



República Federativa do Brasil
Ministério da Indústria, Comércio Exterior
e Serviços
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0616884-1 B1

(22) Data do Depósito: 02/10/2006

(45) Data de Concessão: 24/01/2017



(54) Título: FILTRO DESTINADO À PRODUÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL E MÉTODO PARA PRODUÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL

(51) Int.Cl.: C02F 1/28

(30) Prioridade Unionista: 07/10/2005 US 11/246,372

(73) Titular(es): HELEN OF TROY LIMITED

(72) Inventor(es): MICHAEL DONOVAN MITCHELL; DIMITRIS IOANNIS COLLIAS

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"FILTRO DESTINADO À PRODUÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL E MÉTODO PARA PRODUÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL"**.

CAMPO DA INVENÇÃO

[001] A presente invenção refere-se a filtros para água e, especificamente, refere-se a filtros para água empregando material filtrante que compreende partículas de carvão ativado com nanofilamentos de carbono sobre a superfície das ditas partículas, bem como a métodos para fabricação e uso dos mesmos. Mais especificamente, os filtros para água se destinam a remover contaminantes de um água de água, de modo a fornecer água potável.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

[002] A água pode conter muitos tipos diferentes de contaminantes incluindo, por exemplo, particulados, produtos químicos nocivos e organismos microbiológicos, como bactérias, parasitas, protozoários e vírus. Em uma variedade de circunstâncias, esses contaminantes precisam ser removidos para que a água possa ser usada. Por exemplo, muitas aplicações médicas e a fabricação de certos componentes eletrônicos exigem o uso de água extremamente pura. Como um exemplo mais comum, quaisquer contaminantes nocivos precisam ser removidos da água antes que ela fique potável, isto é, própria para o consumo. Apesar dos meios modernos para a purificação da água, a população em geral está em risco e, em particular, crianças de colo e pessoas com sistemas imunológicos comprometidos estão em risco considerável.

[003] Nos Estados Unidos e em outros países desenvolvidos, a água tratada pelo município tipicamente contém uma ou mais das seguintes impurezas, em diversos teores: sólidos em suspensão, contaminantes químicos como matéria orgânica e metais pesados, e contaminantes microbiológicos, como bactérias, parasitas e vírus. Avarias e

outros problemas nos sistemas de tratamento da água às vezes levam à remoção incompleta desses contaminantes. Em outros países, há conseqüências mortais associadas com a exposição à água contaminada, uma vez que alguns deles têm densidades populacionais crescentes, recursos hídricos cada vez mais escassos e nenhum serviço público de tratamento de água. É comum que fontes de água potável estejam bastante próximas de dejetos humanos e de animais, o que torna a contaminação microbiológica é um importante problema de saúde pública. Como resultado da contaminação microbiológica transportada pela água, estima-se que seis milhões de pessoas morrem a cada ano, metade das quais são crianças com menos de 5 anos de idade.

[004] A redução da concentração geral de contaminantes na água potável ocorre nas instalações municipais de tratamento e nos lares, mediante o uso de filtros para água dos tipos de ponto de entrada (PE) e/ou de ponto de uso (PU). Essa redução de concentração nos filtros para água de uso doméstico é obtida mediante filtração mecânica (isto é, exclusão por tamanho para alguns particulados, parasitas e bactérias) e adsorção (isto é, produtos químicos, alguns particulados, parasitas, bactérias e vírus). Em filtros para água de uso doméstico, a redução dos níveis de concentração depende da taxa de fluxo, do volume e do formato do filtro, e dos níveis de concentração afluente, bem como da cinética de captura e da capacidade do meio filtrante. Para os propósitos desta invenção, a cinética de captura e a capacidade do meio são abrangidas pelo termo "eficiência de captura". Além disso, se os níveis de redução na concentração obtidos por filtros para água de uso doméstico atingirem os níveis recomendados pelas diversas organizações domésticas ou internacionais (por exemplo, EPA - U.S. Environmental Protection Agency, ou Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, NSF - National Sanitation Foundation,

ou Fundação Sanitária Nacional, e OMS/WHO - World Health Organization, ou Organização Mundial da Saúde) nos padrões e protocolos de testes pertinentes, então os filtros para água podem ser registrados por essas organizações e ostentar os números de registro aplicáveis. Testes e padrões similares se aplicam a filtros para ar.

[005] Por exemplo, a EPA lançou o "*Guide Standard and Protocol for Testing Microbiological Water Purifiers*" (Guia Padrão e Protocolo para Teste de Purificadores Microbiológicos de Água) em 1987. Esse protocolo estabelece requisitos mínimos para o desempenho de sistemas de tratamento de água potável que são projetados para reduzir os contaminantes específicos relacionados à saúde em empresas de abastecimento de água públicas e privadas. Estes requisitos estabelecem que a remoção de vírus do efluente de uma fonte de abastecimento de água seja de 99,99% (ou, de modo equivalente, 4 Log) e que a remoção de bactérias do dito efluente seja de 99,9999% (ou, de modo equivalente, 6 Log). De acordo com o protocolo da EPA, no caso de vírus, a concentração afluente deve ser de 1×10^7 vírus por litro e, no caso de bactérias, a concentração afluente deve ser de 1×10^8 bactérias por litro. Por causa da predominância de *Escherichia coli* (*E. coli*, bactéria) em sistemas de abastecimento de água, e devido aos riscos associados a seu consumo, esse microorganismo é usado como a bactéria na maioria dos estudos. Analogamente, o bacteriófago MS-2 (ou, simplesmente, fago MS-2) é tipicamente usado como o microorganismo representante para a remoção de vírus porque seu tamanho e sua forma (isto é, cerca de 26 nm e icosaédrico) são similares aos de muitos vírus. Portanto, a capacidade de um filtro para remover o bacteriófago MS-2 demonstra a sua capacidade para remover outros vírus.

[006] Existem protocolos e/ou padrões similares para reduções na concentração de produtos químicos e particulados estabelecidas

pela NSF. Por exemplo, o padrão 42 da NSF/ANSI abrange os efeitos estéticos de sistemas de PU e PE projetados para reduzir a presença de contaminantes específicos com efeito estético ou não-relacionado à saúde, como cloro, gosto e odor, e particulados. De maneira similar, o padrão 53 da NSF/ANSI abrange os efeitos sobre a saúde dos sistemas de PU e PE projetados para reduzir a presença de contaminantes específicos com efeito relacionado à saúde, como *Cryptosporidium*, *Giardia*, chumbo, compostos orgânicos voláteis (COV) e éter metil terbutílico (MTBE).

