



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

(21) **PI 0617814-6 A2**

(22) Data de Depósito: 18/10/2006  
(43) Data da Publicação: 08/01/2013  
(RPI 2192)



(51) *Int.Cl.:*  
B01J 19/24  
B01F 13/00  
B01F 5/00  
F28D 9/00

(54) **Título:** MÓDULO DE FLUXO DE MÚLTIPLAS FUNÇÕES

(30) **Prioridade Unionista:** 24/10/2005 SE 0502355-1, 24/10/2005 SE ITS/SE05/00610

(73) **Titular(es):** Alfa Laval Corporate AB

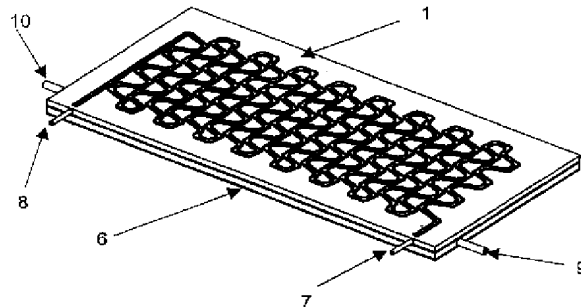
(72) **Inventor(es):** Barry Johnson, Erik Cardelius, Kasper Höglund, Tommy Noren

(74) **Procurador(es):** Momsen, Leonardos & CIA.

(86) **Pedido Internacional:** PCT SE2006001186 de 18/10/2006

(87) **Publicação Internacional:** WO 2007/050013de 03/05/2007

(57) **Resumo:** MÓDULO DE FLUXO DE MÚLTIPLAS FUNÇÕES. Apresente invenção se refere a um módulo de fluxo de múltiplas funções incluindo placas de fluxo e/ou placas de trocador de calor empilhadas juntas, dita placa de fluxo tendo um canal de fluxo e uma ou mais aberturas de conexão. Para cada placa de fluxo ou placa de trocador de calor podem ser arranjadas uma ou mais placas de barreira. a presente invenção se refere adicionalmente a um método para extração, para reação, para mistura ou combinações dos mesmos no módulo de fluxo de múltiplas funções, e para usos do modulo de fluxo de múltiplas funções.



## “MÓDULO DE FLUXO DE MÚLTIPLAS FUNÇÕES”

A presente invenção se refere a um módulo de fluxo de múltiplas funções, um método para extração, para reação, para mistura ou combinações dos mesmos no módulo de fluxo de múltiplas funções, e para  
5 usos do módulo de fluxo de múltiplas funções.

### Fundamentos da Invenção

Exemplos de reatores químicos contínuos, os quais têm um fluxo contínuo de materiais ou reagentes no reator e um fluxo contínuo de materiais ou produtos fora do reator, são divulgados por WO 2004/089533,  
10 WO 03/082460, EP 1123735, e EP 0701474 B1. Existem diferentes características, as quais são importantes para módulos de fluxos, tal como flexibilidade em instalação, configuração de fluxo, propriedades de mistura, controle de temperatura, monitoramento, tempos de residência etc.

Portanto, um número de problemas para superar quando  
15 projetando e construindo módulos de fluxo de múltiplas funções são, por exemplo, vazamentos, habilitação de inspeção visual, limpeza de trajetos de fluxos, adaptação do fluxo do processo para conseguir tempo de residência desejado para uma dada vazão, acesso ao fluxo de processo no meio do reator, configuração ou fluxo de transferência de calor, descarga de gás dissolvido  
20 fora do módulo, mistura de fluidos etc.

Assim, um objetivo da presente invenção é prover um módulo de fluxo de múltiplas funções, o qual tenha boa acessibilidade e seja fácil de manusear, etc.

Um objetivo adicional é prover um módulo de fluxo de  
25 múltiplas funções tendo bom desempenho de transferência, e oportunidade para controlar temperatura.

Um objetivo adicional é prover um módulo de fluxo de múltiplas funções tendo características de fluxo de fluido adequadas para reações químicas, extrações, separações, etc.

### A invenção

Adequadamente, a presente invenção apresenta uma solução para os problemas acima apresentados provendo um módulo de fluxo de múltiplas funções projetado plano, menor, capaz de ser empilhado e externamente ou internamente conectável ou seções bidimensionais, onde cada seção pode ser aberta para revelar um trajeto de fluxo, um canal, uma ranhura ou uma passagem para um ou mais fluidos, daqui por diante chamados canal de fluxo, cujo canal de fluxo pode ser qualquer matriz ou uma matriz densamente comprimida em uma placa de fluxo. Assim a presente invenção provê um módulo de fluxo de múltiplas funções flexível ou adaptável de seções empilháveis e que podem ser conectadas externa ou internamente tendo um canal de fluxo para fluxo contínuo de materiais no módulo e um fluxo contínuo de materiais ou produtos fora do módulo. O módulo de fluxo de múltiplas funções é empilhável tanto horizontal como verticalmente.

Assim, a presente invenção se refere a um módulo de fluxo de múltiplas funções incluindo placas de fluxo e/ou placas de trocador de calor empilhadas juntas, cuja placa de fluxo tendo um canal de fluxo e uma ou mais aberturas de conexão. Para cada placa de fluxo ou placa de trocador de calor podem ser arranjadas uma ou mais placas de barreira. A presente invenção se refere adicionalmente a um método para extração, para reação, para mistura, ou combinações dos mesmos no módulo de fluxo de múltiplas funções, e os usos do módulo de fluxo de múltiplas funções.

Cada seção de módulo de fluxo de múltiplas funções pode incluir uma placa de fluxo tendo um canal de fluxo para processar materiais fluidos, e uma ou mais placas de barreira ou uma ou mais placas de extremidade. Pode haver uma ou mais placas de trocador de calor para uma ou mais das placas de fluxo, ou entre pelo menos duas placas de fluxo separando as pelo menos duas placas. As seções podem ter seus canais de

fluxo conectados em uma série ou paralelos um ao outro.

De acordo com uma configuração alternativa da invenção um módulo de fluxo pode incluir placas de fluxo, placas de barreira, placas de extremidade, placas de pressão, e eventualmente gaxetas formando uma seção de fluxo. Uma ou mais das seções de fluxo podem ser arranjadas tal que canais de fluxo podem ser conectados em uma série ou paralelos um a outro. Assim, o módulo de fluxo de múltiplas funções inclui pelo menos uma seção de fluxo e opcionalmente uma ou mais seções de trocador de calor podem ser presas a qualquer das seções de fluxo. A seção de trocador de calor pode incluir uma placa de trocador de calor, e uma ou mais placas de barreira, ou placas de extremidade presas juntas. As seções de fluxo e/ou seção de trocador de calor podem ser presas por dispositivos externos ou por dispositivos internos.

De acordo com uma alternativa da presente invenção o módulo de fluxo de múltiplas funções pode incluir pelo menos uma seção de fluxo integrado, a qual é uma seção isolada. A seção de fluxo integrado inclui uma placa de fluxo e uma placa de trocador de calor fabricada como uma peça tendo um canal de fluxo no lado da placa de fluxo da peça única e uma zona de trocador de calor no lado da placa de trocador de calor. O canal de fluxo está tendo uma entrada e uma saída conectadas às extremidades do canal. Uma ou mais aberturas de conexão colocam ao longo pelo menos um lado externo da seção de fluxo integrado comunicando com o canal de fluxo. Uma gaxeta e uma placa são arranjadas no lado da placa de fluxo para vedar o canal de fluxo. Um elemento inserido de acordo com uma alternativa e uma placa são arranjados no lado da placa de trocador de calor para vedar a zona de trocador de calor da seção de fluxo. O canal de fluxo da seção de fluxo integrado está tendo uma ou mais zonas de mistura em forma de dobras ou zonas curvas. De acordo com uma alternativa, as zonas de mistura são em forma de cantos nas dobras ou zonas curvas do canal de fluxo.

De acordo com outra configuração alternativa da invenção uma seção de fluxo ou uma seção de fluxo integrada pode incluir uma placa de fluxo, uma ou mais placas de barreira, gaxetas, placas de extremidade e uma ou mais placas de trocador de calor, e cada seção de fluxo pode ser conectada a outra seção de fluxo ou outra seção de fluxo integrada e empilhada junto, tendo seus fluxos canais conectados em uma serie ou paralelos um a outro. Assim o módulo de fluxo de múltiplas funções inclui uma ou mais seções de fluxo presas juntas por meio de dispositivos externos ou internos.

