



(11) *Número de Publicação:* PT 802826 E

(51) *Classificação Internacional:* (Ed. 6)
B03C005/02 A

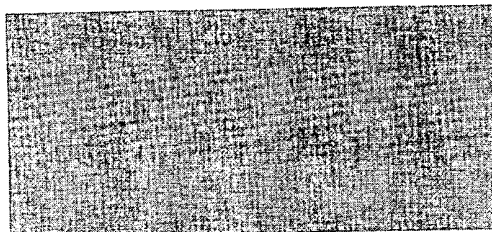
(12) *FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO*

(22) <i>Data de depósito:</i> 1995.03.28	(73) <i>Titular(es):</i> VITALIJ SERGEJEWITSCH ANDREYEV 8, SOWJETSKAJA, 9 13 WOHNUNG 10 193130 ST. PETERSBURG RU
(30) <i>Prioridade:</i> 1994.03.31 DE 4411823	
(43) <i>Data de publicação do pedido:</i> 1997.10.29	(72) <i>Inventor(es):</i> VITALIJ SERGEJEWITSCH ANDREYEV RU
(45) <i>Data e BPI da concessão:</i> 2000.12.06	(74) <i>Mandatário(s):</i> ALBERTO HERMÍNIO MANIQUE CANELAS RUA VITOR CORDON, N° 14 - 3° 1200 LISBOA PT

(54) *Epígrafe:* PROCESSO E DISPOSITIVO PARA A SEPARAÇÃO DE COMPONENTES DE SISTEMAS LÍQUIDOS HOMOGÊNEOS OU HETEROGÊNEOS

(57) *Resumo:*

PROCESSO E DISPOSITIVO PARA A SEPARAÇÃO DE COMPONENTES DE SISTEMAS LÍQUIDOS HOMOGÊNEOS OU HETEROGÊNEOS



802826

- 1 -

Alberto C. Alves

DESCRIÇÃO

"PROCESSO E DISPOSITIVO PARA A SEPARAÇÃO DE COMPONENTES DE SISTEMAS LÍQUIDOS HOMOGÊNEOS OU HETEROGÊNEOS"

A presente invenção diz respeito a um processo e a um dispositivo destinados à separação de componentes de sistemas líquidos homogêneos ou heterogêneos. O processo e o dispositivo, descritos na presente invenção, adequam-se especialmente à purificação da água no que respeita a microrganismos, hidrocarbonetos e outros conteúdos estranhos, destinando-se igualmente ao fraccionamento de soluções heterogêneas ou à separação de componentes individuais.

Para a separação dos componentes de tais sistemas é conhecida a utilização de filtros (SU 169 0813), de meios flocculantes (GB 223 0710) e de substitutos iónicos (EP 0 281 645).

A desvantagem destas soluções técnicas reside na sua selectividade, isto é, apenas podem ser aplicadas a determinadas circunstâncias e, para além disso, exigem uma renovação complexa da fase líquida. Nos casos de utilização de meios flocculantes e substitutos iónicos são normalmente adicionados produtos químicos na fase líquida, que podem piorar as suas características de utilização, o que por sua vez conduz à necessidade de uma limpeza adicional e obriga, assim, à utilização dos meios auxiliares necessários para tal. Para além disso, este processo costuma ter como consequência um esforço adicional para a regeneração dos meios de limpeza ou de separação.

Existe ainda outro processo conhecido destinado ao tratamento magnético da água. Neste caso, a fase líquida passa por entre diversas camadas com bandas magnéticas de polaridade alternada, em que o líquido se movimenta no sentido vertical em relação às linhas do campo magnético (FR 265 3033). No entanto, este processo apresenta como desvantagem um nível de eficácia bastante reduzido. Desta forma, apenas pode ser aplicado nalguns tipos de microrganismos.

A EP 0 032 317 A1 publica um processo destinado à filtragem de líquidos através da utilização de corpos de enchimento de condução eléctrica.

No entanto, devido às grandes correntes que fluem nos intervalos entre os eléctrodos, este processo encontra-se ligado a um elevado nível de consumo de energia. Os exemplos apresentados na descrição da EP 0 032 317 deixam transparecer um reduzido efeito de limpeza. No caso da utilização deste processo para a redução da concentração de microrganismos, apenas raramente é alcançada uma redução num factor de 1:1000. Normalmente, o factor é bastante mais baixo; em casos de utilização destinados à redução da turvação chega a ser pior que 1:100.

Este processo prevê a utilização de corpos de enchimento com uma grande superfície o que, por um lado, se encontra directamente correlacionado com a capacidade de adsorção do produto mas que, por outro lado, dificulta a regeneração do corpo de enchimento, tornando-a consequentemente mais lenta. Torna-se, assim, necessário um elevado esforço do líquido regeneração (Exemplo 6, Fig. 7), o que acaba também por conduzir a que o adsorvente de condução eléctrica perca a sua capacidade de adsorção devido à acumulação de veneno na sua superfície e ao facto de ser necessário uma substituição devido à perda de produtividade daí decorrente.

Uma outra desvantagem bem conhecida e fundamental do referido processo consiste no facto dos corpos de enchimento de condução eléctrica utilizados se transformarem parcialmente em solução através da polarização anódica, o que, obrigatoriamente, exerce uma influência desvantajosa sobre a possibilidade de regeneração e sobre o grau da purificação do líquido.

Desta forma, a utilização de corpos de enchimento de condução eléctrica de grande superfície sob a acção de um campo eléctrico mostrou-se pouco eficaz, o que conduziu ao facto do processo publicado na EP 0 032 317 não ter sido passado à prática.

Na DE 36 29 102 A1 é descrita uma instalação de purificação de um líquido com base na utilização de um adsorvente que deverá funcionar através de corrente contínua, corrente alternada ou através da sobreposição de corrente contínua e corrente alternada.

Esta solução técnica apresenta três desvantagens fundamentais.

