



República Federativa do Brasil  
Ministério da Economia  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) PI 1015970-3 A2



(22) Data do Depósito: 19/03/2010

(43) Data da Publicação Nacional: 07/04/2020

(54) **Título:** "MÉTODO PARA A PRODUÇÃO DE UM FILTRO DE ESPUMA REFRACTÁRIO DE BORDA FECHADA, E, FILTRO DE ESPUMA REFRACTÁRIO."

(51) **Int. Cl.:** B01D 39/20; C04B 35/524; C04B 35/573; C04B 38/00; C04B 38/06.

(71) **Depositante(es):** FOSECO INTERNATIONAL LIMITED.

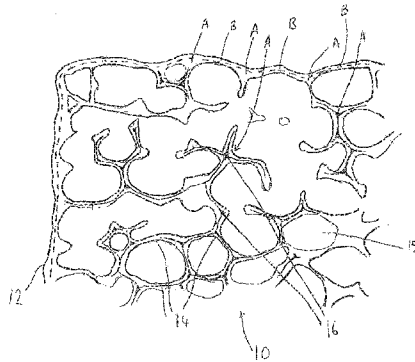
(72) **Inventor(es):** FRIEDHELM DEMEY; RENATE JAHRE; HANS RIETHMANN; MARIO ARRUDA; ANTONIO CASSARA; RAPHAEL VAZAMI NETO; FABIO DE OLIVEIRA; SUELI PEREIRA; KAZUHIRO NAKANO.

(86) **Pedido PCT:** PCT GB2010000503 de 19/03/2010

(87) **Publicação PCT:** WO 2011/114080 de 22/09/2011

(85) **Data da Fase Nacional:** 28/10/2011

(57) **Resumo:** MÉTODO PARA A PRODUÇÃO DE UM FILTRO DE ESPUMA REFRACTÁRIO DE BORDA FECHADA, E, FILTRO DE ESPUMA REFRACTÁRIO. MÉTODO PARA A PRODUÇÃO DE UM FILTRO DE ESPUMA REFRACTÁRIO DE BORDA FECHADA, E, FILTRO DE ESPUMA REFRACTÁRIO É descrito um método para a produção de filtros de borda fechada adequados para filtrar metal fundido e filtros feitos por um método como este. O método compreende: prover um substrato de espuma reticulada com pelo menos uma primeira superfície para formar uma face lateral do filtro e duas segundas superfícies opostas para formar as faces de fluxo atravessante do filtro; aplicar um líquido compreendendo um componente de revestimento orgânico na primeira superfície; solidificar o componente de revestimento orgânico para formar um precursor do filtro com um revestimento volatilizável na primeira superfície; impregnar o precursor do filtro com uma pasta fluida compreendendo partículas de um material refratário, um aglutinante e um carreador líquido; e secar e aquecer o precursor do filtro impregnado para formar o filtro com uma borda fechada.



“MÉTODO PARA A PRODUÇÃO DE UM FILTRO DE ESPUMA  
REFRATÁRIO DE BORDA FECHADA, E, FILTRO DE ESPUMA  
REFRATÁRIO”

A presente invenção diz respeito a um método para a produção  
5 de filtros adequados para filtrar metal fundido e a filtros feitos por um método  
como este.

Metais fundidos normalmente contêm sólidos tais como óxidos  
do metal e outras impurezas que podem fazer com que o produto fundido final  
tenha características indesejáveis. Filtros têm sido projetados para remover  
10 essas impurezas do metal fundido durante o processo de lingotamento.  
Normalmente, esses filtros são feitos de materiais refratários para suportar as  
altas temperaturas associadas com os metais fundidos.

Um tipo de filtro é um filtro celular que compreende uma série  
de dutos ou passagens paralelos para o metal atravessar. Tais filtros são  
15 formados por extrusão ou estampagem. Embora eles sejam robustos e fáceis  
de manusear, sua eficiência de filtração é relativamente baixa, em virtude de o  
metal fundido deslocar somente em um trajeto curto e direto através do filtro.

Os filtros refratários preferidos têm uma aparência tipo  
espuma e são referidos na indústria de filtração de metal como filtros de  
20 espuma. Esses são normalmente filtros de espuma cerâmica, mas, mais  
recentemente, filtros ligados de carbono (onde o material refratário é ligado  
por um material compreendendo uma matriz de carbono, como descrito em  
WO2002/018075) têm começado se estabelecer para certas aplicações. Um  
filtro de espuma tem uma rede de filamentos que define uma pluralidade de  
25 células abertas interconectadas. Uma vez que o trajeto de fluxo através de um  
filtro como este é sinuoso, a eficiência de filtração é muito mais alta do que  
dos filtros celulares.

A fabricação de filtros de espuma cerâmica está descrita em  
EP 0 412 673 A2 e EP 0 649 334 A1. Tipicamente, uma espuma de célula

aberta (por exemplo, espuma de poliuretano reticulado) é impregnada com uma pasta fluida aquosa de partículas refratárias e aglutinante. A espuma impregnada é comprimida para expelir a pasta fluida em excesso e então seca e aquecida para queimar a espuma orgânica e sinterizar as partículas refratárias e aglutinante no revestimento de pasta fluida. Uma espuma cerâmica sólida é assim formada com uma pluralidade de vazios interconectados substancialmente com a mesma configuração estrutural da espuma de partida. Embora a eficiência de filtração seja bastante melhorada em relação aos filtros celulares previamente descritos, filtros de espuma cerâmica são mecanicamente mais fracos (os filamentos, particularmente na borda do filtro, são propensos a quebra).

Em uso, o filtro pode ser colocado em uma abertura em uma parede entre uma entrada de metal fundido e uma saída de metal fundido para filtrar o metal. Um exemplo da colocação de um filtro em uma parede refratária é descrito em US 4.940.489. Uma vez que os filtros de espuma são porosos em todas as direções e as superfícies de borda são irregulares, é possível que parte do metal fundido escoe em torno das bordas do filtro, ou passem somente através de parte do filtro, reduzindo assim a eficiência de filtração. Este problema é exacerbado se a ruptura do filamento tiver ocorrido durante transporte do filtro, ou durante posicionamento do filtro na parede refratária (nota-se que os filamentos quebrados propriamente ditos podem contribuir para as impurezas no lingotamento final).

O aumento da quantidade de pasta fluida usada para impregnar, isto é, revestir a espuma, na produção do filtro, aumenta sua resistência, mas também resulta em menor eficiência de filtração por causa do maior peso e baixa porosidade.

O processo de filtração exige que o filtro seja escorvado, em que os poros do filtro são cheios com metal e um fluxo contínuo de metal é conseguido. Escorvamento envolve o deslocamento de ar nos poros (na

superfície do filtro) e a pressão necessária é inversamente proporcional ao tamanho dos poros. Além do mais, perdas de temperatura no metal aumentarão a viscosidade do metal e, conseqüentemente, filtros com uma alta capacidade térmica causarão maiores perdas térmicas e baixo escorvamento.

5 Um filtro mais pesado no qual os filamentos revestidos são mais espessos é preferivelmente indesejável, uma vez que terá uma maior capacidade térmica. Isto significa que o metal fundido precisará ser aquecido a uma maior temperatura para garantir que ele não solidifica à medida que ele atravessa o filtro. Isto é desvantajoso tanto do ponto de vista econômico quanto  
10 ambiental, já que aumenta a quantidade de energia necessária para aquecer o metal na temperatura exigida.

Além do peso extra, filtros produzidos usando uma maior quantidade de pasta fluida terão baixas vazões de metal por causa da maior espessura do filamento e menores poros, e terá uma maior tendência de  
15 bloquear. Baixas vazões e bloqueio prematuro podem ter efeitos adversos no lingotamento de metal, por exemplo, aumentando os tempos de vazamento, ou causando enchimento do molde incompleto, e pode ser necessário aumentar o tamanho do filtro, ou aumentar o tamanho de poro da espuma. O aumento do nível de pasta fluida, portanto, não é uma solução prática para  
20 aumentar a resistência de filtros de espuma, particularmente as bordas dos filtros de espuma.

U.S. 5.039.340 descreve um método para a fabricação de um filtro de espuma onde um material promotor de adesão, preferivelmente junto com floculação, é aplicado na espuma. O material promotor de adesão e  
25 floculante aumentam a quantidade de pasta fluida que substancialmente adere na espuma. O resultado final é um filtro mais resistente, porém mais pesado.

Foi previamente proposto prover as bordas do filtro de espuma, que faz contato com a parede do molde/matriz, com uma camada protetora. Os propósitos desta camada protetora podem incluir melhorar a

resistência mecânica, impedir a passagem de metal entre a parede do molde ou matriz e o filtro (desvio de metal), e reduzir a probabilidade de que as extremidades dos filamentos de filtro de espuma cerâmica se quebrem durante manuseio (particularmente manuseio mecânico/robótico dos filtros) e  
5 transporte. A camada protetora também facilita o uso de manuseio robótico para permitir colocação automática dos filtros nos moldes.

