



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

(11) PI 0924285-6 B1



(22) Data do Depósito: 24/02/2009

(45) Data de Concessão: 24/04/2019

(54) Título: APARELHO E MÉTODO PARA TRATAR ÁGUA CONTAMINADA

(51) Int.Cl.: C02F 1/463; C02F 1/46.

(73) Titular(es): BOYDEL WASTEWATER TECHNOLOGIES INC..

(72) Inventor(es): RANDALL J. BOYLE; RANDALL C. DELUCA.

(86) Pedido PCT: PCT CA2009000219 de 24/02/2009

(87) Publicação PCT: WO 2010/096891 de 02/09/2010

(85) Data do Início da Fase Nacional: 16/08/2011

(57) Resumo: APARELHO E MÉTODO PARA TRATAR ÁGUA CONTAMINADA Um aparelho (20) para tratar água contaminada tem um reator de eletrocoagulação (26) e um clarificador (30) para receber o efluente do reator. O reator tem um vaso de reação (48) que tem uma entrada (58) e uma saída (62), um anodo de sacrifício (64), um catodo giratório (68) e um anodo não sacrificial (66). Um primeiro espaço (70) entre o anodo de sacrifício e o catodo inclui uma primeira zona de tratamento de água. Um segundo espaço (74) entre o catodo e o anodo não sacrificial inclui a segunda zona de tratamento de água. O trajeto de fluxo e água é a partir da entrada da primeira zona de tratamento, em seguida da segunda zona de tratamento e em seguida para a saída. No clarificador, o efluente do reator é separado em água limpa e lodo contaminado.

“APARELHO E MÉTODO PARA TRATAR ÁGUA CONTAMINADA”

Campo Técnico da Invenção

[001] Essa invenção se refere ao tratamento de águas residuais, e em particular a um aparelho e método para tratamento de água contaminada na célula eletrolítica.

Fundamentos da Invenção

[002] A água pode ser contaminada por matéria orgânica ou inorgânica vindas de várias fontes incluindo fontes domésticas, municipais, industriais e agrícolas. Os contaminadores podem ser em solução, coloidais, ou em suspensão. Colóides, e em particular colóides carregados negativamente, são, frequentemente a forma predominante, na qual os contaminadores de água existem.

[003] A eletrocoagulação é um método eletroquímico de tratamento de água contaminada com várias espécies em um reator de eletrocoagulação que tem um catodo e um anodo de sacrifício. Suprir corrente para os eletrodos acarreta a liberação de cátions metálicos (geralmente ferro ou alumínio) a partir do anodo de sacrifício, e a formação do gás hidrogênio no catodo. Outras espécies químicas podem se formar, as quais participam de uma variedade de processos que facilitam a remoção de contaminadores da água.

[004] O uso de eletrodos giratórios foi proposto como uma maneira de melhorar a eficácia do sistema de remediação utilizando eletrocoagulação. Ver, por exemplo, Syversen et al., US 6 099 703. Girar o catodo ajuda a assegurar um consumo igual do anodo de sacrifício e inibir a fixação da superfície ativa do catodo. Entretanto, apesar dos progressos na arte de eletrocoagulação, os mais conhecidos sistemas de tratamento de águas residuais não são capazes de remediação suficiente das águas contaminadas para uma subsequente liberação para o meio ambiente com um custo econômico ou em volumes necessários para uma completa comercialização de projetos de tratamento de larga escala. A presente invenção provê aparelho e

método aperfeiçoados para o tratamento em grande escala da água contaminada.

Sumário da Invenção

[005] A invenção provê um reator de eletrocoagulação que tem um vaso de reação com uma entrada para o fluxo de entrada da água, uma saída para o fluxo de saída da água, um anodo de sacrifício, um catodo giratório e um anodo não sacrificial. Uma primeira abertura entre o anodo de sacrifício e o catodo inclui uma primeira zona de tratamento que está a jusante da entrada. O anodo de sacrifício e o catodo são adaptados para aplicar uma primeira voltagem através da primeira abertura. Uma segunda abertura entre o anodo não sacrificial e o catodo provê uma segunda zona de tratamento à jusante da primeira zona de tratamento. O anodo não sacrificial e o catodo são adaptados para aplicar uma segunda voltagem através da segunda abertura. A segunda voltagem pode ser menor do que a primeira voltagem. O trajeto de fluxo de água através do vaso de reação se dá a partir da entrada para a primeira zona de tratamento, em seguida para a segunda zona de tratamento e em seguida para a saída.

[006] A invenção provê adicionalmente um catodo giratório para um reator de eletrocoagulação, O catodo tem uma face ativa geralmente perpendicular ao eixo de rotação do catodo. A face ativa tem um centro e uma periferia e características de superfície as quais definem uma pluralidade de trajetos de fluxo de água a partir do centro para a periferia. As características de superfície podem incluir canais ou hastes. O catodo giratório pode ser empregado em reatores de eletrocoagulação que têm uma única zona de tratamento, e adequadamente, a invenção provê um reator de eletrocoagulação que tem um anodo de sacrifício, um catodo giratório e uma abertura entre o anodo de sacrifício e o catodo incluindo uma primeira zona de tratamento, o catodo tendo características de superfície as quais definem uma pluralidade de trajetos de fluxos de água através da abertura.

[007] A invenção provê adicionalmente um clarificador para receber efluente a partir de um reator de eletrocoagulação. O clarificador tem uma parede lateral cilíndrica, uma parede superior, uma parede de fundo cônica, uma primeira porta de saída na parede superior conectada a um primeiro conduto de saída e uma segunda porta de saída na parede de fundo conectada a um segundo conduto de saída. O clarificador tem um conduto de entrada que se estende para dentro do clarificador, tendo uma abertura dentro do clarificador que é maior em área seccional transversal do que a área seccional transversal interna do conduto interno.

[008] A invenção provê adicionalmente um método para tratar água contaminada usando um reator de eletrocoagulação. Um reator é provido, tendo uma entrada de água, uma saída de água, um espaço entre um anodo de sacrifício e um catodo giratório incluindo uma primeira zona de tratamento e uma abertura entre o catodo rotativo e o anodo não sacrificial incluindo uma segunda zona de tratamento. A água é levada a fluir para dentro do reator a partir da entrada, através da primeira zona de tratamento, em seguida através da segunda zona de tratamento, e em seguida através da saída.

[009] Essas e outras características da invenção ficarão claras a partir da seguinte descrição e dos desenhos das configurações preferidas.

Breve Descrição dos Desenhos

[0010] Figura 1 é uma vista esquemática de um sistema de tratamento de acordo com a presente invenção.

[0011] Figura 2 é uma vista em elevação, parcialmente em seção, de uma configuração do reator de tratamento do sistema.

[0012] Figura 2A é uma vista em elevação, parcialmente em seção, de uma modalidade do reator de tratamento do sistema.

[0013] Figura 2B é uma vista seccional na linha 2B-2B da Figura 2^a.

[0014] Figura 3 é uma vista em elevação, parcialmente em seção, de uma segunda configuração do reator de tratamento.

[0015] Figura 4 é uma vista em elevação, parcialmente em seção, de uma terceira configuração do reator de tratamento.

[0016] Figura 5 é uma vista em elevação, parcialmente em seção, de uma quarta configuração do reator de tratamento.

[0017] Figura 6 uma vista em elevação, parcialmente em seção, do clarificador do sistema de tratamento.

[0018] Figuras 7A, 7B, 7C e 7D são vistas planas da superfície ativa do catodo do reator, mostrando exemplos de características na face de fundo do catodo.

Descrição das Configurações Preferidas.

[0019] Configurações de exemplo da invenção são descritas aqui abaixo e são ilustradas nas figuras referenciadas dos desenhos. Essas configurações devem ser consideradas como ilustrativas e não como restritivas. Na seguinte descrição e desenhos, partes semelhantes e correspondentes são referenciadas através dos mesmos numerais de referência.

[0020] O sistema de tratamento 20 é ilustrado esquematicamente na Figura 1. Fluxos de água contaminados a partir de uma fonte 22 através de um conduto 24 para dentro de um reator de eletrocoagulação 26, o reator tendo uma célula eletrolítica como descrito abaixo. O efluente do reator flui através de um conduto de saída 28 para dentro do clarificador 30. Um eletrólito, por exemplo, cloreto de sódio a partir de um tanque 36, e peróxido de hidrogênio de um tanque 38, são adicionados à água contaminada no conduto 24. Floculante a partir de um tanque 40 é adicionado ao efluente do reator no conduto 28. No clarificador 30, o efluente do reator 26 é separado em lodo, o qual sai do clarificador através de um conduto de saída 34. Bombas 42, 44, 46 são providas nos condutos 24, 32 e 34, respectivamente.

[0021] A água contaminada que inclui a carga de alimentação do sistema de tratamento 20 é contaminada por contaminadores orgânicos, contaminadores inorgânicos, ou ambos. As águas residuais podem incluir esgoto municipal, águas pluviais, lixívia de fazenda, lixívia de mina, águas residuais industriais,

institucionais e comerciais. A água contaminada terá, geralmente, que ser submetida a algum processo à montante, tal como triagem para remover grandes partículas contaminadoras. Por exemplo, no caso de águas residuais municipais, a água contaminada terá que ser submetida primariamente a um tratamento, do tipo triagem, sedimentação ou remoção de areia e saibro, antes de se introduzir no sistema de tratamento 20.

