



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

(11) PI 1000978-7 B1



(22) Data do Depósito: 05/04/2010

(45) Data de Concessão: 27/10/2020

(54) Título: PROCESSO DE SEPARAÇÃO EM LEITO MÓVEL SIMULADO, MÉTODO DE REGULAGEM DAS VAZÕES NAS LINHAS DE DESVIO E UTILIZAÇÃO DOS MESMOS

(51) Int.Cl.: C07C 7/12; B01D 15/02; C07C 15/08.

(30) Prioridade Unionista: 10/04/2009 FR 09 01784.

(73) Titular(es): IFP.

(72) Inventor(es): XAVIER DECOODT; GÉRARD HOTIER; PHILIBERT LEFLAIVE; DAMIEN LEINEKUGEL LE COCQ.

(57) Resumo: PROCESSO E DISPOSITIVO DE SEPARAÇÃO EM LEITO MÓVEL SIMULADO, COMPORTANDO LINHAS DE DESVIO DE UM LEITO EM DOIS E COM VAZÃO DE FLUIDO DE DESVIO MODULADO. A presente invenção refere-se a um processo de separação de carga F por adsorção em leito móvel simulado em um dispositivo LMS, o dispositivo compreendendo linhas de desvio externas $Li/1/i$, unindo diretamente dois níveis sucessivos Pi , $Pi+1$, o índice i sendo par, ou (de maneira exclusiva da precedente) ímpar, isto ao longo da coluna, e permitindo a varredura desses níveis, no qual cada uma das linhas de desvio $Li/i+1$ compreende meios automatizados de regulagem sendo definido pelas três seguintes regras: a) se estabelece em todas as linhas de desvio abertas da zona 1 uma vazão correspondente a uma supersincronização compreendida entre 15 e 30%; b) se estabelece em todas as linhas de desvio abertas das zonas 2 e 3 uma vazão correspondente à sincronização a mais ou menos 8% aproximadamente; c) se estabelece em todas as linhas de desvio abertas da zona 4 uma vazão correspondente a uma supersincronização compreendida entre 20 e 40%.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"PROCESSO DE SEPARAÇÃO EM LEITO MÓVEL SIMULADO, MÉTODO DE REGULAGEM DAS VAZÕES NAS LINHAS DE DESVIO E UTILIZAÇÃO DOS MESMOS".**

Domínio da invenção

[001] A presente invenção refere-se ao domínio das separações de produtos químicos, naturais ou sintéticos, que podem dificilmente se separar por destilação. Utiliza-se, então, uma família de processos, e de dispositivos associados, conhecidos pelo nome de processos, ou dispositivos de separação em leito móvel simulado, seja em contracorrente simulada, seja em cocorrente simulada, que designaremos a seguir pela denominação genética LMS. Fala-se, portanto, na sequência do texto de processo ou de dispositivo LMS ou de separação em LMS ou de unidades LMS.

[002] Os domínios referidos são notadamente e de forma não exclusiva:

- a separação entre, por um lado, as parafinas normais e, por outro lado, as parafinas ramificadas, naftenos e aromáticos;
- a separação de olefinas / parafinas;
- a separação do paraxileno dos outros isômeros em C8 aromáticos;
- a separação do metaxileno dos outros isômeros em C8 aromáticos;
- a separação do etil benzeno dos outros isômeros em C8 aromáticos.

[003] Excluindo-se a refinaria e o complexo petroquímico, existem numerosas outras aplicações dentre as quais se podem citar a separação glicose / frutose, a separação dos isômeros de posição do cresol, dos isômeros ópticos, etc.

Técnica anterior

[004] A separação em LMS é bem conhecida no estado da técnica. Em regra geral, uma coluna que funciona em leito móvel simulado comporta pelo menos três zonas de funcionamento, e eventualmente quatro ou cinco zonas de funcionamento, cada uma dessas zonas sendo constituída por um certo número de leitos sucessivas, e cada zona sendo definida por sua posição compreendida entre um ponto de alimentação e um ponto de extração. Tipicamente, uma coluna em LMS é alimentada por pelo menos uma carga F a fracionar e um dessorvente D (às vezes, denominado purificador) e se extrai dessa coluna pelo menos um refinado R e um extrato E.

[005] Os pontos de alimentação e de extração são regularmente defasados no decorrer do tempo no mesmo sentido e respeitando sua posição relativa, de um valor correspondente a um leito. O intervalo de tempo que separa duas defasagens sucessivas dos pontos de alimentação e de extração é denominado período.

[006] Por definição, designa-se cada uma das zonas de funcionamento por um número:

- . zona 1 = zona de dessorção dos compostos do extrato, compreendida entre a injeção do dessorvente D e a retirada do extrato E;

- . zona 2 = zona de dessorção dos compostos do refinado, compreendida entre a retirada do extrato E, a injeção da carga a fracionar F;

- . zona 3 = zona de adsorção dos compostos do extrato, compreendida entre a injeção da carga e a extração do refinado R;

- . e, de preferência, uma zona 4 situada entre a extração de refinado e a injeção do dessorvente.

[007] O estado da técnica descreve de forma apropriada diferentes dispositivos e processos, permitindo efetuar a separação de cargas em leito móvel simulado.

[008] Podem-se citar notadamente as patentes US 2.985.589, US 3.214.247, US 3.268.605, US 3.592.612, US 4.614.204, US 4.378.292, US 5.200.075. US 5.316.821. Essas patentes descrevem também em detalhes o funcionamento de um LMS.

[009] Os dispositivos LMS comportam tipicamente pelo menos uma coluna (e frequentemente duas), dividida em vários leitos de adsorvente A_i sucessivas, esses leitos sendo separados por níveis P_i , cada nível P_i comportando uma, duas ou quatro caixas, permitindo efetuar as operações sequenciais de alimentação da carga ou de injeção do dessorvente e de extração do refinado ou do extrato.

[0010] A presente invenção se situa no âmbito dos dispositivos em uma caixa, isto é, permitindo efetuar, ao mesmo tempo, a alimentação e a extração dos diferentes fluxos por meio dessa caixa.

[0011] Como é precisado mais detalhadamente abaixo, os níveis são geralmente divisados em painéis, e cada painel comporta uma caixa para a alimentação e a extração dos fluxos.