A primeira desvantagem de todos os processos de adsorção consiste no facto da utilização de adsorventes para a limpeza de meios líquidos ser inevitavelmente acompanhada pelas extremas dificuldades na sua regeneração. Estas dificuldades resultam do "envenenamento" dos adsorventes durante o processo de trabalho e a sua utilização periódica necessária. O "envenenamento" dos adsorventes é levado a cabo em consequência da sorpção química, bem como devido à aproximação dos componentes durante o seu funcionamento, através da qual no fundo se verificam efeitos electrostáticos alternados relativamente fracos no sistema adsorvente - adsorvato, apresentando, em vez disso, ligações van-der-Valls e efeitos de dispersão alternada.

A segunda desvantagem prende-se ao facto de nenhum adsorvente real conseguir agarrar efectivamente na sua superfície as massas com diversas camadas de micropartículas – entre elas microrganismos. Este também é o caso nas velocidades das correntes do líquido, que em termos práticos, apresentam um interesse mínimo.

A terceira desvantagem prende-se, tal como realçado na descrição, ao facto de para a função da instalação de filtragem de líquidos ser necessário manter parte do intervalo entre os eléctrodos livre de sorventes. É nesta parte que, por acção de um campo eléctrico exterior, se deve verificar um abrandamento do efeito alternado entre as moléculas do solvente e as moléculas dos componentes que sujam a solução.

O processo descrito, em relação à acção efectiva do campo eléctrico relativamente fraco sobre o efeito alternado intermolecular relativamente forte, levanta fortes dúvidas sob o ponto de vista físico-químico. Mas mesmo que a solução técnica aqui apresentada fosse seguida, iria reconhecer-se que, no caso de uma solução de condução eléctrica, a maior parte do potencial eléctrico iria incidir na camada do adsorvente e não na área livre do intervalo entre os eléctrodos. Consequentemente, esta solução técnica apresentada nem sequer poderá ser teoricamente aplicada numa classe alargada de casos práticos, nos quais as soluções contêm sais ou outros electrólitos.

Uma vez que a DE 36 29 102 A1 também não apresenta qualquer exemplo de aplicação prática da instalação sugerida, a sua aplicabilidade industrial e a sua utilização na prática também são colocadas em questão.

As falhas detalhadamente apresentadas do ponto em que se encontra o estado da técnica mantêm bastante actualizada a questão da procura de

tecnologias de purificação mais eficazes.

Por isso, a presente invenção tem como objectivo disponibilizar um processo simples, mais eficaz e de aplicação universal para a separação de componentes de sistemas líquidos homogéneos ou heterogéneos, especialmente de água poluída. Neste contexto, o conceito de componentes deve ser entendido como espécies que se encontram dissolvidas de forma molecular, ionogénica ou coloidal e como microrganismos.

Para além disso, a presente invenção tem ainda como objectivo definir um dispositivo para a execução do processo descrito nesta invenção, possibilitando uma regeneração efectiva e uma elevada duração de funcionamento.

De acordo com a presente invenção, o primeiro objectivo é concretizado através da descrição de um processo de acordo com as características apresentadas na reivindicação 1. Outras formas também vantajosas deste processo encontram-se descritas nas reivindicações 2 a 7.

Os dispositivos segundo a presente invenção, destinados à execução deste processo, encontram-se caracterizados no que se encontra descrito na reivindicação 8 e 12, respectivamente. Outras formas de execução deste dispositivo encontram-se descritas nas outras reivindicações.

O processo e o respectivo dispositivo sugeridos na presente invenção destacam-se dos outros métodos e dispositivos já conhecidos destinados à purificação de sistemas líquidos e à separação de componentes de diferentes tipos dos sistemas líquidos principalmente pela sua simplicidade. Materiais polarizáveis, sem campo eléctrico, não adsorventes e não condutores eléctricos

garantem, em combinação com um campo magnético, cuja intensidade numa fase inicial ultrapassa largamente o valor normal de funcionamento, um elevado efeito de limpeza e uma aplicabilidade universal, possibilitando ainda uma regeneração mais rápida dos equipamentos técnicos. Desta forma, o processo e o dispositivo descritos na presente invenção, possibilitam a separação de componentes de diferentes tipos, tais como, partículas suspensas, microrganismos e hidrocarbonetos de sistemas líquidos homogéneos ou heterogéneos.

As condições ideais para a separação dos componentes individuais são então determinadas pelos seguintes princípios.

Como corpos de enchimento polarizáveis, que sem campo eléctricos não são adsorventes, adequa-se bem a cerâmica ferroeléctrica que se encontre envolta numa camada de polímeros ou numa matriz de polímeros, preferencialmente misturada com silicatos ou envolvida num pó de grãos redondos de álcool polivinílico reticulado numa relação de massa de 1:12, ou então a um material disperso não condutor, preferencialmente areia, quartzo fragmentado e/ou uma dispersão de quitosano, celulose ou materiais compostos, em que os corpos de enchimento apresentem um diâmetro do grão na área entre os 0,1 mm a 3,00 mm.

Para retirar os componentes do recipiente basta uma despolarização ou uma polarização das partículas eventualmente por meio de um campo eléctrico com sinais opostos ou por meio de um campo alternado através da bombagem de água limpa ou, caso necessário, de uma solução salina aquecida, preferencialmente no sentido contrário ao sentido fluxo do sistema líquido. Para este efeito, também podem ser utilizados alguns detergentes conhecidos, ácidos, lixívias ou dissolventes orgânicos.

Apesar da utilização de intensidades de campo mais reduzidas e de débitos mais elevados exercerem um efeito desvantajoso sobre a eficiência da purificação da água ou da separação dos componentes do líquido, a redução da intensidade do campo no processo de limpeza, com o objectivo de poupar energia eléctrica, é bastante viável. A escolha das intensidades máximas do campo e das velocidades mínimas do débito é determinada pelas características do líquido em questão, por exemplo, em função do meio a ser limpo, e também por critérios económicos. É desta conjugação que resulta o débito do líquido.