[0022] O reator 26, mostrado nas Figuras 2A e 2B, tem um alojamento 48 que é geralmente cilíndrico, com uma parede lateral circunferencial 50, e uma parede de fundo plana 52, e com uma parede superior cônica 54. O alojamento 48 é apoiado sobre uma base 56. O alojamento é feito de um material não condutor eletricamente, como por exemplo, fibra de vidro. A parede de fundo 52 do reator tem uma porta de entrada 58 para o fluxo de entrada da água contaminada a partir do conduto de entrada 24. A parede superior 54 tem uma porta de saída 60 para o fluxo de saída do efluente do reator 26. O conduto de saída 28 se estende para dentro do alojamento 48 através da porta de saída 60, e tem uma abertura 62 na sua extremidade interna.

[0023] O reator 26 tem um anodo de sacrifício 64, um anodo não sacrificial 66 e um catodo giratório 68. O anodo de sacrifício 64 é preso à parede de fundo 52 do reator e não gira. Ele tem um orifício vertical 72 em seu centro, alinhado à abertura de entrada 58. O anodo de sacrifício 64 inclui um metal de valência alta, tal como o ferro ou o alumínio.

[0024] O anodo na sacrificial 66 é cilíndrico na forma e é preso ao interior da parede lateral 50 do alojamento 48. Ele é fixado na posição e não gira. Inclui um metal de baixa valência adequada, por exemplo, aço inoxidável ou titânio, ou cerâmica e pode ser coberto com uma cobertura que aumenta sua área de superfície ativa, por exemplo, TiO_2 . TiO_2 tem alta durabilidade química e força oxidante e é particularmente adequado. O anodo não sacrificial 66 é isolado do catodo 68 por um espaço 74. É isolado também do anodo de sacrifício 64; esse espaço facilita a remoção periódica e a

substituição do anodo de sacrifício e permite também que dois anodos tenham potenciais elétricos diferentes.

[0025] O catodo 68 é uma estrutura cilíndrica vedada que tem uma parede lateral circunferencial 76, uma parede de fundo 78 e uma parede de topo 80. O catodo é feito de um metal de valência baixa adequada, por exemplo, aço inoxidável ou titânio, ou cerâmica. A superfície ativa do catodo, principalmente a superfície externa 79 da parede de fundo 78 e a superfície externa da parede lateral 76, podem ser cobertas com TiO_2 . Essa cobertura promove a formação de peróxido de hidrogênio a partir do hidrogênio e do oxigênio gerados durante a eletrólise no reator.

[0026] A superfície externa 79 da parede de fundo 78 do catodo pode ser provida com ranhuras 82 as quais atuam como canais para aumentar a taxa de fluxo da água que se move radialmente para fora no espaço 70. As ranhuras também direcionam radialmente para fora as borbulhas de gás formadas na reação de eletrólise, ao longo com os contaminadores adsorvidos pelas bolhas. Como mostrado nas Figuras 7 A, B, e C, as ranhuras podem assumir várias formas incluindo canais retos, canais afilados e espirais.

[0027] A Figura 7 A mostra canais 82 os quais, a partir do centro 83 para a periferia 85 da superfície externa da parede de fundo 78 do catodo 68 em uma forma de espiral. Os canais são separados por partes planas 87. Alternativamente, os canais 82 podem se estender retos a partir do meio do catodo para sua periferia sem curvar, e pode ser afilado, como ilustrado na Figura 7B, ou cilíndrico como ilustrado na Figura C.

[0028] Podem ser providos números diferentes de canais, por exemplo, a partir de três até sete canais. Eles têm cerca de meia polegada (13mm) de profundidade. A profundidade, forma e número de canais podem ser selecionados de forma a otimizar a taxa de fluxo e inter eletrodo espaçando para uma aplicação particular.

[0029] Outras características de superfície diferentes dos canais

podem ser providas na face do catodo para produzir características de fluxo. A Figura 7D mostra uma face de catodo que tem uma pluralidade de hastes elevadas 89. As hastes criam trajetos de fluxo irregulares 91 entre elas para a água que se move no espaço a partir do centro para a periferia da face do eletrodo. As hastes podem ter, por exemplo, cerca de uma polegada (25mm) de diâmetro e 3/16 polegadas (4,8 mm) de altura, e pode ser feita de aço inoxidável.

[0030] Deve ser entendido que as características dos canais ou artes na face de um catodo giratório têm utilidade em reatores de eletrocoagulação diferentes dos reatores descritos aqui, incluindo reatores de eletrocoagulação da arte anterior do tipo que tem um catodo giratório isolado do anodo de sacrifício.

[0031] O catodo 68 é montado para rotação em um eixo 84, o qual é conectado a um motor ou outro dispositivo acionador adequado (não mostrado). A rotação do catodo reduz a passivação da superfície do catodo ativa. Uma montagem de bucha e vedação 95 circunda o eixo 84 onde o eixo passa através da parede superior 54 do alojamento 48. O eixo 84 é adicionalmente acoplado a um dispositivo acionador adequado (não mostrado) para ajuste vertical da posição do catodo. Esse ajuste da posição do catodo permite o ajuste da distancia através do espaço 70 durante a operação do reator a fim de otimizar as condições para a eletrólise das matérias primas. Por exemplo, mudanças na turvação da carga de alimentação pode exigir ajuste da distancia da abertura. O ajuste vertical pode ser controlado manualmente ou por sensores, por exemplo, sensores que monitoram a corrente elétrica através do espaço 70.

[0032] Em um reator de eletro coagulação de escala industrial, o catodo 68 pode ter um diâmetro de cerca de 4 a 6 pés (1,2 a 1,8 m), uma espessura de parede de fundo de $\frac{3}{4}$ de polegada (19mm) e uma espessura de parede lateral de $\frac{1}{4}$ de polegada (6,4 mm). A distancia através do espaço 70

pode ser na faixa de 1/8 a 1/2 polegada (3,2 a 13 mm) e através do espaço 74 na faixa de 1/8 a 3/8 de polegada (3,2 a 9,5 mm). A velocidade de rotação do catodo pode estar na faixa de 20 a 170 rpm e a taxa de fluxo da água residual através do reator na faixa de 25 a 200 galões imperiais (114 a 909 L) por minuto. Reatores de eletro coagulação muito maiores, tendo um maior espaço vazado, também podem ser feitos de acordo com a invenção.

[0033] A energia elétrica suprida ao catodo 68, ao anodo de sacrifício 64 e ao anodo não sacrificial 66 pode ser CD, CD pulsada ou CA de alta frequência. Fontes de energia (não mostradas) são conectadas à base do anodo de sacrifício 64 em um terminal 65, ao anodo não sacrificial 66 em um terminal 69 e ao eixo 84 do catodo em um terminal 67, o eixo sendo eletricamente condutor. O anodo não sacrificial 66 é mantido geralmente em um potencial mais baixo do que o anodo de sacrifício 64 e tem seu próprio suprimento de energia embora para algumas matérias primas ele possa ser mantido no mesmo potencial ou em um potencial mais alto. A escolha do tipo de energia elétrica usada depende da matéria prime e da natureza dos contaminadores. Por exemplo, se a carga de alimentação tiver um alto nível de contaminadores orgânicos a escolha preferida pode ser a corrente CD para o anodo de sacrifício e alta frequência CA para o anodo não sacrificial; ou se a carga de alimentação requer um nível mais baixo de íons de ferro em solução, a seleção pode ser CD pulsada para o anodo de sacrifício e alta frequência CA para o anodo não sacrificial. Voltagens/Correntes típicas são cerca de 6,5 V em 900 A e 7,5V em 3000 A.

[0034] Antes do tratamento no reator 26, um eletrodo, tal como o cloreto de sódio, pode ser adicionado à água contaminada para aumentar sua condutividade. Também, peróxido de hidrogênio é útil quando os contaminadores são orgânicos, e um alto nível de peróxido de hidrogênio pode ser usado para níveis mais altos de contaminadores orgânicos. O pH da água contaminada pode também ser ajustado antes do reator se necessário,

uma faixa de pH de cerca de 3,5 a 7 sendo a preferida.

[0035] No reator 26, a água contaminada flui através de uma porta de entrada 58, através do orifício vazado 72 no anodo de sacrifício 64 e radialmente para fora no espaço 70 entre a superfície ativa 86 do anodo 64 e a superfície de fundo do catodo giratório 68. Nesse espaço, o qual é a primeira zona de reação do reator 26, cátions de ferro vão em uma solução à medida que a superfície ativa do anodo de sacrifício é consumida, reações químicas ocorrem e contaminadores são eletro coagulados. A partir da primeira zona de reação, a água contaminada flui para dentro do espaço 74 entre o anodo não sacrificial 66 e a parede lateral 76 do catodo. Nesse espaço, o qual é a segunda zona de reação do reator 26. Acredita-se que oxidação adicional dos contaminadores ocorre por meio de várias reações, incluindo reações de Fenton, íons ferrosos (Fe^{2+}) e peróxido de hidrogênio ambos estando presentes, resultando na formação de oxidantes radicais de hidroxila.