[0012] Cada um dos níveis P_i compreende tipicamente uma pluralidade de painéis distribuidores - misturadores – extratores, ditos "níveis DME" alimentados por linhas ou sistemas de distribuição / extração. Os níveis podem ser de qualquer tipo e de qualquer geometria.

[0013] Esses painéis correspondem a setores adjacentes da seção da coluna, por exemplo, painéis com setores angulares, tais como aqueles apresentados na patente US 6.537.451 ou painéis com setores paralelos, tais como descrito na Patente US 6.797.175.

[0014] A presente invenção é compatível com qualquer tipo de divisão de um nível em diferentes painéis.

[0015] De forma preferida, a coluna de separação, de acordo com a invenção, compreende níveis DME de tipo com setores paralelos e alimentações dissimétricas.

[0016] A distribuição sobre cada um dos leitos requer uma coleta

do fluxo principal proveniente do leito precedente, a possibilidade de injetar um fluido anexo ou fluido secundário, misturando ao máximo possível esses dois fluidos, ou ainda a possibilidade de retirar uma parte do fluido coletado, extraí-lo para enviá-lo para o exterior do dispositivo e também redistribuir um fluido sobre o leito seguinte.

[0017] Um problema genérico no conjunto dos dispositivos LMS é de minimizar a poluição gerada pelo líquido que se acha nas diferentes zonas do(s) circuito(s) de alimentação e de extração de fluidos dos níveis, quando das modificações dos pontos de alimentação e de extração no decorrer do funcionamento do LMS.

[0018] Com efeito, quando, no decorrer da sequência de funcionamento, uma linha, caixa ou zona de alimentação de um nível P_i não é mais varrida por um fluido do processo, ela se torna uma zona morta, no qual o líquido é estagnado, e só é remetido em movimento quando um outro fluido do processo aí circula de novo. Pelo funcionamento da LMS, trata-se, então, de um fluido do processo geralmente diferente do fluido que é estagnado na linha considerada.

[0019] A mistura ou a circulação com breve intervalo de tempo de fluidos de composições notavelmente diferentes introduz perturbações no perfil de concentração da zona considerada em relação ao funcionamento ideal, para o qual as descontinuidades de composição são a prescrever.

[0020] Um outro problema reside nas eventuais recirculações entre diferentes zonas de um mesmo nível, e mais geralmente no conjunto do sistema de distribuição / extração do mesmo nível, devido a diferenças muito pequenas de pressão entre as diferentes zonas do nível, o que induz ainda uma perturbação em relação ao funcionamento ideal.

[0021] Para resolver esses problemas ligados às recirculações e às zonas mortas, diferentes soluções são conhecidas da técnica ante-

rior:

a) foi proposta a realização de uma varredura do sistema de distribuição / extração de um nível determinado por dessorvente ou por produto buscado, relativamente puro. Essa técnica permite efetivamente evitar a poluição do produto desejado, quando de sua extração. Todavia, como o líquido de varredura tem uma composição muito diferente do líquido que ele desloca, isto introduz descontinuidades de composição prejudiciais ao funcionamento ideal. Essa primeira variante de varredura realiza tipicamente das varreduras de curta duração com gradiente de concentração elevada. Essas varreduras são de curta duração precisamente para limitar os efeitos das descontinuidades de composição.

b) Um outra solução consiste, conforme descrito nas Patentes US 5.972. 224 e US 6.110.364, em fazer transitar uma maioria do fluxo principal para o interior da coluna e uma minoria desse fluxo (tipicamente de 1 a 20% do fluxo principal) para o exterior por linhas de desvio externas entre níveis sucessivos. Essa varredura do sistema de distribuição / extração no nível do nível por um fluxo proveniente do nível superior é tipicamente realizado em contínuo, de tal modo que as linhas e zonas do sistema de distribuição / extração não sejam mais "mortas", mas constantemente varridas.

[0022] Esse sistema com varredura contínua via linhas de desvio é apresentado na Patente FR 2.772.634. As linhas de desvio são, em geral, de diâmetro menor e compreendem uma válvula de diâmetro menor, o que reduz o custo do sistema.

[0023] Conforme o ensinamento das Patentes US 5.972.224 e US 6.110.364, busca-se que o sistema de distribuição / extração de um nível determinado seja varrido pelo líquido que tem uma composição muito próxima daquela do líquido deslocado (líquido presente no sistema de distribuição, ou que circula no nível do nível). Assim, minimi-

zam-se as misturas de fluidos de composição diferente, e reduzem-se as descontinuidades de composição.

[0024] Com essa finalidade, as Patentes US 5.972.224 e US 6.110.364 preconizam utilizar vazões de varredura nos desvios, de forma que a velocidade de trânsito em cada desvio seja sensivelmente a mesma que a velocidade de avanço do gradiente de concentração no fluxo principal da LMS. Fala-se, então, de varredura "síncrona" ou "com vazão síncrona". Assim, realiza-se uma varredura das diferentes linhas e capacidades por um fluido que tem uma composição sensivelmente idêntica àquela do líquido que aí se acha, e reintroduz-se o líquido que circula em um desvio em um ponto no qual a composição do fluxo principal é sensivelmente idêntica.

[0025] As varreduras são, portanto, síncronas e com gradiente de concentração baixa ou nula.

[0026] De acordo com o ensinamento das patentes citadas, uma varredura é dita "síncrona", quando a vazão $QS_{i/i+1}$ de varredura proveniente de um nível P_i para o nível seguinte P_{i+1} é igual a V/ST , no qual V é o volume acumulado dos sistemas de distribuição dos níveis P_i (seja V_i) e P_{i+1} (seja V_{i+1}) e do volume da linha de desvio entre esses dois níveis (seja $VL_{i/i+1}$) e ST é o período de permuta do LMS entre duas permutas sucessivas das alimentações / extrações.