Seguidamente o processo da presente invenção será detalhadamente explicado com base nalguns exemplos:

Exemplo 1

Ao serem utilizados corpos de enchimento de cerâmica ferroeléctrica com um peso molecular de $M = 10.000$ g/mol, incluídos numa camada de polivinilpirrolidona de $1000 \text{ \AA}$ de intensidade, introduziu-se, como se de uma avaria se tratasse, uma variante de uma percentagem de E-Coli M-17 com uma concentração de $2,2 \cdot 10^9$ KbE (unidades formadas em colónias)/ml para dentro de um reservatório natural de água para esgotos.

Após a limpeza a $E = 150 \text{ V/cm}$ com um débito volumétrico específico de 1 h^{-1} não foram encontrados vestígios de E-Coli nas provas retiradas, o que nestas condições demonstra uma limpeza completa dos microrganismos existentes na água.

Exemplo 2

Foi analisada a adaptabilidade do processo de separação da presente

invenção de células e componentes moleculares para a análise bioquímica automatizada que, como é conhecido, prevê uma elevada reprodutividade deste processo.

Foram separadas suspensões modelo formadas por E-Coli M-17 (10^9 Kbe/ml) e albumina (E_1 -albumina (5 mg/ml). Condições de separação: corpos de enchimento – partículas redondas (diâmetro 0,5 mm) de álcool polivinílico contendo partículas de cerâmica ferroelétrica numa relação de massa de 1:8; intensidade do campo 50 V/cm; comprimento da coluna 270 mm; velocidade de débito 0,15 cm/s; volume de provas 0,5 ml; dissolvente – água destilada, um tampão-fosfato 0,1 molar sobre uma base de uma solução neutra 0,5 molar (pH = 8,5); rendimento de células: cerca de 93%.

Exemplo 3

Utilizaram-se as condições de separação semelhantes às do Exemplo 2 à excepção de que, como corpos de enchimento, foram utilizados grãos (diâmetro médio 0,25 mm) de cerâmica ferroelétrica não modificada; álcool polivinílico: cerâmica ferroelétrica com uma relação de massa de 1:12; rendimento de células: 50%.

A Fig. 1 ilustra graficamente a percentagem de E-Coli M-17 quando da separação numa coluna com grãos de álcool polivinílico tendo integrado pó de cerâmica ferroelétrica.

Exemplo 4

Foi efectuada a separação do vírus da gripe A/Texas (1024 G E/0,2 ml) e de albumina para lastro num líquido de embriões de frangos

contendo vírus. As condições de separação são semelhantes às do Exemplo 2, a percentagem de vírus foi de 83%, o grau de limpeza em relação à albumina apresentou um resultado 40 vezes maior (0,05 mg/ml albumina na fracção de vírus em vez de 2,1 mg/ml na substância de saída), a quantidade da albumina presente na fracção para lastro foi de 93%.

Exemplo 5

Foi efectuada a separação dos componentes do sangue e da albumina do plasma a partir de sangue de contendo citrato, com a excepção de que o valor do pH do segundo eluente era de 7,5. As condições de separação eram semelhantes às do Exemplo 2. A percentagem de albumina foi de 96%, a percentagem de massa celular foi de 78%, a limpeza da albumina das células foi 68 vezes maior.

Exemplo 6

Foi efectuada a separação da solução de levedura de endonuclease a partir de "smarcesenes" em duas fracções: uma fracção de albumina e uma fracção de baixo peso molecular, contendo açúcar, aminoácidos e sais. Condições de separação: corpos de enchimento – grãos redondos com um diâmetro de 0,1 mm, álcool polivinílico e cerâmica ferroelétrica numa relação de massa de 1:8, intensidade do campo eléctrico de 150 V/cm, comprimento da coluna 450 mm, velocidade do fluxo 0,15 cm/s, volume de provas 1,0 ml eluente – água destilada, tampão-fosfato 0,1 molar com um pH = 7,4.

A percentagem de endonuclease foi de 85%, o resultado da limpeza em relação aos compostos de reduzido peso molecular foi 530 vezes maior.

Exemplo 7

Foi efectuada a separação de uma suspensão de células E-Coli M-17 (10^{10} Kbe/ml) e albumina (5 mg/ml). As condições de separação são iguais às do Exemplo 2, à excepção de a intensidade eléctrica do campo ser de 5 V/cm. A percentagem de células obtidas foi de 98%. Enquanto no Exemplo 5, o teor de albumina na fracção da célula era de 0,06 mg/ml (efeito de limpeza perto de 100 vezes maior), neste caso a quantidade de albumina aumentou para 0,15 mg/ml (isto é, o efeito de limpeza ficou 3 vezes mais reduzido e somente ocupa um trigésimo), a mistura de células na fracção de albumina para o Exemplo 1 era de 3%, enquanto que neste exemplo é de 12%. A percentagem de albumina é de 100%.

Exemplo 8

O objecto de separação e as condições de separação correspondem aos do Exemplo 7. A intensidade do campo era de 250 V/cm. A percentagem de células é de 90%, o efeito de limpeza das células da albumina é 80 vezes maior. A mistura de células na fracção de albumina é de 1,1%. A percentagem de albumina é de 95%.

Exemplo 9

O objecto e as condições do processo de separação são iguais aos do Exemplo 7. A intensidade do campo era de 500 V/cm; a percentagem de células de 53%, o efeito de limpeza das células da albumina era 40 vezes maior. A mistura de células na fracção de albumina menor que 1%. Percentagem de albumina de 75%.

Exemplo 10

Foi efectuada a separação de uma suspensão de células vivas e mortas de E-Coli M-17 (50% e 50%) e de albumina (5 mg/ml), isto é, de três componentes que são retidos na coluna. As condições de separação foram as mesmas do Exemplo 8. A suspensão foi dividida em três fracções. A percentagem de células vivas foi de 89%; a percentagem de células mortas foi de 95% e a percentagem de albumina foi de 95%. A mistura de células mortas na fracção das células vivas foi de 4%. A mistura de células na fracção de albumina foi de cerca de 2%.

