

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 397 662**

51 Int. Cl.:

**B01D 39/20** (2006.01)

**C04B 35/524** (2006.01)

**C04B 35/573** (2006.01)

**C04B 38/00** (2006.01)

**C04B 38/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.03.2010 E 10722733 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.10.2012 EP 2385871**

54 Título: **Método para la producción de un filtro refractario**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**08.03.2013**

73 Titular/es:

**FOSECO INTERNATIONAL LIMITED (100.0%)  
1 Midland Way Central Park  
Barlborough Links, Derbyshire S43 4XA , GB**

72 Inventor/es:

**DEMEY, FRIEDHELM;  
JAHRE, RENATE;  
RIETHMANN, HANS;  
ARRUDA, MARIO;  
CASSARA, ANTONIO;  
NETO, RAPHAEL;  
DE OLIVEIRA, FABIO;  
PEREIRA, SUELI y  
NAZANO, KAZUHIRO**

74 Agente/Representante:

**BALLESTER CAÑIZARES, Rosalia**

**ES 2 397 662 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).

## MÉTODO PARA LA PRODUCCIÓN DE UN FILTRO REFRACTARIO

### Descripción

5 [0001] La presente invención hace referencia a un método para la producción de filtros apropiados para filtrar metal líquido y a filtros realizados por medio de tal método.

10 [0002] Los metales líquidos normalmente contienen sólidos tales como óxidos del metal y otras impurezas que pueden hacer que el producto de colada final tenga características no deseadas. Los filtros se han inventado para eliminar estas impurezas del metal líquido durante el proceso de colada. Normalmente estos filtros están hechos de materiales refractarios para aguantar las altas temperaturas asociadas a los metales líquidos.

15 [0003] Un tipo de filtro es un filtro celular que está compuesto de una serie de conductos o canales paralelos para que el metal pase a través de ellos. Dichos filtros se forman por extrusión o por estampación. Aunque son resistentes y fáciles de manejar, su rendimiento de filtración es relativamente pobre porque el metal líquido sólo realiza un recorrido corto y estrecho a través del filtro.

20 [0004] Los filtros refractarios preferidos parecen de espuma y en la industria de la filtración del metal se hace referencia a ellos como filtros de espuma. Estos son normalmente filtros de espuma cerámica pero recientemente los filtros de aglutinado de carbono (en los que el material refractario se aglutina por medio de un material compuesto de matriz carbonosa, como se describe en W02002/018075) han empezado a establecerse para determinadas aplicaciones. Un filtro de espuma tiene una red de fibras que define una pluralidad de células abiertas interconectadas. Dado que el canal de flujo en un filtro como tal es tortuoso, el rendimiento de filtración es mucho más alto que el de los filtros celulares.

30 [0005] La fabricación de filtros de espuma cerámica se describe en EP 0 412 673 A2 y EP 0 649 334 A1. Normalmente, una espuma de célula abierta (p. ej., espuma de poliuretano reticulada) se impregna con una suspensión acuosa de partículas refractarias y aglutinante. La espuma impregnada se comprime para expulsar el exceso de suspensión y después se seca y se cuece para quemar la espuma orgánica y sinterizar las partículas refractarias y aglutinar el revestimiento en suspensión. Se forma así una espuma cerámica sólida que tiene una pluralidad de vacíos interconectados que tienen considerablemente la misma configuración estructural que la espuma inicial. Aunque el rendimiento de filtración ha mejorado bastante en comparación con los filtros celulares descritos anteriormente, los filtros de espuma

35

cerámica son más débiles mecánicamente (las fibras, especialmente las del borde del filtro son propensas a la rotura).

**[0006]** Durante su uso, el filtro puede colocarse en una abertura en una pared entre una entrada del metal líquido y una salida del metal líquido para filtrar el metal. Un ejemplo de la colocación de un filtro en una pared refractaria se describe en US 5 4.940.489. Dado que los filtros de espuma son porosos en todas las direcciones y las superficies de los bordes son desiguales, es posible que parte del metal líquido fluya a alrededor de los bordes del filtro o pase solo a través de parte del filtro, reduciendo así el rendimiento de filtración. Este problema empeora si tiene lugar la rotura de fibras durante el transporte del filtro o mientras se coloca el filtro en la pared refractaria (se 10 notará que las mismas fibras rotas pueden contribuir a la existencia de impurezas en la colada final).

**[0007]** Aumentar la cantidad de suspensión que usa para impregnar, es decir, recubrir la espuma, en la producción del filtro aumenta su fuerza pero también hace 15 que se reduzca el rendimiento de filtración debido a un mayor peso y una porosidad reducida.

**[0008]** El proceso de filtración requiere que el filtro esté imprimado, en el que los poros del filtro están llenos de metal y se consigue un flujo de metal continuo. Imprimir supone colocar aire en los poros (en la superficie del filtro) y la presión que 20 se necesita es inversamente proporcional al tamaño de los poros. Además, las pérdidas de temperatura en el metal aumentarán la viscosidad del metal por lo que los filtros con una gran capacidad térmica darán lugar a pérdidas térmicas incrementadas y reducirán la imprimación. Por lo tanto, no es recomendable un filtro más pesado en el que las fibras revestidas sean más gruesas ya que tendrá una mayor capacidad 25 térmica. Esto significa que se necesitará que se caliente el metal líquido a una mayor temperatura para asegurar que no se enfría al tiempo que pasa por el filtro. Esto es una desventaja tanto desde el punto de vista económico como medioambiental ya que aumenta la cantidad de energía necesaria para calentar el metal a la temperatura adecuada.

**[0009]** Además del peso extra, los filtros que se generan usando una mayor cantidad 30 de suspensión tendrán un caudal de metal menor debido al mayor grosor de las fibras y a los poros más pequeños, y tendrán una mayor tendencia a bloquearse. Un caudal reducido y una obstrucción prematura pueden tener efectos adversos en la colada del metal, por ejemplo, al aumentar el número de veces de vaciado o causar un llenado del 35 molde incompleto, y puede que sea necesario aumentar el tamaño del filtro o aumentar

el tamaño del poro de la espuma. Por lo tanto, aumentar el nivel de la suspensión no es una solución práctica para aumentar la fuerza de los filtros de espuma, especialmente los bordes de los filtros de espuma.

5 **[0010]** US 5.039.340 describe un método para la fabricación de un filtro de espuma en el que a la espuma se le aplica un material promotor de la adherencia, preferiblemente junto con el floculante. El material promotor de la adherencia y el floculante aumentan la cantidad de suspensión que como consecuencia se adhiere a la espuma. El resultado final es un filtro más fuerte pero más pesado.

10 **[0011]** Se ha propuesto anteriormente que los bordes del filtro de espuma, que entran en contacto con la pared del molde/matriz cuenten con una capa protectora. Entre los objetivos de esta capa protectora pueden incluirse realzar la fuerza mecánica, impedir que entre metal entre la pared del molde o matriz y el filtro (desviación del metal), y reducir la probabilidad de que los extremos de las fibras del filtro de espuma cerámica se rompan durante el manejo (especialmente el manejo de filtros de forma  
15 mecánica/robótica) y el transporte. La capa protectora también facilita el uso de manejo robótico para permitir una colocación automática de los filtros en el molde.

**[0012]** EP 0 510 582 A1 presenta un filtro de espuma cerámica revestido de una estructura rígida de metal o cerámica. El filtro con estructura de cerámica puede realizarse envolviendo una tira extruida de cerámica tipo pasta que forma una masa  
20 alrededor del filtro, el cual puede o no haber sido precalentado, y luego secado y cocido.

**[0013]** CN 200991617Y presenta un filtro de espuma cerámica que tiene una capa protectora de material orgánico alrededor de su extremo que se descompone a una alta temperatura durante el uso del filtro. Se dice que la capa protectora reduce el  
25 daño del filtro durante su transporte e instalación y también permite su uso en cadenas de producción automáticas.

**[0014]** US 4.568.595 hace referencia a un filtro de espuma cerámica que tiene un revestimiento de cerámica. El revestimiento se realiza al alisar, cepillar o pulverizar una suspensión de cerámica sobre el filtro de espuma cerámica cocida y después  
30 cocer la estructura compuesta.