EP 0 510 582 A1 revela um filtro de espuma cerâmica revestido em uma armação rígida de metal ou cerâmica. O filtro de armação cerâmica pode ser feito envolvendo uma tira extrusada de massa formadora de  
10 cerâmica tipo massa de pão no filtro, que pode ou não ter sido pré-queimada, e então secando e queimando.

CN 200991617Y revela um filtro de espuma cerâmica com uma camada protetora de material orgânico em torno de sua borda que decompõe a alta temperatura durante o uso do filtro. Considera-se que a  
15 camada protetora reduz danos no filtro durante transporte e instalação e também permite seu uso em linhas de produção automática.

U.S. 4.568.595 diz respeito a um filtro de espuma cerâmica com um revestimento cerâmico. O revestimento é provido por aplicação tipo reboco, aplicação com pincel ou aspersão de uma pasta fluida cerâmica sobre  
20 o filtro de espuma cerâmica aquecido e então pelo aquecimento da estrutura de compósito.

U.S. 4.331.621 descreve um filtro de espuma cerâmica com uma gaxeta cerâmica ligada integralmente presa na sua superfície periférica. Ele pode ser feito impregnando um material de espuma flexível com uma  
25 pasta fluida, colocando-a em um molde com o tamanho desejado do produto filtro final e então alimentando uma pasta fluida de fibra cerâmica na folga entre o material de espuma e o molde. O molde é então seco e aquecido para queimar a espuma e sinterizar o material cerâmico.

GB 2 227 185 sugere, em uma modalidade, saturar uma peça

de partida de plástico de espuma com suspensão aquosa cerâmica e então comprimir a espuma para impelir a suspensão aquosa em excesso para uma camada periférica sólida antes do aquecimento. Em uma outra modalidade, GB 2 227 185 propõe formar uma camada fechada em um filtro de espuma cerâmica, aderindo tanto um material de espuma adicional quanto uma membrana de finos filamentos de plástico na espuma. Durante impregnação com a suspensão aquosa, os pequenos poros ou espaços intermediários na região da borda lateral periférica ficam e continuam cheios com a suspensão aquosa, formando assim a camada fechada mediante aquecimento. Em ambas as modalidades, o revestimento resultante é espesso, reduzindo assim o volume útil do filtro e também aumentando sua capacidade térmica.

É um objetivo da presente invenção prover um método melhorado para a produção de filtros de espuma e filtros melhorados feitos desta maneira. Em particular, é um objetivo da presente invenção prover um método e filtros que proporcionam uma ou mais das vantagens seguintes:

- (i) um método simplificado de produção;
- (ii) menores custos de produção;
- (iii) filtros de baixa friabilidade;
- (iv) filtros de maior porosidade (e conseqüentemente maior vazão e capacidade);
- (v) filtros de maior resistência no manuseio;
- (vi) instalação mais fácil dos filtros;
- (vi) manuseio automático (robótico) dos filtros.

De acordo com um primeiro aspecto da presente invenção, é provido um método para a produção de um filtro de espuma refratário de borda fechada, compreendendo:

- prover um substrato de espuma reticulada com pelo menos uma primeira superfície para formar uma face lateral do filtro e duas segundas superfícies opostas para formar as faces de fluxo atravessante do filtro;

- aplicar um líquido compreendendo um componente de revestimento orgânico na primeira superfície;

5 - solidificar o componente de revestimento orgânico para formar um precursor do filtro com um revestimento volatilizável contínuo na primeira superfície;

- impregnar o precursor do filtro com uma pasta fluida compreendendo partículas de um material refratário, um ligante e um carreador líquido; e

10 - secar e aquecer o precursor do filtro impregnado para formar o filtro com uma borda fechada.

Um filtro de borda fechada é um filtro no qual os poros na borda (isto é, superfície ou lado periférico) do filtro são fechados, isto é, bloqueados. Os filtros descritos em US4568595 e US 4331621 são exemplos de filtros de borda fechada. O termo "bordas" é normalmente usado pelos  
15 versados na técnica para referir-se às superfícies/lados periféricos do filtro.

O líquido tem que ser aplicado no substrato de espuma para prover um revestimento volatilizável contínuo na(s) primeira(s) superfície(s) do precursor do filtro de forma que, depois da impregnação com pasta fluida e queima, o filtro resultante tenha uma borda fechada contínua. Entende-se que  
20 pode haver pequenas descontinuidades no revestimento volatilizável que surge em decorrência do método de aplicação e da solidificação do revestimento orgânico. Pequenas descontinuidades na borda fechada do filtro podem também surgir e, em decorrência de qualquer defeito na camada do revestimento volatilizável e subsequente volatilização do componente de  
25 revestimento orgânico mediante aquecimento do filtro. Tais descontinuidades não constituirão mais que 5 % da área das primeiras superfícies que são revestidas.

A pasta fluida adere em ambos lados do revestimento volatilizável, bem como o substrato da espuma, de forma que, quando ele é

aquecido, o revestimento volatilizável e o substrato de espuma volatilizam para produzir um filtro de borda fechada unitário. Entende-se por unitário que não é possível distinguir a extremidade de um filamento do início do revestimento. Percebe-se que a borda fechada unitária é diferente do  
5 revestimento protetor que é obtido aplicando pasta fluida a um filtro que já foi queimado, tal como em US 4.568.595 anteriormente discutido. Nesses casos, haverá um limite visível entre os filamentos do filtro e a borda fechada.

A invenção também baseia-se em um filtro de espuma refratário para filtrar metal fundido produzido pelo processo do primeiro  
10 aspecto, o filtro compreendendo uma rede tridimensional de filamentos de material refratário e com pelo menos uma face lateral e duas faces de fluxo atravessante opostas, a pelo menos uma face lateral tendo uma borda fechada unitária.

O processo da presente invenção permite que a borda do filtro  
15 seja protegida sem acumular o interior do filtro com material refratário desnecessário. Dessa maneira, este recurso pode ser empregado para produzir filtros que têm tanto um menor peso/densidade quanto uma maior porosidade, comparado com filtros convencionais, ainda mantendo, ou melhorando, as propriedades (tais como resistência de borda ou friabilidade) do filtro  
20 convencional.

De acordo com um segundo aspecto da presente invenção, é provido um filtro de espuma refratário produzido pelo método do primeiro aspecto, o filtro compreendendo um reticulado/rede tridimensional de filamentos de material refratário e com pelo menos uma face lateral e duas  
25 faces de fluxo atravessante opostas, a pelo menos uma face lateral tendo uma borda fechada unitária, caracterizado em que a borda fechada unitária tem uma espessura menor que 1 mm.

De acordo com um terceiro aspecto da presente invenção, é provido um filtro de espuma refratário produzido pelo método do primeiro

aspecto, o filtro compreendendo um reticulado/rede tridimensional de material refratário e com pelo menos uma face lateral e duas faces de fluxo atravessante opostas, a pelo menos uma face lateral tendo uma borda fechada unitária, caracterizado em que a borda fechada unitária compreende 5 cavidades.

Em certas modalidades, as cavidades são significativamente maiores na direção paralela à face lateral do que na largura em uma direção perpendicular à face lateral.

Em uma série particular de modalidades, a borda fechada tem 10 uma espessura 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 ou menos de 0,3 mm. Em uma outra série de modalidades, a borda fechada tem uma espessura de pelo menos 0,15 mm, pelo menos 0,25 mm, pelo menos 0,35 mm, pelo menos 0,45 mm, pelo menos 0,55 mm, pelo menos 0,65 mm, pelo menos 0,75 mm, pelo menos 0,85 15 mm ou pelo menos 0,95 mm.

Entende-se que haverá uma variabilidade na espessura da borda fechada. Como aqui referido, a espessura é determinada no geral na metade entre nós superficiais adjacentes no filtro. Um nó é definido como um ponto na rede irregular de filamentos onde dois ou mais filamentos se 20 encontram. A espessura pode ser determinada pela referência a uma pluralidade de tais medições entre diferentes pares de nós superficiais.

A espessura da borda fechada pode ser comparada com a espessura dos filamentos do filtro. Em uma modalidade, a razão da espessura da borda fechada para a espessura dos filamentos é de 0,5 a 2:1 ou de 0,75 a 25 1,75:1, ou de 1 a 1,5:1.

Em uma modalidade, o filtro da presente invenção tem uma redução na densidade de pelo menos 10 %, comparado com um filtro convencional análogo. Em uma modalidade adicional, a redução é pelo menos 15 %, pelo menos 18 % ou pelo menos 20 %.

As propriedades térmicas e físicas com as quais os filtros são comparados são para avaliar a adequabilidade do filtro para uso. Os filtros devem poder suportar o choque térmico ao ser aquecido a altas temperaturas, suportar fisicamente o choque mecânico do impacto do metal fundido, permitir que metal fundido suficiente passe através do filtro (isto é, 5 escorvamento e capacidade do filtro), e ter resistência suficiente para suportar manuseio e transporte. Os testes projetados para medir essas propriedades incluem friabilidade, vazão de ar e/ou água, resistência mecânica e colisão de metal fundido (como aqui descrito).