A reprodutividade do processo foi calculada da seguinte forma:

$$k_a = \frac{\bar{a}}{s_a}, \quad k_b = \frac{\bar{b}}{s_b}$$

em que

- $\bar{a}, \bar{b}$ - valor médio das medições em %
- $\Delta a, \Delta b$ - erros das medições individuais em %
- $\Delta S_a, \Delta S_b$ - erro médio ao quadrado das medições individuais em %
- k_a, k_b - coeficientes, que caracterizam a reprodutividade do processo

Cálculo da reprodutividade do processo segundo a Fig. 1:

$$\bar{a} = 92\%, \Delta S_a = 1,44\%, k_a = 64$$

A utilização desta invenção na variante dos Exemplos 3 a 10 permite aumentar em 50% o grau de separação dos biopreparados líquidos, que

contêm células e macromoléculas biológicas, permite reduzir em 5 a 10% as perdas através da redução da sorpção própria, bem como aumentar em 1,5 a reprodutividade do processo de fraccionamento (do processo electrocromatográfico).

Com o objectivo de incluir componentes ionizados como corpos de enchimento fortemente polarizáveis nos processos de limpeza ou nos fraccionamentos, podem ser utilizados grãos de materiais substitutos iónicos ou de sorventes funcionais altamente activos, cujo momento bipolar é gerado pela camada dupla electricamente polarizada.

A sobreposição de um campo eléctrico exterior coloca o equilíbrio de sorpção no sentido de uma concentração aumentada da fase adsorvente, isto é, aumenta a capacidade sorpção dos corpos de enchimento em relação aos componentes ionizados.

Desta forma, é aumentada a densidade da camada dupla eléctrica e consequentemente a polaridade dos grãos. Deste modo aumenta a capacidade da electrosorpção em relação aos heterocomponentes (micróbios e outros conteúdos estranhos).

A eliminação do campo conduz à perda da capacidade de sorpção de tais corpos de enchimento e pode, tal como nos casos acima observados, ser utilizada para a regeneração dos corpos de enchimento.

O grau de eficiência das modificações apresentadas do presente processo são ilustrados através dos exemplos seguintes.

Exemplo 11

Através de uma coluna, cheia com granulado do permutador de catiões K 4-8 na forma H^+ foi introduzida uma solução que continha 100 $\mu g/ml$ $CaCl_2$ e 10^9 Kbe/ml bactérias E-Coli K-12.

Ao aplicar ao campo exterior $E = 5$ V/cm na saída da coluna verificou-se uma redução de 15 vezes da concentração iónica Ca^{2+} e a retenção completa das células E-Coli K-12.

Exemplo 12

Através da coluna com grãos dos corpos de enchimento do sorvente "sephardes G-15" ("Pharmacia", Suécia) introduziu-se uma suspensão de células de levedura *Sach. cerevisiae* com uma concentração de 3×10^8 Kbe/ml contendo 30 $\mu g/ml$. Aquando da aplicação do campo eléctrico com uma intensidade de $E = 40$ V/cm a concentração iónica do ferro no produto filtrado desceu até um nível de 1 – 2 $\mu g/ml$. Desta forma, a concentração das partículas da levedura desceu aproximadamente de um factor 10^6 .

A intensidade mínima do campo indicada de 1 V/cm garante uma limpeza eficaz do líquido em relação a componentes estranhos, por exemplo a purificação da água de substâncias biológicas poluentes numa velocidade de fluxo do meio líquido de 0,5 m/h a 1,5 m/h. No caso de velocidades de fluxo superiores ou para exigências de limpeza de níveis especialmente elevados, a intensidade eléctrica do campo tem de ser aumentada.

Considerada como bastante vantajosa e como elemento fundamental para a presente invenção, no início do processo de separação,

principalmente nos primeiros 10 minutos, deverá ser aplicada uma intensidade eléctrica que faça ultrapassar várias vezes os valores normais de funcionamento. Desta forma, no início do processo de trabalho é accionada uma aceleração da formação de uma estrutura fortemente polarizada sobre as partículas da camada vertida, alimentando nos tempos seguintes um crescimento intensivo mesmo com intensidades de campo mais reduzidas.

Os processos descritos nos Exemplos 1 a 10 foram levados a cabo num recipiente com três câmaras.

Os Exemplos 11 e 12 foram efectuados em células com eléctrodos de discos.

A execução construtiva dos dispositivos segundo a presente invenção são seguidamente explicadas de forma detalhada. Ilustra-se:

Fig. 2 um corte longitudinal de um dispositivo segundo a presente invenção com duas câmaras de eléctrodos com uma câmara de trabalho no meio delas

Fig. 3 a representação esquemática de um dispositivo tipo em colunas segundo a presente invenção destinado à separação de meios líquidos.

A variante ilustrada na **Fig. 2** representa um dispositivo em que o recipiente 1 se apresenta sob a forma de um paralelepípedo e prevê um sistema de 3 câmaras, formado pelas câmaras dos eléctrodos 13 e 14 bem como pela câmara de trabalho 15, na qual existem os corpos de enchimento 16.

Neste caso, as câmaras dos eléctrodos 13 e 14 têm de se encontrar

revestidas com soluções electrolíticas que, de acordo com o efeito escolhido, devem possuir as respectivas características de amortecimento.

As câmaras dos eléctrodos 13 e 14 encontram-se separadas da câmara de trabalho 15 por meio de paredes semipermeáveis 12, formadas por materiais conhecidos. As paredes semipermeáveis 12 evitam a entrada de grandes moléculas e de partículas coloidais nas câmaras dos eléctrodos 13 e 14. Para além disso, evitam simultaneamente também que nestas câmaras ocorram processos electrolíticos prejudiciais sobre o sistema líquido de passagem e sobre o seu tratamento. Os produtos electrolíticos das câmaras dos eléctrodos 13 e 14 não podem entrar na câmara de trabalho 15. Simultaneamente, é garantida a formação de uma corrente eléctrica no sentido transversal no espaço interior da câmara de trabalho 15 e a polarização dos corpos de enchimento 16.