**[0015]** US 4.331.621 describe un filtro de espuma cerámica que tiene una junta con íntegro aglutinado de cerámica fijada a una superficie periférica de la misma. Puede realizarse al impregnar un material de espuma flexible con una suspensión, colocarla en un molde que tiene el tamaño deseado para el producto filtrado final e introducir  
35 después una suspensión de fibra cerámica en el hueco entre el material de espuma y

el molde. Después el molde se seca y se cuece para quemar la espuma y sinterizar el material cerámico.

**[0016]** GB 2 227 185 sugiere, en un modo de realización, empapar una pieza inicial de espuma plástica con lechada cerámica y después exprimir la espuma para forzar el exceso de lechada hacia una capa periférica sólida antes de cocer. En otro modo de realización GB 2 227 185 propone formar una capa cerrada en un filtro de espuma cerámica adhiriendo o bien otro material de espuma o una red de finos filamentos de plástico a la espuma. Mientras que se impregna con la lechada, los poros pequeños o espacios intermedios en la zona de los bordes laterales periféricos queda llena con lechada, formando así una capa cerrada cuando se cuece. En ambos modos de realización, el revestimiento resultante es grueso reduciendo por tanto el volumen útil del filtro y aumentando también su capacidad térmica.

**[0017]** Es un objetivo de la presente invención proporcionar un método mejorado para la producción de filtros de espuma y filtros mejorados realizados de este modo. En concreto, es objetivo de la presente invención proporcionar un método y filtros que ofrezcan unas o más de las siguientes ventajas:-

- (i) un método simplificado de producción;
- (ii) menores costes de producción;
- (iii) filtros con friabilidad reducida;
- (iv) filtros con porosidad incrementada (y de ahí una mayor capacidad y caudal);
- (v) filtros con una mayor fuerza de manejo;
- (vi) filtros con una instalación más fácil;
- (vii) manejo automático (robótico) de filtros;

**[0018]** Según un primer aspecto de la presente invención, se presenta un método para la producción de un filtro refractario de espuma con borde cerrado, que consiste en:-

proporcionar un sustrato de espuma reticulada que tiene al menos una superficie primaria para formar una cara lateral del filtro y dos superficies opuestas secundarias para formar las caras del filtro por las que pasa el flujo;

aplicar a la superficie primaria un líquido compuesto por un componente de revestimiento orgánico;

solidificar el componente de revestimiento orgánico para formar un filtro precursor que tiene un revestimiento volatilizable continuo en la superficie primaria;

impregnar el filtro precursor con una suspensión compuesta de partículas de un

material refractario, un aglutinante y un transportador líquido; y  
secar y cocer el filtro precursor impregnado para formar el filtro que tiene un  
borde cerrado.

**[0019]** Un filtro de borde cerrado es un filtro en el que los poros del borde (es decir, el  
5 lado o superficie periférica) del filtro están cerrados, es decir, bloqueados. Los filtros  
descritos en US4568595 y US4331621 son ejemplos de filtros de borde cerrado. El  
término “bordes” se usa normalmente entre los expertos en la materia para hacer  
referencia a las superficies/lados periféricos de un filtro.

**[0020]** El líquido debe aplicarse al sustrato de espuma para proporcionar un  
10 revestimiento volatilizable continuo en la(s) superficie(s) primaria(s) del filtro precursor  
para que después de impregnarse con suspensión y de cocerse, el filtro resultante  
tenga un borde cerrado continuo. Se entenderá que puede haber pequeñas  
discontinuidades en el revestimiento volatilizable que se produzcan como resultado  
del método de aplicación y solidificación del revestimiento orgánico. También pueden  
15 aparecer pequeñas discontinuidades en el borde cerrado del filtro y como resultado de  
cualquier defecto en la capa de revestimiento volatilizable y su posterior volatilización  
del componente de revestimiento orgánico al cocer el filtro. Tales discontinuidades no  
supondrán más del 5% del área de las superficies primarias que se revistan.

**[0021]** La suspensión se adhiere a ambos lados del revestimiento volatilizable al igual  
20 que al sustrato de espuma para que cuando se cueza, el revestimiento volatilizable y  
el sustrato de espuma se volatilice para dar lugar a un filtro de borde cerrado unitario.  
Con unitario se hace referencia a que no es posible distinguir el extremo de una fibra  
del inicio del revestimiento. Se entenderá que el borde cerrado unitario es distinto al  
revestimiento protector que se obtiene al aplicarle suspensión a un filtro que ya se  
25 cocido, tal y como se describía anteriormente en US 4.568.595. En esos casos,  
existirá un límite visible entre las fibras del filtro y el borde cerrado.

**[0022]** La invención también radica en un filtro de espuma refractario para filtrar el  
metal líquido que se puede crear por el proceso del primer aspecto, un filtro  
compuesto de una red tridimensional de fibras de material refractario y que tiene al  
30 menos una cara lateral y dos caras opuestas por las que pasa el flujo, donde al menos  
esa cara lateral tiene un borde cerrado unitario, y en el que el borde cerrado presenta  
cavidades.

**[0023]** El proceso de la presente invención permite que se proteja el borde del filtro  
sin llenar el interior del filtro con material refractario innecesario. Por lo tanto, esta  
35 característica podría usarse para producir filtros que tienen o bien un peso/densidad

inferior o una mayor porosidad en comparación con filtros convencionales, mientras que mantiene o mejora las propiedades (tales como la friabilidad o la fuerza del borde) del filtro convencional.

5 **[0024]** Según un segundo aspecto de la presente invención, se presenta un filtro de espuma refractario que se puede crear por el método del primer aspecto, un filtro compuesto de una celosía/red tridimensional de fibras de material refractario y que tiene al menos una cara lateral y dos caras opuestas por las que pasa el flujo, donde al menos esa cara lateral tiene un borde cerrado unitario, caracterizado porque ese borde cerrado unitario tiene un grosor de menos de 1 mm.

10 **[0025]** En algunos modos de realización, las cavidades son considerablemente más largas en dirección paralela a la cara lateral de lo que son de ancho en dirección perpendicular a la cara lateral.

15 **[0026]** En una serie concreta de modos de realización, el borde cerrado tiene un grosor de menos de 0,7 mm, menos de 0,5 mm, menos de 0,45 mm, menos de 0,4 mm, menos de 0,35 mm o menos de 0,3 mm. En otra serie de modos de realización, el borde cerrado tiene un grosor de al menos 0,15 mm, al menos 0,25 mm, al menos 0,35 mm, al menos 0,45 mm, al menos 0,55 mm, al menos 0,65 mm, al menos 0,75 mm, al menos 0,85 mm o al menos 0,95 mm.

20 **[0027]** Se entenderá que habrá variabilidad en el grosor del borde cerrado. Tal y como se hace referencia aquí, el grosor viene determinado generalmente a mitad de camino entre los nodos de la superficie adyacente en el filtro. Un nodo se define como un punto en la red de fibras irregular en la que se juntan dos o más fibras. El grosor puede venir determinado por referencia a una pluralidad de tales medidas entre diferentes pares de nodos de la superficie.

25 **[0028]** El grosor del borde cerrado puede compararse con el grosor de las fibras del filtro. En un modo de realización, la relación entre el grosor del borde cerrado y el grosor de las fibras es de 0,5 a 2: 1 o de 0,75 a 1,75: 1, o de 1 a 1,5: 1.

30 **[0029]** En un modo de realización, el filtro de la presente invención tiene una reducción en densidad de al menos un 10% comparado con un filtro análogo convencional. En otro modo de realización, la reducción es de al menos un 15%, al menos un 18% o al menos un 20%.

35 **[0030]** Las propiedades térmicas y físicas con las que se comparan los filtros son para valorar la idoneidad del uso de los filtros. Los filtros deben ser capaces de soportar el choque térmico de ser calentado a altas temperaturas, soportar físicamente el choque mecánico del impacto del metal líquido, permitir que pase

suficiente metal líquido a través del filtro (es decir, la capacidad y la imprimación del filtro), y tener suficiente fuerza para aguantar el manejo y el transporte. Las pruebas creadas para medir estas propiedades incluyen friabilidad, caudal de aire y/o agua, fuerza mecánica y el impacto del metal líquido (como aquí se describe).