[0036] A água contaminada flui a partir da segunda zona de reação para dentro de um espaço 88 entre a parede de topo 80 do catodo e a parede de topo 54 do alojamento. Em seguida flui para dentro das aberturas 62 do conduto de descarga 28, saindo do reator.

[0037] Seguindo o tratamento da água contaminada no reator, efetuando coagulação dos sólidos e oxidação dos contaminadores, incluindo contaminadores bacteriais, o efluente é tratado para separar os sólidos coagulados a partir da água. Vários tipos de processo à jusante podem ser usados para alcançar essa separação, por exemplo, um sistema de flutuação de ar dissolvido ou um tanque de separação com uma escumadeira para remover sólidos. Na configuração preferida da invenção, o efluente a partir do reator 26 é alimentado para um clarificador 30, mostrado na Figura 6.

[0038] Um floculante de um tanque 40 é alimentado dentro do efluente no conduto 28 antes do efluente ser alimentado para o clarificador. O tipo e concentração do floculante empregado dependem da matéria-prima

especial de águas residuais.

[0039] Dentro do clarificador 30, o conduto 28 tem uma abertura de saída 90 que é orientado para cima e tem um diâmetro maior do que o diâmetro do lado interno do conduto 28. Isso retarda a taxa de fluxo do efluente dentro do clarificador por área de unidade da abertura 90 para reduzir turbulência.

[0040] O clarificador 30 tem um corpo de tanque geralmente cilíndrico com uma parede de topo cônica 92 e uma parede de fundo cônica 93. O volume do clarificador é suficiente, relativo à taxa de fluxo de entrada do efluente do reator, que o tempo de retenção no clarificador seja adequado para conseguir a separação dos sólidos da água. Por exemplo, o tempo de retenção pode ser cerca de 5 a 8 minutos. A parede de topo 92 forma um ângulo em seu ponto de junção com a parede lateral cilíndrica 94 que tem cerca de 60° (relativo ao horizontal). O clarificador é suportado em pernas 96. Existe uma porta de saída 98 na extremidade de fundo do clarificador, conectada ao conduto de saída de efluente 34. O conduto é provido com uma bomba de efluente 46. Existe uma porta de saída 100 em uma extremidade superior do clarificador, conectada ao conduto de saída de lodo 32. O conduto 32 é provido com uma bomba de lodo 44. Um par de sensores de nível espaçados verticalmente 102 é provido na parede superior 92 do clarificador, para detectar o nível de água através da entrada a partir desses sensores.

[0041] As bombas 44, 46 operam de forma a criar um vácuo parcial dentro do clarificador, por exemplo, uma pressão na faixa de 5 a 25 kPa. Por meio do conduto 28 conectando o reator 26 ao clarificador 30, esse vácuo parcial é aplicado também ao sistema de reator completo. Acredita-se que o processo de tratamento no sistema de reator é intensificado por tal vácuo parcial.

[0042] O vácuo parcial dentro do clarificador intensifica a separação dos sólidos floculados, os quais sobem para o topo do clarificador, e a água, a

qual desce para o fundo do clarificador. Os sólidos incluem um lodo que sai do topo do tanque através da saída 100 e é bombeado pela bomba de lama 44 através do conduto de saída 32. A água limpa, separada do lodo sai do fundo do tanque através da saída 98 e é bombeada pela bomba de efluente 46 pelo conduto de saída 34. A água limpa pode ser liberada para o ambiente ou sujeita a tratamento adicional, por exemplo, ajuste de pH, antes da liberação. Uma porção da água limpa que sai através do conduto de saída 34 pode ser recirculada através de um conduto de recirculação (não mostrado) para dentro do conduto de entrada do reator 24 para receber tratamento adicional no sistema 20.

[0043] Em um modo alternativo da operação do clarificador 30, um coagulante, mais do que um floculante, é alimentado ao efluente do reator no conduto 28 antes que o efluente seja alimentado ao clarificador. O coagulante acarreta que os sólidos separados afundem para o fundo do clarificador ao invés de flutuarem no topo (como ocorre com um floculante). Esse modo de operação pode ser usado ao se tratar de matérias primas que tenham contaminadores com flutuação naturalmente negativa, por exemplo, metais pesados. O conduto de saída superior 32, remove adequadamente a água limpa do clarificador e o conduto de saída inferior 34 remove o lodo. As bombas 44 e 46 são comutadas de forma que o conduto de saída superior 32 tenha uma bomba efluente e o conduto de saída inferior 34 tenha uma bomba para lodo; e os sensores de nível 102 são movidos para a parede de fundo 93. A abertura 90 do conduto 28 pode ser direcionada para baixo.

[0044] Deve ser entendido que o clarificador 30 (colocado para operar nos dois modos de operação) pode ser conectado para receber o efluente de outros tipos de reator eletro magnético, por exemplo, reatores da arte anterior.

[0045] O sistema de tratamento pode ser operado por meio de um computador lógico programável (PLC), com dispositivo apropriado para medir e controlar fluxos de fluido através do aparelho, corrente elétrica

através dos espaços inter- eletrodo, condutividade e pH da carga de alimentação de alimentação, velocidades de bomba, níveis de fluido no clarificador e etc. O processo deve ser operado de forma a produzir água efluente limpa para cumprir as exigências para uma aplicação particular.

[0046] Em outra configuração 126, do reator, ilustrada na Figura 3, o anodo não sacrificial está posicionado horizontalmente sobre o catodo e é móvel verticalmente com ele, a medida que o catodo é movido para ajustar o espaço entre ele e o anodo de sacrifício. O reator 126 é o mesmo que o reator 26. Mais exatamente, o reator 126 tem um catodo que pode ser giratório 168, que inclui uma parte plana e um anodo não sacrificial 164 que inclui uma parte plana, isolada da superfície superior 180 do catodo 168 por um espaço 174. O anodo não sacrificial 164 não gira e é apoiado pelos membros de suporte 104 afixados ao colar e a montagem de rolamento 106. O colar e a montagem de rolamento 106 permitem a rotação do eixo do catodo relativa ao anodo não sacrificial 164, o qual mantém uma posição vertical fixa no eixo 84, de forma que o anodo não sacrificial 164 (e a montagem de rolamento e do colar 106) se mova verticalmente junto com o catodo. A montagem de rolamento e do colar 106 é eletricamente isolada do eixo do catodo 84. Uma vedação 108 se estende na periferia do anodo não sacrificial e da parede lateral 50 do alojamento do reator, evitando o fluxo de água entre ambos. A superfície ativa 86 do anodo de sacrifício 64 é isolada do lado inferior do catodo por um espaço 70, esse espaço incluindo a primeira zona de tratamento do reator 126, o espaço 174 incluindo a segunda zona de tratamento. As zonas de tratamento funcionam da maneira descrita acima para as duas zonas de tratamento do reator 26 da primeira configuração. Como o indicado pelas setas direcionais na Figura 3, as águas residuais entram no reator através da porta de entrada 58, fluem através do orifício 72 no anodo de sacrifício 64 e para dentro do primeiro espaço 70. Em seguida flui radialmente para fora do espaço 70, em torno da borda circunferencial 176 do catodo e para dentro do

segundo espaço 174. Em seguida flui através da abertura central 114 no anodo não sacrificial 164, para dentro do espaço entre a parede superior 54 do alojamento 48 e do anodo não sacrificial 164, e em seguida para fora através dos condutos efluentes 28.

[0047] Uma terceira configuração 127 do reator, ilustrada na Figura 4, é essencialmente a mesma do reator 126 da Figura 3, com exceção do posicionamento da montagem de rolamento e do colar, a qual está fora do reator e dos membros de suporte os quais conectam o anodo não sacrificial 164 à montagem de rolamentos e do colar. No reator 127, a montagem de rolamentos e do colar 106 está no eixo 84 do catodo 168 fora e acima do alojamento do reator 48. A montagem 106 tem um par de membros de suporte horizontais 128, e um par de membros de suporte verticais 130 (que) conectam o anodo não sacrificial 164 a um respectivo membro de suporte horizontal. Os membros de suporte verticais 130 passam através das portas na parede superior 54 do alojamento do reator, e uma vedação de água 132 é ajustada em torno do membro de suporte 130 em cada porta.

[0048] Em uma quarta configuração 226 do reator, mostrada na figura 5, a entrada de águas residuais é através do catodo giratório, ao invés de através do anodo de sacrifício. O reator tem um anodo de sacrifício 264 fixado à parede de fundo 52 do alojamento do reator 48, um catodo giratório 268 isolado da superfície superior ativa 286 do anodo de sacrifício 264 por um espaço 70, e um anodo não sacrificial cilíndrico 66 preso ao interior da parede lateral 50 do alojamento do reator 48, o anodo não sacrificial sendo isolado do catodo 268 por um espaço 74.