Para além disso, as paredes semipermeáveis 12, através da inibição de difusão, permitem a possibilidade de retirar separadamente a água "anódica" e a água "catódica", o que pode ter uma série de propriedades úteis (biologicamente activas, bactericidas, entre outras).

Numa série de casos mostrou-se bastante vantajoso reduzir a tensão da fonte de alimentação eléctrica (por exemplo com o objectivo de obter melhores condições para a protecção do trabalho durante o funcionamento do dispositivo) ou aumentar a área de contacto da solução com a superfície dos eléctrodos (por exemplo para a realização adicional de reacções de determinados componentes nos eléctrodos por meio da sua passagem para o estado gasoso iões de cloro em cloro no estado gasoso, nitratos em óxidos no estado gasoso, etc.) ou num estado menos activo, em que são menos tóxicos (por exemplo iões tóxicos de metais pesados em átomos neutros). Nestes casos, o dispositivo não pode apresentar mais do que dois eléctrodos. Os eléctrodos podem apresentar-se sob a

forma de discos ou de barras e possuir uma estrutura massiva, em forma de grade, de rede ou de estrutura perfurada.

O dispositivo de acordo com a presente invenção representado na Fig. 3 como coluna de electroadsorção 28 é formado por um recipiente 29, no qual se encontram os eléctrodos 33, bem como adicionalmente uma célula de eléctrodo 30 (célula de entrada electroquímica) e uma célula de eléctrodo 31 (célula de saída electroquímica), assim como também os corpos de enchimento 32 polarizáveis. Por fim, pode ainda ser constituído por um ou por diferentes materiais com diferentes tamanhos das partículas, que também podem apresentar uma estrutura fibrosa. Para além disso, a espessura da camada dos respectivos corpos de enchimento 32 pode possuir diferentes dimensões dependendo do tipo de material do corpo de enchimento, da sua estrutura e do tipo de impurezas, bem como do efeito de limpeza pretendido e da produtividade do dispositivo. Por cima dos eléctrodos 33 podem existir camadas adicionais de corpos de enchimento, especialmente quando as tarefas de limpeza se relacionam, por exemplo, com outros componentes a serem eliminados. O que é fundamental é que os corpos de enchimento 32 não preencham mais do que 95% do espaço interior do recipiente 29. A parte superior 34 restante do espaço interior do recipiente 29, que não é preenchida, funciona especialmente como reservatório para a regeneração dos corpos de enchimento 32 polarizáveis, quando colocados no sentido oposto ao fluxo do débito do meio a ser purificado.

Ao recipiente 29 em forma de colunas encontram-se ligadas as tubagens 35, 36, 37 e 38. É por meio da tubagem 35 e da válvula 39 que o recipiente se encontra ligado ao depósito 40, onde se encontra o meio a ser purificado. A tubagem 36 com a válvula 41 encontra-se por cima do material dos corpos de enchimento 32 no recipiente 29 e efectua a ligação com o recipiente 42, que assimila o líquido já limpo. A tubagem 37 com a válvula 45 liga o recipiente 29

ao recipiente 46.

A polarização dos corpos de enchimento 32 é efectuada de modo já descrito.

Na parte superior do recipiente 29, por cima da tubagem 38 e da válvula 48, encontra-se ligado um depósito 47 adicional com uma solução de regeneração. Dependendo das características do líquido a ser limpo e do carácter das impurezas, são utilizadas soluções de agentes tensioactivos, meios dissolventes orgânicos, lixívias, ácidos, etc. destinados às exigências especiais de regeneração.

Por meio das células dos eléctrodos 30 e 31, os líquidos podem ser limpos dos componentes e das matérias que se deixam ionizar pela solução. Através da oxidação dos eléctrodos (por exemplo fenol) ou através da redução dos eléctrodos (por exemplo nitrito, formaldeído) é possível retirá-los do meio a ser limpo.

As células dos eléctrodos 30 e 31 possuem ânodos que em termos de superfície se distinguem nitidamente dos cátodos. Desta forma, são bastante vantajosos para a correcção dos valor de pH dos sistemas aquosos. Por meio da célula do eléctrodo 30 na entrada do recipiente 29 também é possível, através da solução anódica, gerar iões (por exemplo iões de ferro e de alumínio), que podem então actuar como coagulantes. Esta formação não melhora apenas a limpeza posterior, como também poupa energia eléctrica. Pode ainda ser vantajoso equipar as células com tubos de absorção e colocar a célula do eléctrodo 30 na parte de fora do recipiente 29.

Uma característica especial de destaque do dispositivo de acordo

com a Fig. 3 é o facto de junto ao recipiente 32 com os eléctrodos 29 existirem os corpos de enchimento 32 polarizáveis no campo eléctrico e o facto de existir um espaço livre 34 sem corpos de enchimento destinado à lavagem do material polarizável, permitindo aumentar a capacidade de passagem da tubagem 37 e assim o débito da entrada 35 em 1,5.

O dispositivo funciona do seguinte modo:

No recipiente 29 são introduzidos os corpos de enchimento 32 polarizáveis, os eléctrodos 33, 43, 44 são colocados sob tensão e depois, o líquido a ser limpo é introduzido através da abertura da válvula 39 e através da tubagem 35 entra na parte inferior do recipiente 29. Depois de ter passado pela célula do eléctrodo 32, pelo ou pelos corpos de enchimento 32, bem como pela célula do eléctrodo 31 e depois de ter completa ou parcialmente enchido a parte superior 34 do recipiente 29, passa pela tubagem 36 como meio já limpo para dentro do recipiente 42. As misturas contidas no sistema líquido coagulam com a movimentação dos corpos de enchimento 32 polarizáveis e sob a influência do campo magnético, sendo depois adsorvidos pelos corpos de enchimento 32 polarizados.