De acordo com outra configuração alternativa da invenção o módulo de fluxo de múltiplas funções pode incluir um numero maior de seções ou placas de fluxo, placas de barreira, e/ou gaxetas do que o número de seções tendo uma ou mais placas de trocador de calor, em que cada seção pode ser presa a outra seção, e empilhadas juntas, tendo seus canais de fluxo conectados em uma série ou paralelos um ao outro. Assim, o módulo de fluxo de múltiplas funções inclui uma ou mais seções de placas de fluxo e uma ou mais seções de placa de trocador de calor presas juntas pelos dispositivos externos ou pelos dispositivos internos.

De acordo com outra configuração alternativa da invenção o módulo de fluxo de múltiplas funções pode incluir um numero menor de seções de placas de fluxo, placas de barreira, placas de extremidade, e eventualmente gaxetas do que o número das seções tendo uma ou mais placas de trocador de calor, em que cada seção pode ser conectada a outra seção e empilhadas juntas, tendo seus canais de fluxo conectados em uma série ou paralelos um ao outro. Assim, o módulo de fluxo de múltiplas funções inclui uma ou mais seções de fluxo, e duas ou mais seções de placas de trocador de calor presas juntas por dispositivos externos ou por dispositivos internos.

De acordo com outra configuração alternativa da presente invenção o módulo de fluxo de múltiplas funções pode incluir o mesmo

numero de seções de seções de fluxo que o numero de seções de trocador de calor. Cada seção pode ser presa a outra seção, e empilhada junto, tendo seus canais de fluxo conectados em um série ou paralelos um ao outro e presos juntos por dispositivos externos ou por dispositivos internos.

5                   A placa de fluxo da invenção pode incluir um canal de fluxo para materiais fluidos, e o canal de fluxo pode ser pode ser cortado atravessado, esculpido, sulcado, comprimido, atacado quimicamente, ou combinações das técnicas definidas na placa de fluxo. O canal de fluxo pode constituir uma matriz bidimensional na placa de fluxo. O canal de fluxo pode ser estendido tão longo quanto possível, densamente em uma matriz, tão curto quanto possível, ou ainda, ter o comprimento adequado na placa de fluxo, dependendo do tempo de residência desejado, vazão, tempo de reação etc. O comprimento do canal de fluxo pode ser otimizado e projetado para servir ao processo desejado. A forma da matriz do canal de fluxo pode ser, por exemplo, um labirinto, um ziguezague, canal sinuoso ou qualquer outro tipo adequado de forma. Uma entrada e uma saída estão sendo conectadas a cada extremidade do canal de fluxo em cada placa de fluxo. O módulo de fluxo de múltiplas funções pode ser construído de placas com tamanhos diferentes do canal de fluxo em placas diferentes. O comprimento do canal de fluxo pode ser diferente, o canal pode ser longo ou curto. O canal pode também variar entre as placas, em quão largo o canal é. Uma placa pode ter um canal largo e outra pode ter canal mais estreito dependendo da aplicação etc.

Os canais de fluxo podem ter uma área de seção transversal de pelo menos  $0.1 \text{ mm}^2$ . De acordo com uma configuração alternativa a área de seção transversal pode ser de pelo menos  $0.5 \text{ mm}^2$ . De acordo com outra configuração alternativa a área de seção transversal pode ser de pelo menos  $1 \text{ mm}^2$ . A área de seção transversal pode ser tão grande como  $1.000 \text{ mm}^2$ , ou grande como  $10.000 \text{ mm}^2$ , mas qualquer tamanho adequado ao processo desejado é aplicável. De acordo com uma configuração alternativa a área de

seção transversal do canal de fluxo pode estar dentro da faixa de cerca de 0.5 mm<sup>2</sup> a cerca de 100mm<sup>2</sup>. De acordo com outra configuração alternativa a área de seção transversal do canal de fluxo pode estar dentro da faixa de cerca de 1mm<sup>2</sup> a cerca de 75mm<sup>2</sup>.

5                   Ao longo dos lados externos da placa de fluxo, uma ou mais aberturas de conexão podem ser arranjadas entre o lado externo da placa de fluxo e o canal de fluxo em pelo menos um lado, em dois lados, em três lados, ou em todos os quatro lados da placa de fluxo. Para as aberturas de conexão quaisquer tipos de funções podem ser conectados, podendo ser, por exemplo,  
10                   entradas para reagentes, entradas para outros fluidos adicionais, entradas para qualquer outro meio necessário para processo desejado, saídas para fluidos de processo, saídas para produtos intermediários para ser alimentados em um canal de fluxo em um estágio posterior, saídas para amostras de teste de  
15                   fluidos de processo a partir do canal de fluxo, saídas para amostras para ser analisadas continuamente on-line ou por amostras de lotes por meio de  
20                   espectrômetros de luz ultra violeta (UV), espectrômetros de luz infravermelha (IR), gás cromatográfico, espectrômetros de massa (MS), ressonância magnética nuclear NMR, etc. para identificar os produtos ou substâncias intermediários e para controlar o processo de execução de acordo com  
"Process-Analytic-Technology" – Tecnologia Analítica de Processo.(PAT).

                  As aberturas de conexão podem alojar quaisquer tipos de unidades de sensor, elementos térmicos, etc. em contato com o canal de fluxo para enviar informações para um computador ou para um dispositivo de controle. As aberturas de conexão podem também ser ligadas quando não em  
25                   uso, se não há necessidade de uma função especial conectada a um canal de fluxo, ou as aberturas de conexão podem ser equipadas com dispositivos de segurança para liberar pressão, instantânea ou controlada. De acordo com uma alternativa da invenção uma ou mais das aberturas de conexão podem ser aberturas de injeção ou aberturas de dispersão.

O material da placa de fluxo pode ser selecionado a partir de qualquer material resistente à corrosão. O material pode ser aço inoxidável, ligas baseadas em ferro, ligas baseadas em níquel, titânio, ligas de titânio, tântalo, ligas de tântalo, ligas à base de molibdênio, zircônio, ligas de zircônio, vidro, quartzo, grafite, grafite reforçado, PEEK, PP, PTFE etc. ou o material da seção de fluxo pode ser um material macio tal como PEEK, PP, PTFE macios, etc. ou Viton®, Teflon®, Kalrez® etc., e assim as gaxetas podem ser eliminadas do módulo de fluxo de múltiplas funções.

De acordo com uma configuração alternativa uma placa de pressão pode tendo uma matriz correspondente ao canal de fluxo, cobrindo o canal de fluxo e atuando na gaxeta para vedar a placa de fluxo.

De acordo com outra configuração alternativa da invenção zonas de saliências ao longo das circunferências do canal de fluxo podem ser arranjadas em cada lado próximo ao canal de fluxo, para capacitar a gaxeta para fechar a placa de fluxo contra uma placa de extremidade ou contra uma placa de barreira, ou uma placa de trocador de calor para evitar vazamentos.

Uma gaxeta pode fechar ou vedar uma placa de fluxo a partir de vazamento, e a gaxeta é arranjada para cobrir ou fechar o canal de fluxo contra uma placa de extremidade, contra uma placa de barreira, um isolante ou contra uma placa de trocador de calor.

A gaxeta pode ser de um material mais macio do que aquele da placa de fluxo. Assim, as saliências, ao longo do canal de fluxo, ou a placa de pressão habilita uma pressão de contato suficiente para vedar a placa de fluxo contra uma placa de extremidade, uma placa de barreira, outra placa de fluxo, ou contra uma placa de trocador de calor.

A gaxeta pode ser uma folha plana, ou folha de várias camadas de um material adequado, exemplo de tal material pode ser várias camadas de politetrafluoroetileno expandido (ePTFE), politetrafluoroetileno (PTFE), Perfluorelastômeros, ou fluorelastômeros, poliéter éter acetona (PEEK),

polipropeno (PP) etc. O material de gaxeta pode ser um material macio tal como PEEK, PP, PTFE. Etc. ou Viton®, Teflon®, Kalrez® etc. ou a gaxeta poderia ser de anéis metálicos ou elementos de vedação ou material metálico adequado. O material da gaxeta deveria ter boa resistência química dependendo do processo, mas, se o processo não necessitar de boa resistência química, então, outros materiais são suficientes. O material de gaxeta pode ser macio, até que as forças de aperto fechem a estrutura, e o material possa ser deformável com dilatação lateral muito pequena. Assim a gaxeta pode preencher quaisquer imperfeições nas superfícies de vedação. De acordo com outra configuração alternativa a gaxeta pode ter a forma correspondente aos canais de fluxo, formada, por exemplo, por uma ferramenta de impressão, ou a gaxeta pode ser comprimida por força externa para a força desejada para minimizar o fato de que a gaxeta inche para baixo no canal de fluxo, resultando no fato de que a seção transversal permaneça a mesma, e absorção do fluido pela gaxeta é reduzida.

