio fundido según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16, que es sustancialmente resistente al ataque químico por aleaciones de aluminio fundido en la exposición a dichas aleaciones para duraciones de menos de dos horas.
18. Filtro de espuma cerámica para aleaciones de aluminio fundido según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 17, que no se humecta sustancialmente por aleaciones de aluminio fundido en la exposición a dichas aleaciones para duraciones de menos de dos horas.

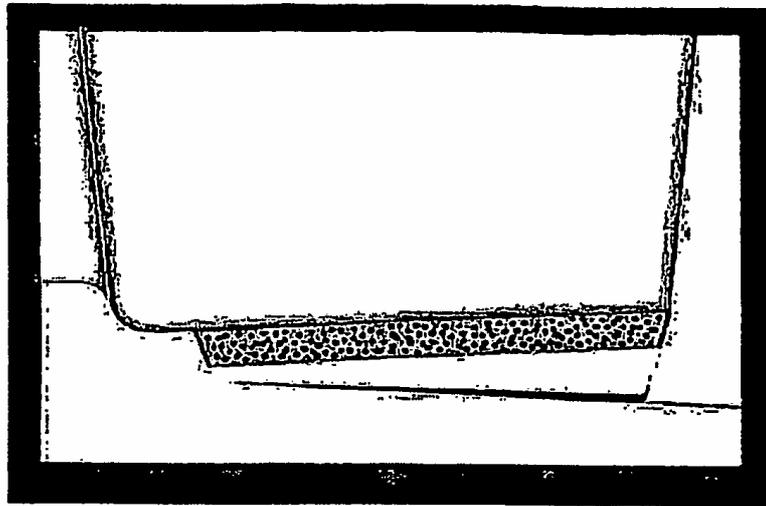


FIG.1

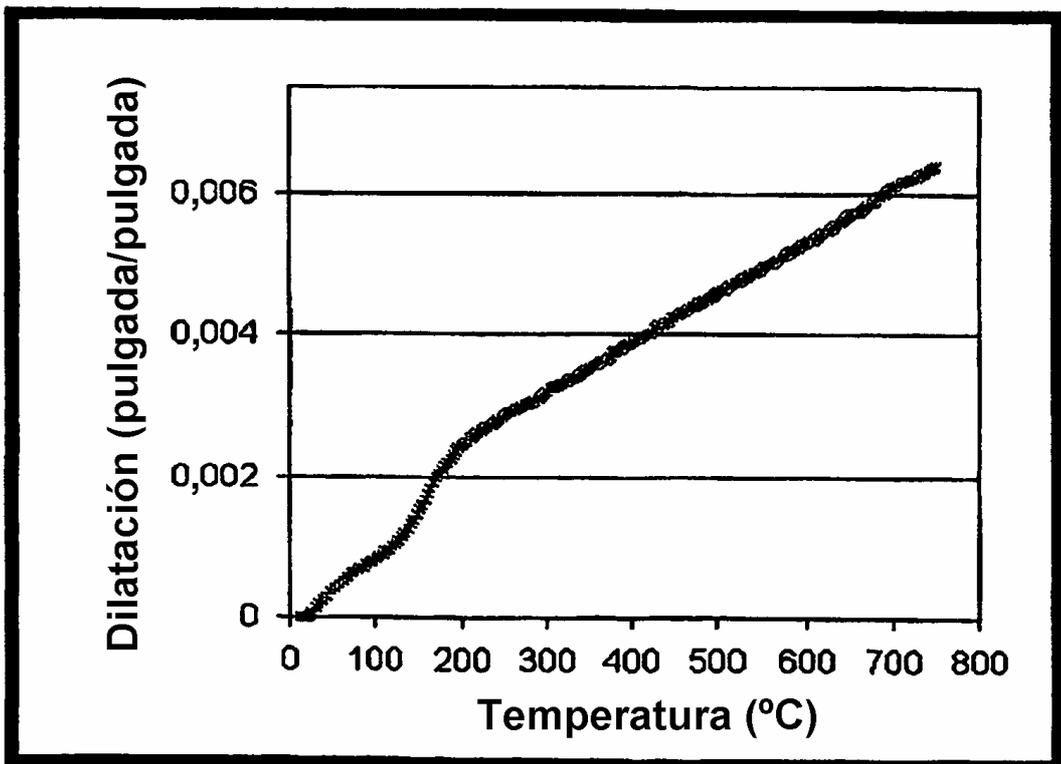