Com o objectivo de regenerar os corpos de enchimento 32, normalment a alimentação eléctrica é desligada ou os eléctrodos 33, 43, 44 são comutados e a válvula 45 da tubagem 37 é aberta. Desta forma, devido à diferença da capacidade de passagem entre as tubagens 35 e 37, o líquido pára de circular neste sentido, passando através da tubagem 37 e da válvula 45 para dentro do recipiente 46.

Depois, os corpos de enchimento 32 polarizáveis são limpos das impurezas adsorvidas através da lavagem das partículas de sujidade da superfície

dos corpos de enchimento 32. Através da mudança de pólos dos eléctrodos 33 é mudada a polaridade dos corpos de enchimento 32 ou então é eliminada através da desconexão da corrente eléctrica com a consequência das sujidades adsorvidas serem eliminadas da superfície dos corpos de enchimento 32. Aquando da lavagem dos corpos de enchimento polarizáveis com a solução de regeneração do recipiente 47 ou simplesmente através do refluxo do líquido limpo existente no recipiente 29, as misturas retidas são lavadas e transportadas para o recipiente 46. Para se obter um efeito de limpeza mais elevado, a solução de regeneração no recipiente 47 pode conter detergentes ou outros meios de limpeza, pode ser composta por diferentes meios dissolventes ou pode apresentar uma temperatura mais elevada.

Caso, aquando da lavagem, seja necessário reduzir as perdas de líquido limpo, no momento da lavagem, antes de abrir a válvula 45, é fechada a válvula 39.

A continuação do funcionamento do dispositivo (o ciclo seguinte de separação e lavagem) é efectuada através do encerramento da válvula 45 e, caso necessário, através da abertura da válvula 39, caso esta se encontre fechada.

O esquema de trabalho aqui apresentado, bem como a regeneração dos corpos de enchimento 32 polarizáveis possibilitam, principalmente, a purificação de água por, pelo menos, dois anos sem mudança dos corpos de enchimento.

Num ensaio industrial de uma instalação ficou demonstrado que em pequenas dimensões a limpeza de um líquido é possível ser efectuada com uma produtividade de 2 a 200 l/h, eliminando por completo misturas mecânicas bem como de outras partículas orgânicas, entre elas microrganismos e produtos de

petróleo. Para além disso, a instalação pode ser facilmente alterada para um regime de funcionamento no qual seja gerada água anódica e água catódica, que exerce determinados efeitos físicos sobre os organismos.

Tal como pode ser verificado nos exemplos apresentados e nas ilustrações das Figs. 2 e 3, o processo aqui sugerido e o dispositivo descrito na presente invenção sob as diferentes formas de execução descritas, podem ser facilmente manuseados e universalmente aplicados. Adequam-se à separação de componentes de diferentes tipos da água ou de outros meios líquidos. Entre outros, podem ser utilizados para a purificação da água a bordo de barcos, para a preparação de água potável, para a limpeza de esgotos industriais e municipais, para a limpeza de águas subterrâneas, na área da biotecnologia, bem como para a separação do óleo e da água nas emulsões.

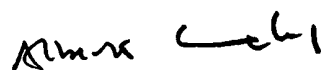
Descrição dos símbolos de identificação

- | | |
|----|----------------------|
| 1 | Recipiente |
| 2 | Não utilizado |
| 3 | Não utilizado |
| 4 | Não utilizado |
| 5 | Não utilizado |
| 6 | Não utilizado |
| 7 | Não utilizado |
| 8 | Fonte de corrente |
| 9 | Não utilizado |
| 10 | Não utilizado |
| 11 | Não utilizado |
| 12 | Parede semipermeável |

- 13 Câmara de eléctrodo
- 14 Câmara de eléctrodo
- 15 Câmara de trabalho
- 16 Corpo de enchimento
- 17 Eléctrodo
- 18 Eléctrodo
- 19 Apoios
- 20 Apoios
- 21 Apoios
- 22 Apoios
- 23 Corpos de apoio
- 24 Estrutura
- 25 Grade
- 26 Não utilizado
- 27 Não utilizado
- 28 Coluna de adsorção do eléctrodo
- 29 Recipiente
- 30 Célula do eléctrodo (célula de entrada electroquímica)
- 33 Eléctrodos
- 34 Parte superior do recipiente
- 35 Tubagem
- 36 Tubagem
- 37 Tubagem
- 38 Tubagem
- 39 Válvula
- 40 Depósito
- 41 Válvula
- 42 Recipiente
- 43 Eléctrodos

- 44 Eléctrodos
- 45 Válvula
- 46 Recipiente
- 47 Recipiente
- 48 Válvula

Lisboa, 8 de Fevereiro de 2001



ALBERTO CANELAS
Agente Oficial da Propriedade Industrial
RUA VICTOR CORDON, 14
1200 LISBOA

REIVINDICAÇÕES

1. Processo destinado à separação de componentes, especialmente de espécies moleculares dissolvidas de forma ionogénica e/ou coloidal e/ou de microrganismos, a partir de sistemas líquidos homogéneos ou heterogéneos, no qual o sistema líquido passa por dentro de um recipiente munido de corpos de enchimento, no qual existe um campo eléctrico para a polarização dos corpos de enchimento e no qual os corpos de enchimento, destinados à separação dos componentes são depois regenerados através da utilização de um meio líquido, caracterizado pelo facto da polarização e da formação de características de adsorção dos corpos de enchimento utilizados, polarizáveis em solução, sem campo eléctrico, não adsorventes e não condutores eléctricos, que preenchem no máximo 95% do recipiente, serem, numa fase inicial, efectuadas através de uma intensidade de campo, que ultrapassa repetidas vezes o valor normal de funcionamento e em que o espaço restante serve como reservatório destinado à regeneração dos corpos de enchimento que na ausência de um campo eléctrico não são adsorventes, através da passagem no sentido contrário ao fluxo do sistema líquido a ser purificado.

2. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo facto do sistema líquido, durante a separação dos componentes, passar por diversas camadas dos corpos de enchimento de diferentes dimensões e por diferentes espessuras das camadas.

3. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo facto de na introdução do sistema líquido para dentro do recipiente serem gerados iões através da dissolução anódica, que depois vão actuar como coagulantes.

4. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo facto dos corpos de enchimento polarizáveis, não adsorventes na ausência de um campo eléctrico, serem constituídos por cerâmica ferroelétrica que se encontra envolta numa camada de polímeros ou numa matriz de polímeros, preferencialmente misturada com silicatos ou envolvida num pó de grãos esféricos em álcool polivinílico reticulado numa relação de massa de 1:12, ou então por um material disperso não condutor, preferencialmente areia, quartzo fragmentado e/ou uma dispersão de quitosano, celulose ou materiais de ligação, em que os corpos de enchimento apresentam um diâmetro do grão na gama situada entre os 0,1 mm a 3,00 mm.

5. Processo de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo facto da cerâmica ferroelétrica conter Nb_2O_5 e/ou BaTiO_2 .

6. Processo de acordo com uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo facto do sistema líquido ser encaminhado através do recipiente com uma duração recíproca de entre $0,1 \text{ h}^{-1}$ e 50 h^{-1} , em que os corpos de enchimento preenchem o intervalo entre os eléctrodos de modo uniforme e em que o campo eléctrico apresenta uma intensidade não inferior a 1 V/cm .

7. Processo de acordo com uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo facto de para a regeneração dos corpos de enchimento ser utilizada água ou uma solução salina com uma concentração de 1 a 4% em massa ou se recorrer aos habituais detergentes, ácidos, lixívia ou meios solventes orgânicos.

8. Dispositivo para a execução do processo de acordo com a reivindicação 1, formado por um recipiente (1) em forma de paralelepípedo com colunas de apoio (19-22), destinado à entrada e saída do sistema líquido a ser

purificado e do meio líquido destinado à regeneração, por uma fonte de energia (8), pelos eléctrodos (17, 18) destinados a formar o campo eléctrico para os corpos de enchimento (16) polarizáveis, que durante o processo de separação e de regeneração são enxaguados, caracterizado pelo facto do recipiente (1) possuir um sistema de 3 câmaras, constituído pelas câmaras dos eléctrodos (13) e (14) com os eléctrodos (17, 18), bem como pela câmara de trabalho (15) situada no meio, com paredes em forma de grades, na qual se encontram os corpos de enchimento (16) polarizáveis em solução, não adsorventes na ausência de campo eléctrico e não condutores da electricidade, em que as câmaras dos eléctrodos (13) e (14) contêm soluções electrolíticas, que de acordo com o seu objectivo revelam possuir propriedades de tampão e em que as câmaras dos eléctrodos (13) e (14) se encontram adicionalmente separadas da câmara de trabalho (15) por meio de paredes semipermeáveis (12).

9. Dispositivo de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo facto das paredes em forma de grades serem constituídas por um corpo de apoio (23) com grades (25) ou por uma rede de arame, ou em que existem diafragmas polarizáveis ou não polarizáveis num campo eléctrico.

10. Dispositivo de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo facto da parede semipermeável (12) ser impermeável aos produtos electrolíticos das câmaras dos eléctrodos (13, 14) bem como às grandes moléculas e partículas coloidais provenientes da câmara de trabalho (15) e pelo facto de apresentar uma resistência total eléctrica que possui, pelo menos, duas vezes a resistência da camada dos corpos de enchimento.

11. Dispositivo de acordo com uma das reivindicações 8 a 10, caracterizado pelo facto das câmaras dos eléctrodos (13, 14) se encontrarem ligadas a um dispositivo conhecido, destinado à circulação dos electrólitos

existentes nas câmaras dos eléctrodos (13, 14).

12. Dispositivo para a execução do processo de acordo com a reivindicação 1 e 3, formado por um recipiente (29) em forma de colunas com ligações à entrada e saída do sistema líquido a ser purificado e do meio líquido de regeneração, por uma fonte de corrente, pelos eléctrodos (33, 43, 44) armazenados e pelos corpos de enchimento (32) polarizáveis em redor dos quais circula o líquido durante os processos de separação e de regeneração, caracterizado pelo facto do recipiente (29) apresentar adicionalmente na parte inferior uma célula de eléctrodos (30) e na parte superior uma célula de eléctrodos (31), que possuem ânodos que se distinguem nitidamente dos cátodos em termos de superfície, estando os corpos de enchimento (32) polarizáveis em solução, não adsorventes na ausência de campo eléctrico e não condutores de electricidade, colocados por camadas no recipiente (29), bem como pelo facto deste recipiente (29) possuir, na sua parte superior, um espaço vazio (34) destinado ao enxaguamento dos corpos de enchimento (32).

13. Dispositivo de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo facto das células dos eléctrodos (30, 31) se encontrarem equipadas com tubos de absorção e pelo facto da célula dos eléctrodos (30) estar colocada na parte exterior do recipiente (29).

14. Dispositivo de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo facto do recipiente (29) onde, durante o processo de separação, o líquido circula no sentido de baixo para cima, apresentar na parte inferior uma outra saída destinada a ser aberta separadamente, sendo que a capacidade de passagem desta tubagem (37) ultrapassa em pelo menos 1,5 vezes a capacidade de

- 5 -

passagem da tubagem (35) por onde circula o sistema líquido a ser purificado.