Uma membrana pode ser adicionada entre as superfícies de vedação como uma alternativa. O fluxo de múltiplas funções pode incluir pelo menos uma placa de barreira ou pelo menos uma gaxeta como sendo uma membrana de acordo com uma alternativa da invenção. De acordo com outra alternativa, um catalisador pode ser adicionado à superfície da gaxeta ou ao canal de fluxo.

As placas de barreira podem ter condutividade para capacitar a transferência de calor para ou da placa de fluxo ou as placas de fluxo, ou a placa de barreira pode ser um isolante, e assim isolar a placa de fluxo. A placa de barreira pode estar em um lado da gaxeta, dita placa de barreira pode ter condutividade de calor para capacitar a transferência de calor através da gaxeta a partir de, por exemplo, uma placa de trocador de calor próxima, uma placa de fluxo próxima ou ambas para a placa de fluxo no outro lado da gaxeta, ou pode a placa de barreira ser um isolante, e isolar a placa de fluxo e

a gaxeta de outras fontes de transferência de calor.

As placas de barreira separam fisicamente fluidos nas placas de fluxo do fluido de transferência de calor da placa de trocador de calor, fluido de processo de outra placa de fluxo, ou ambos. Placas de barreira podem ser integradas ou presas permanentemente às placas de fluxo, placas de trocador de calor, ou ambas, por exemplo, por soldadura com solda forte, soldadura com solda branca ou adesão, ou combinação dos mesmos.

De acordo com uma configuração alternativa da invenção placas de barreira podem ser vedadas ou podem juntar ambos os lados de uma placa de fluxo, ambos os lados de uma placa de trocador de calor, ou ambas.

As placas de barreira podem ser de qualquer material resistente à corrosão, eles podendo ser metal, plástico, material polimérico cerâmica, vidro etc. As placas de barreira ou placas de cobertura podem ser selecionadas a partir de aço inoxidável, ligas baseadas em ferro, ligas baseadas em níquel, titânio, ligas de titânio, tântalo, ligas de tântalo, ligas à base de molibdênio, zircônio, ligas de zircônio, vidro, quartzo, grafite, grafite reforçado, PEEK, PP, PTFE etc.

A placa de trocador de calor pode ser uma placa de transferência de calor não fluida, pode ser um elemento Peltier, pode ter depressões, canais ou ranhuras na placa, pode ter um corte na área cobrindo a área do canal de fluxo da placa de fluxo, ou pode ter corte através dos canais.

Cada canal, depressão, canal, ranhura ou corte através da área pode ter aletas, asas, material de embalagem estruturado, espumas metálicas, etc. para aumentar a área de transferência de calor, e para aumentar a turbulência do fluido de trocador de calor para aumentar a transferência de calor de acordo com uma configuração alternativa da invenção.

A placa de trocador de calor pode ser integrada ou permanentemente presa à placa de barreira da placa de fluxo por soldadura com solda forte, soldadura com solda branca ou adesão, ou combinação dos

mesmos: de acordo com outra configuração alternativa cada placa de trocador de calor pode ter placas de barreira, placas de cobertura, ou uma placa de barreira e uma placa de cobertura em cada lado da placa de trocador de calor, ditas placas podendo ser permanentemente presas à placa de trocador de calor por soldadura com solda forte, soldadura com solda branca ou adesão, ou combinação dos mesmos.

De acordo com outra configuração alternativa da invenção a placa de trocador de calor pode ser permanentemente presa às placas de barreira em cada lado da placa de trocador de calor.

A placa de trocador de calor pode ser feita de qualquer material resistente à corrosão, e pode ser de aço inoxidável, ligas baseadas em ferro, ligas baseadas em níquel, titânio, ligas de titânio, tântalo, ligas de tântalo, ligas à base de molibdênio, zircônio, ligas de zircônio, vidro, quartzo, grafite, grafite reforçado, PEEK, PP, PTFE etc.

De acordo com uma configuração alternativa da invenção, uma entrada e uma saída podem ser conectadas a cada extremidade da placa de trocador de calor.

De acordo com outra alternativa da invenção a entrada e a saída podem anexar sensores ou elementos térmicos.

De acordo com uma configuração alternativa, a placa de trocador de calor tendo corte através dos canais depressões, canais ou ranhuras pode ser inserida em um tubo de entrada, um tubo de saída ou ambos nos lados opostos da placa de trocador de calor. O tubo de entrada, o tubo de saída, ou ambos têm sensores inseridos, elementos térmicos inseridos, ou ambos para monitorar o processo, para produzir sinais para serem analisados em, por exemplo, um computador ou aparelho semelhante, ou ambos.

As placas de fluxo, as placas de trocador de calor, as placas de barreira, as placas de cobertura e as placas de extremidades podem ser do mesmo material ou podem ser de materiais deferentes, e o material ou os

materiais podem ser selecionados a partir de qualquer material resistente à corrosão, ou podem ser de metal, vidro, cerâmicas, grafite, grafite reforçado, polímero, plástico, etc. De acordo com uma configuração alternativa o material ou os materiais podem ser selecionados a partir de aço inoxidável, ligas baseadas em ferro, ligas baseadas em níquel, titânio, ligas de titânio, tântalo, ligas de tântalo, ligas à base de molibdênio, zircônio, ligas de zircônio, vidro, quartzo, grafite, grafite reforçado, PEEK, PP, PTFE etc. ou combinação dos mesmos.

Quando o material nos módulos de fluxo de múltiplas funções é de metal ou de uma liga, as partes do módulo podem, em seguida, passar por processo de soldadura com solda forte, soldadura com solda branca ou adesão ou combinação dos mesmos para cada um. Se as partes passam por soldadura com solda forte então o material soldado com solda forte pode ser selecionado a partir de material soldado com solda forte a base de ferro, material soldado com solda forte a base de níquel, material soldado com solda forte a base de cobre ou qualquer outro material semelhante ao material do módulo de fluxo de múltiplas funções.

O módulo de fluxo de múltiplas funções pode ser regulado e/ou controlado com a ajuda de elementos térmicos, eletrodos, sensores diferentes adaptados para produzir diferentes sinais de processo correspondendo às propriedades adequadas dos fluidos ou processos desejados, ou combinações dos mesmos. Os sinais de processo podem ser avaliados com a ajuda de um computador ou qualquer outro dispositivo de avaliação para produzir sinais de controle, os quais podem controlar automaticamente o processo aplicado, a reação química, ou para otimizar vazões, temperatura, liberação de gás, injeções, pressões e dispersões, etc. ou combinação dos mesmos, e otimizar assim o processo e produção desejados dos produtos a partir de um módulo de fluxo de múltiplas funções.

Todas os acoplamentos entre saídas e entradas das placas de

fluxo, ou entre saídas e entradas das placas de trocador de calor têm que ser apertadas e seguras de forma que não ocorram vazamentos. Existem vários tipos diferentes de acoplamento no mercado, os quais podem ser suficientes. De acordo com uma configuração alternativa da invenção, o acoplamento

5 pode ser um acoplamento de braçadeira divisível, o qual inclui duas metades e dois parafusos. O diâmetro e a profundidade do acoplamento de braçadeira divisível podem ser ligeiramente maiores do que o diâmetro externo do revestimento. A braçadeira pode ser feita como duas metades idênticas ou como duas metades de espelho, com dois parafusos no mesmo lado das

10 divisões ou nos lados opostos das divisões. Um ponto de contato pode ser criado entre as metades de acoplamento ou entre cada metade e o tubo, o que é possível devido às linhas de centro dos parafusos estarem arranjadas compensadas a partir do plano da vedação. De acordo com uma alternativa de configuração da presente invenção, os parafusos podem ser presos às metades

15 de acoplamento da braçadeira por algum dispositivo de retenção, tal como um anel de retenção, cravo ou semelhante, através, por exemplo, de orifícios de parafusos.