[007] Devido a esses requisitos e a um interesse geral pela melhoria na qualidade da água potável, há um desejo contínuo pela obtenção de filtros e materiais filtrantes otimizados, capazes de remover contaminantes de um fluxo de água, bem como um desejo pela obtenção de métodos aprimorados para fabricação e uso dos materiais filtrantes, bem como de filtros incorporando esses materiais filtrantes.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[008] De acordo com uma primeira modalidade, é apresentado um filtro para produção de água potável. O filtro compreende uma carcaça incluindo uma entrada de água e uma saída de água, e um material filtrante disposto no interior da dita carcaça. O material filtrante compreende partículas de carvão ativado e uma pluralidade de nanofilamentos de carbono dispostos sobre a superfície das ditas partículas de carvão ativado. O filtro tem a funcionalidade de fornecer água potável mediante a remoção de contaminantes de um fluxo de água líquida que flui da entrada de água para a saída de água da carcaça.

[009] De acordo com uma segunda modalidade, é apresentado um método para produção de água potável. O método compreende a obtenção de um filtro compreendendo uma carcaça que inclui uma entrada de água e uma saída de água, e um material filtrante disposto no interior da dita carcaça. O material filtrante compreende uma pluralida-

de de nanofilamentos de carbono dispostos sobre a superfície das partículas de carvão ativado. O método compreende, ainda, a passagem do fluxo de água através do material filtrante para a remoção de contaminantes, produzindo-se assim água potável.

[0010] De acordo com uma terceira modalidade, é apresentado um método para fabricação de um material filtrante destinado à produção de água potável. O método compreende a obtenção de partículas de carvão ativado, a deposição de um ou mais precursores de nanofilamentos pelo menos parcialmente sobre a superfície das partículas de carvão ativado, a agitação das partículas de carvão ativado e dos precursores de nanofilamentos depositados, na presença de vapor carbonáceo, e o aquecimento das partículas de carvão ativado e dos precursores de nanofilamentos depositados, na presença de vapor carbonáceo, a uma temperatura e durante um tempo suficiente para a produção do material filtrante compreendendo partículas de carvão ativado tendo nanofilamentos de carbono sobre a superfície das mesmas.

[0011] De acordo com uma quarta modalidade, é apresentado um método para fabricação de um material filtrante destinado à produção de água potável. O método compreende a obtenção de partículas de carvão carbonizadas, a deposição de um ou mais precursores de nanofilamentos pelo menos parcialmente sobre a superfície das partículas de carvão carbonizadas, a agitação das partículas de carvão carbonizadas e dos precursores de nanofilamentos depositados, na presença de vapor carbonáceo, o aquecimento das partículas de carvão carbonizadas e dos precursores de nanofilamentos depositados, na presença de vapor carbonáceo, a uma temperatura e durante um tempo suficiente para a produção de nanofilamentos de carbono sobre a superfície das partículas de carvão carbonizadas, e a ativação das partículas de carvão carbonizadas mediante aquecimento ou tratamento químico das partículas carbonizadas e dos nanofilamentos de car-

bono, para produzir o material filtrante compreendendo partículas de carvão ativado tendo nanofilamentos de carbono sobre a superfície das mesmas.

[0012] Os filtros para produção de água potável, bem como os métodos para fabricação e uso do material filtrante incorporado ao filtro de acordo com a presente invenção, são vantajosos para a remoção de contaminantes de um fluxo de água. Características e vantagens adicionais oferecidas pelos filtros, materiais filtrantes e métodos da presente invenção serão melhor compreendidas tendo em vista a descrição detalhada apresentada a seguir.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[0013] Embora o relatório descritivo termine com reivindicações que apontam particularmente e reivindicam distintamente a invenção, acredita-se que a presente invenção seja melhor compreendida a partir da seguinte descrição tomada em conjunto com os desenhos anexos, nos quais:

[0014] a figura 1 é uma imagem obtida por microscopia eletrônica de varredura (SEM) de uma partícula de carvão ativado da técnica anterior;

[0015] a figura 2a é uma outra imagem obtida por microscopia eletrônica de varredura (SEM) de uma partícula de carvão ativado de acordo com uma ou mais modalidades da presente invenção;

[0016] a figura 2b é uma outra imagem obtida por microscopia eletrônica de varredura (SEM) de uma partícula de carvão ativado de acordo com uma ou mais modalidades da presente invenção;

[0017] a figura 2c é uma imagem com maior ampliação obtida por microscopia eletrônica de varredura (SEM) de uma partícula de carvão ativado de acordo com uma ou mais modalidades da presente invenção; e

[0018] a figura 3 é uma vista lateral em seção transversal de um

filtro de acordo com uma ou mais modalidades da presente invenção.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

I. DEFINIÇÕES

[0019] Para uso na presente invenção, os termos "filtros" e "filtração" referem-se a estruturas e mecanismos, respectivamente, associados à redução de concentração de contaminantes, isto é, particulados, contaminantes químicos e microbiológicos, via adsorção e/ou exclusão por tamanho.

[0020] Para uso na presente invenção, a expressão "material filtrante" refere-se a um agregado ou coleção de partículas filtrantes. O agregado ou a coleção de partículas filtrantes formando um material filtrante pode ser homogêneo ou heterogêneo, e pode assumir qualquer formato ou forma. As partículas filtrantes podem ser distribuídas de maneira uniforme ou não-uniforme (por exemplo, camadas de diferentes partículas filtrantes) dentro do material filtrante. As partículas filtrantes que formam um material filtrante tampouco precisam ser idênticas em formato ou tamanho, e podem ser apresentadas sob uma forma solta ou interconectada. Por exemplo, um material filtrante pode compreender partículas de carvão ativado com nanofilamentos criados na superfície, em combinação com fibras de carvão ativado ou partículas de carvão ativado mesoporoso e básico, e essas partículas filtrantes podem ser ou obtidas em associação solta ou parcial ou totalmente unidas por um aglutinante polimérico, ou por outros meios para formação de uma estrutura integral.