FIG.2

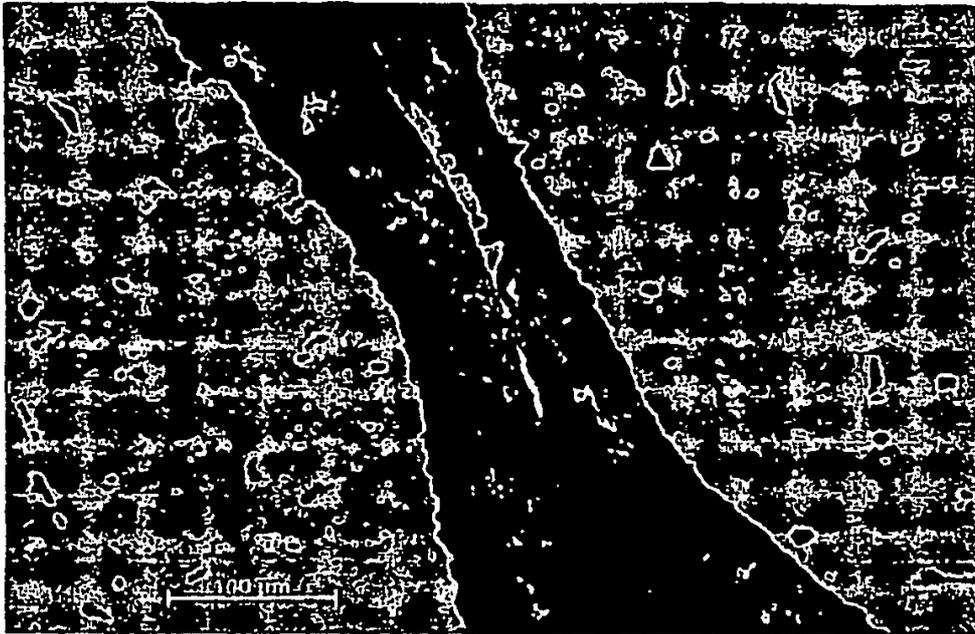


FIG. 3



FIG. 4

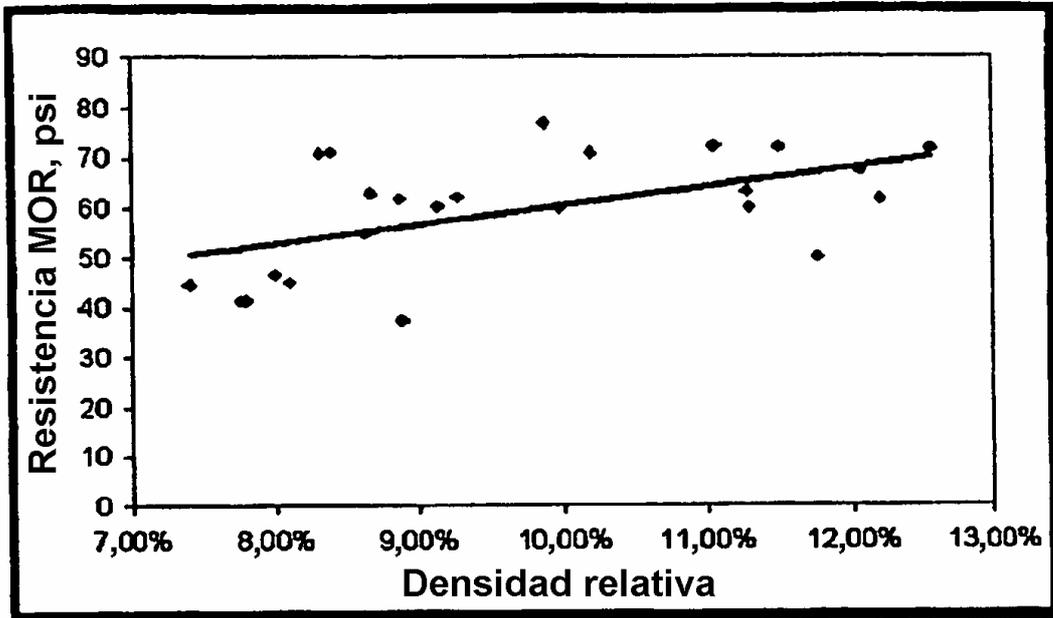


FIG.5

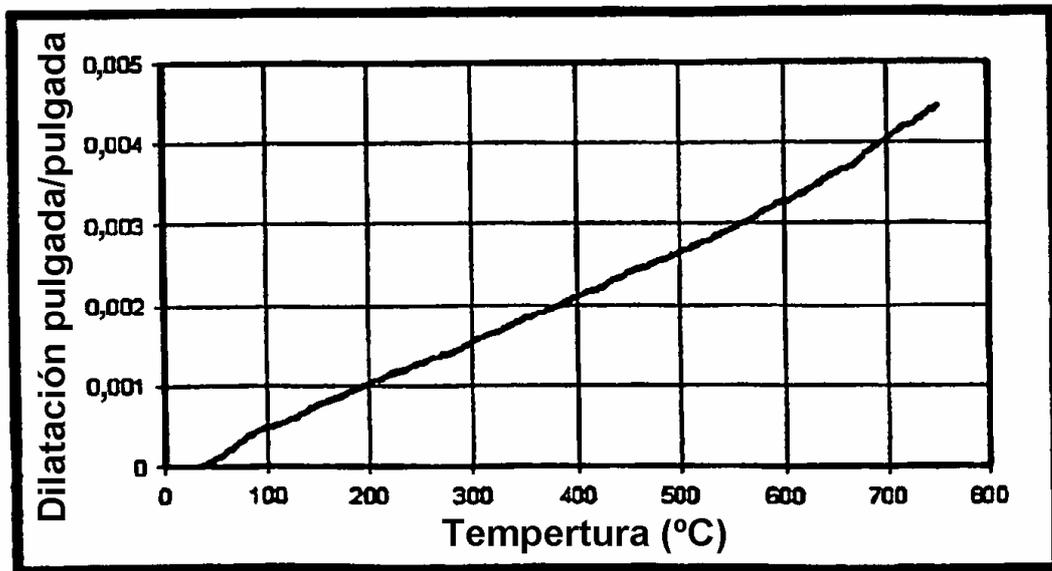


FIG.6