[0027] Tem-se, portanto:

$$\text{Vazão síncrona} = QS_{i/i+1} = (V_i + V_{i+1} + VL_{i/i+1}) / ST, \text{ com:}$$

[0028] - $QS_{i/i+1}$ = vazão de varredura proveniente do nível P_n para o nível vizinho (tipicamente inferior) P_{i+1} ;

[0029] - V_i = Volume do sistema de distribuição / extração do nível de partida P_i ;

[0030] - V_{i+1} = Volume do sistema de distribuição / extração do nível de partida P_{i+1} ;

[0031] - $VL_{i/i+1}$ = volume da linha de desvio entre P_i e P_{i+1} ;

[0032] - ST = período de permuta.

[0033] A utilização da varredura síncrona é tipicamente realizada com uma vazão controlada, adaptada a cada uma das zonas, indo de 50 a 150% da vazão síncrona nessas zonas, e idealmente de 100% da vazão síncrona. As vazões nas linhas de desvio das 4 zonas do LMS são controladas por meios de regulação em cada linha de desvio. Por exemplo, o técnico poderia utilizar uma vazão de 90% da vazão síncrona em todas essas zonas, ou de 110%, ou qualquer outro valor próximo de 100% da vazão síncrona. Todavia, à medida que existem meios de regulação, o técnico, segundo o ensinamento da patente pré-citada, escolherá naturalmente controlar vazões nas 4 zonas que correspondem exatamente à vazão síncrona (100% da vazão síncrona).

[0034] Um exemplo de dispositivo de separação LMS de grande importância industrial refere-se à separação dos cortes C8 aromáticos, visando produzir paraxileno de pureza comercial, tipicamente a pelo menos 99,7% em peso, e um refinado rico em etilbenzeno, ortoxileno e metaxileno.

[0035] Os dois modos de realização anteriormente citados permitem obter o objetivo de pureza comercial. Todavia, a requerente mostrou que se os ensinamentos das "varreduras síncronas" das Patentes US. 5.972.224 e US 6.110.364 forneciam uma melhoria certa em relação à técnica, é possível, de forma surpreendente, melhorar ainda o funcionamento e os desempenhos do processo de separação em leito móvel simulado, afinando as regras de definição das diferentes vazões das linhas de desvio.

[0036] Enfim, o pedido 08/04.637 descreve um dispositivo de linhas de desvio, as linhas ligando o conjunto dos níveis P_i , P_{i+1} sem distinção de paridade sobre o índice i , com uma regra que se refere às vazões a aplicar sobre cada linha, regra que é diferente segundo o fato

de se ter pelo menos uma linha de desvio fechada sobre a zona considerada ou todas as linhas de desvio abertas.

[0037] A presente invenção pode ser vista como constituindo uma melhoria do pedido pré-citado à medida que as regras de vazões a aplicar a cada linha de desvio são precisadas para cada uma das diferentes zonas de funcionamento da coluna.

[0038] Além disso, a presente invenção refere-se a uma configuração particular das linhas de desvio que ligam dois níveis sucessivos, o primeiro nível sendo de índice par ou (de maneira exclusiva) sendo de índice ímpar, conforme descrito nas Patentes FR 2.904.776 e FR 2.913.345.

Descrição sumária das figuras

[0039] A figura 1 representa uma sucessão de 4 leitos P_{i-1} , P_i , P_{i+1} , P_{i+2} que faz parte de uma coluna em leito móvel simulado (LMS). As linhas de desvios $L_{i+1/i}$ e $L_{i+1/i+2}$ ficam situadas entre os níveis P_{i-1} e P_i e entre os níveis P_{i+1} e P_{i+2} .

[0040] A figura 2 representa as variações de desempenho da LMS, medida em termos de rendimento em PX com vazão de dessorvente, vazão de carga, pureza do paraxileno produzido e período de permutação fixados, em função da sincronização de todas as linhas de desvio não-fechadas para cada uma das zonas, conservando uma sincronização de 100% para o conjunto das linhas de desvio não-fechadas das outras zonas.

[0041] A zona 1 está representada pela curva em losango.

[0042] A zona 2 está representada pela curva em quadrado.

[0043] A zona 3 está representada pela curva em triângulo.

[0044] A zona 4 está representada pela curva em círculo.

Descrição simplificada da invenção

[0045] A invenção refere-se a um dispositivo aperfeiçoado de separação em leito móvel simulado, dito dispositivo LMS.

[0046] A invenção situa-se mais precisamente no âmbito das unidades LMS em uma única caixa de distribuição ou de extração dos diferentes fluidos, cada nível sendo dividido em certo número de painéis e cada painel sendo equipado com uma caixa para a distribuição e a extração dos fluidos.

[0047] Além disso, as unidades LMS referidas pela presente invenção são unidades nas quais as linhas de desvio ligam dois níveis consecutivos, sejam P_i e P_{i+1} , mas o índice i sendo par ao longo da coluna, seja (de maneira exclusiva da precedente) ímpar ao longo da coluna.

[0048] Foi com efeito descoberto, de forma surpreendente, que o funcionamento ideal das linhas de desvio não correspondia a uma vazão estritamente síncrona sobre o conjunto das zonas de funcionamento da LMS, mas a uma vazão diferenciada segundo as zonas da LMS e podendo apresentar, em certos casos, uma supersincronicidade mais ou menos marcada.

[0049] De maneira mais precisa, a presente invenção pode se definir como um processo de separação em leito móvel simulado (LMS) de uma carga F em um dispositivo LMS, possuindo pelo menos uma coluna, essa coluna sendo composta de uma pluralidade de leitos de adsorventes separados por níveis P_i , compreendendo, cada um, pelo menos um sistema de distribuição / extração, processo, no qual se alimenta a carga F e um dessorvente D , e se extrai pelo menos um extrato E , e pelo menos um refinado R , os pontos de alimentação e de extração sendo defasados no decorrer do tempo de um valor correspondente a um leito de adsorvente com um período de permuta ST , e determinando uma pluralidade de zonas de funcionamento do LMS, e notadamente as 4 seguintes principais zonas:

- uma zona 1 de dessorção dos compostos produzidos no extrato, compreendida entre a alimentação do dessorvente D e a ex-

tração do extrato E;

- uma zona 2 de dessorção dos compostos produzidos no refinado R, compreendida entre a extração do extrato E e a alimentação da carga F;

- uma zona 3 para a adsorção dos compostos produzidos no extrato e compreendida entre a alimentação da carga F e a extração do refinado R;