5 **[0031]** Tal y como se usa aquí, un filtro de espuma refractario es un filtro capaz de soportar temperaturas elevadas (p. ej., por encima de 500 °C o incluso por encima de 1500 °C en el caso de los filtros para acero líquido), que tiene una red o celosía irregular de fibras interconectadas que definen vacíos o poros interconectados entre ellos de tal forma que existen múltiples canales tortuosos en el filtro. Dichos filtros de  
10 espuma se forman convenientemente (pero no necesariamente) usando un sustrato de espuma reticulada, por ejemplo, como se define en el método de la presente invención.

**[0032]** El sustrato de espuma reticulada puede ser una espuma polimérica, tal como un poliéter, un poliuretano (incluido poliéter-poliuretano y poliéster-poliuretano), o una  
15 espuma celulosa. El sustrato de espuma reticulada sirve como plantilla para el filtro resultante para que su porosidad proporcione una indicación de la porosidad del filtro resultante. La porosidad puede definirse desde el punto de vista del número de poros y el porcentaje en volumen de vacíos (poros) en el sustrato. La porosidad de un filtro de espuma se especifica normalmente en cuanto al número de poros por pulgada  
20 lineal (ppi) y para aplicaciones metalúrgicas la porosidad normalmente varía entre 5 ppi y 60 ppi, siendo de 10 ppi a 30 ppi lo más típico para la mayoría de aplicaciones de fundición. De hecho en la industria de la fundición, la referencia al ppi de un filtro es en sentido estricto la referencia al ppi del sustrato de espuma del cual se ha hecho. El sustrato de espuma reticulada de la presente invención puede tener una porosidad  
25 de 5 ppi a 60 ppi, siendo normalmente de 10 a 40 ppi o de 10 a 30 ppi.

**[0033]** Los poros en el filtro no tienen un tamaño uniforme (debido a la estructura del sustrato de espuma) y al tamaño del poro también le influye el método y nivel de impregnación de la espuma. Por ejemplo, el tamaño medio de un poro para una  
30 espuma de 10 ppi varía normalmente de 4800 a 5200 micras, mientras que el filtro resultante que se produce a partir de esta espuma tendrá un tamaño medio de poro del orden de 1200 a 1500 micras. De forma similar para 30 ppi, el sustrato de espuma tiene un tamaño medio de poro del orden de 2800 a 3200 micras mientras que el tamaño medio del poro del filtro es de 650-900 micras. La porosidad total de un filtro de espuma desde el punto de vista del volumen se encuentra normalmente entre el 75% y  
35 90%.



**[0034]** La forma del sustrato de espuma reticulada no es importante y generalmente dependerá de la aplicación prevista para el filtro resultante. De forma común, el sustrato de espuma reticulada tendrá una sección transversal circular, cuadrada o rectangular. Un sustrato de espuma reticulada que tiene una sección transversal

5 circular tendrá solo una superficie primaria mientras que un sustrato de espuma reticulada que tenga una sección transversal cuadrada o rectangular tendrá cuatro superficies primarias.

**[0035]** El líquido se aplicará a una o más superficies primarias del sustrato de espuma reticulada. Comúnmente el líquido orgánico se aplicará a todas las superficies

10 primarias del sustrato de espuma reticulada.

**[0036]** El líquido se aplicará por pulverización. De forma alternativa, el líquido puede aplicarse usando rodillos o cepillos o sumergiendo el borde del filtro en un cuerpo del líquido.

**[0037]** Las propiedades físicas del líquido vendrán determinadas en parte por el

15 método de aplicación. Cuando se usen rodillos, cepillo o inmersión, el contenido de los sólidos y la viscosidad deberían ajustarse para que tenga suficiente poder de fijación para adherirse al precursor y cerrar por completo los poros laterales, dando lugar a un revestimiento de superficie suave con una penetración mínima del líquido en el interior del precursor. El líquido (que contiene el componente de revestimiento

20 orgánico) también debería tener buenas y rápidas propiedades de revestimiento para reducir al mínimo el deslizamiento y mantener un capa de revestimiento regular y uniforme.

**[0038]** La aplicación por medio de pulverización tiene en cuenta un mayor control del grosor del revestimiento y permite por tanto que se use una cantidad mínima de

25 componente de revestimiento orgánico. Como ocurre con el resto de métodos de revestimiento, la pulverización también necesita que el líquido tenga buenas propiedades de revestimiento, además de una viscosidad baja para facilitar la pulverización.

**[0039]** El revestimiento volatilizable se puede conseguir al aplicar cantidades de

30 líquido adicionales, para asegurar que se obtiene un revestimiento continuo. Esto puede que sea necesario cuando se aplica el líquido con un pulverizador y se necesitarán quizás varias aplicaciones. El líquido total que se ha de aplicar dependerá de las propiedades necesarias del revestimiento volatilizable y el método de aplicar el líquido, p. ej., las propiedades del proceso de pulverización.

**[0040]** Después de la aplicación al sustrato de espuma reticulada, el componente

35

de revestimiento orgánico se seca y se deja endurecer a temperatura ambiente. En algunos modos de realización, se acelera el proceso de secado secando a una temperatura elevada, p. ej., de 80 a 140 °C. Cuando el componente de revestimiento orgánico se solidifica (p. ej., seco o curado) forma un revestimiento volatilizable que es compatible con los pasos posteriores de impregnación y finalmente desaparece durante la cocción (es decir, se volatiliza) para que no esté presente en el filtro resultante. En un modo de realización concreto, el componente de revestimiento orgánico se solidifica para formar un revestimiento volatilizable flexible. Por “flexible” se entiende que el revestimiento es plegadizo y duradero; capaz de ser flexionado o doblado sin agrietarse, romperse o separarse de la espuma reticulada, y que vuelve a su forma y la mantiene cuando se retira la presión que se ejercía. Esta característica es bastante importante si el filtro precursor está impregnado con suspensión por medio de un método que requiere compresión (apretón) para retirar el exceso de suspensión.

**[0041]** El líquido puede ser el propio componente de revestimiento orgánico o puede constar del componente de revestimiento orgánico junto con otros componentes tales como solventes, agentes de curado y pigmentos. En un modo de realización el líquido es no acuoso.

**[0042]** La solidificación del componente de revestimiento orgánico para formar el revestimiento volatilizable puede realizarse por simple secado del líquido que forma el componente de revestimiento orgánico (evaporación de solventes) a temperatura ambiente o por la aplicación de calor y/o corriente de aire o por curado del componente de revestimiento orgánico, p. ej., exposición a la humedad en la atmósfera o añadiendo un acelerador químico o por una combinación de uno o más de estos.

**[0043]** El componente de revestimiento orgánico puede ser un material polimérico como el poliuretano, el policloruro de vinilo (PVC), poliéster (PET, PVA), poliestireno, mezclas de dos o más tipos de polímeros y copolímeros. En un modo de realización, el componente de revestimiento orgánico forma un elastómero cuando se seca. Los componentes de revestimiento orgánicos mencionados anteriormente se consideran bastante útiles ya que son conocidos por formar un elastómero duradero cuando se secan.

**[0044]** El componente de revestimiento orgánico puede ser, por ejemplo, un sistema de componente único o un sistema de dos componentes mezclados poco antes de aplicarlo al sustrato de espuma reticulada.

**[0045]** El líquido puede estar formado por un solvente orgánico para diluir el componente de revestimiento orgánico. El solvente no debería afectar de forma negativa, es decir, disolver el sustrato de espuma y debería evaporarse fácilmente a temperatura ambiente. Dependiendo de la naturaleza química de tanto el sustrato como del revestimiento, son adecuados una amplia variedad de solventes, entre las clases se incluyen éteres como el tetrahidrofurano (THF) y el éter dietílico, hidrocarburos como el pentano, ciclopentano y xileno, cetonas tales como la acetona y la metiletilcetona, ésteres como el acetato de etilo y fluorocarburos y organoclorados. En un modo de realización particular, el líquido está compuesto de un solvente elegido de acetona, THF, acetato de etilo, xileno y mezclas de los mismos.

**[0046]** En un determinado modo de realización, el componente de revestimiento orgánico es un único componente de poliuretano que cura con la humedad, diluido con una mezcla de solvente de cetona/éter para la viscosidad necesaria.