[0021] Para uso na presente invenção, a expressão "partícula filtrante" refere-se a um elemento ou peça individual que é utilizado para formar pelo menos parte de um material filtrante. Por exemplo, uma fibra, um grânulo, uma pequena esfera, etc., são considerados partículas filtrantes na presente invenção. Além disso, as partículas filtrantes podem variar em tamanho, desde partículas filtrantes impalpáveis (por

exemplo, um pó muito fino) até partículas filtrantes palpáveis.

[0022] Para uso na presente invenção, o termo "nanofilamento" e seus derivados referem-se a estruturas de carbono ocas ou sólidas com dimensão lateral (por exemplo, diâmetro, largura ou espessura) da ordem de nanômetros (nm) e dimensão longitudinal (por exemplo, comprimento) na faixa de alguns nanômetros a centenas de microns (μm), que emanam e se projetam a partir das superfícies das partículas de carvão ativado. Uma lista não-limitadora de exemplos de nanofilamentos da presente invenção inclui nanotubos de paredes simples (SWNT, ou single-wall nanotubes), nanotubos de paredes duplas (DWNT, ou double-wall nanotubes), nanotubos de paredes múltiplas (MWNT, ou multi-wall nanotubes), nanofibras, nanofitas, nanocornetas ou misturas dos mesmos.

[0023] Para uso na presente invenção, o termo "contaminante" e seus derivados pode referir-se a qualquer das 3 categorias: particulados (por exemplo, turbidez e partículas inorgânicas insolúveis como carbonato de cálcio), produtos químicos (por exemplo, cloro, gosto, odor, COVs, asbesto, atrazina, MTBE, arsênico e chumbo), organismos microbiológicos (por exemplo, bactérias, vírus, algas e parasitas) ou combinações dos mesmos. Outros contaminantes também são contemplados na presente invenção.

[0024] Para uso na presente invenção, o termo "carbonização" e seus derivados referem-se a um processo em que são reduzidas as espécies não-carbônicas em uma substância carbonácea.

[0025] Para uso na presente invenção, o termo "ativação" e seus derivados referem-se a um processo em que uma substância carbonizada se torna mais porosa.

[0026] Para uso na presente invenção, a expressão "partículas ativadas" e seus derivados referem-se a partículas que foram submetidas a um processo de ativação.

[0027] Para uso na presente invenção, o termo "deposição" e seus derivados referem-se a processos que aplicam partículas ou, de modo geral, substâncias sobre ou dentro de um substrato. Alguns exemplos não-limitadores de processos de deposição são a adsorção e a mistura. Exemplos adicionais de deposição incluem deposição eletroquímica, evaporação por feixe de elétrons, deposição térmica de vapor e/ou bombardeamento iônico por magnetron de radiofrequência.

II. MODALIDADES

[0028] De acordo com uma modalidade, conforme mostrado na figura 3, é apresentado um filtro 20 para produção de água potável. O filtro 20 compreende uma carcaça 22 incluindo uma entrada de água 24 e uma saída de água 26. A figura 3 ilustra uma modalidade com formato cilíndrico, mas a carcaça 22 pode ser fornecida em diversas formas, formatos, tamanhos e disposições, dependendo do uso pretendido para o filtro, conforme conhecido na técnica. Por exemplo, o filtro pode ser de fluxo axial, no qual a entrada e a saída são dispostas de tal maneira que o líquido flui ao longo do eixo geométrico do envoltório. Alternativamente, o filtro pode ser de fluxo radial, no qual a entrada e a saída são dispostas de tal maneira que o fluido flui ao longo de uma linha radial ao envoltório. Adicionalmente, o filtro pode incluir fluxos tanto radial quanto axial. O invólucro pode, também, constituir parte de outra estrutura, sem que isso signifique um desvio do escopo da presente invenção.

[0029] O tamanho, o formato, o espaçamento, o alinhamento e o posicionamento da entrada 24 e da saída 26 podem ser selecionados, como é conhecido na técnica, para acomodar a vazão e o uso pretendido do filtro 20. De preferência, o filtro 20 é configurado para uso em aplicações residenciais ou comerciais relacionadas a água potável. Exemplos de configurações de filtros, dispositivos para água potável, eletrodomésticos e outros dispositivos para filtração de água adequa-

dos ao uso na presente invenção são apresentados nas patentes U.S. nº 5.527.451, 5.536.394, 5.709.794, 5.882.507, 6.103.114, 4.969.996, 5.431.813, 6.214.224, 5.957.034, 6.145.670, 6.120.685 e 6.241.899, estando a essência das mesmas aqui incorporada, a título de referência. De acordo com múltiplas modalidades referentes a água potável, o filtro 20 pode ser configurado de modo a acomodar uma taxa de fluxo inferior a cerca de 8 L/min de água, ou menos que cerca de 6 L/min, ou de cerca de 2 L/min a cerca de 4 L/min.

[0030] Com referência à figura 3, o filtro 20 compreende material filtrante 28 disposto na carcaça 22. A carcaça 22 pode conter tanto material filtrante 28 quanto se deseje para a aplicação de filtração. A carcaça pode conter menos que cerca de 2 kg de material filtrante, ou menos que 1 kg de material filtrante, ou menos que 0,5 kg de material filtrante. As partículas filtrantes presentes no material filtrante 28 são partículas de carvão ativado com uma pluralidade de nanofilamentos de carbono dispostos sobre a superfície das mesmas. As partículas filtrantes podem compreender diversas formas e tamanhos. Por exemplo, as partículas filtrantes podem ser apresentadas em formas simples como grânulos, fibras e pequenas esferas. As partículas filtrantes podem ser obtidas nos formatos de esferas, poliedros, cilindros, bem como outros formatos simétricos, assimétricos ou irregulares. Além disso, as partículas filtrantes também podem ser conformadas em formas complexas como mantas, telas, redes, não-tecidos, tecidos e blocos ligados, que podem ou não ser produzidos a partir das formas simples acima descritas.