10 Na forma aqui usada, um filtro de espuma refratário é um filtro capaz de suportar elevadas temperaturas (por exemplo, acima de 500°C ou mesmo acima de 1.500°C no caso de filtros para aço líquido) com uma rede ou reticulado irregular para interconectar filamentos que definem poros ou vazios interconectados entre eles de maneira tal que existam múltiplos trajetos 15 sinuosos através do filtro. Tais filtros de espuma são convenientemente (mas não necessariamente) formados usando um substrato de espuma reticulada, por exemplo, definida no método da presente invenção.

O substrato de espuma reticulada pode ser uma espuma polimérica, tal como poliéter, um poliuretano (incluindo poliéter-poliuretano e 20 poliéster-poliuretano), ou uma espuma de celulose. O substrato de espuma reticulada serve como um gabarito para o filtro resultante de maneira que sua porosidade forneça uma indicação da porosidade do filtro resultante. Porosidade pode ser definida em termos dos números de poros e da porcentagem em volume de vazios (poros) no substrato. A porosidade de um 25 filtro de espuma é normalmente especificada em termos do número de poros por polegada linear (2,54 centímetros) (ppi) e para aplicações metalúrgicas a porosidade normalmente varia de 5 ppi a 60 ppi, tipicamente 10 ppi a 30 ppi para a maioria das aplicações de fundição. De fato, na indústria de fundição, referência a ppi de um filtro, estritamente falando, é uma referência ao ppi do

substrato de espuma do qual ele é feito. O substrato de espuma reticulada da presente invenção pode ter uma porosidade de 5 ppi a 60 ppi, tipicamente de 10 a 40 ppi ou de 10 a 30 ppi.

Os poros no filtro não são de tamanho uniforme (por causa da  
5 estrutura do substrato de espuma) e o tamanho de poro é adicionalmente influenciado pelo método e nível de impregnação da espuma. Por exemplo, o tamanho de poro médio para uma espuma 10 ppi é tipicamente na faixa de 4.800 a 5.200 microns, ao passo que o filtro resultante produzido desta espuma terá um tamanho de poro médio da ordem de 1.200 a 1.500 microns.  
10 Similarmente, para 30 ppi, o substrato de espuma tem um tamanho de poro médio da ordem de 2.800 a 3.200 microns, ao passo que o tamanho de poro do filtro médio é 650 - 900 microns. A porosidade geral de um filtro de espuma em termos de volume é tipicamente na região de 75 % a 90 %.

A forma do substrato de espuma reticulada não é crítica e no  
15 geral dependerá da aplicação visada do filtro resultante. Comumente, o substrato de espuma reticulada terá uma seção transversal circular, quadrada ou retangular. Um substrato de espuma reticulada com uma seção transversal circular terá apenas uma primeira superfície, ao passo que um substrato de espuma reticulada com uma seção transversal quadrada ou retangular terá  
20 quatro primeiras superfícies.

O líquido pode ser aplicado a uma ou mais primeiras superfícies do substrato de espuma reticulada. Normalmente, o líquido orgânico será aplicado em todas das primeiras superfícies do substrato de espuma reticulada.

25 O líquido pode ser aplicado por aspersão. Alternativamente, o líquido pode ser aplicado usando rolos ou uma escova, ou submergindo a borda do filtro em um corpo do líquido.

As propriedades físicas do líquido serão parcialmente determinadas pelo método de aplicação. Quando se usam rolos, escova ou

imersão, o teor de sólidos e a viscosidade devem ser ajustados de maneira a dar pegajosidade suficiente para aderir no precursor e fechar completamente os poros laterais, promovendo um revestimento superficial liso com mínima penetração do líquido no interior do precursor. O líquido (contendo o  
5 componente de revestimento orgânico) deve também ter propriedades de revestimento na pele boas e rápidas de maneira a minimizar recalque e manter uma camada de revestimento regular e uniforme.

A aplicação por aspersão permite maior controle da espessura do revestimento e, portanto, permite que a mínima quantidade de componente  
10 de revestimento orgânico seja usada. Como com os outros métodos de revestimento, a aspersão também exige que o líquido tenha boas propriedades de revestimento de pele, mais uma baixa viscosidade, para facilitar a aspersão.

O revestimento volatilizável pode ser constituído aplicando-se quantidades adicionais de líquido para garantir que um revestimento contínuo  
15 seja obtido. Isto pode ser necessário durante aplicação do líquido por aspersão e diversas aplicações podem ser exigidas. O líquido total a ser aplicado dependerá das propriedades exigidas do revestimento volatilizável e do método de aplicação do líquido, por exemplo, as propriedades do processo de aspersão.

20 Depois da aplicação no substrato de espuma reticulada, o componente de revestimento orgânico pode ser seco e endurecido à temperatura ambiente. Em algumas modalidades, a secagem é acelerada por uma secagem a uma temperatura elevada, por exemplo, a 80 a 140°C. O componente de revestimento orgânico quando solidificado (por exemplo, seco  
25 ou curado) forma um revestimento volatilizável que é compatível com as etapas de impregnação subseqüentes e eventualmente queima durante o aquecimento (isto é, volatiliza) de forma que ele não fique presente no filtro resultante. Em uma modalidade particular, o componente de revestimento orgânico solidifica para formar um revestimento volatilizável flexível.

Entende-se por "flexível" que o revestimento é maleável e durável, capaz de ser flexionado ou dobrado sem trincar, quebrar ou se desanexar da espuma reticulada e que retorna para sua forma, e mantém a mesma, quando qualquer pressão aplicada for removida. Este recurso é particularmente importante se o precursor do filtro for impregnado com pasta fluida usando um método que exige compressão (espremedura) para remover pasta fluida em excesso.

O líquido pode ser o próprio componente de revestimento orgânico ou o líquido pode compreender o componente de revestimento orgânico junto com outros componentes tais como solventes, agentes de cura e pigmentos. Em uma modalidade, o líquido é não aquoso.

Solidificação do componente de revestimento orgânico para formar o revestimento volatilizável pode ser por simples secagem do líquido compreendendo o componente de revestimento orgânico (evaporação de solventes) à temperatura ambiente ou pela aplicação de calor e/ou fluxo de ar, ou pela cura do componente de revestimento orgânico, por exemplo, mediante exposição a umidade na atmosfera, ou por uma adição de um acelerador químico, ou por uma combinação de um ou mais desses.

O componente de revestimento orgânico pode ser um material polimérico tais como poliuretano, poli(cloreto de vinila) (PVC), poliéster (PET, PVA), poliestireno, misturas de dois ou mais tipos de polímeros, e copolímeros. Em uma modalidade, o componente de revestimento orgânico forma um elastômero mediante secagem. Os componentes de revestimento orgânico supramencionados são considerados particularmente úteis, uma vez que eles são conhecidos por formar um elastômero durável mediante secagem.

O componente de revestimento orgânico pode ser, por exemplo, um sistema de um único componente, ou um sistema de dois componentes misturados rapidamente antes da aplicação no substrato de espuma reticulada.

O líquido pode compreender um solvente orgânico para diluir o componente de revestimento orgânico. O solvente não deve afetar adversamente, isto é, dissolver o substrato de espuma, e deve evaporar rapidamente à temperatura ambiente. Dependendo da natureza química tanto do substrato quanto do revestimento, uma ampla variedade de solventes pode ser adequada, as classes incluem éteres tais como tetra-hidrofurano (THF) e dietil éter, hidrocarbonetos tais como pentano, ciclopentano e xilol, cetonas tais como acetona e metil etil cetona, ésteres tal como acetato de etila, e hidrocarbonetos fluorados/clorados. Em uma modalidade particular, o líquido compreende um solvente selecionado de acetona, THF, acetato de etila, xilol e misturas destes.

Em uma certa modalidade, o componente de revestimento orgânico é um poliuretano de cura com umidade de um único componente, diluído na viscosidade exigida com uma combinação de solvente de cetona/éter.

O líquido pode compreender um pigmento para colori-lo. Isto provê um indicador útil da quantidade de líquido que foi aplicado na(s) primeira(s) superfície(s) e ajuda garantir que a superfície foi completamente revestida.

O material refratário pode ser selecionado de zircônia, zircônio, sílica, alumina (incluindo alumina fundida marrom), talco, mica, titânia, carboneto de silício, carboneto de zircônio, carboneto de titânio, carboneto de cálcio, carboneto de alumínio, nitreto de silício, nitreto de alumínio, óxido de níquel, óxido crômico, magnésia, mulita, grafite, antracita, coque, carbono ativo, grafite-magnésia, grafite-alumina, grafite-zircônia, boreto de zircônio, boreto de cálcio, boreto de titânio, frita (vidro moído) e misturas compreendendo dois ou mais destes.