[0049] O eixo de suporte 84 do catodo tem um orifício 110 e uma unidade de vedação e suporte 112, conectada ao tubo de entrada de águas residuais 24, permitindo o fluxo de águas residuais para dentro do orifício 110 e para fora através da abertura 114 na parede de fundo 78 do catodo e para dentro do espaço 70. O fluxo de águas residuais nessa configuração do reator

sai radialmente para o exterior através do espaço 70, o qual inclui a primeira zona de tratamento, através do espaço 74 , o qual inclui a segunda zona de tratamento, e para dentro do espaço entre a parede superior 54 do alojamento 48 e a parede de topo 80 do catodo, e em seguida para fora através do conduto do efluente 28.

[0050] Uma quinta configuração do reator, não ilustrada separadamente nos desenhos, é a mesma em estrutura, que a do reator 26 mostrado na Figura 2 A, com exceção para o fato de que não inclui o anodo não sacrificial ou a segunda zona de tratamento (ou terminal elétrico 69). A zona de tratamento único é definida pelo espaço 70 entre a superfície de topo 86 e pelo anodo de sacrifício 64 e pela superfície de fundo 79 do catodo giratório 68. O trajeto do fluxo de água no reator se faz pelo orifício 72 no anodo de sacrifício 65 para o espaço 70, e em seguida através do espaço 70 e em torno da periferia do catodo para dentro do espaço 88 sobre o catodo e em seguida para fora através do conduto de efluente 28. A face de fundo 79 do catodo 68 do reator tem características de superfície como descritas acima e mostradas na Figura 7, principalmente ranhuras 82 ou hastes levantadas 89 para produzir características de fluxo de água particulares no espaço 70.

Exemplos

[0051] Exemplos de águas residuais foram tratados em um aparelho - escala- laboratório de acordo com a presente invenção. Foram feitas várias medições dos parâmetros de contaminadores da carga de alimentação do efluente e, em alguns casos, do lodo. Os resultados estão resumidos abaixo.

Exemplo 1

[0052] Foi tratado um exemplo de esgoto municipal. O BOD (Biochemical Oxygen Demand) carbonado da material prima foi 169 mg/L e o efluente foi 20 mg/L. O total de sólidos suspensos do efluente foi de 8 mg/L. O conteúdo de coliformes fecais do efluente foi menor do que 1 colônia por 100 ml limite de detecção do teste.

Exemplo 2

[0053] Foi tratado outro exemplo de esgoto municipal. Os resultados do teste são demonstrados na Tabela 1.

Tabela 1

Teste	Carga de alimentação	Efluente	Lodo
Fe (mg/L)	0,15	--	3
Totais de Sólidos (mg/L)	180	16	--
Total de BOD (mg/L)	270	40	--
Coliforme fecal (colônias /100ml)	3 milhões	<100	2,4 milhões

A marca – indica que o parâmetro não foi medido.

Exemplo 3

[0054] Cinco 5 amostras de galão de água de mina subterrânea foram tratadas. Foram feitas medições do nível de vários elementos na carga de alimentação e no efluente tratado e para Amostras 4 e 5 no lodo. Os resultados do teste são mostrados nas Tabelas 2 e 3. Em alguns casos, o conteúdo de metal aumentado, por exemplo ferro, manganês e sódio. Isso se deve à adição daqueles elementos a partir do anodo de sacrifício ou por dosagem química durante o processo de tratamento.

Tabela 2

Elemento	Amostra 1		Amostra 2		Amostra 3	
	Carga de alimentação	Efluente	Carga de alimentação	Efluente	Carga de alimentação	Efluente
Alumínio	11	0,6	22	0,7	10	3
Bário	0,2	0,08	0,34	0,06	0,16	0,07
Boro	0,5	0,3	0,5	0,2	0,3	0,4
Cálcio	1150	925	1300-	928	916	667
Cobalto	1,5	0,6	2,1	0,5	1,3	0,4
Cobre	35,1	1,2	80,2	1,2	34,9	7,6
Ferro	114	26,3	279	26,5	9L4	138
Magnésio	74	57,3	88	56,6	63	40
Manganês	2,45	3,81	2,96	3,32	2,13	2,97
Molibdênio	0,4	0,2	0,4	0,2	0,4	0,4
Níquel	48,7	22,5	59,1	16,2	43,8	13,1
Potássio	86	74	95	74	72	46
Sílica	39	2,9	45	2,2	35	10
Sódio	475	549	509	402	392	318
Estrôncio	17,7	14,6	19,1	14,6	14,4	9,78
Titânio	0,6	0,05	1,6	0,05	0,6	0,1
Zinco	1,8	0,38	2,8	0,25	0,5	0,7

As Medidas estão em mg/L

Tabela 3

Elemento	Amostra 4			Amostra 5		
	M. Prima	Efluente	Lama	M. Prima	Efluente	Lama
Alumínio	2,6	0,01	3910	0,5	<0,01	358
Bário	0,16	0,045	18	0,16	0,147	36
Boro	<0,1	0,028	<10	0,1	0,114	18
Cálcio	278	229	13000	1020	815,	42100
Cromo	<0,1	<0,001	90	<0,1	<0,001	30
Cobalto	0,2	0,083	163	0,2	0,0224	236
Cobre	2,2	0,029	5730	<0,2	0,0318	1030
Ferro	0,4	1070	407000	0,4	10,4	384000
Chumbo	<0,3	<0,0002	103	<0,3	0,0005	71
Magnésio	35,9	21,4	1720	99,9	87,1	4780
Manganês	1,14	1,28	2900	1,43	1,11	1360
Molibdênio	<0,2	0,0008	<20	<0,2	0,0061	<20
Níquel	8,8	2,95	6090	10,1	0,968	10200
Potássio	21	18,2	773	<1,5	64,6	2550
Sílica	7,2	0,7	2260	70	0,9	387
Sódio	151	370	13700	484	421	17600
Estrôncio	0,96	0,923	65	13,6	12,3	690
Titânio	<0,5	<0,02	14	<0,05	<0,02	14
Zinco	0,42	0,021	566	0,3	0,008	510

Elementos Amostra 4 Amostra 5

Lista de Numerais de Referencia nos Desenhos

20 Sistema de tratamento

22 Fonte de água contaminada

24 Conduto para dentro do reator

26 Reator

28 Conduto para dentro do clarificador

30 Clarificador

32 Conduto de saída de lodo

34 Conduto de saída do efluente

36 Tanque de sal

38 Tanque de peróxido de hidrogênio

40 Tanque floculante

42 Bomba de carga de alimentação de alimentação

44 Bomba de lodo

46 Bomba efluente

- 48 Alojamento de reator
- 50 Alojamento de parede lateral
- 52 Alojamento de parede de fundo
- 54 Alojamento de parede superior
- 56 Base do reator
- 58 Entrada do reator
- 60 Saída do reator
- 62 Abertura no conduto 28
- 64 Anodo de sacrifício
- 65 Terminal no anodo de sacrifício
- 66 Anodo não sacrificial
- 67 Terminal no catodo
- 68 Catodo
- 69 Terminal no anodo não sacrificial
- 70 Primeiro espaço
- 72 Orifício no anodo de sacrifício
- 74 Segundo espaço
- 76 Parede lateral do catodo
- 78 Parede de fundo do catodo
- 80 Parede de topo de catodo
- 82 Ranhuras no catodo
- 83 Centro do catodo
- 84 Eixo do Catodo
- 85 Periferia do catodo
- 86 Superfície ativa do anodo de sacrifício
- 87 partes planas da face do catodo
- 88 Espaço acima do catodo
- 89 Hastes na face do catodo
- 90 Entrada no clarificador

91 Trajetos de fluxo de água
92 Parede superior do clarificador
93 Parede de fundo do clarificador
94 Parede lateral do clarificador
95 Montagem de vedação e bucha
96 Pernas do clarificador
98 Saída para efluente
100 Saída para lama
102 Sensores de nível
104 Membros de suporte
106 Montagem de suporte e colar isolado
108 Vedação no anodo 164
110 Orifício no eixo do catodo
112 Unidade de vedação e suporte
114 Abertura central no eixo do catodo 84
126 Segunda configuração do reator
127 Terceira configuração do reator
128 Membros de suporte horizontais
130 Membros de suporte verticais
132 Suportes verticais na vedação
164 Anodo não sacrificial
168 Catodo
174 Segundo espaço
176 Periferia do catodo
226 quarta configuração do reator
264 Anodo de sacrifício
268 Catodo
286 Superfície ativa do anodo de sacrifício.

[0055] Embora a invenção tenha sido descrita em termos de várias

configurações, não se pretende que a invenção seja limitada a essas configurações. Várias configurações no escopo da presente invenção ficarão claras para aquelas pessoas qualificadas na arte. O escopo da invenção é definido pelas reivindicações que seguem.