[0031] Como o formato, o tamanho das partículas filtrantes também pode variar, e não precisa ser uniforme entre as partículas filtrantes utilizadas em qualquer filtro simples. De fato, pode ser desejável ter partículas filtrantes de tamanhos diferentes em um mesmo filtro. As partículas filtrantes podem ter um tamanho na faixa de cerca de 0,1

μm a cerca de 10 mm. Em modalidades exemplares, as partículas filtrantes podem ter um tamanho de cerca de 0,2 μm a cerca de 5 mm, de cerca de 0,4 μm a cerca de 1 mm, ou de cerca de 1 μm a cerca de 500 μm . Para as partículas esféricas e cilíndricas (por exemplo, fibras, pequenas esferas, etc.), as dimensões acima descritas referem-se ao diâmetro dessas partículas filtrantes. Para partículas filtrantes apresentando formatos substancialmente diferentes, as dimensões acima descritas referem-se à maior dimensão (por exemplo comprimento, largura ou altura).

[0032] As partículas filtrantes podem compreender quaisquer partículas de carvão ativado adequadas ou, em algumas modalidades, partículas de carvão carbonizadas pré-ativadas. Por exemplo, mas sem que isto constitua uma limitação, as partículas de carvão ativado podem ser microporosas, mesoporosas ou combinações das mesmas. Além disso, as partículas de carvão ativado podem compreender partículas de carvão ativado obtido a partir de lenha, de hulha, de turfa, de piche, ou de alcatrão, ou combinações das mesmas. O material filtrante 28 pode ser apresentado sob uma forma solta ou interconectada (por exemplo, parcial ou totalmente unidas por um aglutinante polimérico ou outros meios para formação de uma estrutura integral).

[0033] As partículas de carvão ativado com nanofilamentos criados na superfície apresentam eficiências de captura para contaminantes mais altas que aquelas apresentadas por partículas de carvão ativado sem nanofilamentos. Uma micrografia eletrônica por varredura (SEM) de uma partícula de carvão ativado sem nanofilamentos é mostrada na figura 1, e SEMs de partículas de carvão ativado com nanofilamentos criados na superfície são mostradas nas figuras 2a e 2b. Em uma das muitas modalidades de filtração contempladas, um grande número de nanofilamentos criados na superfície pode resultar em mais sítios de adsorção e em um grande número de sítios de exclusão por tamanho

para os diversos contaminantes. Durante o funcionamento do filtro 20, um fluxo de água passa da entrada de água 24 para a saída de água 26 do filtro 20. Conforme o fluxo de água passa através do material filtrante 28, os contaminantes são removidos de modo a liberar água potável através da saída de água 26 do filtro 20. Em uma modalidade, essa remoção de contaminantes pode resultar da adsorção do contaminante pelos sítios de adsorção das partículas filtrantes.

[0034] De acordo com uma outra modalidade, é apresentado um método de fabricação de material filtrante 28 para produção de água potável. O método compreende a obtenção de partículas de carvão ativado, e a deposição de um ou mais precursores de nanofilamentos pelo menos parcialmente sobre a superfície das mesmas. Os nanofilamentos podem ser depositados por meio de qualquer técnica convencional adequada conhecida pelo versado na técnica. Exemplos de técnicas de deposição são apresentados na seção de definições, acima. Em uma modalidade, esses precursores de nanofilamentos compreendem catalisadores e podem estar presentes em uma fase sólida, líquida ou gasosa. Em uma modalidade específica, os precursores de nanofilamentos compreendem catalisadores, os quais compreendem sais de metais de transição. Esses sais de metais de transição podem incluir Fe, Co, Mo e Ni, ou misturas dos mesmos. Exemplos de precursores de nanofilamentos incluem, mas não se limitam a, sulfato férrico ($(\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3)$), cloreto férrico ((FeCl_3)), ferroceno ($(\text{Fe}(\text{C}_5\text{H}_5)_2)$), cobaltoceno ($(\text{Co}(\text{C}_5\text{H}_5)_2)$), níqueloceno ($(\text{Ni}(\text{C}_5\text{H}_5)_2)$), óxido férrico ((Fe_2O_3)), ferro pentacarbonila ($(\text{Fe}(\text{CO})_5)$), e níquel ftalocianina ($(\text{C}_{32}\text{H}_{16}\text{N}_8\text{Ni})$).

[0035] O método compreende, ainda, a agitação das partículas de carvão ativado e dos precursores de nanofilamentos depositados, na presença de vapor carbonáceo, e o aquecimento das partículas de carvão ativado e dos precursores de nanofilamentos depositados, na presença de vapor carbonáceo, a uma temperatura e durante um tem-

po suficiente para a produção do material filtrante compreendendo partículas de carvão ativado tendo nanofilamentos de carbono sobre a superfície das mesmas. De acordo com o método, o vapor carbonáceo entra em contato e reage com as partículas de carvão ativado e os precursores de nanofilamentos depositados em um ambiente aquecido, por exemplo uma fornalha ou reator. Se as partículas de carvão ativado e os nanofilamentos depositados estiverem dispostos em uma configuração estacionária, por exemplo dentro de um reator de fluxo de leito fixo, o vapor carbonáceo provavelmente entrará em contato somente com a camada superior das partículas ou a superfície superior das partículas que estão expostas ao vapor. Isso poderia limitar a quantidade de nanofilamentos de carbono produzidos sobre a superfície da partícula de carvão ativado, porque nem todas as superfícies das partículas de carvão ativado estacionárias e os precursores depositados poderão ser expostos ao vapor carbonáceo. Em contraste com a configuração estacionária, a agitação ou fluidização das partículas de carvão ativado e dos precursores de nanofilamentos depositados irá assegurar que o vapor carbonáceo entre em contato com uma área superficial maior das partículas de carvão ativado e dos precursores depositados, resultando assim na produção de mais nanofilamentos de carbono nas superfícies das partículas de carvão ativado. Reatores adequados para agitar as partículas de carvão ativado podem incluir, mas não se limitam a, reatores de leito fluidizado, reatores de leito rotativo, reatores de leito fixo convencionais compreendendo componentes de agitação ou mistura, etc.

[0036] O vapor carbonáceo pode compreender qualquer vapor carbonáceo que seja eficaz para a obtenção do produto de reação desejado. Em uma modalidade, o vapor carbonáceo pode compreender acetileno, benzeno, xileno, etileno, metano, etanol, monóxido de carbono, cânfora, naftaleno ou misturas dos mesmos. As condições de

reação quanto a temperatura, tempo e atmosfera podem variar, e diversas combinações são adequadas para promover a reação desejada. Em uma modalidade, a temperatura pode variar de cerca de 400 °C a cerca de 1.500 °C. Em modalidades exemplares, a faixa de temperaturas pode compreender limites superiores menores que cerca de 1.200°C, menores que cerca de 1.000°C ou menores que cerca de 800°C, e limites inferiores maiores que cerca de 400°C, maiores que cerca de 500°C, maiores que cerca de 600°C ou maiores que cerca de 700°C. Em outra modalidade, o tempo de reação é de cerca de 2 minutos a cerca de 10 horas. Em modalidades exemplares, o tempo de reação é de cerca de 5 minutos a cerca de 8 horas, de cerca de 10 minutos a cerca de 7 horas, ou de cerca de 20 minutos a cerca de 6 horas.