As partículas de material refratário empregadas podem ser, por exemplo, pós, finos, grânulos, materiais fibrosos ou microesferas (ocas e/ou

sólidas). Em uma modalidade, materiais fibrosos constituem até 5 % do material refratário empregado. Tal pequena adição de material fibroso é conhecida por melhorar a resistência mecânica e resistência térmica do filtro.

Pequenas adições de outros materiais podem ser feitas na pasta fluida para modificar as propriedades mecânicas e térmicas do filtro resultante. Em uma modalidade, outros materiais, tais como pós metálicos e pós de ligas metálicas, estão presentes em uma quantidade equivalente a até 5 % do peso do material refratário. Materiais adequados incluem aço, ferro, bronze, silício, magnésio, alumínio e boro.

O aglutinante pode ser qualquer aglutinante convencional empregado na produção de filtros de espuma refratários. O aglutinante pode ser qualquer ligante convencional empregado na produção de filtros de espuma refratários. O aglutinante pode ser um aglutinante inorgânico tal como vidro de silicato (por exemplo, borossilicato, aluminossilicato, silicato de magnésio) ou vidro de fosfato, ou uma fonte rica em carbono selecionada de uma ou mais das classes seguintes de materiais: piches, alcatrões e polímeros orgânicos que degradam para formar carbono mediante pirólise em uma atmosfera não oxidante.

Versados na técnica podem selecionar o material refratário apropriado ou mistura de materiais refratários de acordo com as exigências mecânicas e térmicas particulares do filtro. Por exemplo, alumina ligada com vidro e misturas de alumina/grafite são regularmente usadas para a filtração de ligas de alumínio, misturas de carboneto de alumínio e silício ligadas com vidro são regularmente usadas para filtração de ferro e zircônia ligada com vidro são usadas tanto para filtração de ferro quanto de aço.

O carreador líquido na pasta fluida pode ser qualquer diluente líquido adequado, por exemplo, água, metanol, etanol ou petróleo leve. Entretanto, água é normalmente empregada, uma vez que provê pastas fluidas com boas propriedades de revestimento e é ambientalmente segura.

Outros materiais podem também ser adicionados à pasta fluida refratária para modificar suas propriedades reológicas. O uso de tais materiais na preparação de filtros é bem conhecido na tecnologia, e eles incluem auxiliares de suspensão tais como argilas, agentes antiespumantes tais como líquidos a base de silicone, estabilizantes poliméricos e dispersantes.

A impregnação de precursores de filtro por pasta fluida refratária é bem conhecida na tecnologia, e pode ser por imersão do precursor na pasta fluida e/ou aplicando rolo na pasta fluida e no precursor e/ou aspersão, remoção de qualquer pasta fluida em excesso, pressionando e/ou aplicação de rolos e/ou aplicação de centrífuga.

Um ou mais revestimentos adicionais de um material refratário e/ou um aglutinante, opcionalmente com carreador líquido, pode ser o precursor do filtro e esses revestimentos adicionais podem ser secos.

Modalidades da invenção serão agora descritas apenas a título de exemplo com referência aos desenhos anexos, em que:

A figura 1 é um diagrama esquemático de uma seção transversal de parte de um filtro de acordo com uma modalidade da invenção;

A figura 2a é uma seção transversal de um filtro convencional obtido usando formação de imagem por raios-X de CT e a figura 2b é um negativo da mesma imagem.

A figura 3a é uma seção transversal de um filtro de acordo com uma modalidade da invenção obtida usando formação de imagem por raios-X de CT e a figura 3b é um negativo da mesma imagem; e

As figuras 4a a 4d são imagens SEM de um filtro de acordo com uma modalidade da invenção.

A figura 1 é uma seção transversal altamente esquemática de parte de um filtro de acordo com a presente invenção. O filtro tem uma borda periférica fechada e compreende uma rede irregular de filamentos envolvendo e definindo poros/vazios. Tanto a borda

fechada 12 quanto os filamentos 14 são pasta fluida formada de um material refratário. Os filamentos 14 têm cavidades 16 por causa da espuma reticulada que queima (volatiliza) durante o aquecimento do precursor de filtro.

5 Cavidades também estariam presentes na borda fechada 14 onde o revestimento volatilizável esteve previamente presente. Essas estariam localizadas ao longo da linha pontilhada.

Um nó pode ser definido no filtro onde dois ou mais filamentos 14 se encontram. Alguns dos nós no filtro foram rotulados por A.  
 10 A parte mais fina da borda fechada 12 é no ponto médio entre dois nós superficiais. Exemplos do ponto médio foram rotulados por B. Pode-se ver que o ponto mais fino da borda fechada 12 é de espessura equiparável aos filamentos 14.

## **METODOLOGIA**

### **15 Preparação de filtro de espuma de carboneto de silício padrão**

Uma peça de espuma de poliuretano reticulado com uma seção transversal quadrada foi impregnada com pasta fluida refratária usando uma combinação de rolos e aspersão até que um peso desejado fosse atingido. A pasta fluida compreendeu aproximadamente 60 % de carboneto de silício, 15  
 20 % de alumina, 5 % de sílica, 10 % de modificadores de reologia (antiespumantes, dispersantes, estabilizantes, aglutinantes, etc.) e 5-10 % de água. A quantidade de água adicionada foi ajustada de maneira a dar a viscosidade da pasta fluida exigida.

A peça de espuma impregnada foi então seca em um forno a  
 25 150°C antes de ser queimada. A queima foi conduzida em um forno tipo túnel (contínuo), a temperatura não excedendo um máximo de 1.200°C na zona mais quente do forno.

### **Preparação de filtro de espuma de carboneto de silício de borda fechada**

Uma peça de espuma de poliuretano com uma seção

transversal quadrada foi revestida por aspersão nos seus quatro lados laterais (faces laterais) com um líquido compreendendo um adesivo de poliuretano de cura por umidade de um único componente sem cedimento, diluído com uma combinação de solvente cetona/éter em uma solução de 5 15 % de sólidos secos e colorida por meio de uma adição 5 % de um pigmento compatível. O líquido foi aplicado usando uma pistola de aspersão tipo padrão com recipiente de pressão e uma pressão de atomização (ar) de 5 bar e pressão de suprimento de líquido 2 bar. Diversas camadas foram aplicadas nas faces laterais até que a camada de revestimento líquida na peça de espuma ficasse contínua. A peça de 10 espuma revestida na borda foi então deixada secar à temperatura ambiente.

A peça de espuma revestida na borda foi usada para preparar um filtro de espuma usando o mesmo método que foi aqui 15 descrito com relação ao filtro de espuma padrão, exceto que foi usada uma menor taxa de aplicação de pasta fluida durante a preparação dos filtros da invenção. A quantidade de pasta fluida aplicada (taxa de aplicação) foi reduzida abaixando a viscosidade e o teor de sólidos da pasta fluida por diluição, e/ou pelo ajuste da razão da aplicação de 20 aspersão por rolos até que o peso desejado fosse alcançado, mantendo ainda uma cobertura uniforme da espuma. Depois da aplicação da pasta fluida, a peça de espuma revestida com borda impregnada então queimada da mesma maneira que o filtro de espuma padrão.

### **Avaliação dos filtros**

25 As medidas seguintes foram empregadas a fim de avaliar as propriedades dos filtros. Deve-se entender que os testes têm propósitos de comparação e assim é importante que os mesmos parâmetros sejam usados para todos os filtros que são testados.

### **Peso médio**

O peso para um dado número de amostras foi medido e a média calculada. Como previamente descrito, existe um equilíbrio entre usar bastante pasta fluida para prover resistência suficiente e permitir boa eficiência de escorvamento e filtração. Em geral, um filtro de menor peso será preferível, desde que o filtro seja suficientemente robusto em uso.

#### **Teste de vazão de água (capacidade)**

O teste de vazão de água é um aparelho internamente projetado no qual água é circulada e passa através de um tubo de folha vertical no qual um filtro é selado no fundo e perpendicular ao fluxo de maneira que a água escoe para baixo na face e através do filtro. O aparelho é arranjado de forma que o diâmetro da área da face do filtro exposta a água é 40 mm, para todos os filtros testados. A altura (coluna) de água acima do filtro é 125 mm e a vazão média de água através do filtro é medida. O teste é usado para comparar as vazões relativas esperadas (capacidade) de vários filtros de maneira a dar uma indicação de como os filtros comportam com metal fundido. Os valores quotados são a média dos resultados do teste de inúmeros filtros.