- uma zona 4 situada entre a extração do refinado R e a alimentação do dessorvente D,

[0050] o dispositivo compreendendo, além disso, linhas de desvio externas $L_{i/i+1}$, unindo diretamente dois níveis sucessivos P_i , P_{i+1} , o índice i sendo par ao longo de toda a coluna, ou (de maneira exclusiva da precedente) ímpar ao longo de toda a coluna, e permitindo a varredura desses níveis, dispositivo no qual cada uma das linhas de desvio $L_{i/i+1}$ compreende meios automatizados de regulação da vazão na linha de desvio, o grau de abertura desses meios de regulação sendo definido pelas três seguintes regras:

- a) se estabelece em todas as linhas de desvio abertas da zona 1 uma vazão correspondente a uma supersincronicidade compreendida entre 15 e 30%;

- b) se estabelece em todas as linhas de desvio abertas das zonas 2 e 3 uma vazão correspondente à sincronização a mais ou menos 8% aproximadamente;

- c) se estabelece em todas as linhas de desvio abertas da zona 4 uma vazão correspondente a uma supersincronicidade compreendida entre 20 e 40%.

[0051] A vazão de sincronização é definida por $(V_i + V_{i+1} + VL_{i/i+1}) / ST$, expressão na qual:

[0052] V_i designa o volume do sistema de distribuição / extração do nível de partida P_i ;

[0053] $V_i + 1$ designa o volume do sistema de distribuição / extração do nível de chegada P_{i+1} ;

[0054] $V_{Li/i+1}$ designa o volume da linha de desvio entre P_i e P_{i+1} ;

[0055] e ST designando o período de permuta.

[0056] A supersincronicidade é definida pela fórmula:

supersincronicidade = (vazão real na linha de desvio considerada / vazão de sincronização) – 1.

[0057] Em um caso particular do processo, de acordo com a invenção, todas as linhas de desvio abertas pertencentes a uma mesma zona apresentam o mesmo nível de sincronização a mais ou menos 2% aproximadamente.

[0058] A presente invenção refere-se também a um método de regulação das vazões nas linhas de desvio em um processo em leito móvel simulado, compreendendo pelo menos 4 zonas de funcionamento definidas por:

- uma zona 1 de dessorção dos compostos do extrato, compreendida entre a alimentação do dessorvente D e a extração do extrato E;

- uma zona 2 de dessorção dos compostos do refinado, compreendida entre a extração do extrato E e a alimentação da carga F;

- uma zona 3 para a adsorção dos compostos do extrato, compreendida entre a alimentação da carga F e a extração do refinado R;

- uma zona 4 situada entre a extração do refinado R e a alimentação do dessorvente D, método segundo o qual:

- 1) se busca a otimização de sincronização sobre uma zona determinada, fixando-se a sincronização em 100% para o conjunto das linhas de desvio não-fechadas das outras zonas;

- 2) e se atribui a cada zona a otimização de sincronização

obtido na etapa precedente.

[0059] A presente invenção pode se aplicar, em particular, a um processo de separação em leito móvel simulado, visando a separação do paraxileno no meio de uma mistura de hidrocarbonetos aromáticos em C8.

[0060] A presente invenção pode se aplicar, em particular, a um processo de separação em leito móvel simulado, visando a separação do metaxileno no meio de uma mistura de hidrocarbonetos aromáticos em C8.

Descrição detalhada da invenção

[0061] A invenção refere-se ao dispositivo aperfeiçoado de separação em leito móvel simulado, dito dispositivo LMS.

[0062] A invenção situa-se mais precisamente no âmbito das unidades LMS em uma única caixa de distribuição ou de extração dos diferentes fluidos, cada nível sendo dividido em um certo número de painéis, e cada painel sendo equipado com uma caixa para a distribuição e a extração dos fluidos.

[0063] Além disso, as unidades LMS referidas pela presente invenção são unidades, nas quais as linhas de desvio ligam dois níveis consecutivos, sejam P_i e P_{i+1} , mas o índice i sendo par, ou (de maneira exclusiva da precedente) ímpar, e isto ao longo da coluna.

[0064] Por exemplo, uma configuração de linhas de desvio liga os níveis 1, 2, depois 3, 4, depois 5, 6 e assim sucessivamente até o último nível da coluna que deve ser preferencialmente de índice ímpar.

[0065] Uma outra configuração de linhas de desvio liga os níveis 2, 3, depois 4, 5, depois 6, 7 e assim sucessivamente até o último nível da coluna que deve ser preferencialmente de índice ímpar.

[0066] Com efeito, foi descoberto, de forma surpreendente que o funcionamento ideal das linhas de desvio não correspondia a uma vazão estritamente síncrona sobre o conjunto das zonas de funciona-

mento da LMS, mas a uma vazão diferenciada, segundo as zonas da LMS podendo apresentar em certos casos uma supersincronicidade mais ou menos marcada.

[0067] Entende-se por supersincronicidade um valor que ultrapassa o valor correspondente à sincronização de pelo menos 8% e que se pode expressar como uma percentagem acima dessa sincronização.

[0068] Mais precisamente, a presente invenção define sobre certas zonas da unidade LMS uma faixa de vazão de desvio, comportando um certo grau de supersincronicidade específica na zona considerada.

[0069] Resulta daí um ótimo complexo do conjunto das vazões de desvio, que depende da zona da LMS considerada. Essa problemática técnica está totalmente ausente do ensinamento da técnica anterior e constitui um aumento de conhecimento no controle dos processos de tipo LMS.