REIVINDICAÇÕES

1. Aparelho para tratar água contaminada, caracterizado pelo fato de que inclui:

a) um reator de eletro coagulação compreendendo:

(i) um vaso de reação que tem uma entrada para o influxo de água e uma saída para o fluxo de saída da água do vaso do reator;

(ii) um anodo de sacrifício;

(iii) um catodo giratório;

(iv) um anodo não sacrificial;

(v) um primeiro espaço entre o anodo de sacrifício e o catodo, o primeiro espaço incluindo a primeira zona de tratamento à jusante da entrada, o anodo de sacrifício e o catodo sendo adaptados para aplicar uma primeira voltagem através do primeiro espaço;

(vi) um segundo espaço entre o anodo não sacrificial e o catodo, o segundo espaço incluindo a segunda zona de tratamento à jusante da primeira zona de tratamento, o anodo não sacrificial e o catodo sendo adaptados para aplicar uma segunda voltagem através do segundo espaço, onde um trajeto de fluxo de água através do vaso de reação vem da entrada da primeira zona de tratamento, em seguida para a segunda zona de tratamento e em seguida para a saída.

2. Aparelho de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o vaso de reação é cilíndrico com uma parede lateral circunferencial, uma parede de fundo e uma parede de topo.

3. Aparelho de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que a parede de topo é cônica.

4. Aparelho de acordo com a reivindicação 2 ou 3, caracterizado pelo fato de que a entrada é através da parede de fundo do vaso de reação.

5. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações 1

a 4, caracterizado pelo fato de que o anodo de sacrifício tem um furo vazado para o fluxo de água a partir da entrada da primeira zona de tratamento.

6. Aparelho de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que o anodo não sacrificial é cilíndrico e adjacente à parede lateral circunferencial.

7. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de que o catodo é rotacionável em torno do eixo substancialmente vertical.

8. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, caracterizado pelo fato de que o catodo é cilíndrico com uma parede de fundo, uma parede de topo, e uma parede lateral circunferencial.

9. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8, caracterizado pelo fato de que o primeiro espaço é entre a superfície superior do anodo de sacrifício e a superfície de fundo do catodo.

10. Aparelho de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que o segundo espaço é entre a parede lateral circunferencial do catodo e o anodo não sacrificial.

11. Aparelho de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que a saída é entre a parede lateral circunferencial do catodo e o anodo não sacrificial.

12. Aparelho de acordo com a reivindicação 1 a 7, caracterizado pelo fato de que o catodo é um disco circular tendo uma superfície inferior, uma superfície superior e uma superfície periférica.

13. Aparelho de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que o anodo não sacrificial é um disco que tem uma superfície superior e uma superfície inferior, o anodo não-sacrificial estendendo-se entre as paredes laterais circunferenciais do vaso de reação e tendo um orifício para o fluxo da água.

14. Aparelho de acordo com a reivindicação 1, caracterizado

pelo fato de que a segunda zona de reação é entre a superfície superior do catodo e a superfície inferior do anodo não sacrificial.

15. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 14, caracterizado pelo fato de que o catodo é móvel em uma direção paralela ao eixo de rotação do catodo.

16. Aparelho de acordo com a reivindicação 1 ou 13, caracterizado pelo fato de que o anodo não sacrificial é móvel em uma direção paralela ao eixo de rotação do catodo.

17. Aparelho de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o catodo possui um eixo e o eixo é conectado de forma rotativa ao anodo não sacrificial.

18. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que o catodo é rotativo sobre um eixo e o catodo e o eixo têm um orifício para o fluxo de água para dentro da primeira zona de tratamento.

19. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 12, caracterizado pelo fato de que o anodo de sacrifício é não rotativo.

20. Aparelho de acordo com a reivindicação 1 ou 19, caracterizado pelo fato de que o anodo não sacrificial é não rotativo.

21. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 20, caracterizado pelo fato de que adicionalmente inclui fonte de energia para aplicar a primeira voltagem e a segunda voltagem.

22. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 21, caracterizado pelo fato de que inclui adicionalmente um separador para receber efluente da saída do reator eletro de eletrocoagulação para separar sólidos da água limpa.

23. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 22, caracterizado pelo fato de que a primeira voltagem é um dentre maior, igual ou menor do que a segunda voltagem.

24. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 23, caracterizado pelo fato de que o catodo giratório tem uma face ativa geralmente perpendicular ao eixo de rotação do catodo, a face ativa tendo um centro e uma periferia, a face ativa tendo características de superfície as quais definem uma pluralidade de trajetos de fluxo de água, a partir do centro para a periferia.

25. Aparelho de acordo com a reivindicação 24, caracterizado pelo fato de que as características da superfície incluem canais e vigas.

26. Aparelho de acordo com a reivindicação 25, caracterizado pelo fato de que os canais se alargam para fora a partir do centro da face da periferia do mesmo.

27. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 26, caracterizado pelo fato de que compreende ainda uma fonte de eletrólitos para adicionar eletrólitos à água a ser tratada.

28. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 27, caracterizado pelo fato de que compreende ainda uma fonte de peróxido de hidrogênio para adicionar peróxido de hidrogênio à água a ser tratada.

29. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 28, caracterizado pelo fato de que compreende ainda uma fonte de floculante para adicionar floculante à água saindo do vaso de reação.

30. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 29, caracterizado pelo fato de que compreende ainda uma fonte de coagulante para adicionar coagulante à água saindo do vaso de reação.

31. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 30, caracterizado pelo fato de que o vaso de reação é fechado à atmosfera.

32. Método para tratar água contaminada, caracterizado pelo fato de que inclui as seguintes etapas:

(a) prover um reator de eletrocoagulação, tendo uma entrada

de água, uma saída de água, um espaço entre um anodo de sacrifício e um catodo giratório incluindo uma primeira zona de tratamento e um espaço entre o catodo rotativo e o anodo não sacrificial incluindo uma segunda zona de tratamento;

(b) aplicar uma primeira voltagem de eletrolisação através da primeira zona de tratamento e uma segunda voltagem de eletrolisação através da segunda zona de tratamento; e

(c) fluir a água pela entrada através da primeira zona de tratamento, em seguida através da segunda zona de tratamento, e em seguida através da saída.

33. Método de acordo com a reivindicação 32, caracterizado pelo fato de que inclui ainda adicionar um eletrólito à água a ser tratada.

34. Método de acordo com a reivindicação 32 ou 33, caracterizado pelo fato de que inclui ainda adicionar peróxido de hidrogênio à água a ser tratada.

35. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 32 a 34, caracterizado pelo fato de que inclui ainda adicionar floculante ou coagulante à água que sai da saída do reator.

36. Método de acordo com a reivindicação 32, caracterizado pelo fato de que inclui adicionalmente ajustar a posição do catodo para alcançar a distancia desejada através do primeiro espaço.

37. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 32 a 36, caracterizado pelo fato de que inclui adicionalmente passar o efluente, a partir do reator de eletrocoagulação através de um separador e separar os sólidos da água limpa.

38. Método de acordo com a reivindicação 37, caracterizado pelo fato de que o separador é um clarificador conectado a uma bomba de fluxo de saída de sólidos e a uma bomba de fluxo de saída de água.

39. Método de acordo com a reivindicação 38, caracterizado

pelo fato de que inclui adicionalmente operar a bomba de fluxo de saída de sólidos e a bomba de fluxo de saída de água de forma a criar um vácuo parcial no clarificador e no segmento de tratamento.