[0037] Em uma modalidade, os precursores de nanofilamentos podem gerar nanopartículas sobre a superfície das partículas de carvão ativado, durante os estágios iniciais do método. Por exemplo, o sulfato férrico irá se decompor e gerar nanopartículas de Fe sobre a superfície das partículas de carvão ativado. Essas nanopartículas irão, então, catalisar a formação de nanofilamentos de carbono conforme os vapores carbonáceos são carregados sobre as partículas de catalisador, para formar os nanofilamentos de carbono.

[0038] Além disso, o método pode compreender, ainda, um gás de arrasto para levar o vapor carbonáceo à superfície das partículas de carvão. A atmosfera de reação pode compreender o vapor carbonáceo e o gás de arrasto que, durante a reação, o coloca em contato com as partículas de carvão ativado e os precursores de nanofilamentos. O gás de arrasto pode ser inerte ou redutor e, em uma modalidade, pode conter pequenas quantidades de vapor d'água. Um exemplo típico e não-limitador desse tipo de gás de arrasto é o nitrogênio. O argônio e o hélio são dois outros exemplos de gases de arrasto, porém muitos

outros gases de arrasto são contemplados na presente invenção. A velocidade de face do gás de arrasto na fornalha é de cerca de 1 cm/h.g (isto é, centímetros por hora e grama de partículas de carvão ativado) a cerca de 350 cm/h.g e, em modalidades exemplares, de cerca de 2 cm/h.g a cerca de 180 cm/h.g, de cerca de 4 cm/h.g a cerca de 90 cm/h.g, ou de cerca de 20 cm/h.g a cerca de 40 cm/h.g.

[0039] De acordo com uma outra modalidade da presente invenção, é descrito um método alternativo para a fabricação do material filtrante 28 destinado à produção de água potável. O método compreende a obtenção de partículas de carvão carbonizadas. Conforme consta acima, as partículas carbonizadas são partículas filtrantes, as quais ainda não foram submetidas a uma etapa de ativação. De modo similar ao outro método descrito acima, este método compreende, ainda, a deposição pelo menos parcial de um ou mais precursores de nanofilamentos sobre a superfície das partículas de carvão carbonizadas, seguida de agitação das partículas de carvão carbonizadas e dos precursores de nanofilamentos depositados na presença de vapor carbonáceo. As partículas de carvão carbonizadas e os precursores de nanofilamentos depositados são, então, aquecidos na presença de vapor carbonáceo, a uma temperatura e durante um tempo suficiente para produzir nanofilamentos de carbono sobre a superfície das partículas de carvão carbonizadas; O método inclui, então, a ativação das partículas de carvão carbonizadas. Durante a ativação, as partículas carbonizadas e os nanofilamentos de carbono são aquecidos ou quimicamente tratados para produzir o material filtrante, o qual compreende partículas de carvão ativado com nanofilamentos de carbono sobre a superfície das mesmas.

[0040] Os carvões carbonizados podem ser ativadas por calor sob diversas condições de processamento bem-conhecidas do versado na técnica. Por exemplo, a ativação por calor pode ocorrer em uma at-

mosfera compreendendo vapor d'água, CO_2 ou misturas dos mesmos. Além disso, as temperaturas de ativação e sua duração podem variar, dependendo das partículas filtrantes utilizadas. Os carvões carbonizados podem, também, ser quimicamente ativados com qualquer reagente químico adequado conhecido pelo versado na técnica. Por exemplo, os carvões carbonizados podem ser tratados com KOH ou H_3PO_4 . A etapa de ativação pode ser incorporada a qualquer estágio dos métodos acima descritos. A ativação pode ocorrer em uma ou em múltiplas etapas, e as partículas de carvão ativado podem ser submetidas a maior ativação.

[0041] Em uma outra modalidade, os métodos acima descritos podem compreender, ainda, uma etapa de limpeza destinada a limpar os nanofilamentos de carbono e remover substancialmente quaisquer precursores de nanofilamentos restantes, após a etapa de aquecimento. Como a ativação, a etapa de limpeza pode incorporar tratamento por calor ou tratamento químico de modo a limpar os nanofilamentos e remover os precursores de nanofilamentos. Qualquer procedimento de limpeza pode ser empregado. Em uma modalidade de limpeza química, pode ser usada uma solução ácida. Em uma modalidade exemplar, uma solução de ácido forte, por exemplo uma solução de ácido nítrico ou sulfúrico, pode ser usada na etapa de limpeza. Considera-se que uma etapa de ativação usada após a formação dos nanofilamentos de carbono, conforme descrito acima, possa agir como uma etapa de limpeza ou uma etapa de limpeza parcial.

[0042] Em uma outra modalidade, os métodos acima descritos podem compreender o tratamento das partículas de carvão carbonizado ou ativado, bem como dos precursores de nanofilamentos depositados, com um agente redutor antes da etapa de aquecimento. Durante essa etapa de redução, as partículas e os precursores de nanofilamentos depositados são tratados na presença de agentes redutores, para

funcionalizar a superfície das partículas. Mediante a funcionalização da superfície, as partículas filtrantes podem otimizar sua adsorção para os contaminantes-alvo em um fluxo de água. Alguns exemplos não-limitadores de agentes redutores incluem hidrogênio, amônia ou misturas dos mesmos. Por exemplo, um agente redutor compreendendo amônia pode reagir com a superfície da partícula para produzir nitrogênio sobre a mesma, sendo que o nitrogênio pode ligar-se a, ou adsorver, um contaminante a ser filtrado.

III. EXEMPLOS EXPERIMENTAIS

[0043] Os exemplos não-limitadores a seguir descrevem materiais filtrantes e métodos para fabricação de materiais filtrantes de acordo com uma ou mais modalidades da presente invenção.