[0070] A presente invenção refere-se, portanto, a um processo de separação em leito móvel simulado (LMS) de uma carga F em um dispositivo LMS que possua pelo menos uma coluna, essa coluna sendo composta de uma pluralidade de leitos de adsorventes separados por níveis P_i , compreendendo, cada um, pelo menos um sistema de distribuição / extração, processo no qual se alimenta a carga F e um desorvente D, e extrai-se pelo menos um extrato E, e pelo menos um refinado R, os pontos de alimentação e de extração sendo defasados no decorrer do tempo de um valor correspondente a um leito de adsorvente com um período de permutação ST, e determinando uma pluralidade de zonas de funcionamento da LMS e notadamente as 4 seguintes zonas principais:

- uma zona 1 de dessorção dos compostos do extrato, compreendida entre a alimentação do desorvente D e a extração do extrato E;

- uma zona 2 de dessorção dos compostos do refinado, compreendida entre a extração do extrato E e alimentação da carga F;
- uma zona 3 para a adsorção dos compostos do extrato, compreendida entre a alimentação da carga F e a extração do refinado R;
- uma zona 4 situada entre a extração do refinado R e a alimentação do dessorvente D;

[0071] o dispositivo compreende, além disso, linhas de desvio externas $L_{i/i+1}$, unindo diretamente dois níveis sucessivos P_i , P_{i+1} , o índice i estando por toda a parte ao longo da coluna, seja (de maneira exclusiva) ímpar ao longo da coluna, e permitindo a varredura desses níveis, no qual cada uma das linhas de desvio $L_{i/i+1}$ compreende meios automatizados de regulação da vazão de varredura, o grau de abertura desses meios de regulação sendo definido pelas três seguintes regras:

- a) se estabelece em todas as linhas de desvio abertas da zona 1 uma vazão correspondente a uma supersincronicidade compreendida entre 15 e 30%;
- b) se estabelece em todas as linhas de desvio abertas das zonas 2 e 3 uma vazão correspondente à sincronização a mais ou menos 8% aproximadamente;
- c) se estabelece em todas as linhas de desvio abertas da zona 4 uma vazão correspondente a uma supersincronicidade compreendida entre 20 e 40%.

[0072] A vazão de sincronização é definida por $(V_i + V_{i+1} + VL_{i+1}) / ST$, expressão, na qual:

- V_i designa o volume do sistema de distribuição / extração do nível de partida P_i ;
- V_{i+1} designa o volume do sistema de distribuição / extração do nível de chegada P_{i+1} ;

- $VL_{i/i+1}$ designa o volume da linha de desvio entre P_i e P_{i+1} ;
- e ST designa o período de permuta.

[0073] A supersincronicidade é definida pela fórmula:

supersincronicidade = (vazão real na linha de desvio considerada / vazão de sincronização) - 1.

[0074] Em um caso particular do processo de separação em leito móvel simulado (LMS), segundo a invenção, todas as linhas de desvio abertas pertencentes a uma mesma zona apresenta o mesmo nível de sincronização a mais ou menos 2% aproximadamente.

[0075] No processo, de acordo com a invenção, se acha, portanto, em alternância um leito i envolvida por uma linha de desvio unindo o nível a montante de índice i e o nível a jusante de índice $i+1$, e um leito $i+1$ que não está envolvida por nenhuma linha de desvio. Foi observado que é particularmente vantajoso diferenciar os volumes desses dois tipos de leitos, seja os leitos envolvidos por uma linha de desvio anotada como leito de tipo B, e os leitos não envolvidos por uma linha de desvio anotada como leito de tipo A.

[0076] Os leitos de tipo A têm preferencialmente um volume (V_A) superior ou igual àquele dos leitos de tipo B (V_B), de tal maneira que o tempo de percurso dos perfis de concentração seja o mesmo nos dois tipos de leitos.

[0077] Seja Qv_A e Qv_B respectivamente as vazões volúmicas médias no decorrer de um ciclo no meio do leito A e no meio do leito B.

[0078] Pode-se calcular a vazão média no decorrer de um ciclo no meio de um leito anotado com J da seguinte matéria:

$$Qv_J = \frac{\sum_{i=1}^{N_{etapa}} Qv_J^{etapa\ i}}{N_{etapa}}$$

[0079] na qual $Qv_J^{etapa\ 1}$ é a vazão volúmica no meio do leito J durante a etapa i , na qual N_{etapa} é o número de etapas do ciclo.

[0080] Da mesma forma, pode-se calcular a vazão média em uma

linha de desvio da seguinte maneira:

$$Q_{LDJ} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{etapa}} Q_{LDJ}^{etapa\ i}}{N_{etapa}}$$

[0081] na qual $Q_{LDJ}^{etapa\ 1}$ é a vazão volúmica no meio da linha de desvio $L_{j/j+1}$ durante a etapa i ;

[0082] $Q_{LDJ}^{etapa\ 1}$ é nulo, quando a linha de desvio $L_{j/j+1}$ é fechada.

[0083] No caso em que o adsorvente é idêntico nos leitos A e B, tem-se, portanto, $Q_{VA} = Q_{VB} + Q_{LDB}$.

[0084] O volume V_A será, então, preferencialmente determinado pelas seguintes desigualdades:

$$V_B \leq V_A \leq V_B \left(1 + \frac{Q_{LDB}}{Q_{VB}} \right)$$

[0085] Pode-se também compensar a ausência de linha de desvio que envolve o leito A, fazendo-se variar a porosidade entre os leitos A e B (por exemplo, fazendo-se variar o volume do espaço livre entre a superfície dos leitos de adsorvente e o nível a montante). A porosidade ϵ_A será, então, preferencialmente determinada pelas seguintes desigualdades:

$$\epsilon_B \leq \epsilon_A \leq \epsilon_B \left(1 + \frac{V_{LD}}{V_{lit}} \right)$$

[0086] Pode-se também compensar a ausência de linha de desvio que envolve o leito A, escolhendo-se um adsorvente diferente para os leitos de tipo A e de tipo B (diferença de porosidade ou de capacidade de adsorção do adsorvente).

[0087] Uma combinação desses diferentes modos de compensação é também possível.

[0088] A presente invenção refere-se também a um método de regulação das vazões nas linhas de desvio para cada zona de funcionamento que constitui a coluna em LMS que pode ser definida da se-

guinte maneira:

1) busca-se a otimização de sincronização sobre uma zona determinada, fixando-se a sincronização a 100% para o conjunto das linhas de desvio não-fechadas das outras zonas;

2) e atribui-se a cada zona a otimização de sincronização obtido na etapa precedente.

[0089] Enfim, o processo segundo a presente invenção ou o método, de acordo com a invenção, se aplica mais particularmente à separação do paraxileno ou do metaxileno no meio de uma mistura de hidrocarbonetos aromáticos em C8.