**[0047]** El líquido puede contener un pigmento para colorearlo. Esto da lugar a un indicador útil de la cantidad de líquido que se ha aplicado a la(s) superficie(s) primaria(s) y ayuda a asegurar que la superficie se ha revestido completamente.

**[0048]** El material refractario se puede elegir de entre circonio, circonio, óxido de silicio, alúmina (incluida la alúmina fundida marrón), talco, mica, óxido de titanio, carburo de silicio, carburo de circonio, carburo de titanio, carburo de calcio, carburo de aluminio, nitruro de silicio, nitruro de aluminio, óxido de níquel, óxido de cromo, óxido de magnesio, mullita, grafito, antracita, coque, carbón activado, grafito-óxido de magnesio, grafito-alúmina, grafito-circonio, boruro de circonio, boruro de calcio, boruro de titanio, frita (vidrio esmerilado) y mezclas de comprendan dos o más de los mismos.

**[0049]** Las partículas del material refractario empleado pueden ser, por ejemplo, polvos, finos, gránulos, materiales fibrosos o microesferas (huecas y/o sólidas). En un modo de realización, los materiales fibrosos suponen hasta un 5% del material refractario utilizado. Se ha demostrado que tales pequeñas adiciones de material fibroso mejoran la fuerza mecánica y la resistencia térmica del filtro.

**[0050]** Se pueden añadir pequeñas adiciones de otros materiales a la suspensión para modificar las propiedades mecánicas y térmicas del filtro resultante. En un modo de realización, otros materiales, como los polvos metálicos y polvos de aleaciones de metales, están presentes en una cantidad equivalente al 5% del peso del material refractario. Entre los materiales adecuados se incluye acero,

hierro, bronce, silicio, magnesio, aluminio, boro.

5 **[0051]** El aglutinante puede ser cualquier aglutinante convencional que se emplee en la producción de filtros de espuma refractarios. El aglutinante puede ser un aglutinante inorgánico como la sílice vítrea (p. ej. borosilicato, aluminosilicato, silicato magnésico) o vidrio fosfatado, o una fuente rica en carbono seleccionada de una o más clases de los siguientes materiales: breas, alquitranes y polímeros orgánicos que se degradan para formar carbono en pirolisis en una atmósfera no oxidante.

10 **[0052]** La persona especializada será capaz de elegir el material refractario adecuado o una mezcla de materiales refractarios adecuados según los requisitos mecánicos y térmicos concretos del filtro. Por ejemplo, mezclas de alúmina/grafito y alúmina de vidrio esmerilado se usan normalmente para filtrar aleaciones de aluminio, mezclas de carburo de silicio y alúmina de vidrio esmerilado se usan normalmente para filtrar hierro y circonita de vidrio esmerilado se usa para filtrar el  
15 acero, mientras que mezclas de grafito y alúmina con aglutinado de carbono se usan tanto para filtrar hierro como acero.

**[0053]** El transportador líquido en la suspensión puede ser cualquier diluyente líquido adecuado, por ejemplo, agua, metanol, etanol o petróleo ligero. Sin embargo, normalmente se emplea agua ya que da lugar a suspensiones que tienen  
20 buenas propiedades de revestimiento y son seguras para el medio ambiente.

**[0054]** También se pueden añadir otros materiales a la suspensión refractaria para modificar sus propiedades reológicas. Es bastante común en el sector, el uso de dichos materiales para la preparación de filtros, e incluyen ayudas en la suspensión como arcillas, agentes antiespumantes tales como líquidos con base de silicona, dispersantes y estabilizadores poliméricos.  
25

**[0055]** Es bastante común en el sector la impregnación de filtros precursores por medio de suspensión refractaria, y puede realizarse por inmersión del precursor en la suspensión y/o haciendo rodar la suspensión por el precursor y/o pulverizar, retirando cualquier exceso de suspensión presionando y/o haciendo rodar y/o por  
30 centrifugadora.

**[0056]** Al filtro precursor se le puede aplicar uno o más revestimientos adicionales de un material refractario y/o un aglutinante, con un transportador líquido de forma opcional, y estos revestimientos adicionales deben secarse.

35 **[0057]** Los modos de realización de la invención serán descritos a continuación solo a modo de ejemplo con referencia a los dibujos que se acompañan en los

que:-

la figura 1 es un diagrama esquemático de una sección transversal de un parte de un filtro según un modo de realización de la invención;

la figura 2a es una sección transversal de un filtro convencional que se ha obtenido por medio de la técnica de imagen de TC de rayos X y la figura 2b de un negativo de la misma imagen;

la figura 3a es una sección transversal de un filtro según un modo de realización de la invención que se ha obtenido por medio de la técnica de imagen de TC de rayos X y la figura 3b es un negativo de la misma imagen; y

la figura de la 4a a la 4d son imágenes SEM de un filtro según un modo de realización de la invención.

**[0058]** La figura 1 es sección transversal muy esquemática de una parte de un filtro 10 según la presente invención. El filtro 10 tiene un borde cerrado periférico 12 y está compuesto por una red irregular de fibras 14 que rodean y definen poros/huecos 15. Tanto el borde cerrado 12 y las fibras 14 están formados por suspensión de un material refractario. Las fibras 14 tienen cavidades 16 debido a la eliminación (volatilización) de la espuma reticulada durante la cocción del filtro precursor. También habrá cavidades en el borde cerrado 14 donde antes estaba el revestimiento volatilizable. Estas se encontrarían a lo largo de la línea de puntos.

**[0059]** Uno nodo puede definirse en el filtro donde dos o más fibras 14 se encuentran. Algunos de los nodos del filtro han sido etiquetados con la letra A. La parte más fina del borde cerrado 12 se encuentra en un punto medio entre los dos nodos de la superficie. Ejemplos de los puntos medios se han etiquetado mediante la letra B. Puede verse que el punto más fino del borde cerrado 12 tiene un grosor comparable al de las fibras 14.

## **METODOLOGÍA**

### **Preparación de un filtro estándar de espuma de carburo de silicio**

**[0060]** Se impregnó una pieza de espuma de poliuretano reticulada que tiene una sección transversal cuadrada con suspensión refractaria haciendo uso de una combinación de rodillos y pulverizando hasta que se alcanzó el peso deseado. La suspensión estaba formada por aproximadamente un 60 % de carburo de silicio, 15% de alúmina, 5% de sílice, 10% de modificadores reológicos (antiespumantes, dispersantes, estabilizadores, aglutinantes, etc.). y un 5-10% de agua. La cantidad de agua añadida se ajustó para proporcionar la viscosidad necesaria en la

suspensión.

[0061] Después se secó la pieza de espuma impregnada en un horno a 150 °C antes de cocerse. La cocción se llevó a cabo en un túnel de secado (continuo), la temperatura no excedió el máximo de 1200 °C en la zona más caliente del horno.

5

#### **Preparación de un filtro de borde cerrado de espuma de carburo de silicio**

[0062] Una pieza de espuma de poliuretano que tiene una sección transversal cuadrada se revistió con pulverizador en sus cuatro lados laterales (caras laterales) con un líquido compuesto de un único componente no combado de adhesivo de poliuretano que cura con la humedad, diluido con una mezcla de solvente de cetona/éter con un 15% de solución de sólidos secos y coloreado por medio de una adición del 5% de un pigmento compatible. El líquido se aplicó usando una pistola de proyección estándar con un envase a presión, y una presión (de aire) de pulverización de 5 bares y una presión de alimentación de líquidos de 2 bares. Se aplicaron varias capas a las caras laterales hasta que la capa de revestimiento líquido de la pieza de espuma fue continua. Después, la pieza de espuma con borde revestido se dejó secar a temperatura ambiente.

[0063] La pieza de espuma con borde revestido se usó para preparar un filtro de espuma usando el mismo método que se describe anteriormente en relación con el filtro de espuma estándar con la excepción de que se usó un índice de aplicación de suspensión menor al prepararse los filtros de la invención. La cantidad de suspensión que se aplicó (índice de aplicación) se redujo disminuyendo la viscosidad y el contenido de sólidos de la suspensión por dilución, y/o ajustando la relación de la aplicación de rodillo : pulverizador hasta que se alcanzó el peso deseado, mientras se mantenía una cobertura uniforme de la espuma. Tras la aplicación de la suspensión, se seca la pieza de espuma con borde revestido impregnada y se cuece de la misma forma que con el filtro de espuma estándar.