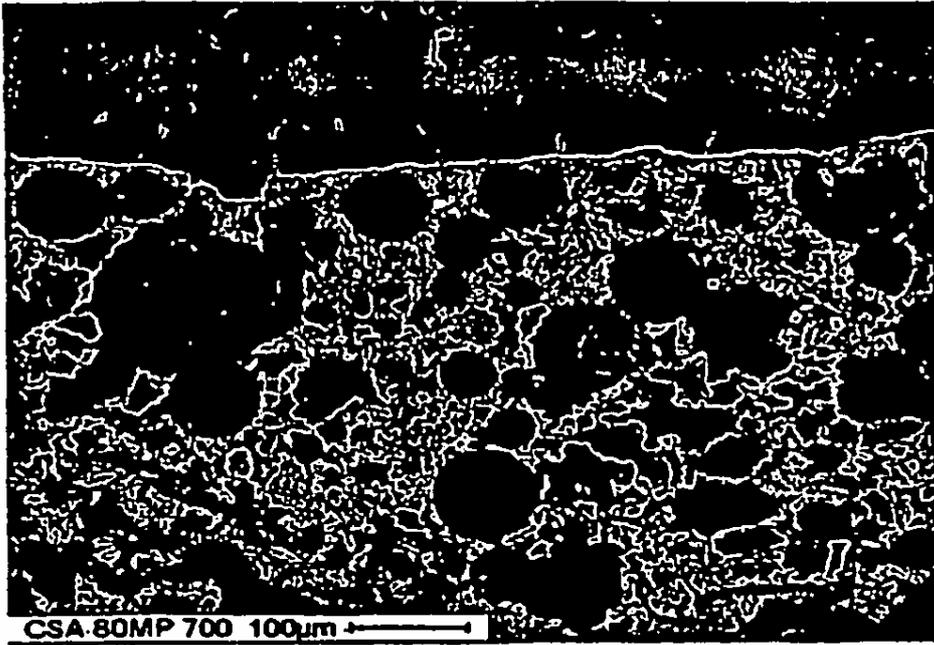


FIG. 7

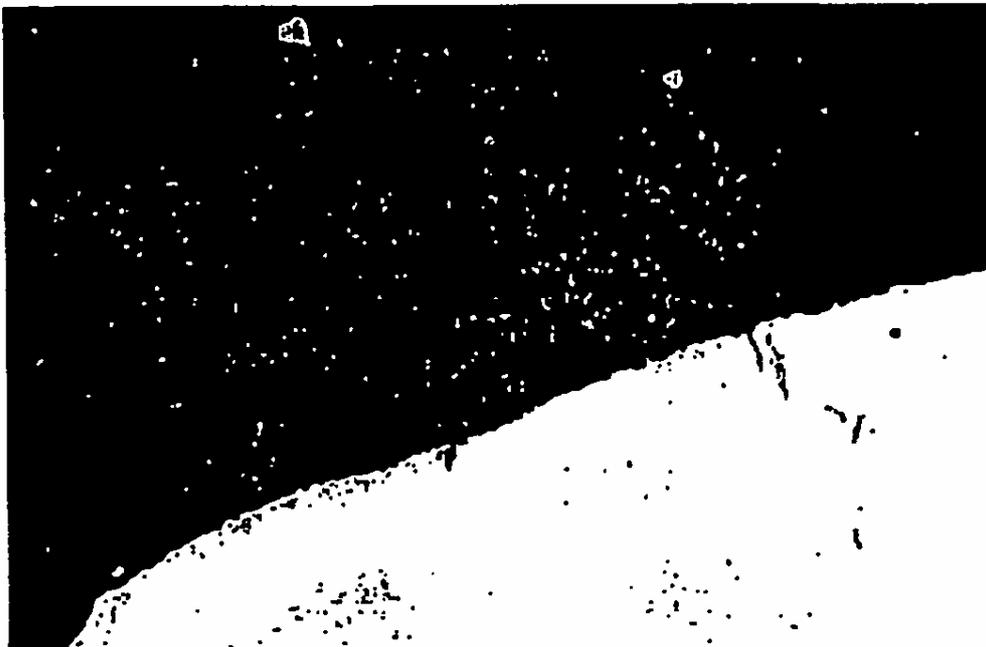


FIG. 8

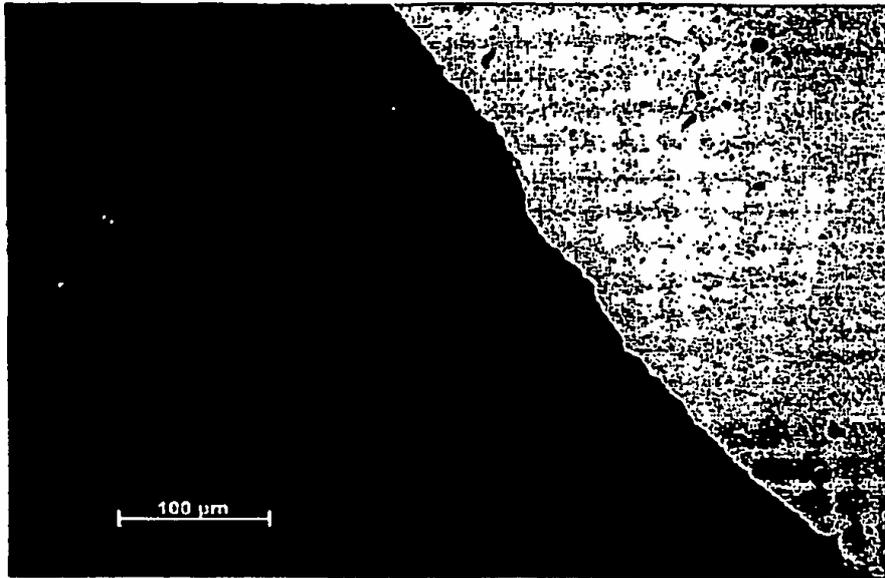


FIG. 9

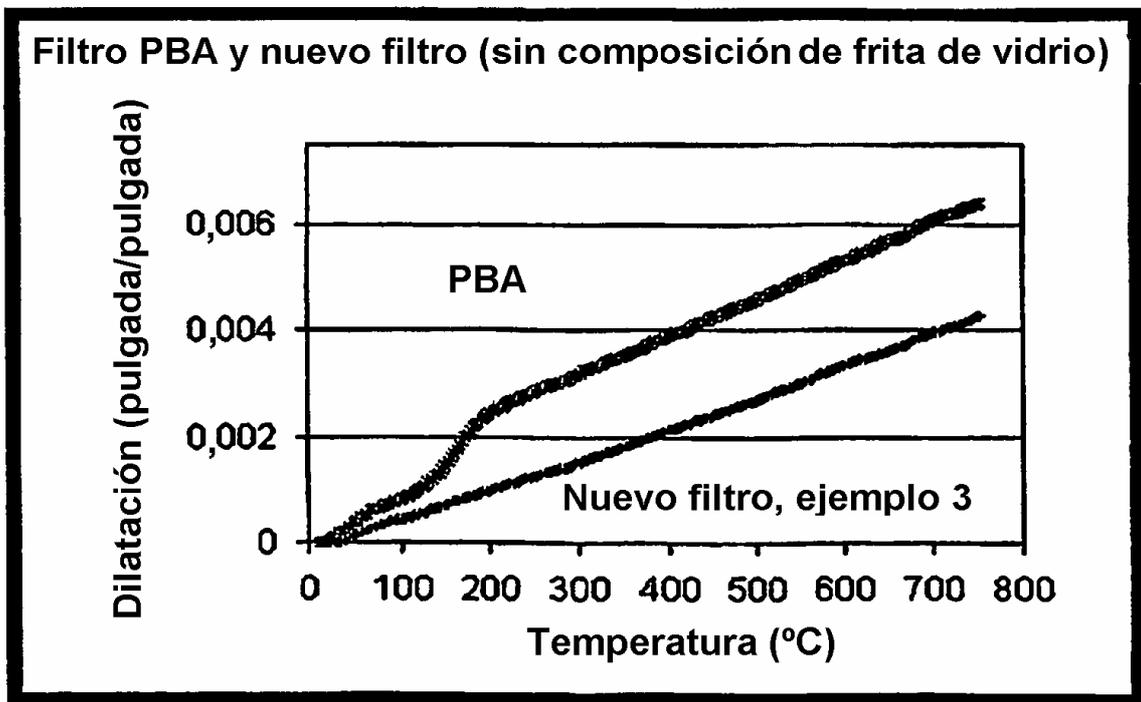


FIG. 10