EXEMPLO 1

FORMAÇÃO DE PARTÍCULAS DE CARVÃO ATIVADO COM NANO-FILAMENTOS CRIADOS NA SUPERFÍCIE USANDO FERROCENO

[0044] 100 g de partículas de carvão ativado obtido a partir de lenha NUCHAR® RGC 80x325, disponível junto à MeadWestvaco Corp. de Covington, VA, EUA, são misturadas a 500 mL de uma solução de ferroceno a 10% ($\text{Fe}(\text{C}_5\text{H}_5)_2$) em xileno. O carvão ativado resultante, com ferroceno adsorvido, é seco de um dia para outro à temperatura ambiente. O carvão ativado é, então, carregado na bandeja da fornalha tubular horizontal Lindberg / Blue M (modelo Nº HTF55667C, SPX Corp., Muskegon, MI, EUA). O diâmetro da fornalha tubular é de 15,25 cm (6 pol). A fornalha é aquecida até uma temperatura de 800°C em 0,12 L/s (15 pés³/h) de fluxo de nitrogênio. Uma vez atingida a temperatura desejada na fornalha, 10 mL/min de uma solução de ferroceno a 10% em xileno é carregada para dentro da fornalha tubular por um fluxo de nitrogênio de 0,12 L/s (15 pés³/h) (isto é, velocidade de face de cerca de 23 cm/h.g) durante 1 h. Ao final desse período, o material é deixado resfriar até a temperatura ambiente em uma atmosfera de nitro-

gênio. As partículas de carvão ativado resultantes contém nanofilamentos criados na superfície.

EXEMPLO 2

FORMAÇÃO DE PARTÍCULAS DE CARVÃO ATIVADO COM NANOFILAMENTOS CRIADOS NA SUPERFÍCIE USANDO SULFATO FÉRRICO E FERROCENO

[0045] 100 g de partículas de carvão ativado à base de coco microporosas de 80x325, disponíveis junto à Calgon Carbon Corp., de Pittsburgh, PA, EUA, são misturadas com 100 mL de solução de sulfato férrico a 20% ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$) em água desionizada. O resultante carvão ativado com sulfato férrico adsorvido é seco de um dia para outro em um forno a 130°C. O carvão ativado é, então, carregado na bandeja da fornalha tubular horizontal Lindberg / Blue M (modelo N° HTF55667C, SPX Corp., Muskegon, MI, EUA). O diâmetro da fornalha tubular é de 15,25 cm (6 pol). A fornalha é aquecida até uma temperatura de 800°C em 0,12 L/s (15 pés³/h) de fluxo de nitrogênio. Uma vez atingida a temperatura desejada na fornalha, o carvão ativado é mantido àquela temperatura durante cerca de 45 minutos. Então, 4 mL/min de uma solução de ferroceno a 10% em xileno é carregada para dentro da fornalha tubular por um fluxo de nitrogênio de 0,04 L/s (5 pés³/h) (isto é, velocidade de face de cerca de 8 cm/h.g) durante 1 h. Ao final desse período, o material é deixado resfriar até a temperatura ambiente em uma atmosfera de nitrogênio. As partículas de carvão ativado resultantes contém nanofilamentos criados na superfície.

[0046] Note-se que termos como "especificamente", "preferencialmente", "tipicamente" e "freqüentemente" não são usados no presente documento no sentido de limitar o escopo da invenção reivindicada ou de implicar que determinadas características são de importância crítica, essenciais, ou mesmo importantes para a estrutura ou a função da invenção reivindicada. Em vez disso, esses termos se destinam me-

ramente a destacar características alternativas ou adicionais, que podem ou não ser utilizadas em uma modalidade específica da presente invenção. Note-se, também, que termos como "substancialmente" e "cerca de" são usados na presente invenção para representar o inerente grau de incerteza que pode ser atribuído a qualquer comparação, valor, medição ou outra representação quantitativa.

[0047] Todos os documentos citados na Descrição Detalhada da Invenção estão, em sua parte relevante, aqui incorporados a título de referência. A citação de qualquer documento não deve ser interpretada como admissão de que este represente técnica anterior com respeito à presente invenção.

[0048] Embora modalidades específicas da presente invenção tenham sido ilustradas e descritas, deve ficar óbvio aos versados na técnica que várias outras alterações e modificações podem ser feitas sem que se desvie do caráter e âmbito da invenção. Portanto, pretende-se cobrir nas reivindicações anexas todas essas alterações e modificações que se enquadram no escopo da presente invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. Filtro (20) destinado à produção de água potável que compreende:

uma carcaça (22) incluindo uma entrada de água (24) e uma saída de água (26); e

um material filtrante (28) disposto no interior da carcaça (22), caracterizado pelo fato de que contem partículas de carvão ativado, e uma pluralidade de nanofilamentos de carbono dispostos sobre a superfície das partículas de carvão ativado,

em que o filtro (20) fornece água potável mediante a remoção de contaminantes a partir de um fluxo de água líquida que flui da entrada de água (24) para a saída de água (26) da carcaça (22); e

em que a pluralidade de nanofilamentos é criada em superfície na superfície de partículas de carbono ativadas.

2. Filtro, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as partículas de carvão ativado compreendem microporos, mesoporos ou combinações dos mesmos.

3. Filtro, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que as partículas de carvão ativado compreendem carvão ativado obtido a partir de lenha, carvão ativado obtido a partir de hulha, carvão ativado obtido a partir de turfa, carvão ativado obtido a partir de piche, carvão ativado obtido a partir de alcatrão ou combinações dos mesmos.

4. Filtro, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que as partículas de carvão ativado compreendem fibras, esferas, partículas de formato irregular ou combinações dos mesmos.

5. Filtro, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que as partículas de carvão ativado têm um tamanho de 0,1 μm a 10 mm.

6. Filtro, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que os nanofilamentos de carbono compreendem nanotubos de paredes simples (SWNT, ou single-wall nanotubes), nanotubos de paredes duplas (DWNT, ou double-wall nanotubes), nanotubos de paredes múltiplas (MWNT, ou multi-wall nanotubes), nanofilamentos, nanofitas, nanocornetas ou combinações dos mesmos.

7. Filtro, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de que é configurado para acomodar uma taxa de fluxo de até 8 L/min de água.

8. Método para produção de água potável caracterizado pelo fato de compreender a obtenção de um filtro (20) como definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 7, e a passagem de um fluxo de água através do material filtrante para remover contaminantes e, desse modo, produzir água potável.