#### **Evaluación de filtros**

[0064] Se emplearon las siguientes medidas para evaluar las propiedades de los filtros. Se entenderá que las pruebas tienen el fin de comparar y es importante que se usen los mismos parámetros para todos los filtros que se prueban.

#### **Peso medio**

[0065] Se midió el peso para un número determinado de muestras y se calculó la

media. Tal y como se ha descrito anteriormente, existe una solución intermedia entre usar suficiente suspensión para proporcionar fuerza suficiente y permitir un buen rendimiento de filtración e imprimación. En general, se preferirá un filtro con un peso menor siempre que el filtro sea suficientemente resistente durante su uso.

5

#### **Prueba del caudal de agua (capacidad)**

[0066] La prueba del caudal de agua es un sistema diseñado internamente en el que el agua circula y pasa a través de un tubo de acero vertical en el que un filtro se sella al fondo y perpendicular al flujo para que el agua fluya hacia la cara y a través del filtro. El sistema se coloca para que el diámetro del área de la cara del filtro expuesta al agua sea de 40 mm, en todos los filtros probados. La altura (cabeza) de agua por encima del filtro es de 125 mm y se mide el caudal de agua media a través del filtro. La prueba se usa para comparar el caudal relativo esperado (capacidad) de varios filtros para tener una idea de cómo actuarán los filtros con metal líquido. Los valores citados son la media de los resultados obtenidos al probar un número de filtros.

10

15

#### **Prueba de caída de presión (capacidad e imprimación)**

[0067] La prueba de caída de presión es una prueba estándar para los filtros en la que la caída de la presión del aire en un filtro viene determinada por el uso de un manómetro. El filtro se sella en una marca dentro de un banco de pruebas que está conectado a una bomba de flujo de aire constante. Se usa una válvula de entrada para variar el flujo de aire y un contador de flujo conectado a un extremo de salida para grabar el caudal a través del banco. Se une un manómetro al banco en cada lado de la muestra y se mide la caída de presión del aire que pasa a través del filtro. El sistema se coloca para que el área de la superficie de la cara del filtro que está expuesta al aire varíe según el tamaño del filtro, al igual que el flujo del aire. Para filtros de 50 mm x 50 mm, 75 mm x 75 mm y 100 mm x 100 mm, las áreas expuestas y los caudales son 2025 mm<sup>2</sup>, 4096 mm<sup>2</sup>, 6400 mm<sup>2</sup> y 40 m<sup>3</sup>/hora, 57 m<sup>3</sup>/hora respectivamente. Similar a la prueba del caudal de agua, la prueba de caída de presión se usa con fines comparativos para indicar las características de flujo relativas en el filtro. Se cree que en general, cuanto más baja es la caída de presión, más fácil es que se imprima el metal y pase por el filtro. Los valores citados son la media de los resultados obtenidos al probar un número de filtros.

20

25

30

35

**Medición de la friabilidad**

[0068] Se emplearon dos métodos para medir la friabilidad de los filtros. En el primero, se midió el peso de los fragmentos de filtro que se rompieron de un filtro durante la fase de embalaje automatizada de una planta de producción de filtro comercial. Se abrió una caja de filtros embalados y se retiró cada filtro. Se separó cualquier fragmento roto o suelto de los filtros y se recogió junto con cualquier fragmento que quedara en la caja y en el embalaje. El valor de friabilidad viene dado entonces por el peso total de los fragmentos sueltos como un porcentaje del peso total de los filtros.

[0069] Una prueba alternativa y más rigurosa implicaba colocar seis filtros en una cazuela de metal con tapa con un diámetro de 200 mm, y fijarla después a un agitador de cribas común. Se encendió la base vibradora (a la velocidad número 3) y la cazuela vibró durante 3 minutos. Después de tres minutos, se retiraron los filtros de la cazuela y se separó cualquier fragmento suelto. Se volvieron a meter los filtros en la cazuela y se repitió la vibración durante 3 minutos más. Después se retiró la cazuela, y se calculó el valor de friabilidad como se ha descrito anteriormente separando y pesando el peso total de los fragmentos sueltos de los filtros.

**Prueba de impacto directo (Medición de la fuerza mecánica)**

[0070] Los filtros se probaron con hierro líquido usando una prueba de impacto directo, en la que se echaban 50 kg de fundición gris a una temperatura determinada desde un cucharón de derrame hacia una mazarota de 450 mm en la cara de un filtro apoyado en dos lados opuestos en una marca hecha de arena de resina. La prueba muestra una medida de la fuerza mecánica del filtro desde el impacto inicial del metal, la resistencia de choque térmica, la fuerza mecánica a temperatura y la resistencia a la erosión. La temperatura para realizar la prueba puede variar según el grosor del filtro sometido a prueba y la intensidad necesaria, por ejemplo una temperatura de 1530 °C es una prueba más intensa para el rendimiento de un filtro que usar metal a 1480 ° C. Después de la prueba (y de enfriarse) se inspecciona el filtro, y se señala como defecto si tiene un agujero completamente a través de él. Para cada muestra se prueba con un número máximo de cinco filtros, y se considera el resultado como “Aprobado” si al menos cuatro filtros pasan la prueba (un quinto filtro no se prueba, si cuatro la han pasado ya). Además, se examina el filtro para ver el nivel de erosión y ver si hay alguna



grieta en el filtro.

### **Fuerza de compresión en frío**

[0071] Se midió la fuerza de compresión en frío de los filtros usando la prueba de fuerza de compresión de Hounsfield. La muestra de prueba se colocó de forma central en la base de prueba y un émbolo de un diámetro determinado se movió hacia abajo hacia la muestra a una velocidad constante de 50 mm por minuto hasta que la muestra se comprimió. Los valores indicados son la media de los resultados de probar un número de filtros.

10

### **Ejemplo comparativo 1 – Filtro estándar de espuma de carburo de silicio**

[0072] Se prepararon filtros con unas dimensiones de 50 mm x 50 mm x 22 mm de piezas de espuma de poliuretano reticuladas de 10 ppi que tienen las dimensiones adecuadas usando el método descrito anteriormente.

15

[0073] La figura 2a es una sección transversal de un filtro completo del ejemplo comparativo 1 con unas dimensiones de 50 mm x 50 mm x 22 mm. Puede verse claramente la disposición irregular de las fibras refractarias como las áreas claras por oposición al fondo oscuro. Las fibras refractarias están compuestas de cavidades en las que la espuma reticulada se ha quemado durante la cocción.

20

Estas se ven como regiones oscuras dentro de las fibras claras coloreadas. Para mayor claridad, se muestra un negativo de esta imagen en la figura 2b en el que las fibras del material refractario se muestran como zonas oscuras.

### **Ejemplo 1 – Filtro de espuma de carburo de silicio con un revestimiento de borde cerrado**

25

[0074] Se preparó un filtro de borde cerrado con unas dimensiones de 50 mm x 50 mm x 22 mm de una pieza de espuma de poliuretano reticulada de 10 ppi que tiene las dimensiones adecuadas (como se describe arriba). La velocidad de aplicación de la suspensión se redujo en comparación con el ejemplo comparativo 1.

30

[0075] La figura 3a es una sección transversal de un filtro completo del ejemplo 1 con unas dimensiones de 50 mm x 50 mm x 22 mm. Puede verse claramente la red irregular de fibras de material refractario junto con el borde cerrado continuo. El filtro de borde cerrado se ve como las zonas claras y los poros/vacíos como las zonas oscuras. El revestimiento y las fibras tienen un grosor similar, es decir, la relación del diámetro del revestimiento del borde con el diámetro de las fibras es de

35

aproximadamente 1:1. Para una mayor claridad, se muestra un negativo de esta imagen en la figura 3b en el que el material refractario se muestra como las zonas oscuras.