Ao produzir dispersões finas pela introdução de um líquido não miscível de uma maneira controlada e de uma forma segura em alta

20 velocidade no processo de fluxo no canal, portanto é crucial que o bocal tenha um projeto adequado. O bocal projetado pode ser um dispersor ou um injetor. O bocal pode ser ajustado a qualquer das aberturas de conexão entre lados da placa de fluxo e o canal de fluxo, ou o bocal podem ser arranjados perto da entrada do canal de fluxo ou na entrada do canal de fluxo,

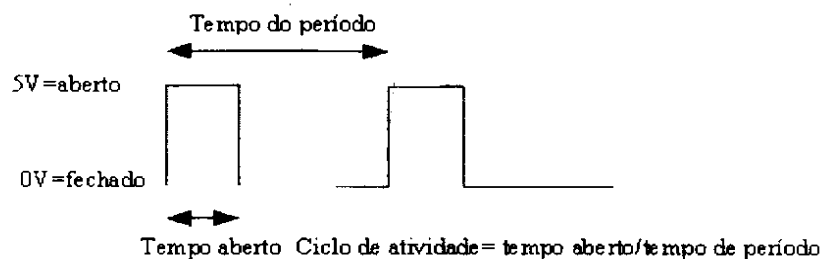
25 onde o fluxo do processo é introduzido no canal. Um ou mais líquidos imiscíveis poderiam ser simultaneamente alimentados através do bocal. O bocal projetado poderia ser um dispersor tendo uma peça do bocal em forma de um tubo fechado com uma área de orifício única na extremidade fechada tendo um diâmetro de orifício ( $D$ ), ou onde orifícios múltiplos  $n$  estão

presentes em um diâmetro correspondente à área total dos orifícios dividida pelo número de orifícios  $n$  do bocal, o qual é suficientemente maior do que o comprimento ou largura ( $T$ ) do orifício no bocal, ver Figura 17, e a razão pode ser selecionada de forma que o comprimento do orifício seja muito menor do que o diâmetro do orifício ( $T \ll D$ ). Quando o dispersor está em uso, gotículas serão aspergidas para fora do dispersor e criam um cone de gotículas no fluxo do processo. O tamanho das gotículas que são criadas dependendo da diferença de pressão bem no exterior do bocal e a pressão no conduto de corrente principal. Se o comprimento do orifício ( $T$ ) é grande, será muito difícil criar a condição de pressão desejada naquele ponto.

Para bocais pequenos, comprimento ( $T$ ) e diâmetro ( $D$ ) serão muito pequenos e ocorrerá limitação de fabricação. Uma maneira favorável de fazer tal bocal é, por exemplo, usar cautério, perfuração a laser ou micro perfuração em uma placa fina a qual então seja orbital soldada com solda branca por laser ou por raio de elétron em um tubo. Um bocal pode produzir gotículas e o tamanho da gotícula vai depender do fluxo e do diâmetro do bocal selecionado.

Para aumentar fluxo através de um bocal é possível fazer um orifício maior ou fazer mais orifícios no bocal. Usando muitos orifícios pequenos ao invés de um orifício grande, é então possível criar pequenas gotículas. Para ter certeza de ter a mesma condição de pressão em cada orifício é favorável colocar os orifícios assimetricamente em relação ao eixo principal no qual o bocal é soldado com solda branca em orbital. Pode haver várias fileiras de orifícios arranjados em círculos concêntricos. O tamanho do orifício poderia ser escolhido de acordo com as velocidades do fluxo para o raio de círculo concêntrico ou a viscosidade dos fluidos passando para fora dos orifícios. A aspensão de materiais para fora dos orifícios pode ser um modo de pulsão, continuamente, ou ser aspergido a intervalos especialmente adaptados à aplicação do módulo de fluxo de múltiplas funções.

Uma bomba pode ser conectada para suprir e pressurizar o fluido do bocal. O fluido será aspergido para fora do bocal de uma maneira em forma de cone. A bomba poderia tanto bombear fluidos continuamente como alimentar o bocal em um modo de pulsão. As pulsões podem, por exemplo, ser geradas pelo controle do ciclo de funcionamento das bombas ou por uma válvula na linha de alimentação para o bocal. A bomba é controlada adequadamente para manter um dado nível de pressão. Se o bocal é alimentado no modo de pulsão de acordo com uma configuração alternativa da invenção, então, poderia ser importante que o volume entre o bocal e a válvula de pulsão não mude com a pressão. O ciclo de atividade da válvula, i.e. o tempo aberto é menor ou igual a 100% do tempo de período total e é # 0%, pode ser controlado para dar uma vazão dada, a qual pode ser vista abaixo.



O bocal pode ser operado sob modos pulsados ou não pulsados, e é usado para fazer aspersões fluidas em uma dada vazão média.

O tamanho do bocal foi escolhido para dar uma vazão suficiente na pressão disponível e o nível de pressão foi estabelecido para dar um determinado tamanho à gotícula. Isso significa que o tamanho da gotícula poderia ser ajustado trocando-se a pressão da bomba em uma vazão constante. A velocidade da bomba foi controlada para dar uma vazão através da válvula aberta i.e. modo sem pulso.

Qualquer gás contido ou produzido no fluxo de processo pode ser expelido, ou degaseificado, a partir do canal de fluxo por condutos na forma de gaxeta a partir de uma superfície de membrana para a borda da gaxeta. Um sistema de degaseificação pode ser conectado a uma saída dos

canais de fluxo, para uma entrada do canal de fluxo, ou ambos, ou o sistema de degaseificação pode ser conectado às conexões nos lados das placas de fluxo. Qualquer tipo de sistema de degaseificação pode ser conectado a um módulo de fluxo de múltiplas funções.

5                    Dispositivos de liberação de pressão podem ser conectados a qualquer número de aberturas de conexão ou a uma entrada de canal de fluxo, uma saída de parte do fluxo, ou entre uma saída de parte do fluxo e uma entrada de parte do fluxo. A liberação de pressão pode ser passiva ou ativa. Um dispositivo de liberação de pressão passiva pode ser uma folha de  
10    arrebitamento, mas qualquer dispositivo de liberação de pressão passiva pode ser usado. Um dispositivo de liberação de pressão ativo pode ser qualquer número de unidades de injeção para materiais ou substâncias em extinção, os quais podem estar atuando no comando a partir de um computador equipado com um programa de controle e monitoramento. Outro  
15    dispositivo de pressão ativo pode ser um dispositivo regulador de fluxo ou fluidos de trocador de calor, os quais também podem estar atuando no comando a partir de um computador equipado com um programa de controle e monitoramento. Ainda outro dispositivo de liberação de pressão ativo pode ser um dispositivo de regulação de fluxo para materiais de processo ou  
20    materiais agregados, os quais também podem ser ativos no comando a partir de um computador equipado com um programa de controle e monitoramento.

                    O módulo de fluxo de múltiplas funções pode ser usado em um laboratório para processar experimentos, nos quais flexibilidade seja uma característica importante. O módulo de fluxo de múltiplas funções pode ser  
25    usado como uma instalação piloto, pode ser usado como um módulo de fluxo de múltiplas funções de escala completa, ou pode ser usado como um módulo de fluxo projetado em escala completa. O módulo de fluxo de múltiplas funções pode ser para uso como um reator, um extrator, uma ferramenta de separação, um aparelho de mistura, etc. para processos de projeto ou

combinação dos mesmos.

O desempenho do módulo de fluxo de múltiplas funções será daqui em diante descrito principalmente. O projeto dos canais de fluxo é feito adequadamente para flexibilidade no propósito dos processos desejados. Se for favorável para muitos processos essa mistura de fluidos miscíveis em uma vazão desejada resultará em uma escala de tempo pequena e uniforme de micro-misturação correspondendo a uma queda de pressão desejada por placa. Portanto, o canal de fluxo de cada placa de fluxo ou seção de fluxo está tendo um projeto compacto e o comprimento de cada canal é projetado para o propósito do módulo de fluxo. O canal de fluxo tem uma ou mais zonas de mistura na forma de zonas curvadas ou dobradas. As zonas de mistura podem ser na forma de cantos nas zonas curvas e dobradas do canal de fluxo de acordo com uma alternativa da invenção. As zonas de mistura poderiam ser micro zonas de mistura. O projeto do módulo de fluxo de múltiplas funções oferece boa transferência de calor, o que favorece a têmpera de reações químicas, mistura de fluido, extrações, etc. Alta transferência de calor vem de uma combinação de transferência de calor por convecção tradicional no fluido de utilidade e transferência de calor condutiva através do material de condução de calor do módulo de fluxo de múltiplas funções. A combinação da boa mistura e redistribuição de fluido no canal de fluxo e as taxas de transferência de calor altas irão prover excelente controle térmico do fluxo médio

O módulo de fluxo de múltiplas funções pode operar em pressões normais e elevadas através de, por exemplo, um restritivo de fluxo à jusante. A pressão máxima atual será diferente para materiais de gaxeta diferentes e podem mudar dependendo do projeto escolhido e material escolhido para o módulo de fluxo de múltiplas funções.

Outra propriedade definindo o módulo de fluxo de múltiplas funções para um determinado processo desejado é a distribuição do tempo de

residência, e a distribuição do tempo de residência, é dependente de outras propriedades tais como faixa de vazões, viscosidade de fluido, etc.

Fluxo não laminar é estabelecido em uma vazão mais baixa no canal de fluxo do módulo de fluxo de múltiplas funções da invenção do que em, por exemplo, um tubo liso tendo uma seção transversal circular de área semelhante. A matriz de fluxo no canal de fluxo é semelhante nas vazões altas e baixas. Este não é o caso com o tubo liso. Em vazões baixas o tamanho ou mistura de escala macro é maior, mais rápido ou ambos no canal de fluxo do módulo de fluxo de múltiplas funções da invenção do que em um tubo liso. Uma escala de laboratório, na escala piloto ou um módulo de fluxo de múltiplas funções de escala de produção plena tem propriedades de fluxo semelhantes e portanto também as matrizes de fluxo e conseqüentemente os mecanismos de mistura são semelhantes.