#### **Teste de queda de pressão (capacidade e escorvamento)**

O teste de queda de pressão é um teste padrão para filtros no qual a queda na pressão de ar através de um filtro é determinada pelo uso de um manômetro. O filtro é selado em uma impressão em um gabarito de teste no qual é conectada uma bomba de ar de fluxo constante. Uma válvula de entrada é usada para variar o fluxo de ar através do gabarito. Um manômetro é ligado no gabarito em qualquer lado da amostra e mede a queda de pressão do ar que passa pelo filtro. O aparelho é arranjado de forma que a área superficial da face do filtro exposta ao ar varie de acordo com o tamanho do filtro, tal como ocorre com o fluxo de ar. Para filtros de 50 mm x 50 mm, 75 mm x 75 mm e 100 mm x 100 mm, as áreas expostas e as vazões são 2.025 mm<sup>2</sup>, 4.096 mm<sup>2</sup>, 6.400 mm<sup>2</sup> e 40 m<sup>3</sup>/hora, 57 m<sup>3</sup>/hora, 100 m<sup>3</sup>/hora,

respectivamente). Similar ao teste de vazão de água, o teste de queda de pressão é usado com propósitos comparativos para indicar as características de fluxo relativas através de um filtro. Acredita-se que, no geral, quanto menor a queda de pressão, tanto mais fácil para o metal escorvar e passar através de um filtro. Os valores quotados são a média de resultados do teste de inúmeros filtros.

### **Medição da friabilidade**

Dois métodos de medição da friabilidade dos filtros foram empregados. No primeiro, os pesos de fragmentos de filtro que desprendem de um filtro durante o estágio de empacotamento automático de uma usina de produção de filtro comercial foram medidos. Uma caixa de papelão empacotada de filtros foi aberta e cada filtro removido. Todos os fragmentos quebrados ou soltos foram separados dos filtros e coletados com todos os fragmentos restantes na caixa e embalagem. O valor de friabilidade é então dado pelo peso total dos fragmentos soltos como a porcentagem do peso total dos filtros.

Um teste alternativo e mais severo envolveu colocar seis filtros em um recipiente de metal de 200 mm de diâmetro com tampa, e então fixar este em um agitador de peneira padrão. A base vibratória foi ligada (número de ajustes de velocidade 3) e o revestimento de metal pôde vibrar por 3 minutos. Depois de três minutos, os filtros foram removidos do recipiente e todos os fragmentos soltos foram separados. Os filtros foram então retornados para o recipiente e a vibração foi repetida por um período adicional de 3 minutos. O recipiente foi então removido e o valor de friabilidade calculado como descrito anteriormente pela separação e pesagem do peso total dos fragmentos de filtro soltos.

### **Teste de colisão direta (medição da resistência mecânica)**

Os filtros foram testados com ferro líquido usando um teste de colisão direta, em que 50 kg de ferro cinzento a uma dada temperatura foram

vazado de uma panela de vazamento por baixo montada em um canal de 450 mm na face de um filtro suportado em dois lados opostos em uma impressão feita de areia ligada por resina. O teste fornece uma medida da resistência mecânica do filtro a partir do impacto de metal inicial, resistência ao choque 5 térmico, resistência mecânica na temperatura e resistência a erosão. A temperatura de teste pode ser variada de acordo com a espessura do filtro que está sendo testado e da severidade exigida, por exemplo, uma temperatura de 1.530°C é um teste mais severo do desempenho de um filtro do que usando metal a 1.480°C. Depois do teste (e resfriamento) o filtro é inspecionado e é 10 designado com recusado se tive um furo completamente através dele. Um número máximo de cinco filtros é testado para cada amostra, e o resultado é considerado "aprovado" se pelo menos quatro filtros forem aprovados (um quinto filtro não é testado, se os quatro primeiros forem aprovados). Além do mais, o filtro é examinado para ver o nível de erosão e se houve qualquer 15 trinca no filtro.

#### **Resistência ao esmagamento a frio**

A resistência ao esmagamento a frio dos filtros foi medida usando a máquina de teste de resistência a compressão Hounsfield. A amostra de teste foi colocada centralmente na base de teste e um êmbolo de diâmetro 20 conhecido movimentado para baixo em direção à amostra a uma taxa constante de 50 mm por minuto até que a amostra fosse esmagada. Os valores quotados são a média de resultados do teste de inúmeros filtros.

#### **Exemplo comparativo 1 - filtro de espuma de carboneto de silício padrão**

Filtros com as dimensões de 50 mm x 50 mm x 22 mm fora 25 preparados de peças de espuma de poliuretano reticulado 10 ppi com as dimensões apropriadas usando o método supradescrito.

A figura 2a é uma seção transversal de um filtro completo do exemplo comparativo 1 que tem dimensões de 50 mm x 50 mm x 22 mm. O arranjo irregular de filamentos refratários pode ser visto

claramente como as áreas claras contra o fundo escuro. Os filamentos refratários compreendem cavidades onde a espuma reticulada queimada durante o aquecimento. Essas são vistas como regiões escuras nos filamentos coloridos claros. Por questão de clareza, um negativo desta  
5 imagem está mostrado na figura 2b, no qual os filamentos de material refratário estão mostrados como regiões escuras.

**Exemplo 1 - Filtro de espuma de carboneto de silício com um revestimento de borda fechado**

Um filtro de borda fechada com as dimensões 50 mm x 50 mm  
10 x 22 mm foi preparado de uma peça de espuma de poliuretano reticulado 10 ppi com as dimensões apropriadas (como anteriormente descrito). A taxa de aplicação de pasta fluida foi reduzida, comparada com o exemplo comparativo 1.

A figura 3a é uma seção transversal de todo o filtro do  
15 exemplo 1 que tem dimensões 50 mm x 50 mm x 22 mm. A rede irregular de filamentos do material refratário pode ser vista claramente junto com a borda fechada contínua. O filtro de borda fechada é visto como as regiões claras e os poros/vazios como as áreas escuras. O revestimento e os filamentos têm uma espessura similar, isto é, a razão do diâmetro do  
20 revestimento da borda para o diâmetro dos filamentos é aproximadamente 1:1. Por questão de clareza, um negativo desta imagem está mostrado na figura 3b no qual o material refratário está mostrado como regiões escuras.

A figura 4a é uma imagem de microscópio eletrônico de  
25 varredura (SEM) de uma porção da quina do filtro do exemplo 1 e as figuras 4b, 4c e 4d são imagens ampliadas da mesma porção. Em cada caso, a linha representa 1 mm. A espessura da borda fechada varia de um máximo de cerca de 1 mm nos nós a menos de 0,5 mm no ponto médio entre os nós. A borda fechada é de espessura equiparável ao filamento e,

em alguns pontos, é notadamente mais fina que os filamentos. A borda fechada compreende cavidades, uma vez que o revestimento orgânico volatilizável foi queimado durante o aquecimento. Diversas cavidades estreitas e comprimidas são visíveis, que mostra onde o revestimento volatilizável foi localizado antes do aquecimento. Esses foram salientados por setas em cada uma das figuras b, c e d. Uma vez que o revestimento volatilizável foi contínuo, pode-se esperar que uma cavidade contínua tenha resultado, em vez de uma cavidade descontínua. Os inventores acreditam que as inúmeras cavidades resultam em virtude de a composição do refratário da pasta fluida seca estar endurecendo, mas permanece fluido enquanto o revestimento está sendo volatilizado e assim pode mover para encher as folgas à medida que elas são criadas.

### Resultados

As propriedades mecânicas, físicas e termomecânicas dos filtros do exemplo comparativo 1 e exemplo 1 estão mostradas a seguir.

**Tabela 1**

	Exemplo comparativo 1	Exemplo 1
Peso médio do filtro (g)	19,5	15,9
Densidade média do filtro (g/cm <sup>3</sup> )	0,39	0,32
Vazão de água (L/s)	1,81	2,03
Friabilidade (%)	0,016	0,005
Teste de colisão direta (1.530°C)	aprovado	aprovado
Teste de colisão direta (1.510°C)	aprovado	aprovado

### Peso médio de filtro

O peso médio (e densidade) para um filtro da invenção (exemplo 1) foi 18,5 % menor que o peso médio de um filtro da tecnologia anterior (exemplo comparativo 1) com bordas abertas.

### Teste de vazão de água (capacidade)

A vazão de água do exemplo 1 foi aproximadamente 11 % maior que o exemplo comparativo 1, indicando que o filtro terá uma maior vazão de metal e capacidade em uso. O exemplo 1 teve um menor nível de impregnação de pasta fluida do que o exemplo comparativo 1 e,

conseqüentemente, um menor peso de filtro, resultando em um filtro com maior porosidade (filamentos mais finos e menos poros bloqueados).

### **Medição da friabilidade**

Friabilidade foi medida usando o primeiro teste  
5 supradescrito (linha de empacotamento convencional). A medição mostrou que o exemplo foi menos friável, isto é, que a borda fechada protegeu as extremidades dos filamentos do filtro e assim reduziu a quantidade de ruptura de fragmentos, a despeito do fato de que os filamentos foram mais finos (menos carregamento de refratário) e assim mais fracos no geral do  
10 que no exemplo comparativo 1.

### **Teste de colisão direta (medição da resistência mecânica)**

Usando o teste padrão, todos os filtros do exemplo 1 foram aprovados, não mostrando sinais de falha, isto é, ruptura. Os resultados sendo os mesmos do exemplo comparativo 1 mostram que, a despeito do menor  
15 peso de filtro (nível de impregnação), os filtros de borda fechada do exemplo 1 permanecem adequados para a filtração de metal fundido.