[0076] La figura 4a es una imagen por microscopio electrónico de barrido (SEM) de una parte de la esquina de un filtro del ejemplo 1 y las figuras 4b, 4c y 4d son imágenes ampliadas de la misma parte. En cada caso, la línea representa 1 mm. El grosor del borde cerrado varía de un máximo de sobre 1 mm en los nodos a menos de 0,5 mm en el punto medio entre los nodos. El borde cerrado tiene un grosor comparable al de las fibras y, en algunos puntos, sensiblemente más fino que las fibras. El borde cerrado presenta cavidades ya que el revestimiento orgánico volatilizable se ha quemado durante la cocción. Son visibles varias cavidades alargadas y estrechas que muestran donde se encontraba el revestimiento volatilizable antes de la cocción. Estas han sido señaladas con flechas en cada una de las figuras b, c y d. Debido a que el revestimiento volatilizable era continuo, se podría haber esperado que apareciera una cavidad continua en lugar de una cavidad discontinua. Los inventores creen que aparecen numerosas cavidades porque la composición refractaria de la suspensión seca se endurece pero queda fluido mientras que el revestimiento se ha volatilizado y por lo tanto puede moverse para llenar los huecos al tiempo que se crean.

20

### Resultados

[0077] A continuación se muestran las propiedades mecánicas, físicas y termomecánicas de los filtros del ejemplo comparativo 1 y del ejemplo 1.

**Tabla 1**

	<b>Ej. Comp. 1</b>	<b>Ej. 1</b>
Peso medio del filtro (g)	19,5	15,9
Densidad media del filtro (g/cm <sup>3</sup> )	0,39	0,32
Caudal de agua (l/s)	1,81	2,03
Friabilidad (%)	0,016	0,005
Prueba del impacto directo (1530 °C)	Aprobado	Aprobado
Prueba del impacto directo (1510 °C)	Aprobado	Aprobado

25

### Peso medio del filtro

[0078] El peso medio del filtro (y la densidad) para un filtro de la invención (ejemplo 1) era un 18,5 % más bajo que el peso medio para un filtro anterior

(ejemplo comparativo 1) con bordes abiertos.

**Prueba del caudal de agua (capacidad)**

5 [0079] El caudal de agua del ejemplo 1 era aproximadamente un 11 % mayor que en el ejemplo comparativo 1, lo que indica que el filtro tendrá una mayor capacidad y caudal de metal durante su uso. El ejemplo 1 tenía un nivel de impregnación de suspensión menor que en el ejemplo comparativo 1 y de ahí un peso del filtro menor, lo que da lugar a un filtro con una mayor porosidad (fibras más finas y menos poros bloqueados).

10

**Medición de la friabilidad**

15 [0080] La friabilidad se midió por medio de la primera prueba descrita anteriormente (línea de embalaje convencional). La medición mostró que el ejemplo 1 era menos friable, es decir, que el borde cerrado protegía los extremos de las fibras del filtro y reducía así la cantidad de fragmentos que se rompían, a pesar de que las fibras eran más finas (menos carga refractaria) y por tanto más débiles en general que en el ejemplo comparativo 1.

**Prueba del impacto directo (Medición de la fuerza mecánica)**

20 [0081] Por medio de la prueba estándar, pasaron la prueba todos los filtros del ejemplo 1, y no mostraron signos de defectos, es decir, rotura. Los resultados eran los mismos que en el ejemplo comparativo 1, lo que muestra que a pesar de un peso menor del filtro (nivel de impregnación) los filtros con borde cerrado del ejemplo 1 siguen siendo adecuados para la filtración del metal líquido.

25 [0082] Por lo tanto, un filtro de borde cerrado presenta una ventaja sobre el filtro anterior. El borde del filtro se protege sin necesidad de llenar la parte interior del filtro y de hecho, el nivel de impregnación del interior del filtro puede reducirse. Como consecuencia de esto, el caudal y la capacidad del filtro pueden aumentarse, y en algunos casos, será posible crear un filtro con poros con un tamaño menor  
30 mientras se mantiene el caudal y la capacidad de un filtro de espuma estándar con poros con un tamaño mayor. Esto significa que el rendimiento de filtración puede aumentarse sin afectar negativamente al proceso de colada (llenado del molde) en general.

35

**Ejemplos comparativos 2 y 3 y ejemplos 2 y 3**

[0083] Se prepararon filtros convencionales y de bordes cerrados con unas dimensiones de 50 mm x 50 mm x 15 mm de piezas de espuma de poliuretano. El ejemplo comparativo 2 y el ejemplo 2 se prepararon de piezas de 20 ppi y el ejemplo comparativo 3 y el ejemplo 3 se prepararon de piezas de 30 ppi. Las propiedades de los filtros se listan a continuación.

**Tabla 2**

	<b>Ej. comp. 2 (20ppi)</b>	<b>Ej. comp. 3 (30ppi)</b>	<b>Ej. 2 (20ppi)</b>	<b>Ej. 3 (30ppi)</b>
Peso medio general del filtro (g)	15,2	15,1	12,6	14,6
Caudal de agua (l/s)	1,94	1,81	2,08	1,90
Prueba de impacto directo 1510 °C	No realizada	No realizada	Aprobado	Aprobado
Prueba de impacto directo 1480 °C	Aprobado <sup>1</sup>	Aprobado <sup>1</sup>	No realizada	No realizada
Fuerza media de colisión en frío (N)	701	797	320	569
Nota 1) descripción del producto (y resultado) del producto comercial				

Como se esperaba, los filtros de 20 ppi tienen un mayor caudal de agua que los filtros de 30 ppi, debido a un tamaño mayor de los poros. El ejemplo 3 tiene un tamaño de poro de 30 ppi y aún así tiene un caudal de agua comparable al del filtro convencional de 20 ppi (ej. comp. 2). Los filtros del ej. 2 y el ej. 3 pasaron la prueba del impacto directo a una temperatura mayor (de ahí un resultado más fuerte) que en la descripción del actual producto comercial del ejemplo comparativo 2 y el ejemplo comparativo 3. En conjunto, los resultados significan que el filtro del ejemplo 3 podría usarse en lugar del ejemplo comparativo 2, dando lugar a un mayor rendimiento de filtración de un filtro de 30 ppi junto con la capacidad normalmente asociada a un producto con menor ppi.

**Ejemplos comparativos 4 y 5 y ejemplos 4 y 5**

[0084] Se prepararon filtros convencionales y de bordes cerrados con unas dimensiones de 50 mm x 50 mm x 22 mm de piezas de espuma de poliuretano. El ejemplo comparativo 4 y el ejemplo 4 se prepararon de piezas de 20 ppi y el ejemplo comparativo 5 y el ejemplo 5 se prepararon de piezas de 30 ppi. Las propiedades de los filtros se listan a continuación.

**Tabla 3**

	<b>Ej. comp. 4 (20ppi)</b>	<b>Ej. comp. 5 (30ppi)</b>	<b>Ej. 4 (20ppi)</b>	<b>Ej. 5 (30ppi)</b>
Peso medio general del filtro (g)	19,6	19,4	17,1	18,4
Friabilidad (%) (Método de la prueba de embalaje)	0,013	0,011	0,010	0,007
Caudal de agua (l/s)	1,64	1,60	1,97	1,77
Prueba de impacto directo 1530 °C	Aprobado <sup>1</sup>	Aprobado <sup>1</sup>	Aprobado	Aprobado
Fuerza media de colisión en frío (N)	750	745	403	517
Nota 1) descripción del producto (y resultado) del producto comercial				

Ambos filtros de la invención mostraron una friabilidad mejorada (reducida) a pesar de tener un peso del filtro y fuerzas de colisión en frío menores que los filtros convencionales. También tiene un mayor caudal de agua que los filtros convencionales lo que indica que tendrán una mayor capacidad durante su uso cuando se filtre metal. El ejemplo 5 puede usarse en lugar del ejemplo comparativo 4 para dar lugar a un mayor rendimiento de filtración mientras que se mantiene el caudal.

#### **Ejemplo comparativo 6 y ejemplo 6**

**[0085]** Se prepararon filtros convencionales y de bordes cerrados con unas dimensiones de 75 mm x 75 mm x 22 mm de piezas de espuma de poliuretano que tienen una porosidad de 20 ppi. Las propiedades de los filtros se listan a continuación.