Para operar um módulo de fluxo de múltiplas funções da invenção envolve a criação de um fluxo tampão no canal de fluxo no canal de fluxo do módulo, o qual é estabelecido pelo fluxo não laminar. O fluxo do material no canal de fluxo é exposto para mistura pelo projeto do canal de fluxo para formar vértices grandes ou pequenos no fluxo dos materiais. Quanto mais intenso o projeto do canal de fluxo, mais turbulência no fluxo do fluido. O princípio do fluxo tampão é para cada gota, partícula, molécula, etc. "primeiro a entrar, primeiro a sair" de cada seção do fluxo.

O módulo de fluxo de múltiplas funções de acordo com a configuração alternativa da invenção pode ser usado por extração, por reação, por mistura ou combinação dos mesmos, e o método de operação do módulo inclui introduzir um primeiro fluxo de materiais através de um ou mais dispositivos de entrada em um canal de fluxo, transferindo os primeiros materiais de fluxo através do canal de fluxo, introduzindo opcionalmente um ou mais materiais adicionais nos primeiros materiais de fluxo através de uma ou mais aberturas de conexão adicionais, fluxo regulador de materiais,

vazões, tempo de residência ou combinações dos mesmos, com ajuda de dispersores de entrada, válvulas de entrada, válvulas de saída, ou combinação dos mesmos cujos dispersores de entrada, válvulas de entrada, válvulas de saída ou combinações dos mesmos são, ou não são controladas por sinais modulados a partir de uma ou mais unidades de sensores, e medindo temperaturas com ajuda de um ou mais elementos térmicos, e controlando a transferência de calor a partir de uma ou mais placas de trocador de calor.

De acordo com outra configuração alternativa da invenção pode o método por extração, por reação, por mistura, ou combinação dos mesmos, em um módulo de fluxo de múltiplas funções inclui a introdução de um primeiro fluxo de materiais através de um ou mais dispositivos de entrada em um canal de fluxo, transferindo os primeiros materiais de fluxo através do canal de fluxo, opcionalmente introduzindo um ou mais materiais nos primeiros materiais de fluxo através de uma ou mais aberturas de conexão adicionais, criando um fluxo tampão dos materiais no canal de fluxo.

O método pode incluir que o fluxo de materiais no canal de fluxo é regulado para criar um fluxo tampão dos materiais através do módulo de fluxo de múltiplas funções. O fluxo tampão pode ser criado com ajuda de zonas de mistura.

Uma ou mais unidades de sensores podem estar enviando sinais para um computador ou unidade de processamento de dados e o computador ou a unidade de processamento de dados controlando e enviando informações para unidades de regulação de fluxo e unidades de regulação de temperatura.

O módulo de fluxo de múltiplas funções pode ser usado como um reator, um extrator, ou um misturador, ou para fabricar substâncias químicas ou produtos para farmacêuticos ou para ser usados como farmacêuticos ou o módulo pode ser usado para fabricar especialmente químicas projetadas.

Uso de um módulo de fluxo de múltiplas funções pode ser usado como um equipamento de laboratório, como instalação piloto ou como equipamento de processo de escala completa.

A seguir a invenção será explicada pelo uso das Figuras 1 a 25.

5 As figuras têm o propósito de demonstrar a invenção e não têm a intenção de limitar seu escopo.

#### Breve Descrição das Figuras

Figura 1 é mostrada uma placa de fluxo tendo um canal de fluxo de acordo com uma configuração alternativa da invenção.

10 Figura 2 está mostrando uma placa de fluxo tendo um canal de fluxo de acordo com uma outra configuração alternativa da invenção.

Figura 3 está mostrando uma placa de fluxo tendo um canal de fluxo de acordo com uma outra configuração alternativa da invenção.

15 Figura 4 está mostrando uma curva em um canal de fluxo de acordo com uma configuração alternativa da invenção.

Figura 5 está mostrando uma seção de fluxo de acordo com uma configuração alternativa da invenção, tendo uma placa de fluxo no topo de uma placa de trocador de calor.

20 Figura 6 está mostrando uma pilha de seções de acordo com uma configuração alternativa da invenção.

Figura 7 está mostrando uma seção de fluxo de acordo com uma configuração alternativa da invenção incluindo uma gaxeta uma placa de fluxo, duas placas de barreira em ambos os lados de uma placa de trocador de calor, e em detalhe um canal de fluxo tendo zonas protraídas.

25 Figura 8 está mostrando uma placa de fluxo de acordo com uma configuração alternativa da invenção.

Figura 9 está mostrando uma placa de trocador de calor para uma configuração alternativa da invenção.

Figura 10 está mostrando uma seção transversal de um tubo de

entrada ou um tubo de saída tendo uma placa de trocador de calor de acordo com uma configuração da invenção.

Figura 11 está mostrando uma placa de fluxo vedada com uma gaxeta.

5                    Figura 12 está mostrando uma placa de pressão para vedar uma placa de fluxo junto com uma gaxeta de acordo com uma configuração alternativa da invenção.

Figura 13 está mostrando um acoplamento de braçadeira de acordo com uma configuração alternativa da invenção.

10                    Figura 14 está mostrando uma seção transversal de um acoplamento de braçadeira de acordo com uma configuração alternativa da invenção.

Figura 15 está mostrando uma visão lateral de um acoplamento de braçadeira de acordo com uma configuração alternativa da invenção e um tubo de entrada e um tubo de saída.

Figura 16 está mostrando uma seção transversal longitudinal de um acoplamento de braçadeira de acordo com uma configuração alternativa da invenção ou um tubo de entrada e um tubo de saída.

20                    Figura 17 está mostrando um bocal projetado, i.e. dispersor em função, de acordo com uma configuração alternativa da invenção e em detalhe uma peça do bocal .

Figura 18 está mostrando uma conexão de acordo com uma configuração alternativa da invenção.

25                    Figura 19 está mostrando uma alternativa de uma seção de fluxo de acordo com uma configuração alternativa da invenção tendo uma placa de fluxo no topo de uma placa de trocador de calor.

Figura 20 está mostrando a seção de fluxo da Figura 19 vista girada em 180°.

Figura 21 é um gráfico mostrando o perfil térmico dos fluidos

do processo em uma trajetória ao longo do canal de fluxo do Exemplo 1.

Figura 22 é um gráfico mostrando as propriedades hidrodinâmicas das distribuições do tempo de residência em relação à vazão do Exemplo 2

5                    Figura 23 é um gráfico mostrando a relação entre vazões e tamanhos de bocal do Exemplo 3.

Figura 24 é um gráfico mostrando a relação entre distribuição do tamanho das gotículas de líquido e pressão no Exemplo 4.

10                    Figura 25 é um gráfico mostrando a Distribuição do Tempo de Residência (RTDs) do Exemplo 5.

#### Descrição Detalhada das Figuras.

Placa de fluxo 1, mostrada na Figura 1,2,e 3, tem um canal de fluxo 2, o qual tem uma curvatura projetada cobrindo placa de fluxo 1. Em cada um dos lados da placa de fluxo plana, um numero de conexões 3, entre o canal de fluxo e o lado externo da placa de fluxo pode ser arranjado para abrigar entradas para materiais ou substâncias, ou saídas para produtos, ou as conexões podem abrigar sensores, elementos térmicos, ou equipamentos para amostras de testes de amostragem ou amostras de processos. Extremidades 4 do canal de fluxo abrigam tanto uma entrada para material de processo quanto uma saída para produtos de processo. A extremidade de saída pode ser externamente ou internamente conectada a uma extremidade de entrada de outro canal de fluxo em outra placa de fluxo não mostrada na Figura 1, 2 ou 3. A curvatura do canal de fluxo pode ser densamente comprimida, ver Figura 2, ou curta com poucas curvas como na Figura 3: A curvatura e o comprimento do canal de fluxo são dependentes da escala de tempo das operações de processo da unidade, ou do tempo de reação etc. ou da transferência de calor. De acordo com uma configuração alternativa da invenção o canal de fluxo pode ter cantos afiados 5, ver Figura 4, cujos cantos afiados estão no lado externo de cada curva da curvatura do canal de fluxo para criar zonas de

mistura no canal de fluxo. Na Figura 5 está uma placa de reação 1 arranjada no topo de uma placa de trocador de calor 6 provendo uma seção de fluxo tendo um tubo de entrada 7 para material de processo conectado à placa de fluxo e um tubo de saída 8 para produtos. Na placa de trocador de calor tem um tubo de entrada 9 e um tubo de saída 10 para fluidos de trocador de calor. Os fluidos de trocador de calor podem fluir contra o fluxo de processo ou pode fluir com ele dependendo da transferência de calor, assim, os tubos de entrada e os tubos de saída têm seus lugares trocados. Figura 6 está mostrando um número de seções de placa de fluxo e seções de trocador de calor arranjadas entre duas placas de extremidade 11. A figura está mostrando também conexões externas entre tubos internos 7 e tubos externos 8 das placas de fluxo, e entre tubos internos 9 e tubos externos 10 das placas de trocador de calor.