Dessa maneira, o filtro de borda fechada provê uma vantagem em relação ao filtro da tecnologia anterior. A borda do filtro é protegida sem a necessidade de constituir a parte interior do filtro e,  
20 certamente, o nível de impregnação do interior do filtro pode ser reduzido. Em decorrência disto, a vazão e capacidade do filtro podem ser aumentadas e, em alguns casos, será possível produzir um filtro com menores tamanhos de poro, mantendo ainda a vazão e a capacidade de um filtro de espuma padrão com grandes tamanhos de poros. Isto significa  
25 que a eficiência de filtração pode ser aumentada sem afetar adversamente o processo de fundição geral (enchimento do molde).

### **Exemplos comparativos 2 e 3 e exemplos 2 e 3**

Filtros de borda convencionais e fechadas com dimensões 50 mm x 50 mm x 15 mm foram preparados de peças de espuma de poliuretano.

O exemplo comparativo 2 e o exemplo 2 foram preparados de peças 20 ppi e o exemplo comparativo 3 e o exemplo 3 foram preparados de peças de 300 ppi. As propriedades dos filtros estão listadas a seguir.

**Tabela 2**

	Exemplo comparativo 2 (20 ppi)	Exemplo comparativo 3 (30 ppi)	Exemplo 2 (200 ppi)	Exemplo 3 (30 ppi)
Peso médio geral do filtro (g)	15,2	15,1	12,6	14,6
Vazão de água (L/s)	1,94	1,81	2,08	1,90
Teste de colisão direta 1.510°C	não testado	não testado	aprovado	aprovado
Teste de colisão direta 1.408°C	aprovado <sup>1</sup>	aprovado <sup>1</sup>	não testado	não testado
Resistência ao esmagamento a frio média (N)	701	797	320	569

5 Nota 1) especificações de produto (e resultado) de produto comercial

Como esperado, filtros de 20 ppi tiveram uma maior vazão de água do que os filtros 30 ppi, por causa do maior tamanho de poro. O exemplo 3 tem um tamanho de poro de 30 ppi e ainda tem uma vazão de água equiparável ao filtro convencional de 20 ppi (exemplo comparativo 2). Os  
10 filtros do exemplo 2 e do exemplo 3 foram aprovados no teste de colisão direta a uma temperatura mais alta (consequentemente, teste mais severo) do que a especificação do produto comercial atual do exemplo comparativo 2 e do exemplo comparativo 3. Juntos, os resultados significam que um filtro do exemplo 3 poderia ser usado no lugar do exemplo comparativo 2, provendo  
15 uma maior eficiência de filtração de um filtro 30 ppi junto com a capacidade normalmente associada com um produto de menor ppi.

#### **Exemplos comparativos 4 e 5 e exemplos 4 e 5**

Filtros convencionais e de borda fechada com dimensões 50 mm x 50 mm x 22 mm foram preparados de peças de espuma de poliuretano.  
20 O exemplo comparativo 4 e o exemplo 4 foram preparados de peças de 20 ppi e o exemplo comparativo 5 e o exemplo 5 foram preparados de peças de 30 ppi. As propriedades dos filtros estão listadas a seguir.

**Tabela 3**

	Exemplo comparativo 4 (20 ppi)	Exemplo comparativo 5 (30 ppi)	Exemplo 4 (20 ppi)	Exemplo 5 (30 ppi)
Peso médio geral do filtro (g)	19,6	19,4	17,1	18,4
Friabilidade (%) (Método de teste de empacotamento)	0,013	0,011	0,010	0,007
Vazão de água (L/s)	1,64	1,60	1,97	1,77
Teste de colisão direta 1.530°C	aprovado <sup>1</sup>	aprovado <sup>1</sup>	aprovado	aprovado
Resistência ao esmagamento a frio média (N)	750	745	403	517

Nota 1) especificação de produto (e resultado) de produto comercial

Ambos os filtros da invenção mostram melhor (menor) friabilidade a despeito de terem menores pesos de filtro e resistências ao esmagamento a frio do que os filtros convencionais. Eles também têm maiores vazões de água do que os filtros convencionais, indicando que eles terão uma maior capacidade em uso durante filtração de metal. O exemplo 5 pode ser usado no lugar do exemplo comparativo 4 a fim de prover maior eficiência de filtração, mantendo ainda a vazão.

#### 10 Exemplo comparativo 6 e exemplo 6

Filtros convencionais e de borda fechada com dimensões 75 mm x 75 mm x 22 mm foram preparados de peças de espuma de poliuretano com uma porosidade de 20 ppi. As propriedades dos filtros estão listadas a seguir.

#### 15 Tabela 4

	Exemplo comparativo 6 (200 ppi)	Exemplo 6 (20 ppi)
Peso médio do filtro (g)	44,0	37,7
Vazão de água (L/s)	2,09	2,59
Teste de colisão direta 1.530°C	não testado	aprovado
Teste de colisão direta 1.510°C	aprovado <sup>1</sup>	não testado
Resistência ao esmagamento a frio média	970	535

Nota 1) especificação de produto (e resultado) de produto comercial

### Exemplos comparativos 7 e 8 e exemplos 7 e 8

Filtros convencionais e de borda fechada com dimensões 100 mm x 100 mm x 22 mm foram preparados de peças de espuma de poliuretano. O exemplo comparativo 7 e o exemplo 7 foram preparados de peças de 20 ppi e o exemplo comparativo 8 e o exemplo 8 foram preparados de peças de 30 ppi. As propriedades dos filtros estão listadas a seguir.

**Tabela 5**

	Exemplo comparativo 7 (20 ppi)	Exemplo comparativo 8 (30 ppi)	Exemplo 7 (20 ppi)	Exemplo 8 (30 ppi)
Peso médio do filtro (g)	90,5	90,6	77,4	74,4
Vazão de água (L/s)	não testado	não testado	2,16	2,59
Teste de colisão direta 1.510°C	aprovado <sup>1</sup>	aprovado <sup>1</sup>	aprovado	aprovado
Resistência ao esmagamento a frio média (N)	1.225	1.196	738	873

Nota 1) especificação de produto (e resultado) de produto comercial

### Exemplo comparativo 9 e exemplos 9A, 9B e 9C

Filtros convencionais e de borda fechada com dimensões 50 mm x 50 mm x 15 mm foram preparados de peças de espuma de poliuretano com uma porosidade de 20 ppi. Uma composição de pasta fluida diferente foi usada comparada com exemplos anteriores, compreendendo aproximadamente 55 % de carboneto de silício, 15 % de alumina, 10 % de sílica, 10 % de modificadores de reologia e aglutinantes e 5-10 % de água. A quantidade de pasta fluida aplicada foi ajustada para produzir uma faixa de filtros com diferentes pesos. As peças de espuma impregnadas foram secas como os exemplos anteriores, entretanto, a queima dos filtros foi conduzida em um forno em lotes, atingindo um máximo de 1.150°C no ponto mais alto do ciclo de queima.

A friabilidade dos filtros foi medida usando o segundo método e está mostrada a seguir junta com outras propriedades dos filtros.

**Tabela 6**

	Exemplo comparativo 9	Exemplo 9A	Exemplo 9B	Exemplo 9C
Peso médio do filtro (g)	15,4	12,6	14,9	17,6
Friabilidade (%) (Teste de agitador de peneira)	0,14	0,26	0,14	0,04
Queda de pressão (Pa)	271	181	197	248
Colisão direta (1.510°C)	aprovado	aprovado	não testado	não testado
Resistência ao esmagamento a frio média (N)	1.301	552	703	967

Os resultados mostram que o aumento no nível de impregnação e, conseqüentemente, peso do filtro, aumenta a resistência e reduz a friabilidade dos filtros. Além disso, o exemplo 9B tem um peso geral similar ao exemplo comparativo 9, entretanto, uma vez que ele também tem uma borda fechada, a impregnação do corpo de espuma, isto é, espessura do filamento revestido, é menor. O filtro portanto terá uma maior capacidade de maior vazão comparado com um filtro padrão, como indicado pelo menor valor de queda de pressão, mas sem maior friabilidade do filtro (bordas).

Comparados com o exemplo comparativo 9, o exemplo 9C tem um maior peso do filtro geral, entretanto, o nível de impregnação de filamento é menor, como indicado pelos dados de queda de pressão. Portanto, espera-se que tenha uma capacidade e vazão de metal ligeiramente maior comparado com o filtro convencional. Além do mais, em decorrência de sua friabilidade significativamente melhor (reduzida), o exemplo 9C será mais resistente a quebras e, conseqüentemente, será particularmente robusto ao manuseio mecânico (incluindo robótico).

### **Exemplos 10, 11 e 12**

Filtros a base de zircônia de borda fechada foram preparados de peças de espuma de poliuretano com as mesmas dimensões daquelas usadas para produzir os exemplos 6 (exemplo 10) e 7 (exemplos 11 e 12). A composição da pasta fluida compreendeu aproximadamente 75 % de zircônia, 10 % de magnésia, 10 % de modificadores de reologia e aglutinantes e 5-10

% de água. As peças de espuma impregnadas foram secas como os exemplos anteriores. Os filtros de zircônia foram queimados a uma temperatura mais alta que os filtros de carboneto de silício anteriores, atingindo um máximo de 1.600°C no ponto mais alto do ciclo de queima conduzido em um forno de lotes. Os resultados estão mostrados a seguir.