[0090] Esses dois exemplos de aplicação não são de modo nenhum limitativos, e outras aplicações são possíveis, notadamente no domínio da separação das normais e isoparafinas ou normais e issolefinas.

EXEMPLOS:

[0091] A invenção será melhor compreendida com a leitura dos exemplos seguinte:

EXEMPLO 1

[0092] Considera-se uma unidade LMS constituída de 24 leitos, de comprimento 1,1 m e de raio interno 3,5 m, com uma injeção de carga, uma injeção de dessorvente (podendo também ser denominado purificador ou solvente), uma extração de extrato e uma extração de refinado. Os níveis estão em uma única caixa.

[0093] O volume total ($V_i + V_{i+1} + V_{L_{i+1}}$), no qual $V_{L_{i+1}}$ é o volume da linha de desvio do nível P_i no nível P_{i+1} e no qual V_i é o volume do sistema de distribuição / extração do nível P_i , representa 3% do volume do leito compreendido entre o nível P_i e o nível P_{i+1} .

[0094] As linhas de desvio ligam os níveis pares aos níveis ímpares (portanto, ligam os níveis situados a montante e a jusante dos leitos de adsorvente de número par).

[0095] Os leitos são repartidos segundo a configuração 5 / 9 / 7 / 3, isto é, a repartição dos leitos é a seguinte:

- 5 leitos em zona 1
- 9 leitos em zona 2
- 7 leitos em zona 3;
- 3 leitos em zona 4.

[0096] O adsorvente empregado é uma zeolita de tipo BaX, e o purificador é o paradietilbenzeno.

[0097] A temperatura é de 175°C, e aproximação de 1,5 MPa (15 bars) (1 bar = 10^5 Pascal).

[0098] A carga é compensada de 20% de paraxileno, de 24% de ortoxileno, de 51% de metaxileno e de 5% de etilbenzeno. O período de permuta aplicado é de 70,8 segundos.

[0099] As vazões de líquido de injeção de carga e de dessorvente são as seguintes:

- 6,81 m³.min⁻¹ para a carga
 - 7,48 m³.min⁻¹ para o dessorvente
- seja uma taxa de solvente S/F = 1,1.

[00100] Quando se regula a sincronização em 100% para todas as linhas de desvio abertas, obtém-se por simulação uma pureza de paraxileno de 99,76% e um rendimento em paraxileno de 95,80%.

[00101] A variação dos desempenhos da LMS, medida em termos de rendimento em PX com vazão de dessorvente, vazão de carga, pureza do paraxileno produzido e período de permutação fixados, em função da sincronização de todas as linhas de desvio não-fechada de uma zona, é calculada para cada uma das zonas, conservando uma sincronização de 100% para o conjunto das linhas de desvio não-fechadas das outras zonas.

[00102] Essa variação dos desempenhos da LMS é ilustrada na figura 3, para cada uma das diferentes zonas. O rendimento em PX é a

relação entre a quantidade de PX extraída no extrato e a quantidade de PX injetada.

[00103] A zona 1 está representada pela curva em losango.

[00104] A zona 2 está representada pela curva em quadrado.

[00105] A zona 3 está representada pela curva em triângulo.

[00106] A zona 4 está representada pela curva em círculo.

[00107] Os rendimentos na sincronização otimizada obtidos para cada zona com isopureza, vazão de carga, período de permuta e taxa de solvente são dados na tabela abaixo.

	Sincronização otimizada	Rendimento
Zona 1	120%	96,39%
Zona 2	100%	96,37%
Zona 3	100%	96,37%
Zona 4	130%	96,48%

[00108] Após a busca da otimização zona por zona, impõem-se simultaneamente os quatro valores ótimos de sincronização, seja 120% em zona 1, 100% em zona 2, 100% em zona 3 e 130% em zona 4.

[00109] Obtém-se a isopureza, vazão de carga, período de permuta e taxa de solvente, um rendimento de 96,50%, superior aos rendimentos obtidos regulando-se apenas a sincronização de uma única zona.

[00110] Aparece claramente que a utilização de uma sincronização diferenciada, segundo as zonas, leva a um rendimento nitidamente melhorado em relação ao caso de 100% de sincronização para todas as linhas de desvio abertas.

EXEMPLO 2

[00111] Considera-se uma unidade LMS constituída de 24 leitos, de raio interno 3,5 m, com uma injeção de carga, uma injeção de dessorvente (podendo também ser denominado purificador ou solvente), uma extração de extrato e uma extração de refinado. Os níveis são de uma única caixa.

[00112] O volume total ($V_i + V_{i+1} + V_{L_{i/i+1}}$), no qual $V_{L_{i/i+1}}$ é o volume

da linha de desvio do nível P_i ao nível P_{i+1} e no qual V_i é o volume do sistema de distribuição / extração do nível P_i , representa 3% do volume do leito compreendido entre o nível P_i e o nível P_{i+1} .

[00113] As linhas de desvio ligam os níveis pares aos níveis ímpares (portanto, liga os níveis situados a montante e a jusante dos leitos de adsorvente de número par).

[00114] Os leitos pares são de comprimento 1,08 m, enquanto que os leitos ímpares são de comprimento 1,11 m, a fim de compensar o desvio entre os leitos curtocircuitados e os leitos que não são curtocircuitados.

[00115] Os leitos são repartidos segundo a configuração 5 / 9 / 7 / 3, isto é, que a repartição dos leitos é a seguinte:

- 5 leitos em zona 1;
- 9 leitos em zona 2;
- 7 leitos em zona 3;
- 3 leitos em zona 4.

[00116] O adsorvente empregado é uma zeolita de tipo BaX, e o purificador é o paradietilbenzeno.

[00117] A temperatura é de 175°C e a pressão de 1,5 MPa (15 bar) (1 bar = 10^5 Pascal).

[00118] A carga é composta de 20% de paraxileno, de 24% de ortoxileno, de 51% de metaxileno e de 5% de etilbenzeno. O período de permuta aplicado é de 70,8 segundos.

[00119] As vazões do líquido de injeção de carga e de dessorvente são as seguintes:

- 6,81 $\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ para a carga;
 - 7,48 $\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ para o dessorvente;
- seja uma taxa de solvente $S/F = 1,1$.