Um exemplo de uma seção de fluxo é mostrado na Figura 7 em que uma gaxeta 12 de qualquer material adequado, o qual pode ser uma placa construída de tecido de ePTFE, é arranjada no topo de uma placa de fluxo 1. Uma placa de barreira 13 pode ser permanentemente soldada com solda branca, soldada com solda forte ou ambos, ou coladas à placa de fluxo 1 e à placa de trocador de calor 6. No lado oposto da placa de trocador de calor 6 está arranjada outra placa de barreira 13. Quando várias seções de fluxo são empilhadas juntas então gaxeta 12 vedará ou fechará o canal de fluxo contra placa de barreira 13 ou, por exemplo, uma placa de trocador de calor não mostrada na figura. Para intensificar a vedação ou fechamento entre placa de barreira 13 e placa de fluxo 1 existem zonas protraídas 14 arranjadas próximas de cada rebordo do canal de fluxo, ver parte detalhada da Figura 7. Zonas protraídas 14 podem ser arranjadas em ambos os lados da placa de fluxo 1.

Um exemplo alternativo de uma placa de fluxo 1 é mostrado na Figura 8. De acordo com este exemplo fluido do processo é introduzido no

canal de fluxo através entrada 15 e uma ou mais substâncias são adicionadas através da entrada 16. As substâncias são misturadas, extraídas, separadas, reagidas ou combinação das mesmas ao longo do canal de fluxo e deixarão o canal de fluxo da placa de fluxo através da saída 17. Através de um numero  
5 de conexões 18 o fluxo do processo pode ser monitorado pelo uso de equipamento adequado para o propósito específico. Substâncias e reagentes podem ser adicionados através de conexões 18 ou amostras de teste podem ser mostradas através delas. Se as conexões não são usadas então elas podem ser tamponadas e vedadas para eliminar vazamentos. Conexões 18 podem ser  
10 presas em um lado do módulo ou em ambos dependendo do uso específico pretendido.

Na Figura 9 uma placa de trocador de calor 6 de acordo com um exemplo alternativo do módulo de fluxo é integrada ao elemento inserido 19, cujo elemento inserido está tendo asas ou aletas presas no canal de fluido  
15 de trocador de calor 20 para intensificar a transferência de calor. Canais de fluido de trocador de calor 20 são conectados a um tubo de entrada 21 e um tubo de saída 22 para fluidos de trocador de calor. Tanto para o tubo de entrada 21 ou tubo de saída 22 podem ser inseridos elementos térmicos 23. Um exemplo alternativo da conexão entre placa de trocador de calor 6 e uma  
20 do tubo de entrada 21 e do tubo de saída 22 pode ser vista na Figura 10. Em ambos os lados da placa de trocador de calor 6 estão placas de barreira 13 perto dos canais de fluido de trocador de calor 20 e tubos 21 e 22. A figura está mostrando também uma seção transversal de um elemento térmico 23 no meio do tubo.

25 Entre uma placa de fluxo 1 e uma placa de extremidade 24 está uma gaxeta 12 arranjada para fechar ou vedar o módulo de múltiplas funções. Placa de extremidade 24 pode ser substituída por uma placa de barreira ou por qualquer outra placa adequada. De acordo com uma configuração alternativa, Figura 11, uma placa de pressão 25 pode ser arranjada oposta ao canal de

fluxo no outro lado da gaxeta, entre gaxeta 12 e placa 24. Partes da gaxeta tendo impressões ou áreas comprimidas 26 correspondendo ao canal de fluxo resultarão em uma seção transversal mais uniforme 27 do que a seção transversal 28, a qual não tem áreas preparadas e, portanto, terá um revestimento 29 da gaxeta, a qual não é pré-planejada. Placa de pressão 25, ver Figura 12, pode ter uma matriz 30 refletindo a matriz do canal de fluxo 2 ou placa de fluxo 1 não vista na Figura.

De acordo com uma configuração alternativa da invenção há um acoplamento e uma braçadeira vedando a conexão entre as saídas do canal de fluxo e entradas do canal de fluxo quando existe mais do que uma placa de fluxo. Figuras 13, 14, 15 e 16 estão todas mostrando um a 31 dividido em duas metades 32. O diâmetro dos rebordos 33 vistos na Figura 16 é apenas levemente menor do que o diâmetro interno da braçadeira 31. Quando os parafusos estão apertando metades juntas 32, portanto as metades estarão fechando ou vedando o acoplamento. As metades da braçadeira podem ser feitas como duas metades idênticas ou como duas metades refletidas. A braçadeira pode ser projetada com dois parafusos no mesmo lado da divisão, ou com um parafuso em cada lado da divisão, como nas Figuras 13 e 14. A braçadeira tem que ser projetada de forma que um segundo ponto de contato, ver o lado da mão esquerda da Figura 15, é criado em uma extremidade oposta ao plano de vedação e intensifica localização dos parafusos entre os rebordos de vedação e o segundo ponto de contato. Um ponto de contato pode ser criado entre as metades da braçadeira ou entre cada metade e o tubo. A braçadeira pode ser aberta ou fechada com uma ferramenta especial, a qual algumas vezes pode ser vantajosa por razões de segurança ou por conveniência quando arranjada em um espaço estreito. Os parafusos podem ser presos à braçadeira através do orifício 34 visto na Figura 14 por algum dispositivo de retenção, como um anel de retenção, assim, não cai quando o acoplamento da braçadeira é aberto.

Na Figura 17 um bocal dispersador 35 visto esquematicamente como tubo tendo um ou mais orifícios 36 no lado da saída. O bocal dispersador é inserido no canal de fluxo para injetar materiais no fluxo dos fluidos de processo. Na velocidade alta de fluido através do orifício ou orifícios os materiais injetados serão aspergidos para fora de uma maneira na forma de cone para dentro dos fluidos do processo. A aspersão dos materiais pode ser em um modo de pulsão, continuamente, ou ser aspergida em intervalos especialmente adaptados à aplicação do módulo de fluxo de múltiplas funções. A uma velocidade de fluido intermediária através do orifício ou orifícios, os materiais injetados formarão um jato passando pelos fluidos do processo. A uma velocidade de fluido baixa através do orifício ou orifícios, os materiais injetados formarão gotículas na extremidade do tubo, as quais são desalojadas nos fluidos de processo.

Bocais, entradas, saídas, sensores etc. podem ser conectados a canais de fluxo 2 através de aberturas de conexão 3, as quais poderiam ser quaisquer tipos de conexões. De acordo com uma configuração alternativa da invenção conexões 3 podem ser projetadas como conexões 37 na Figura 18 ou como conexões 18 na Figura 8. Conexões 37 podem ser ajustadas de forma removível ou podem ser ajustadas permanentemente à placa de fluxo. Se conexões 37 são ajustadas permanentemente à placa de fluxo, em seguida as conexões podem ser soldadas com solda forte, soldada com solda brancas ou ambas à placa de fluxo. Para conexões 3 ou conexões 37 quaisquer tipos de conexões desejadas podem também ser tamponadas se nenhuma função for exigida.