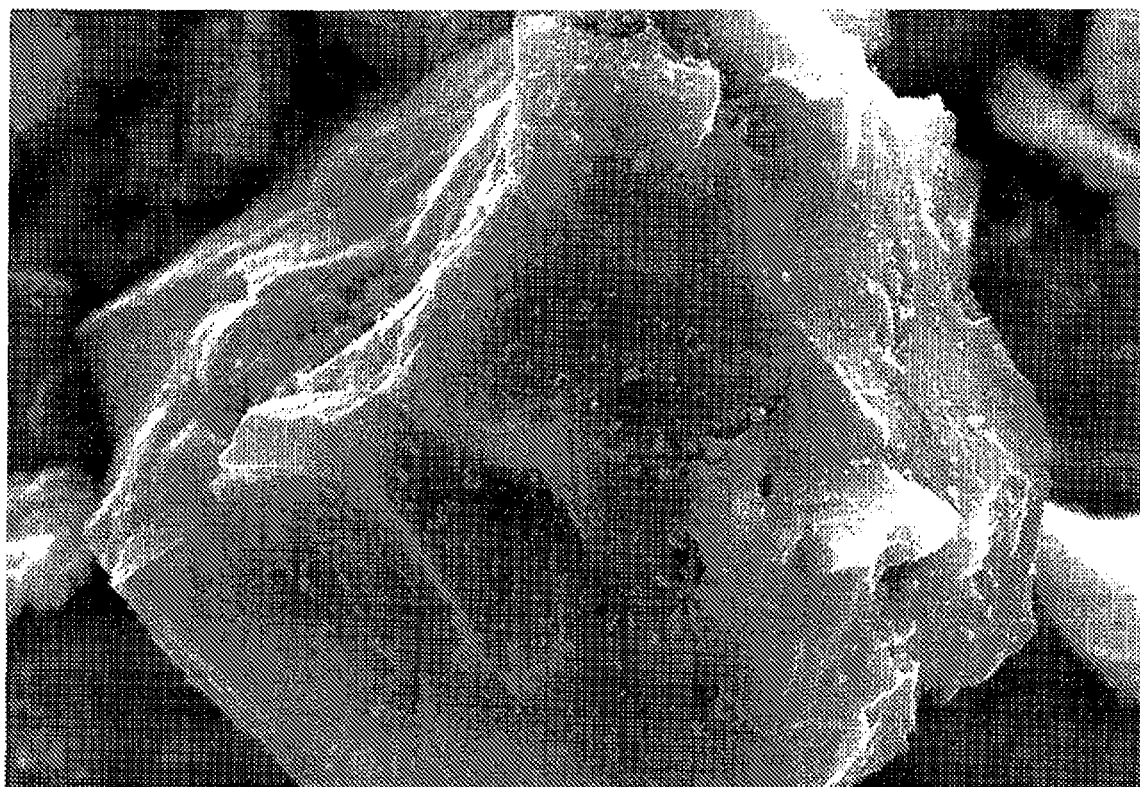


FIG. 1 (Técnica Anterior)