[00120] Quando se regula a sincronização a 100% para todas as linhas de desvio abertas, obtém-se por simulação uma pureza de pa-

raxileno de 99,76% e um rendimento em paraxileno de 95,98%.

[00121] A variação dos desempenhos da LMS, medida em termos de rendimento em PX com vazão de dessorvente, vazão de carga, pureza do paraxileno produzido e período de permuta fixados, em função da sincronização de todas as linhas de desvio não-fechadas de uma zona é calculada para cada uma das zonas, conservando-se uma sincronização de 100% para o conjunto das linhas de desvio não-fechadas das outras zonas.

[00122] Essa variação dos desempenhos da LMS é ilustrada na figura 3, para cada uma das diferentes zonas. O rendimento em PX é a relação entre a quantidade de PX extraída no extrato e a quantidade de PX injetada.

[00123] A zona 1 está representada pela curva em losango.

[00124] A zona 2 está representada pela curva em quadrado.

[00125] A zona 3 está representada pela curva em triângulo.

[00126] A zona 4 está representada pela curva em círculo.

[00127] Os rendimentos na sincronização otimizada obtidos para cada zona de isopureza de 99,76%, vazão de carga, período de permuta e taxa de solvente são dadas na tabela abaixo.

	Sincronização otimizada	Rendimento
Zona 1	120%	96,56%
Zona 2	100%	96,53%
Zona 3	100%	96,53%
Zona 4	130%	96,67%

[00128] Após a busca da otimização zona por zona, impõem-se simultaneamente os quatro valores ótimos de sincronização, seja 120% em zona 1, 100% em zona 2, 100% em zona 3 e 130% em zona 4.

[00129] Obtém-se a isopureza, vazão de carga, período de permuta e taxa de solvente, um rendimento de 96,70%, superior aos rendimentos obtidos regulando-se apenas a sincronização de uma única zona.

[00130] Aparece que a utilização de uma sincronização diferenciada

segundo as zonas, assim como uma compensação do volume das linhas de desvio leva a um rendimento ainda melhorado em relação à utilização de uma sincronização diferenciada, sem compensação de volume.

REVINDICAÇÕES

1. Processo de separação em leito móvel simulado (LMS) de uma carga F em um dispositivo LMS, caracterizado pelo fato de que possui pelo menos uma coluna, essa coluna sendo composta de uma pluralidade de leitos de adsorventes separados por níveis P_i , compreendendo, cada um, pelo menos um sistema de distribuição/extração, processo no qual se alimenta a carga F e um dessorvente D , e se extrai pelo menos um extrato E , e pelo menos um refinado R , os pontos de alimentação e de extração sendo defasados no decorrer do tempo de um valor correspondente a um leito de adsorvente com um período de permuta ST , e determinando uma pluralidade de zonas de funcionamento da LMS, e notadamente as 4 seguintes principais zonas:

- uma zona 1 de dessorção dos compostos produzidos ao extrato, compreendida entre a alimentação do dessorvente D e a extração do extrato E ;

- uma zona 2 de dessorção dos compostos produzidos no refinado, compreendida entre a extração do extrato E e a alimentação da carga F ;

- uma zona 3 para a adsorção dos compostos produzidos no extrato, compreendida entre a alimentação da carga e a extração do refinado R ;

- uma zona 4 situada entre a extração do refinado R e a alimentação do dessorvente D ,

o dispositivo compreendendo, além disso, linhas de desvio externas $L_{i/i+1}$, unindo diretamente dois níveis sucessivos P_i , P_{i+1} , o índice i sendo par ao longo de toda a coluna, ou, de maneira exclusiva da precedente, ímpar ao longo de toda a coluna, e permitindo a varredura desses níveis, no qual cada uma das linhas de desvio $L_{i/i+1}$ compreende meios automatizados de regulação da vazão na linha de

desvio, o grau de abertura desses meios de regulação sendo definido pelas três seguintes regras:

a) se estabelece em todas as linhas de desvio abertas da zona 1 uma vazão correspondente a uma supersincronicidade compreendida entre 15 e 30%;

b) se estabelece em todas as linhas de desvio abertas das zonas 2 e 3 uma vazão correspondente à sincronização a mais ou menos 8%;

c) se estabelece em todas as linhas de desvio abertas da zona 4 uma vazão correspondente a uma supersincronicidade compreendida entre 20 e 40%,

a vazão de sincronização é definida por $(V_i + V_{i+1} + VL_{i/i+1}) / ST$, expressão na qual:

V_i designa o volume do sistema de distribuição/extração do nível de partida P_i ;

V_{i+1} designa o volume do sistema de distribuição / extração do nível de chegada P_{i+1} ;

$VL_{i/i+1}$ designa o volume da linha de desvio entre P_i e P_{i+1} ;

e ST designando o período de permuta,

a supersincronicidade sendo definida pela fórmula:

supersincronicidade = (vazão real na linha de desvio considerada/vazão de sincronização) – 1.

2. Processo de separação em leito móvel simulado, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que todas as linhas de desvio abertas pertencentes a uma mesma zona apresentam o mesmo nível de sincronização a mais ou menos 2%.

3. Processo de separação em leito móvel simulado, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 2, caracterizado pelo fato de que os leitos que não apresentam linhas de desvios, unindo o nível a jusante e o nível a montante desse leito, ditos leitos de tipo A

têm um volume (V_A) superior ou igual ao volume (V_B) dos leitos que apresentam linhas de desvio, ditos leitos de tipo B, segundo as relações:

$$V_B \leq V_A \leq V_B \left(1 + \frac{Q_{LDB}}{Q_{v_B}} \right)$$

na qual Q_{v_B} é a vazão volúmica média no decorrer de um ciclo no meio do leito B e Q_{LDB} é a vazão volúmica no decorrer de um ciclo no meio da linha de desvio que envolve um leito de tipo B.