Lisboa, 8 de Fevereiro de 2001

Alberto Canelas

ALBERTO CANELAS
Agente Oficial da Propriedade Industrial
RUA VICTOR CORDON, 14
1200 LISBOA

Albert C. Cules

1/3

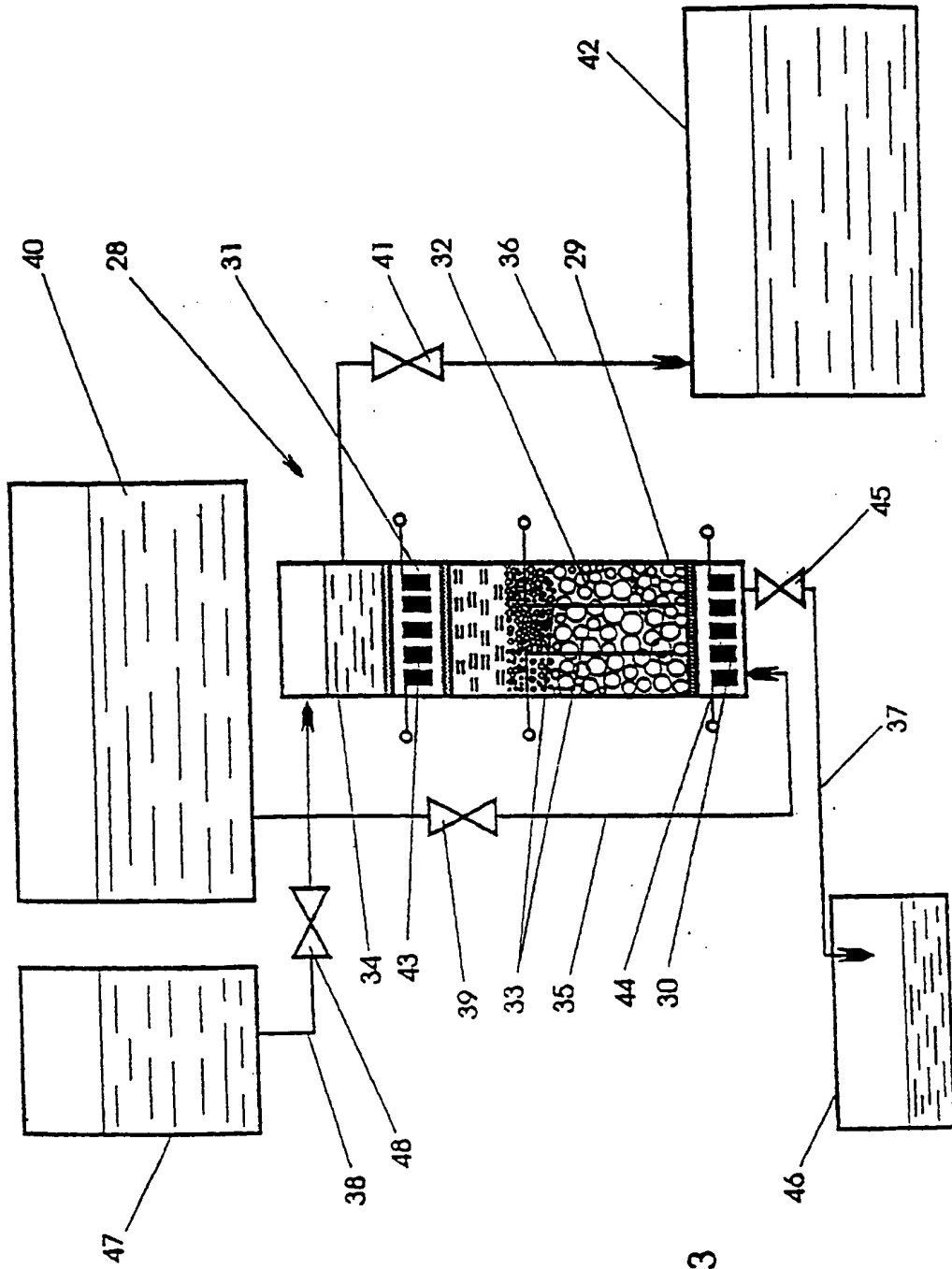


Fig. 3

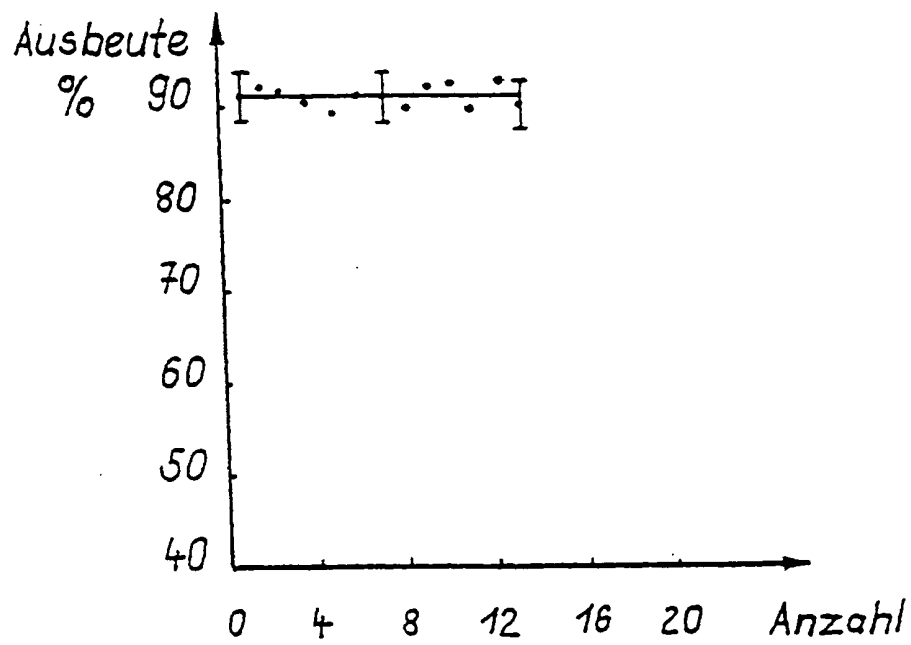


Fig. 1