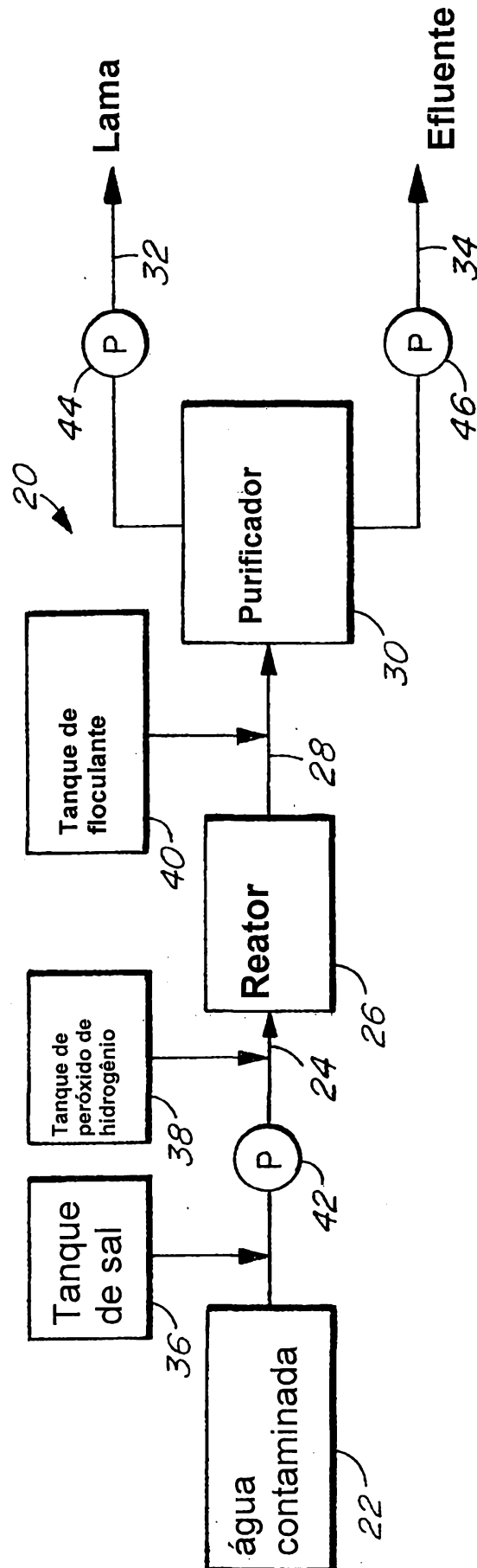


FIG. I

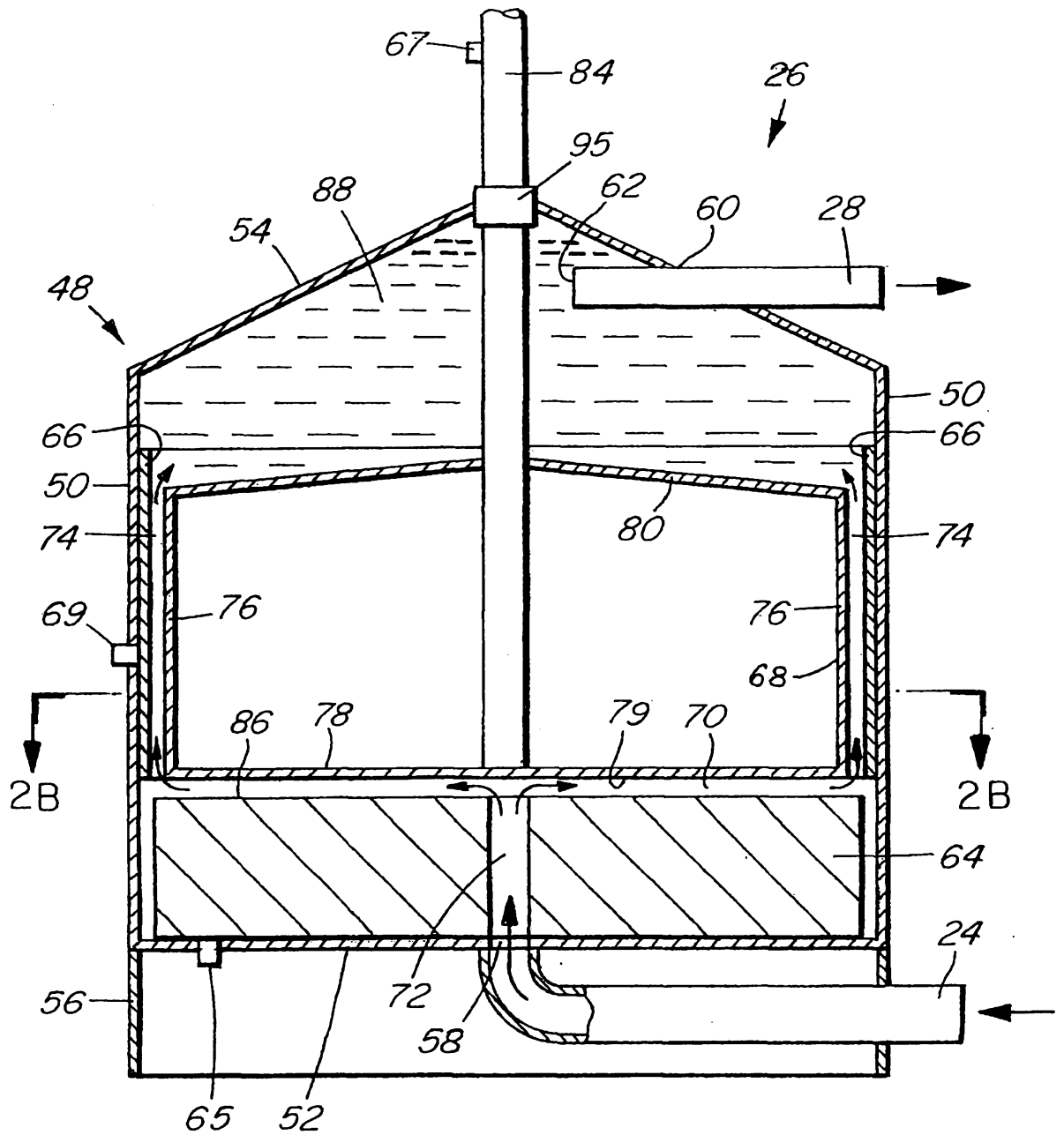


FIG. 2A

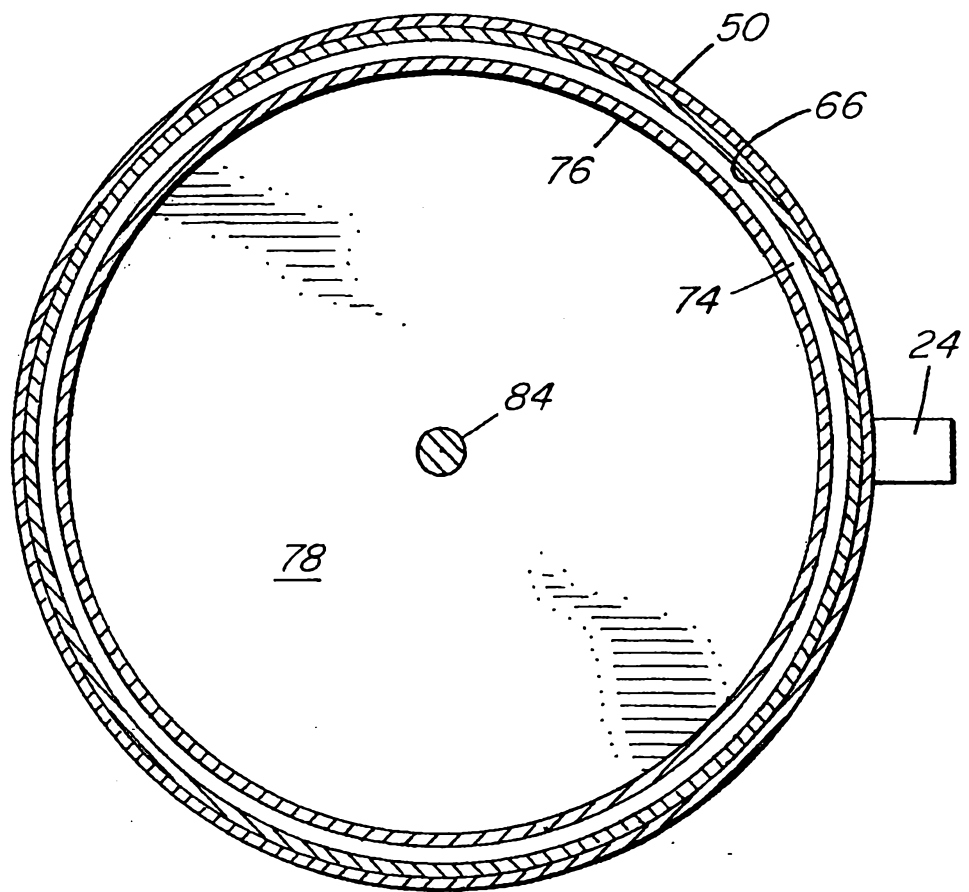


FIG. 2B