Figura 19 está mostrando uma seção de fluxo alternativa de um módulo de fluxo de múltiplas funções de acordo com a invenção. De acordo com essa alternativa, placa de fluxo 1, placa de barreira 13 e placa de trocador de calor 6 são fabricadas como uma placa integrada, peça sólida em um material. A peça única pode ser produzida por erosão de centelha, por

5 corte, por moedura ou por moldagem, Esta peça única inclui um canal de  
fluxo 2 e aberturas de conexão 37, as quais correspondem às aberturas de  
conexão 3 na Figura 1 a 3 e às conexões 16 e 18 na Figura 8. Canal de fluxo 2  
e aberturas de conexão 37 estão comunicando que quaisquer tipos de funções  
10 poderiam ser conectadas ao canal de fluxo como descrito acima, poderia ser,  
por exemplo, entradas para reagentes, entradas para outros fluidos adicionais,  
entrada para qualquer outro meio necessário para produtos desejados, saídas  
para fluidos de processo, saída para produtos intermediários para serem  
alimentados a um canal de fluxo em uma estágio posterior, saídas para fluidos  
15 de processo de amostras de teste a partir do canal de fluxo, saídas para a  
mostras a serem analisadas continuamente em linha ou por amostras de lotes  
por meio espectrômetros de luz ultravioleta (UV), cromatografia de luz,  
espectrômetros de massa (MS), ressonância magnética nuclear NMR, etc.  
para identificar os produtos intermediários ou substâncias e para controlar o  
20 desempenho do processo de acordo com “Process Analytical  
Technology”(PAT). De acordo com uma alternativa da invenção, uma ou  
mais aberturas de conexão podem ser aberturas de injeção. A “peça única”  
inclui também entradas 4 e saídas 4 para canal de fluxo 2. Uma vez que a  
“peça única” inclui ambas as placas de fluxo 1 e placa de trocador de calor 6  
25 então a “peça única” é conectada a um tubo de entrada 21 e a um tubo de  
saída 22 para fluidos de trocador de calor. A gaxeta 12 está cobrindo canal de  
fluxo 2 e uma placa 40, a qual poderia ser uma combinação de uma placa de  
barreira 24 e uma placa de pressão 25, cuja placa 40 é arranjada no topo da  
gaxeta para fechar ou vedas canal de fluxo de módulo de múltiplas funções.  
30 Uma placa 39 a qual poderia ser uma combinação de uma placa isolante, uma  
placa de cobertura e uma placa de vedação estão vedando a parte da placa de  
trocador de calor da “peça única”. Um elemento de inserção entre a “peça  
única” e a placa 39, cujo elemento de inserção 38 está tendo canais com aletas  
para intensificar a capacidade de transferência de calor de acordo com uma

alternativa da invenção. O elemento inserido 38 poderia ser qualquer tipo adequado, o qual intensifica a superfície de trocador de calor da seção de fluxo e promove turbulência.

Figura 20 está mostrando a seção de fluxo integrada da Figura 19, com a virada de 180°. Nesta Figura é mostrado como um elemento inserido 38 é ajustado na parte da placa de trocador de calor 6 da peça única integrada. A zona de trocador de calor 6 corresponde à placa de trocador de calor 6 das Figuras 7, 9 e 10. Uma placa 39 é arranjada para vedar a placa de trocador de calor 6 da seção de fluxo integrado. Placa 39 poderia ser uma combinação de uma placa isolante e uma placa de barreira de acordo com uma alternativa. O material da placa 39 poderia ser de qualquer tipo e a placa é adequadamente selecionada para seguir a aplicação do módulo de fluxo de múltiplas funções. Nesta placa da figura 40 está havendo ranhuras ou ocos 30, os quais estão correspondendo à matriz do canal de fluxo 2, não visto nesta figura. A seguir a invenção será ilustrada pelo uso dos exemplos 1 a 5. O propósito dos exemplos é ilustrar o desempenho do módulo de fluxo de múltiplas funções, e não pretende limitar seu escopo da invenção.

#### Exemplo 1

No Exemplo 1 um módulo de fluxo de múltiplas funções foi testado, cujo módulo opera as vazões do processo de 1.5 – 10l/h (0.1 – 0.7 m/s). A vazão nesse exemplo foi 5l/h. A escala de tempo de micro mistura em um fluido como água, como determinado por experimento de mistura reativa, foi 30 milissegundos. Isso corresponde a uma queda de pressão de 0.5 bar por placa de fluxo. O fluido utilizado foi água tendo uma temperatura de cerca de 10°C e uma vazão de 40 l/h estava esfriando um fluido de processo mais quente, o qual tinha uma vazão de 5 l/h – na parte inicial do módulo estão taxas de esfriamento de mais do que 30°C/s alcançados por esta configuração co-atual pseudo.

A combinação de boa mistura e redistribuição de fluido dentro do

canal e as altas taxas de transferência de calor foram combinadas para prover controle térmico excelente do meio de reação. A pressão foi até 20 bar – referindo-se a um reator de aço com gaxeta GORE® ePTFE e acessórios HPLC.

5 O projeto de módulo de fluxo de múltiplas funções oferece também boa transferência de calor, o que beneficia o aquecimento, ou mais freqüentemente esfriamento, de, por exemplo, reações químicas. O gráfico na Figura 21 mostra o perfil térmico dos fluidos do processo no percurso ao longo do canal de fluxo.

### Exemplo 2

10 Um módulo de fluxo de múltiplas funções foi testado nesse exemplo, as dimensões do canal de fluxo do módulo foram: seção transversal 1.5 mm x 2 mm na média, diâmetro hidráulico do processo 2.16 mm, comprimento do canal de fluxo 3.113 m. As vazões estavam dentro da faixa de 1-10 l/h durante os testes.

15 A forma da distribuição de tempo de residência foi similar em todas as vazões testadas, o que pode ser visto na Figura 22, indicando hidrodinâmicas comuns nestas condições. Figura 22 mostra um pico liso, com elevação mais afiada e diminuição mais longa. A largura da distribuição diminui conforme a vazão é aumentada. Estas não são regiões estagnantes nem de cortes  
20 curtos, portanto um fluxo tampão foi criado no canal de fluxo testado.

### Exemplo 3

No Exemplo 3, um bocal dispersor foi testado em um módulo de fluxo de múltiplas funções. O fluxo do bocal foi medido no modo operacional contínuo, por bocais de tamanhos diferentes, para uma faixa de  
25 pressões operacionais de bomba de alimentação.

As faixas de fluxo estão resumidas no gráfico da Figura 23. O gráfico mostra vazões para diferentes tamanhos de bocal com uma válvula completamente aberta. Usando uma válvula operacional, i.e. modo pulsado, a vazão a vazão poderia ser baixada para menos que 1% desses fluxos para cada

tamanho de bocal.

#### Exemplo 4

No Exemplo 4 um bocal dispensador foi testado em um módulo de fluxo de múltiplas funções. O bocal foi operado sob um modo pulsado. O tamanho do bocal foi escolhido para dar uma vazão suficiente para as pressões disponíveis. Isso significa que o tamanho da gotícula poderia ser ajustado trocando-se a pressão da bomba para uma vazão constante.

O bocal foi operado sob diferentes pressões e dodecanona foi injetada em uma solução de 0,2 % em peso de tensoativo em água. As pressões de injeção foram 2, 4, 6, 8, e 10 bar, respectivamente. Todos os testes feitos na mesma vazão de 2 ml/min de dodecanona, e o tamanho do bocal foi de 150 microns. O ciclo de atividade da válvula foi fixado de forma que as vazões fossem as mesmas para todas as pressões. O tamanho das gotículas foi avaliado e os resultados estão resumidos na Figura 24.

A conclusão é que o micro-dispersador permite seleção de tamanho diferente de gotícula desejado com uma larga margem, para um dado tamanho de bocal e vazão. Uma vez que as taxas de transferência de massa, em uma reação química, são fortemente dependentes da área de superfície de interface entre os dois meios, a habilidade para alterar e diminuir o diâmetro do tamanho das gotículas pode ser avaliada melhorando os rendimentos de reação ou controle.

#### Exemplo 5 – Distribuições de Tempo de Residência (RTDs)

RTDs fornecem informações das características de mistura macro axial de um reator. Interpretação do RTD pelo uso de um modelo de dispersão habilita uma avaliação a ser feita da aproximação ou desvio do fluxo tampão. Neste exemplo, RTDs são medidos através de uma técnica de estímulo – resposta . Sondas óticas são posicionadas na entrada ou saída do lado do processo de uma placa de fluxo da invenção, e um pulso de corante é injetado à montante da sonda de entrada.

Para cada vazão selecionada na faixa a ser estudada, a mudança na absorção com tempo é medida, resultando geralmente em centenas ou milhares de pontos de dados sendo coletados sobre poucos segundos ou poucos minutos a partir de cada sonda, Esses dados podem ser  
5 bloqueados calculados na média . O RTD é determinado então a partir das respostas de entrada e saída por deconvolução da seguinte equação:

Resposta de saída = (Distribuição da idade de saída) x  
(resposta de entrada)

Ajustando um modelo de dispersão axial ao RTD medido nas  
10 vazões selecionadas, é possível calcular o numero Peclet (Pe) para cada vazão, o que é definido por

$$Pe = \frac{uL}{D_a}$$

Onde u é a velocidade do fluxo linear média, L é o comprimento do canal de fluxo e  $D_a$  é o coeficiente de dispersão axial. Contanto que a forma de pico permanece constante, o coeficiente de dispersão  
15 axial é a taxa de aumento em largura passando através do canal de fluxo. Para fluxo tampão ideal,  $Pe \rightarrow \infty$  e para fluxo ideal de mistura para trás  $Pe \rightarrow 0$ . Isto significa que a partir de uma visão técnica pratica  $Pe \gg 1$  para fluxo tampão e  $Pe \ll 1$  para fluxo completo de mistura para trás.