**Tabla 4**

	<b>Ej. Comp. 6 (20 ppi)</b>	<b>Ej. 6 (20 ppi)</b>
Peso medio del filtro (g)	44,0	37,7
Caudal de agua (l/s)	2,09	2,59
Prueba del impacto directo 1530 °C	No realizada	Aprobado
Prueba del impacto directo 1510 °C	Aprobado <sup>1</sup>	No realizada
Fuerza media de colisión en frío (N)	970	535
Nota 1) descripción del producto (y resultado) del producto comercial		

**Ejemplos comparativos 7 y 8 y ejemplos 7 y 8**

[0086] Se prepararon filtros convencionales y de bordes cerrados con unas dimensiones de 100 mm x 100 mm x 22 mm de piezas de espuma de poliuretano. El ejemplo comparativo 7 y el ejemplo 7 se prepararon de piezas de 20 ppi y el ejemplo comparativo 8 y el ejemplo 8 se prepararon de piezas de 30 ppi. Las propiedades de los filtros se listan a continuación.

**Tabla 5**

	<b>Ej. comp. 7 (20 ppi)</b>	<b>Ej. comp. 8 (30 ppi)</b>	<b>Ej. 7 (20 ppi)</b>	<b>Ej. 8 (30 ppi)</b>
Peso medio general del filtro (g)	90,5	90,6	77,4	74,4
Caudal de agua (l/s)	No realizada	No realizada	2,16	2,59
Prueba de impacto directo 1510 °C	Aprobado <sup>1</sup>	Aprobado <sup>1</sup>	Aprobado	Aprobado
Fuerza media de colisión en frío (N)	1225	1196	738	873
Nota 1) descripción del producto (y resultado) del producto comercial				

**Ejemplo comparativo 9 y ejemplos 9A, 9B y 9C**

- 10 [0087] Se prepararon filtros convencionales y de bordes cerrados con unas dimensiones de 50 mm x 50 mm x 15 mm de piezas de espuma de poliuretano que tienen una porosidad de 20 ppi. Se usó una composición de suspensión diferente comparada con los ejemplos previos, compuesta de aproximadamente un 55% de carburo de silicio, 15 % de alúmina, 10 % de dióxido de silicio, 10 % de aglutinantes y modificadores reológicos y un 5-10 % de agua. La cantidad de suspensión que se aplicó se ajustó para dar lugar a una variedad de filtros con pesos diferentes. Se secaron las piezas de espuma impregnadas como en los ejemplos previos, sin embargo, la cocción de los filtros se llevó a cabo en un horno por tandas, alcanzando un máximo de 1150 °C en el punto más alto del ciclo de cocción.
- 15
- 20 [0088] La friabilidad de los filtros se midió por medio del segundo método y se muestra a continuación junto con otras propiedades de los filtros.

**Tabla 6**

	<b>Ej. comp. 9</b>	<b>Ej. 9A</b>	<b>Ej. 9B</b>	<b>Ej. 9C</b>
Peso medio general del filtro (g)	15,4	12,6	14,9	17,6

Friabilidad (%) (Prueba del agitador de cribas)	0,14	0,26	0,14	0,04
Caída de presión (Pa)	271	181	197	248
Impacto directo (1510 °C)	Aprobado	Aprobado	No realizada	No realizada
Fuerza media de colisión en frío (N)	1301	552	703	967

**[0089]** Los resultados muestran que aumentar el nivel de impregnación, y por tanto, el peso del filtro, aumenta la fuerza y reduce la friabilidad de los filtros. además, el ejemplo 9B tiene un peso general similar al ejemplo comparativo 9, sin embargo, como también tiene un borde cerrado, la impregnación del cuerpo de la espuma, es decir, el grosor de las fibras revestidas es menor. Por lo tanto, el filtro tendrá una mayor capacidad y un mayor caudal comparado con un filtro estándar, tal y como se indica por el valor de la caída de presión, pero con una friabilidad no incrementada del filtro (bordes).

**[0090]** En comparación con el ejemplo comparativo 9, el ejemplo 9C tiene un peso general del filtro mayor, sin embargo el nivel de impregnación de las fibras es menor como tal y como viene indicado por los datos de la caída de presión. Se esperará por tanto que tenga una capacidad y un caudal de metal ligeramente mayor comparado con el filtro convencional. Además, como resultado de su considerablemente mejorada (reducida) friabilidad, el ejemplo 9C será más resistente a las roturas y de ahí que sea especialmente resistente al manejo mecánico (incluido el robótico).

**Ejemplos 10, 11 y 12**

**[0091]** Se prepararon filtros de borde cerrado con base de circona de piezas de poliuretano con las mismas dimensiones que las usadas en los ejemplos 6 (ejemplo 10) y 7 (ejemplos 11 y 12). La composición de suspensión estaba compuesta por aproximadamente un 75% de circona, 10% de óxido de magnesio, 10% de aglutinantes y modificadores reológicos y un 5-10 % de agua. Se secaron las piezas de espuma impregnadas como en los ejemplos previos. Los filtros de circona se cocieron a una temperatura mayor que los filtros de carburo de silicio previos, alcanzado una temperatura máxima de 1600 °C en el punto más alto del proceso de cocción llevado a cabo en un horno por tandas. Los resultados se muestran a continuación.

**Tabla 7**

	<b>Ej. 10</b>	<b>Ej. 11</b>	<b>Ej. 12</b>
Porosidad de la espuma	20 ppi	10 ppi	20 ppi
Peso medio del filtro (g)	72,6	159,7	143,1
Caída de presión (Pa)	208	421	451
Fuerza media de colisión en frío (N)	3973	5307	3268

**Ejemplos comparativos 13 y 14 y ejemplos 13 y 14**

**[0092]** Se prepararon filtros de bordes cerrados de carburo de silicio y filtros estándar de 20 ppi como se describe anteriormente y se evaluaron en un molde separado horizontalmente. Para cada prueba, se colaron veinte juegos de coladas de buje de dirección, dos por caja moldeadora, un filtro por colada. Se produjeron dos series diferentes de coladas, donde se usó un filtro mayor para la colada más grande/pesada. Los resultados se muestran a continuación.

**Tabla 8**

	<b>Ej. comp. 13</b>	<b>Ej. 13</b>	<b>Ej. comp. 14</b>	<b>Ej. 14</b>
Dimensiones (mm)	50x50x22	50x50x22	50x75x22	50x75x22
Peso medio general del filtro (g)	19,5	16,2	30,3	24,7
Caudal de agua (l/s)	1,6	2,1	2,0	2,3
Tiempo medio del vaciado de colada (s)	11,7	11,0	12,6	11,9
Peso medio del vaciado de colada (kg)	62,1	61,4	71,4	70,2
Caudal de metal en el filtro (Kg/s)	5,3	5,6	5,7	5,9

**[0093]** Los filtros de borde cerrado son considerablemente más ligeros que los correspondientes filtros estándar. Además, estos resultados muestran que los filtros de borde cerrado tienen caudales más altos lo que da lugar a una reducción del tiempo de vaciado de colada de aproximadamente un 6% comparado con los filtros equivalentes estándar. Todas las coladas fueron satisfactorias tras una inspección visual, sin defectos perceptibles (relacionados con el filtro).



**Reivindicaciones**

1. Un método para la producción de un filtro espuma refractario de borde cerrado, que consiste en:-

proporcionar un sustrato de espuma reticulada que tiene al menos una superficie primaria para formar una cara lateral del filtro y dos superficies opuestas secundarias para formar las caras del filtro por las que pasa el flujo; aplicar a la superficie primaria un líquido compuesto por un componente de revestimiento orgánico;

solidificar el componente de revestimiento orgánico para formar un filtro precursor que tiene un revestimiento volatilizable continuo en la superficie primaria;

impregnar el filtro precursor con una suspensión compuesta de partículas de un material refractario, un aglutinante y un transportador líquido; y

secar y cocer el filtro precursor impregnado para formar el filtro que tiene un borde cerrado.

2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el sustrato de espuma reticulada tiene una porosidad de entre 5 y 60 poros por pulgada lineal (ppi).

3. Método de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, en el que el líquido se aplica a todas las superficies primarias del sustrato de espuma reticulada.

4. Método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que el líquido se aplica por pulverización.

5. Método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que el revestimiento volatilizable es flexible.

6. Método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que el componente de revestimiento orgánico se elige de entre uno o más de poliuretano, policloruro de vinilo (PVC), poliéster (PET) o poliestireno.