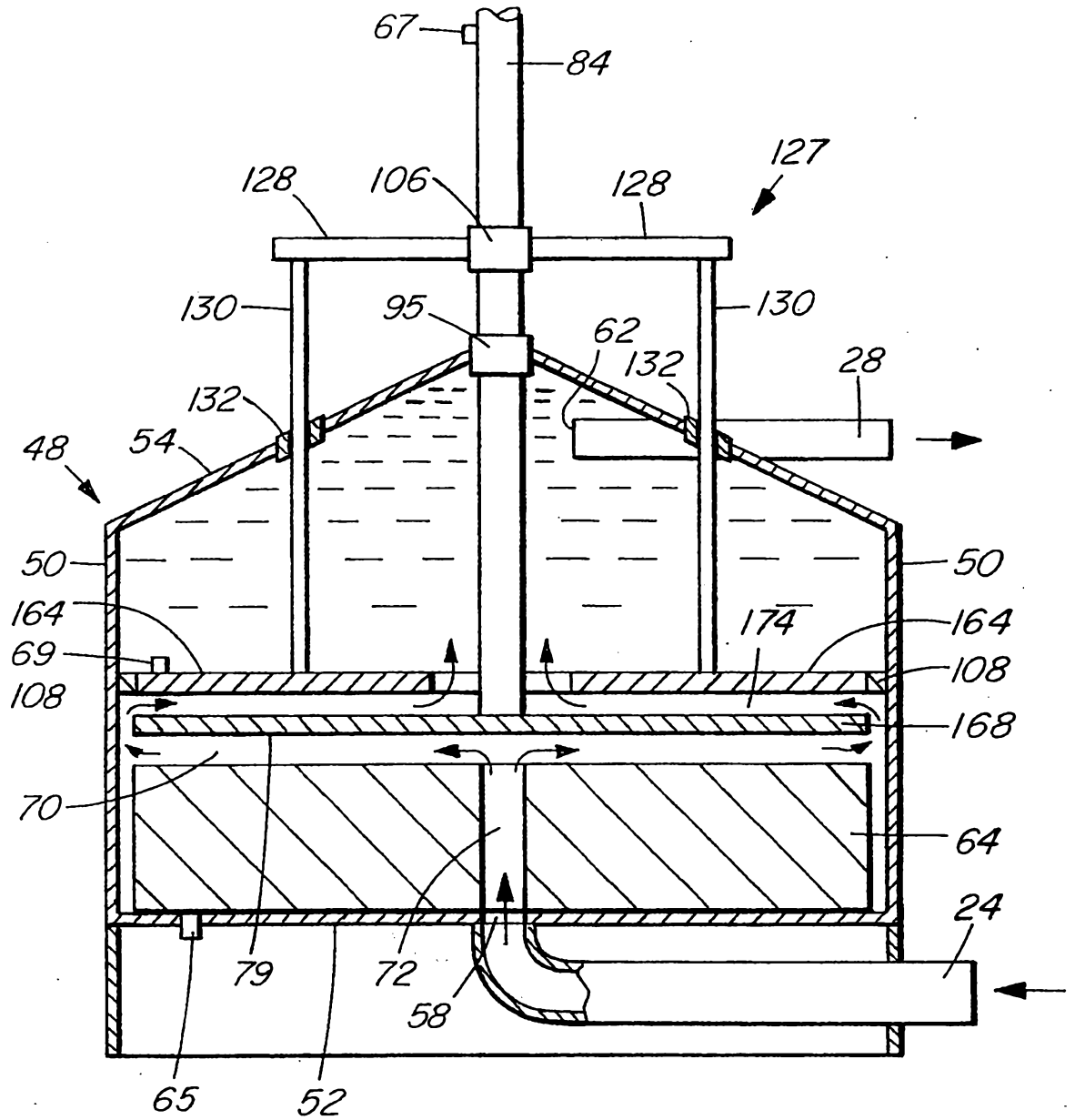


FIG. 4

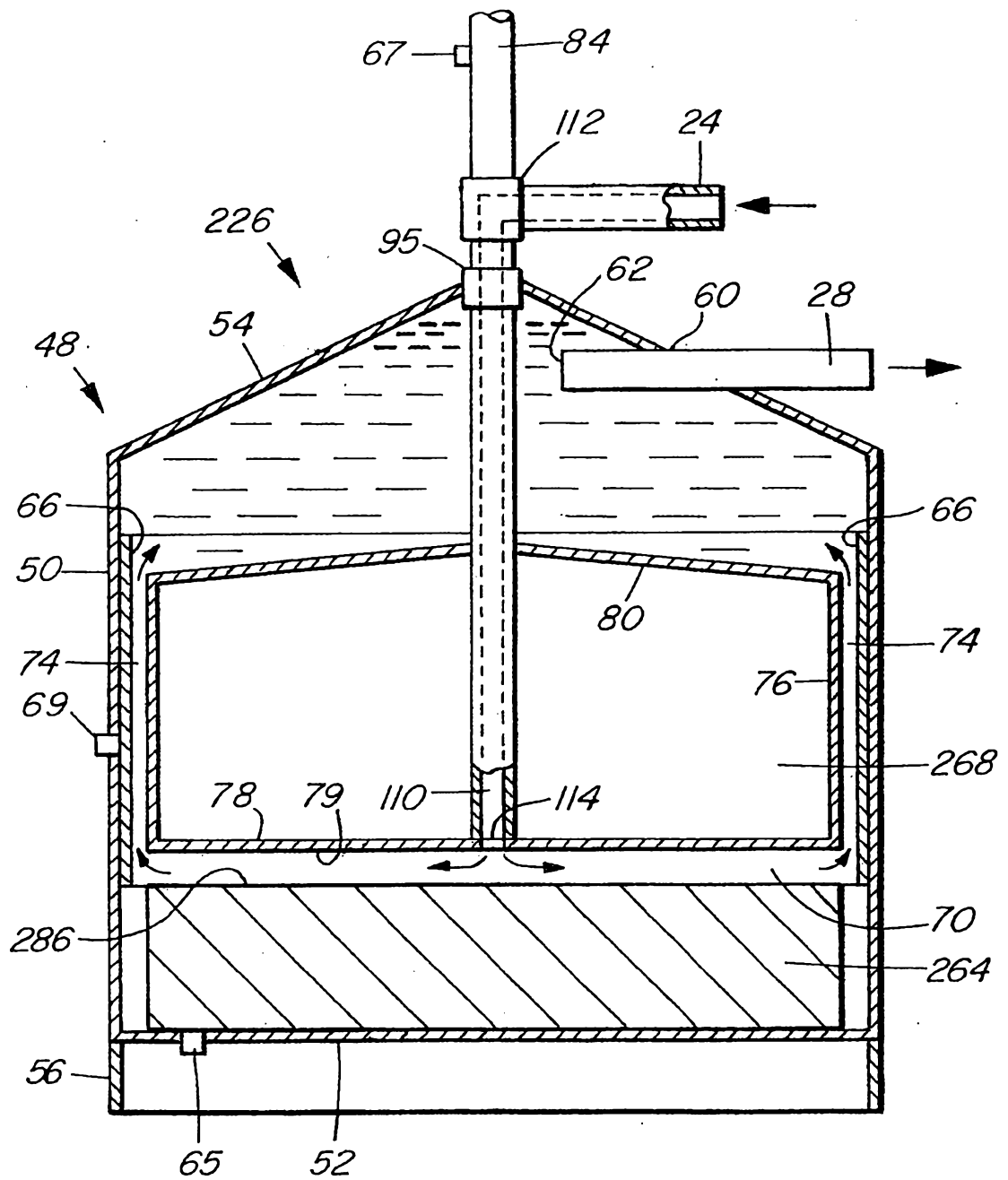


FIG. 5

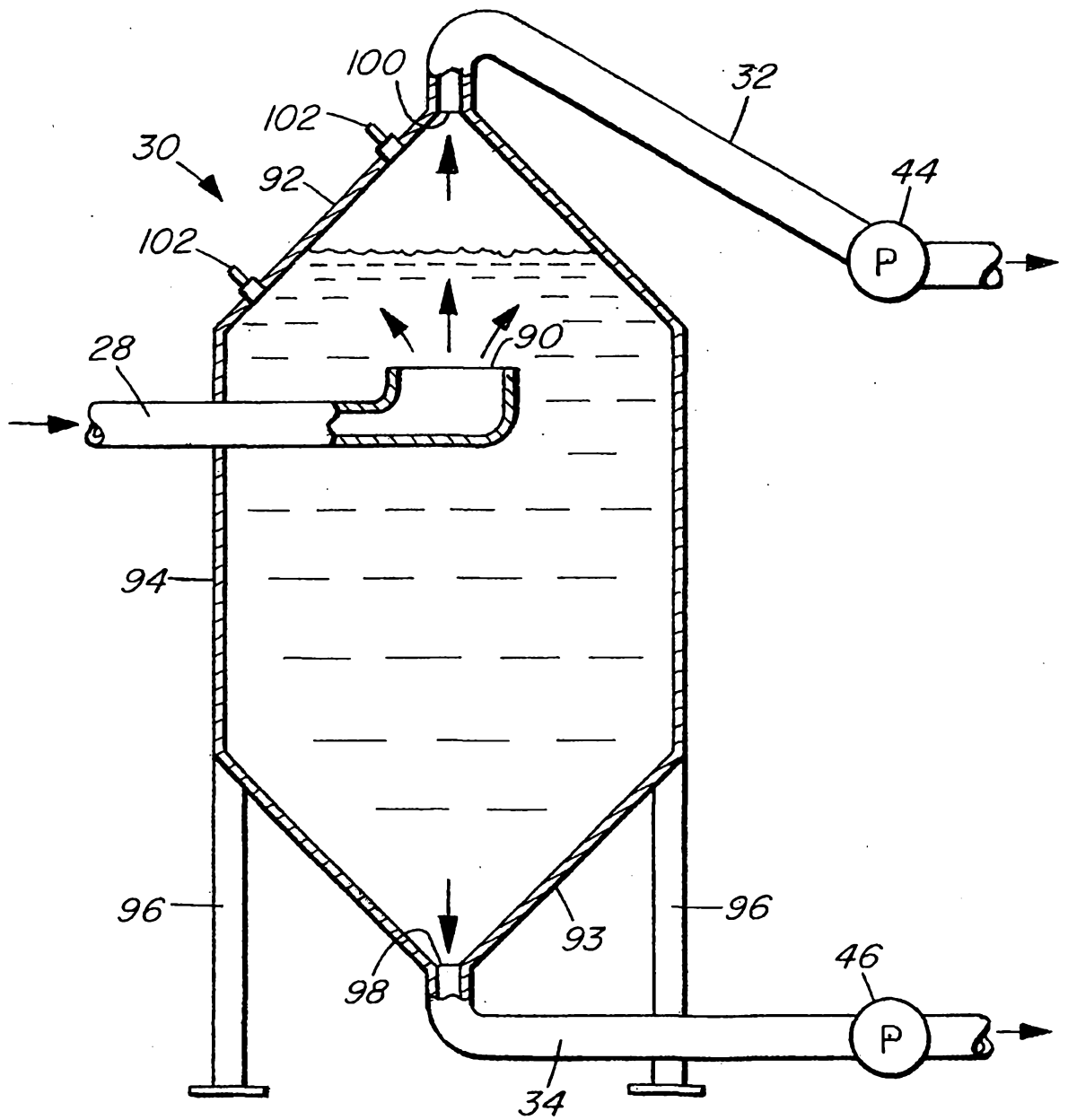


FIG. 6

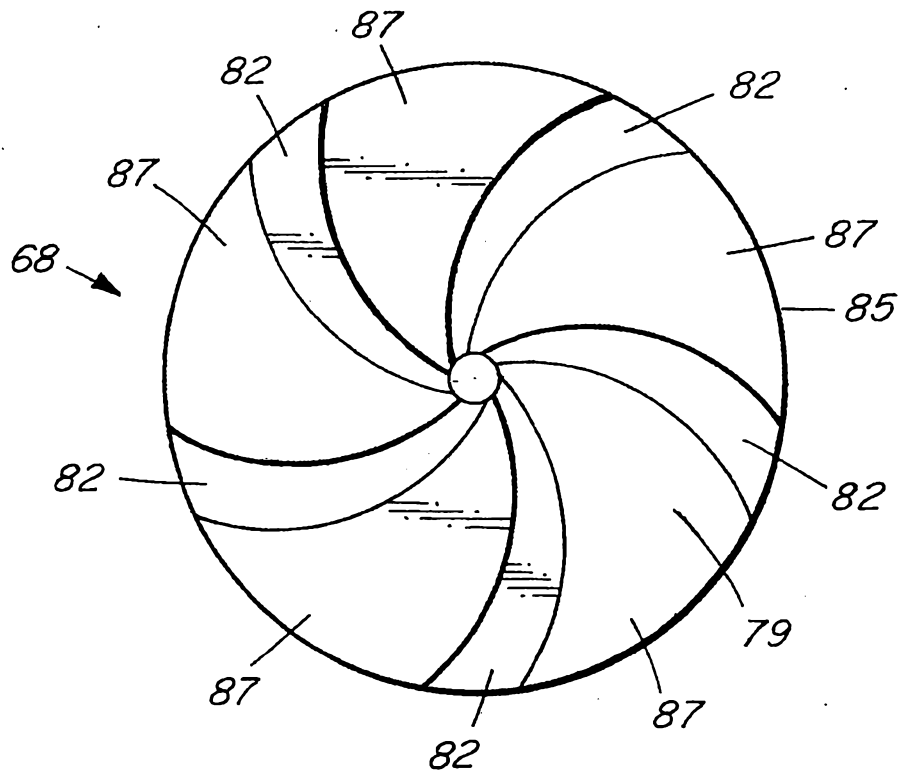