**Tabela 7**

	Exemplo 10	Exemplo 11	Exemplo 12
Porosidade da espuma	20 ppi	10 ppi	20 ppi
Peso médio do filtro (g)	72,6	159,7	143,1
Queda de pressão (Pa)	208	421	451
Resistência ao esmagamento a frio média (N)	3.973	5.307	3.268

**Exemplos 13 e 14 e exemplos comparativos 13 e 14**

Filtros de carboneto de silício de borda fechada e filtros padrões de 20 ppi foram preparados como previamente descrito e avaliados no molde dividido horizontalmente. Para cada teste, vinte conjuntos de peças fundidas de manga de eixo foram fundidos, dois por caixa de moldagem, um filtro por peça fundida. Duas diferentes séries de peças fundidas foram produzidas, com um filtro maior sendo usado para o tipo de fundição maior/mais pesado. Os resultados estão mostrados a seguir.

**Tabela 8**

	Exemplo comparativo 13	Exemplo 13	Exemplo comparativo 14	Exemplo 14
Dimensões (mm)	50 x 50 x 22	50 x 50 x 22	50 x 75 x 22	50 x 75 x 22
Peso médio do filtro (g)	19,5	16,2	30,3	24,7
Vazão de água (L/s)	1,6	2,1	2,0	2,3
Tempo de vazamento médio (s)	11,7	11,0	12,6	11,9
Peso vazado médio (kg)	62,1	61,4	71,4	70,2
Vazão de metal através do filtro (kg/s)	5,3	5,6	5,7	5,9

Os filtros de borda fechada são consideravelmente mais leves que os filtros padrões correspondentes. Além disso, esses resultados mostram que os filtros de borda fechada têm vazões mais altas que dão uma redução nos tempos de vazamento das peças fundidas de aproximadamente 6 %, comparados com os filtros padrões equivalentes. Todas as peças fundidas pareceram satisfatórias na inspeção visual, sem defeitos perceptíveis (relacionados ao filtro).

## REIVINDICAÇÕES

1. Método para a produção de um filtro de espuma refratário de borda fechada, caracterizado pelo fato de que compreende:

5 prover um substrato de espuma reticulada com pelo menos uma primeira superfície para formar uma face lateral do filtro e duas segundas superfícies opostas para formar as faces de fluxo atravessante do filtro;

aplicar um líquido compreendendo um componente de revestimento orgânico na primeira superfície;

10 solidificar o componente de revestimento orgânico para formar um precursor do filtro com um revestimento volatilizável contínuo na primeira superfície;

impregnar o precursor do filtro com uma pasta fluida compreendendo partículas de um material refratário, um aglutinante e um carreador líquido; e

15 secar e aquecer o precursor do filtro impregnado para formar o filtro com uma borda fechada.

2. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o substrato de espuma reticulada tem uma porosidade de 5 a 60 poros por polegada linear (ppi).

20 3. Método de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que o líquido é aplicado em todas as primeiras superfícies do substrato de espuma reticulada.

4. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que o líquido é aplicado por aspersão.

25 5. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que o revestimento volatilizável é flexível.

6. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que o componente de revestimento

orgânico é selecionado de um ou mais de poliuretano, poli(cloreto de vinila) (PVC), poliéster (PET) ou poliestireno.

5 7. Filtro de espuma refratário capaz de ser produzido pelo método como definido em acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que compreende uma rede tridimensional de filamentos de material refratário e com pelo menos uma face lateral e duas faces de fluxo atravessante opostas, a pelo menos uma face lateral tendo uma borda fechada unitária.

10 8. Filtro de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que a borda fechada unitária tem uma espessura menor que 1 mm.

9. Filtro de espuma refratário de acordo com a reivindicação 7 ou reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que a borda fechada compreende cavidades.

15 10. Filtro de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que as cavidades são significativamente maiores na direção paralela à face lateral do que sua largura na direção perpendicular à face lateral.

11. Filtro de acordo com qualquer uma das reivindicações 7 a 10, caracterizado pelo fato de que a borda fechada unitária tem uma espessura menor que 0,5 mm.

20 12. Filtro de acordo com qualquer uma das reivindicações 7 a 11, caracterizado pelo fato de que a razão da espessura da borda fechada unitária para a espessura dos filamentos é de 0,5 a 2.