7. Un filtro de espuma refractario que se crea por medio del método de cualquier reivindicación anterior compuesto por una red tridimensional de fibras de material refractario y que tiene al menos una cara lateral y dos caras opuestas por las que pasa el flujo, donde al menos una cara lateral tiene un borde cerrado unitario, y el borde cerrado presenta cavidades.

8. Filtro de acuerdo con la reivindicación 7, en el que el borde cerrado unitario tiene un grosor de menos de 1 mm.

9. Filtro de acuerdo con la reivindicación 7 u 8, en el que las cavidades son considerablemente más largas en dirección paralela a la cara lateral de lo que

son de ancho en dirección perpendicular a la cara lateral.

10. Filtro de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de la 7 a la 9, en el que el borde cerrado unitario tiene un grosor de menos de 0,5 mm.
11. Filtro de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de la 7 a la 10, en el que la relación entre el grosor del borde cerrado unitario y el grosor de las fibras es de 0,5 a 2.

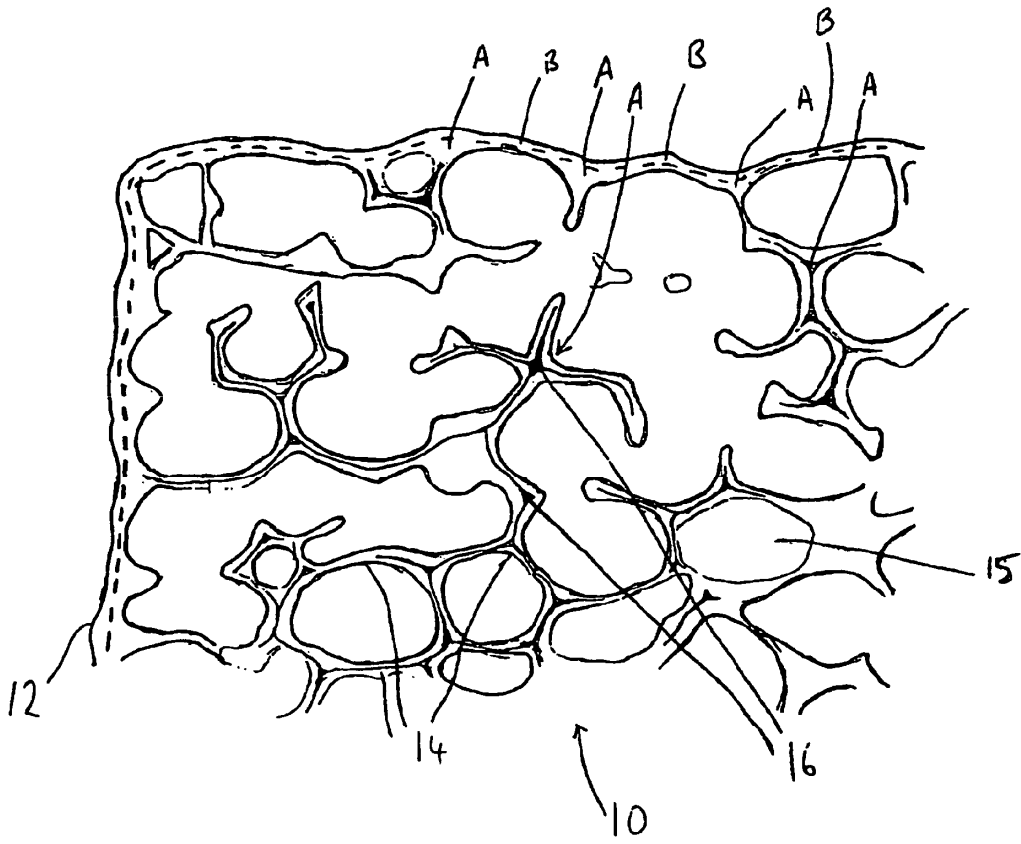


Fig 1

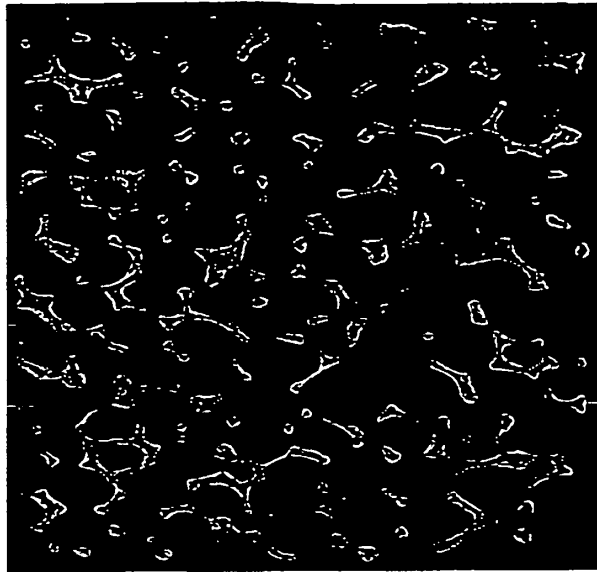


Fig 2a

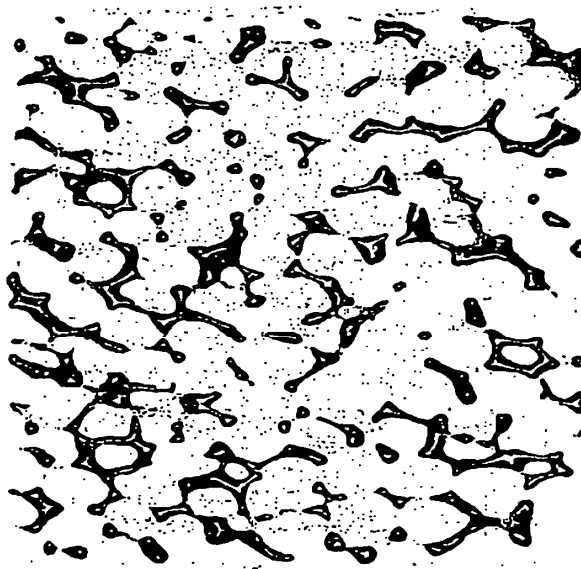


Fig 2b

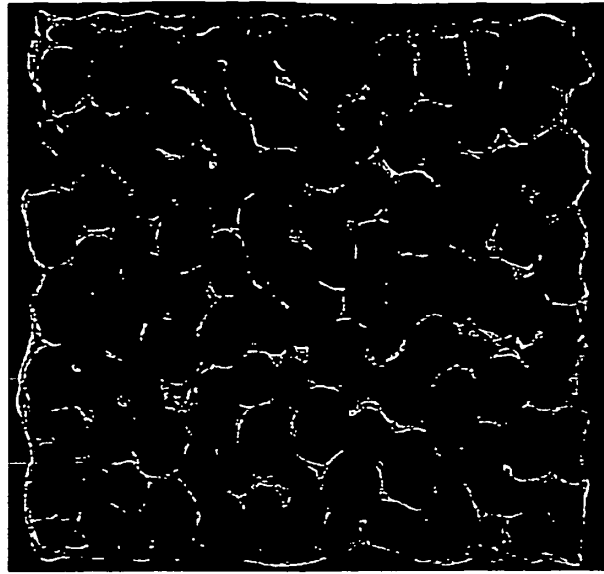


Fig 3a

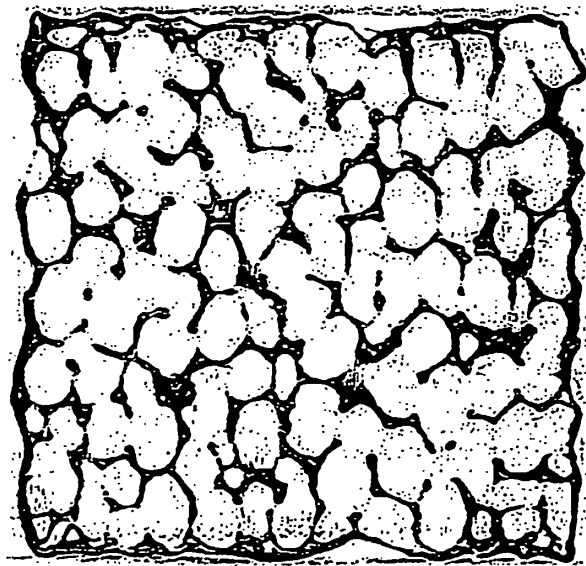


Fig 3b