FIG. 7A

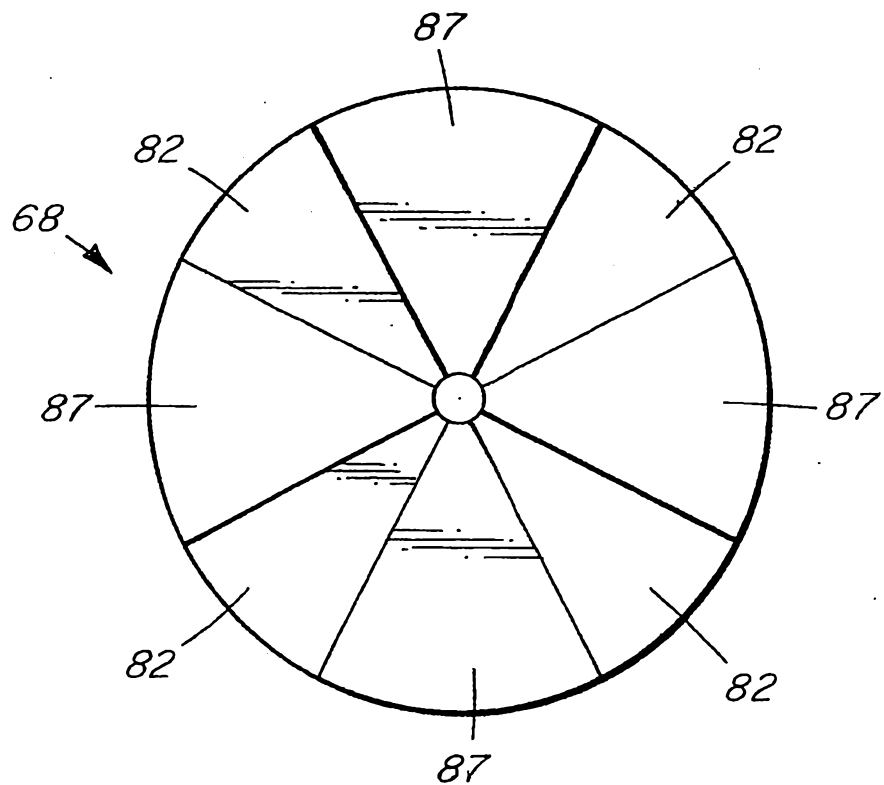


FIG. 7B

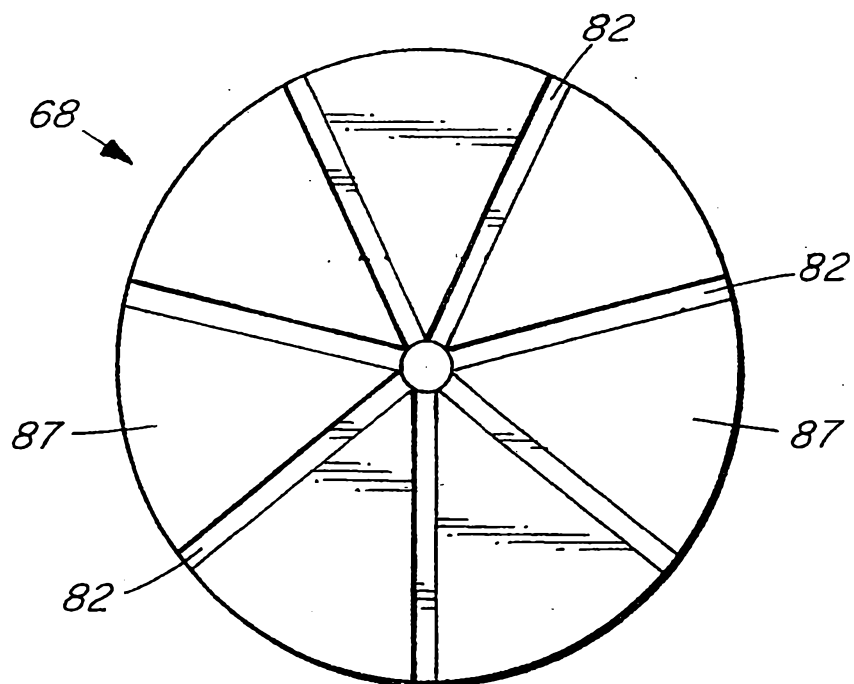


FIG. 7C

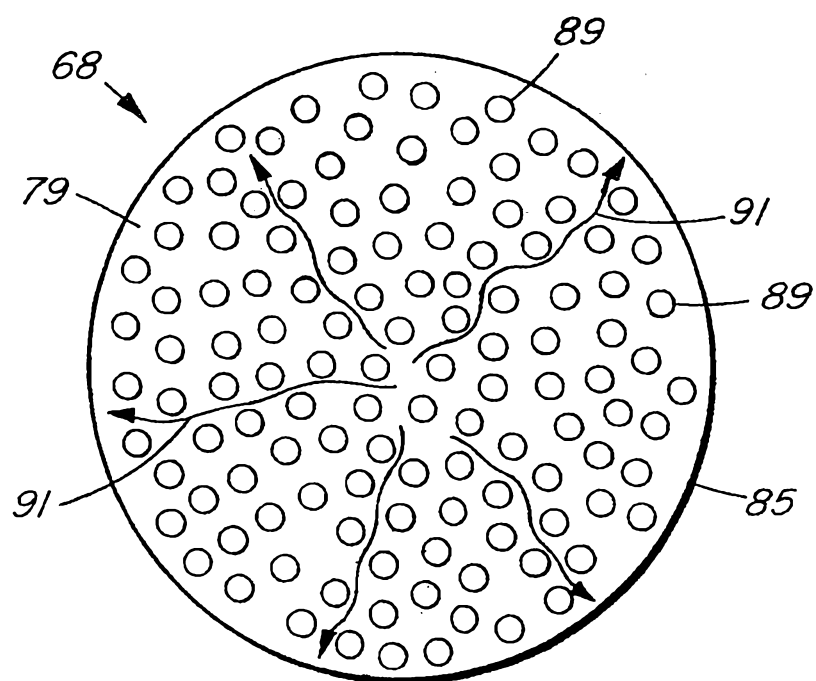


FIG. 7D