4. Processo de separação em leito móvel simulado, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que os leitos que não apresentam linhas de desvio unindo o nível a jusante e o nível a montante desse leito, dito leito de tipo A, têm uma porosidade (ϵ_A) superior ou igual à porosidade (ϵ_B) dos leitos que apresentam linhas de desvio, ditos leitos de tipo B, segundo as relações:

$$\epsilon_B \leq \epsilon_A \leq \epsilon_B \left(1 + \frac{V_{LD}}{V_{lit}} \right)$$

nas quais V_{LD} é o volume da linha de desvio que envolve um leito de tipo B, e V_{leito} o volume de um leito.

5. Processo de separação em leito móvel simulado, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que os leitos que não apresentam linhas de desvio unindo o nível a jusante e o nível a montante desse leito, dito leito de tipo A, são cheios com um adsorvente que apresenta uma porosidade intragranular e/ou uma capacidade de adsorção superior àquela dos leitos que apresentam linhas de desvio, dito leito de tipo B, de tal maneira que o tempo de percurso dos perfis de concentração seja o mesmo nos dois tipos de leitos.

6. Método de regulagem das vazões nas linhas de desvio

por zona de funcionamento em um processo em leito móvel simulado, como definido na reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende pelo menos 4 zonas de funcionamento definidas por:

- uma zona 1 de dessorção dos compostos do extrato, compreendida entre a alimentação do dessorvente D e a extração do extrato E;

- uma zona 2 de dessorção dos compostos do refinado, compreendida entre a extração do extrato E e a alimentação da carga F;

- uma zona 3 para a adsorção dos compostos do extrato, compreendida entre a alimentação da carga F e a extração do refinado R;

- uma zona 4 situada entre a extração do refinado R e a alimentação do dessorvente D,

segundo a qual:

- 1) se busca a otimização de sincronização sobre uma zona determinada, fixando-se a sincronização em 100% para o conjunto das linhas de desvio não-fechadas das outras zonas;

- 2) e se atribui a cada zona a otimização de sincronização obtido na etapa precedente.

7. Utilização do processo de separação em leito móvel simulado, como definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 5, ou aplicação do método, como definido na reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que é para a separação do paraxileno ou do metaxileno no meio de uma mistura de hidrocarbonetos aromáticos em C8.

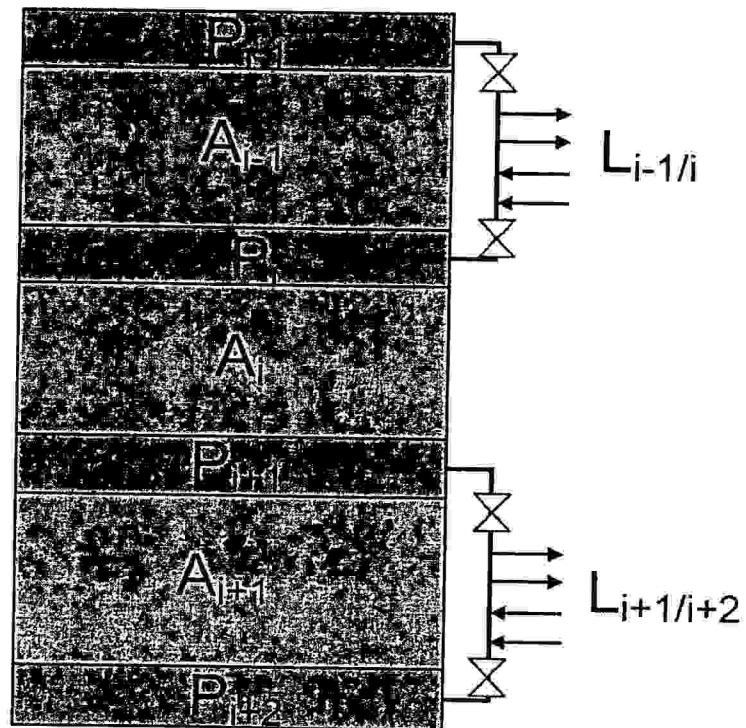


FIG. 1

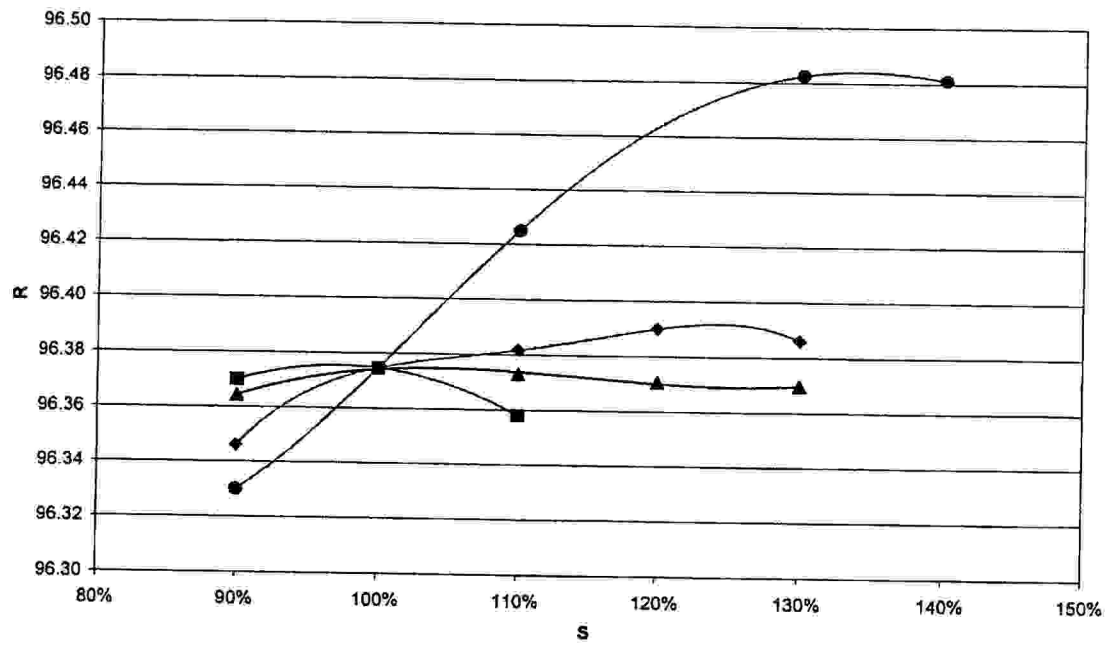


FIG. 2