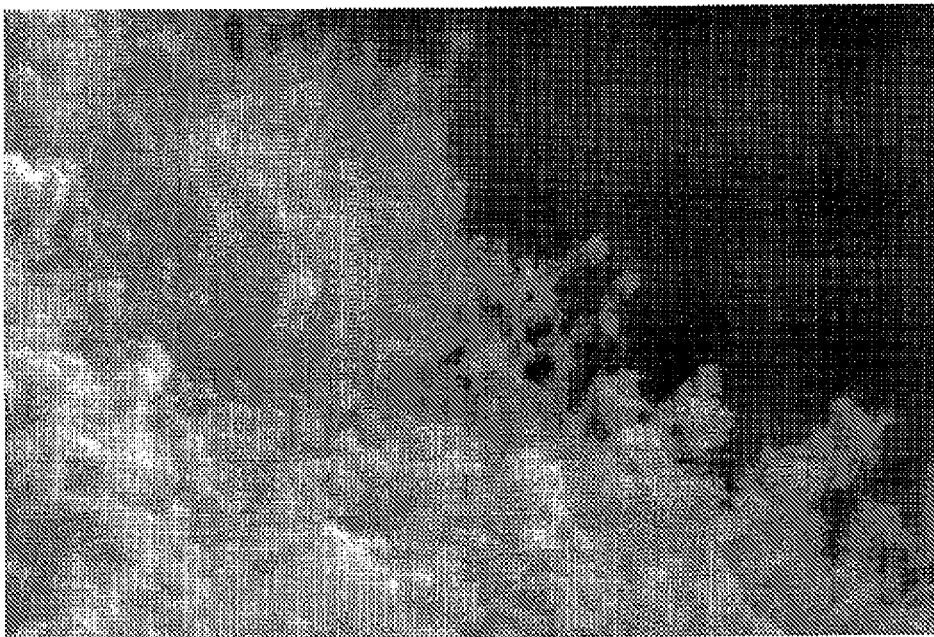


FIG. 2a

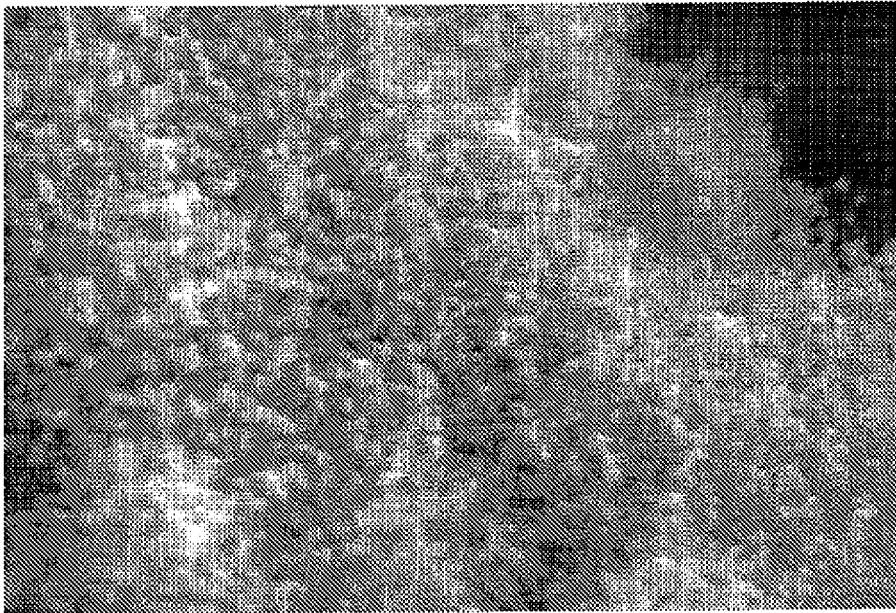


FIG. 2b

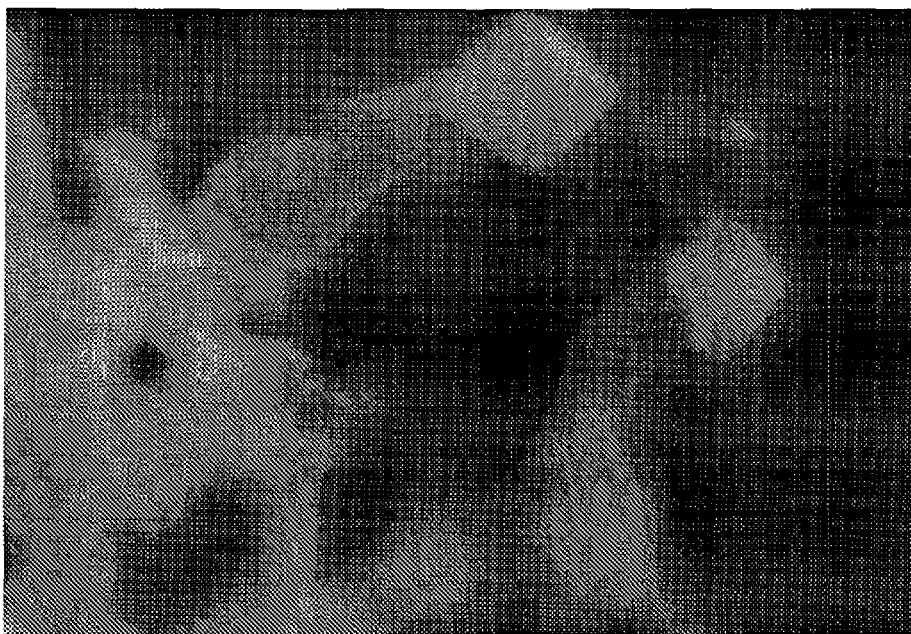
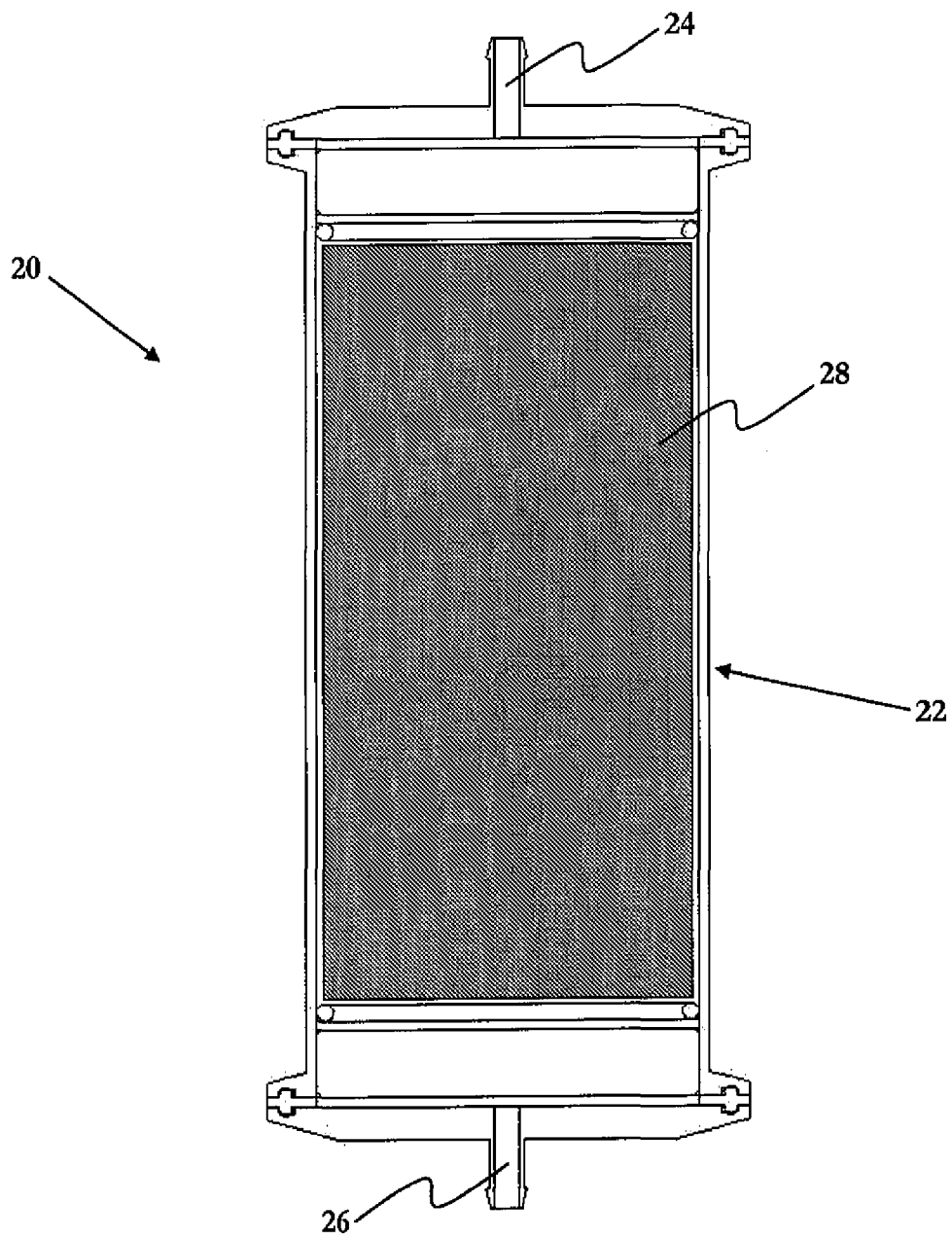


FIG. 2c

**FIG. 3**