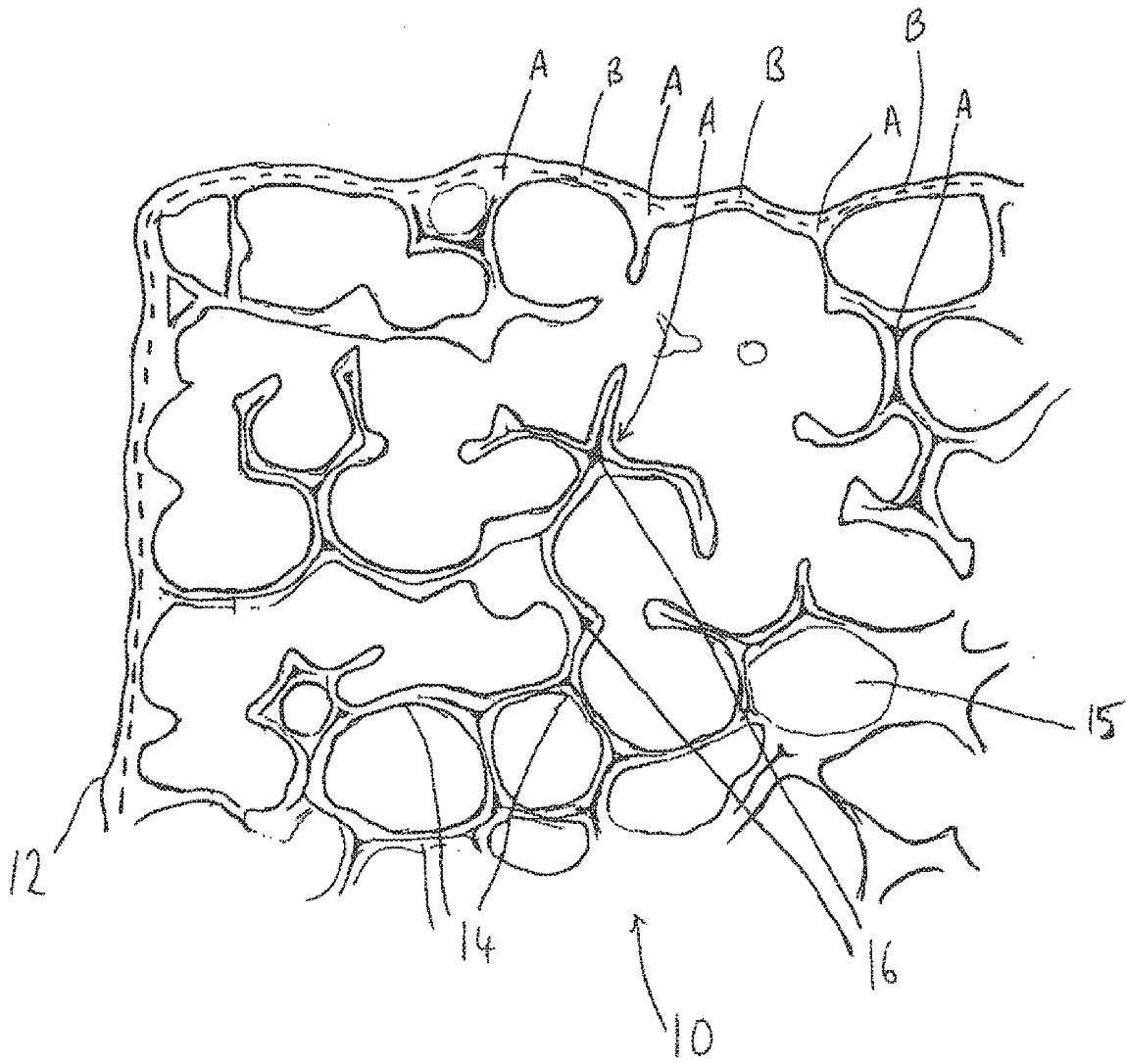


Fig.1

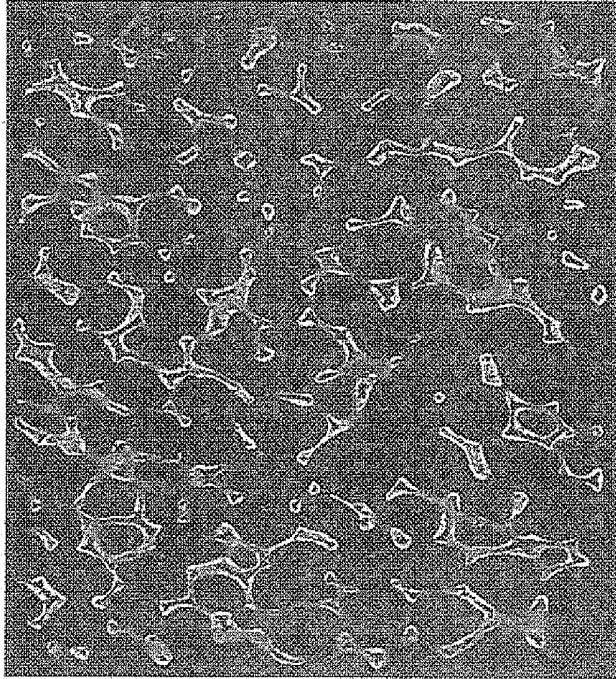


Fig.2a

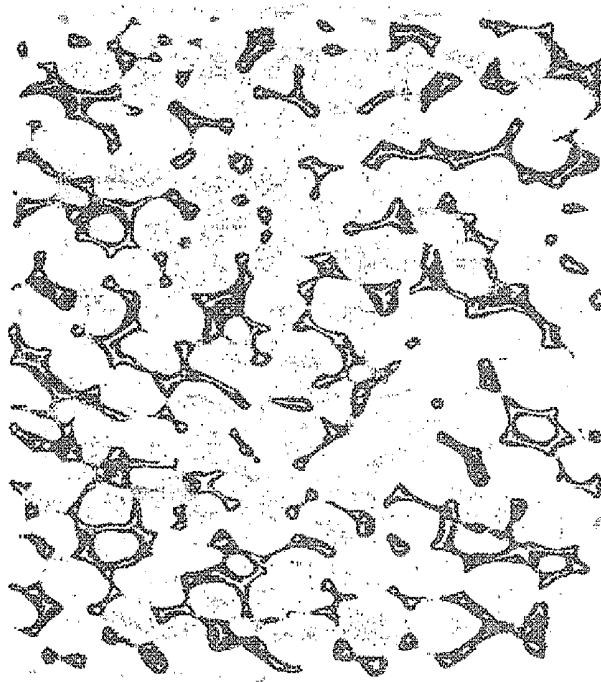
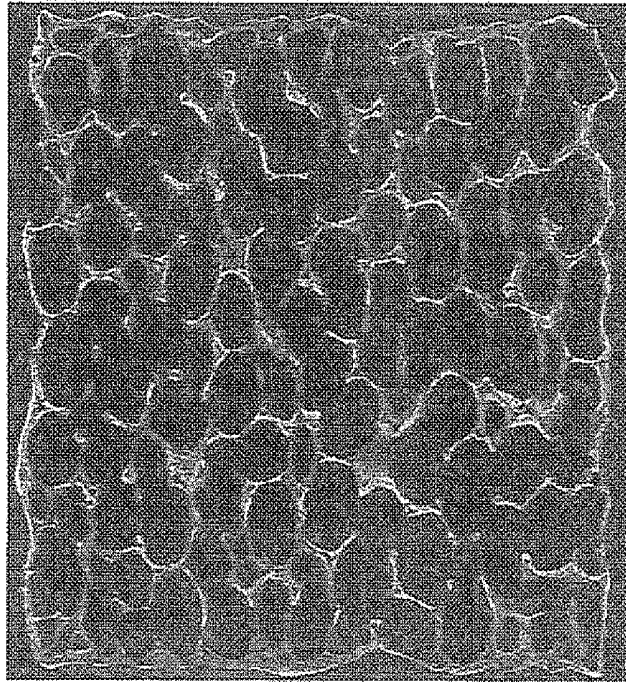
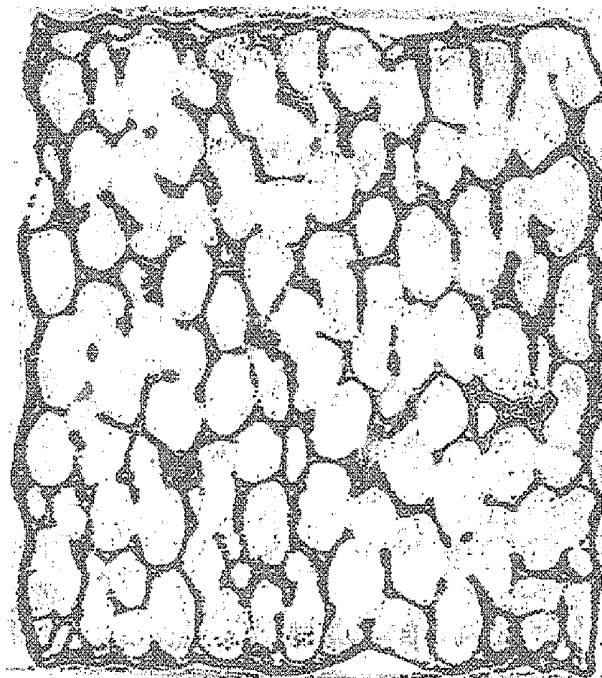


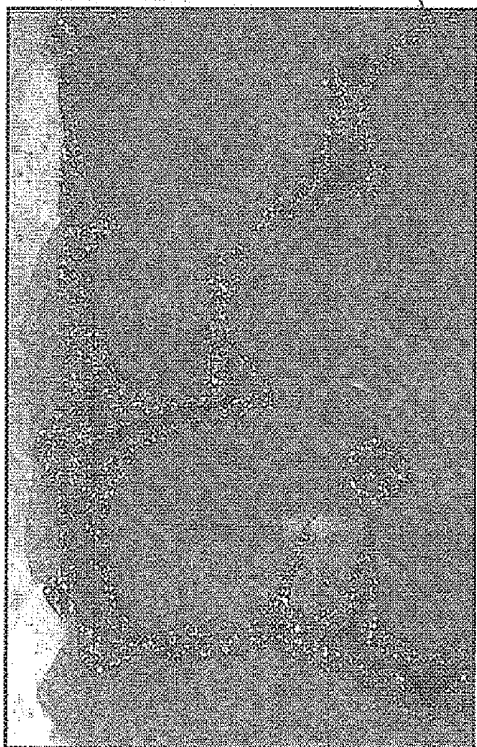
Fig.2b



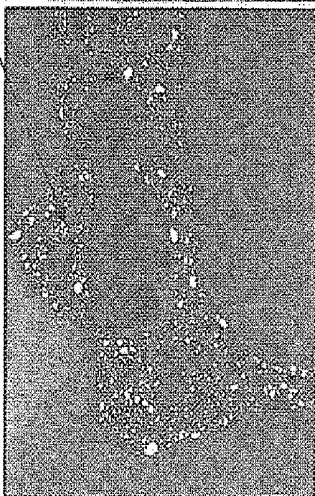
**Fig.3a**



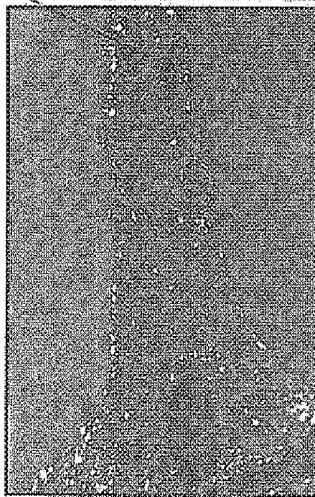
**Fig.3b**



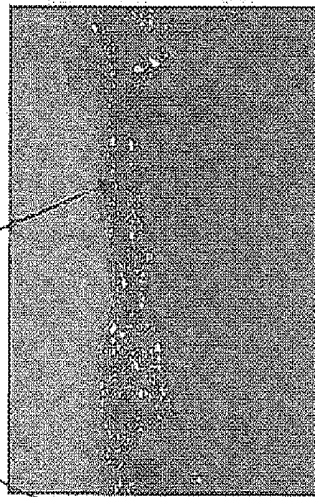
**Fig.4a**



**Fig.4b**



**Fig.4c**



**Fig.4d**

RESUMO

“MÉTODO PARA A PRODUÇÃO DE UM FILTRO DE ESPUMA REFRATÁRIO DE BORDA FECHADA, E, FILTRO DE ESPUMA REFRATÁRIO”

5                   É descrito um método para a produção de filtros de borda fechada adequados para filtrar metal fundido e filtros feitos por um método como este. O método compreende:

                  prover um substrato de espuma reticulada com pelo menos uma primeira superfície para formar uma face lateral do filtro e duas segundas  
10 superfícies opostas para formar as faces de fluxo atravessante do filtro;

                  aplicar um líquido compreendendo um componente de revestimento orgânico na primeira superfície;

                  solidificar o componente de revestimento orgânico para formar um precursor do filtro com um revestimento volatilizável na primeira  
15 superfície;

                  impregnar o precursor do filtro com uma pasta fluida compreendendo partículas de um material refratário, um aglutinante e um carreador líquido; e

                  secar e aquecer o precursor do filtro impregnado para formar o  
20 filtro com uma borda fechada.