As condições para uma placa de fluxo da invenção foram:

20 Vazão= 50 ml/min

Volume de corante injetado= 0.1 ml

Concentração de corante injetada = 5.1 g/L

Os resultados das medições são resumidos na Figura 25, a qual mostra o RTD coletado para a única placa de fluxo. As formas de pico de  
25 entrada e saída são similares, o numero Peclet calculado a partir destes dados  $\approx 200$ , então o fluxo no canal de fluxo pode ser considerado um fluxo tampão.

## REIVINDICAÇÕES

1. Módulo de fluxo de múltiplas funções, caracterizado pelo fato de compreender uma ou mais seções de fluxo que podem ser conectadas externamente ou uma ou mais seções de fluxo que podem ser conectadas internamente, cada seção de fluxo compreende uma ou mais placas de fluxo, uma ou mais placas de barreira, uma ou mais placas de cobertura, uma ou mais placas de pressão, placas de extremidade ou combinações dos mesmos, em que cada uma das placas de fluxo está tendo um canal de fluxo, cujo canal de fluxo tem pelo menos uma entrada e pelo menos uma saída em cada extremidade do canal de fluxo, uma ou mais aberturas de conexão sendo arranjadas entre os lados externos da placa de fluxo e o canal de fluxo, e o canal de fluxo tem uma ou mais zonas de mistura em forma de dobras ou zonas curvas.

2. Módulo de fluxo de múltiplas funções de acordo com reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as aberturas de conexão sendo equipadas com dispositivos de segurança para liberação de pressão, instantânea ou controlada.

3. Módulo de fluxo de múltiplas funções de acordo com reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que as zonas de mistura sendo em forma de cantos nas dobras ou zonas curvas do canal de fluxo.

4. Módulo de fluxo de múltiplas funções de acordo com reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que o canal de fluxo sendo construído ou projetado para criar um fluxo tampão.

5. Módulo de fluxo de múltiplas funções de acordo com qualquer das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que o canal de fluxo tem zonas protraídas arranjadas próximas a cada rebordo do canal de fluxo ou arranjadas ao longo da circunferência do canal de fluxo de um lado da placa de fluxo ou de ambos os lados da placa de fluxo.

6. Módulo de fluxo de múltiplas funções de acordo com

qualquer das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que a placa de pressão sendo colocada para cobrir o canal de fluxo do outro lado da gaxeta.

5 7. Módulo de fluxo de múltiplas funções de acordo com qualquer das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que a gaxeta tendo impressões ou áreas comprimidas correspondendo ao canal de fluxo.

10 8. Módulo de fluxo de múltiplas funções de acordo com qualquer das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que a gaxeta fecha ou veda a placa de fluxo contra uma ou mais placas de extremidade, contra uma ou mais placas de barreira, contra uma ou duas placas de cobertura, contra uma ou duas placas de fluxo extras, ou combinações dos mesmos.

15 9. Módulo de fluxo de múltiplas funções de acordo com qualquer das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que placas de barreira sendo feitas de material condutor de calor ou material isolante.

20 10. Módulo de fluxo de múltiplas funções de acordo com qualquer das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que os módulos de fluxo de múltiplas funções compreende uma ou mais seções de fluxo e uma ou mais seções de trocador de calor.

25 11. Módulo de fluxo de múltiplas funções de acordo com qualquer das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que as seções de trocador de calor compreendem placas de trocador de calor tendo área atravessante de corte, canais atravessantes de corte, canais, ranhuras, e depressões correspondendo à área do canal de fluxo da placa de fluxo.

12. Módulo de fluxo de múltiplas funções de acordo com qualquer das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que as placas de trocador de calor têm uma área atravessante de corte ou canais atravessantes de corte tendo material de acondicionamento estruturado

inserido, ou área atravessante de corte ou canais atravessantes de corte tendo asas, aletas, ou combinações do material de acondicionamento estruturado e área atravessante de corte ou canais de corte vazado tendo asas, aletas.

5 13. Módulo de fluxo de múltiplas funções de acordo com qualquer das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que a seção de trocador de calor sendo um membro não fluido de transferência de calor, ou um elemento Peltier.

10 14. Módulo de fluxo de múltiplas funções de acordo com qualquer das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que a placa de trocador de calor tendo uma área atravessante de corte, canais atravessantes de corte, canais, ranhuras, ou depressões sendo inseridas em um tubo de entrada, um tubo de saída, ou ambos, nos lados opostos da placa de trocador de calor.

15 15. Módulo de fluxo de múltiplas funções de acordo com qualquer das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que o tubo de entrada, o tubo de saída ou ambos têm sensores inseridos, elementos térmicos inseridos, ou ambos.

20 16. Módulo de fluxo de múltiplas funções de acordo com qualquer das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que uma ou mais placas de barreira são soldadas com solda forte, soldada com solda brancas, ou ambos no lado plano ou em ambos os lados em pelo menos uma placa de trocador de calor, ou sendo soldada com solda forte, soldada com solda branca com solda branca, ou ambas em combinações das placas de fluxo e placas de trocador de calor.

25 17. Módulo de fluxo de múltiplas funções de acordo com qualquer das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que seções de fluxo, seções de trocador de calor são empilhadas horizontal ou verticalmente.

18. Módulo de fluxo de múltiplas funções, caracterizado pelo

fato de compreender pelo menos uma seção de fluxo incluindo uma parte de placa de fluxo e parte de placa de trocador de calor fabricadas como peça única, tendo um canal de fluxo com uma entrada e uma saída, ou mais aberturas de conexão sendo arranjadas ao longo de pelo menos um lado externo da seção de fluxo comunicando com o canal de fluxo, uma gaxeta e uma placa para vedação do canal de fluxo, um elemento inserido e uma placa para vedação da parte da placa de trocador de calor, e o canal de fluxo está tendo uma ou mais zonas em forma de dobras ou zonas curvas.

19. Módulo de fluxo de múltiplas funções de acordo com reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que as zonas de mistura sendo em forma de cantos nas dobras ou zonas curvas do canal de fluxo.

20. Módulo de fluxo de múltiplas funções de acordo com reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que as são uma ou mais placas de barreira, placas de cobertura, placas de pressão, placas de extremidade, placas isolantes ou de combinação dos mesmos.

21. Módulo de fluxo de múltiplas funções de acordo com qualquer das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que as aberturas de conexão, sendo entradas para reagentes, entradas para fluidos adicionais, saídas para fluidos de processo, saídas para produtos intermediários para serem alimentados no canal de fluxo em uma último estágio, saídas para amostras de testes, aberturas de injeção, dispersores de entradas sendo equipados com dispositivos de segurança para liberação de pressão instantânea ou controlada, sendo equipados com elementos térmicos, sendo tamponados, ou combinações dos mesmos.

22. Módulo de fluxo de múltiplas funções de acordo com qualquer das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que pelo menos uma das aberturas de conexão ou pelo menos uma das aberturas de entrada sendo um dispersor de entrada tendo um ou mais orifícios na saída do dispersor.

23. Módulo de fluxo de múltiplas funções de acordo com reivindicação 22, caracterizado pelo fato de que os orifícios são em círculos concêntricos na saída do dispersor.

5 24. Módulo de fluxo de múltiplas funções de acordo com qualquer das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que pelo menos uma placa de barreira ou pelo menos uma gaxeta sendo uma membrana.

10 25. Módulo de fluxo de múltiplas funções de acordo com qualquer das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que um dispositivo degaseificador é arranjado em uma saída em pelo menos uma placa de fluxo.

15 26. Método para extração, para reação, para separação, para mistura, ou combinações dos mesmos em um módulo de fluxo de múltiplas funções de acordo com qualquer das reivindicações de 1 a 25, caracterizado pelo fato de compreender introdução de um primeiro fluxo de materiais através de um ou mais dispositivos de entrada em um canal de fluxo, transferindo o primeiro fluxo de materiais através do canal de fluxo, introduzindo opcionalmente um ou mais materiais adicionais no primeiro fluxo dos materiais através de uma ou mais aberturas de conexão adicionais, regulando fluxo de materiais, vazões, tempo de residência ou combinação dos  
20 mesmos, pela ajuda de dispersores de entrada, válvulas de entrada, válvulas de saída, ou combinação dos mesmos, cujos dispersores de entrada, válvulas de entrada, válvulas de saída, ou combinações dos mesmos, operando em modo de pulso ou continuamente e são controlados por sinais modulados a partir de uma ou mais unidades de sensor, e regulando temperaturas com  
25 ajuda de um ou mais elementos térmicos, e controlando a transferência de calor a partir de uma ou mais placas de trocador de calor.

27. Método para extração, para reação, para separação, para mistura, ou combinações dos mesmos em um módulo de fluxo de múltiplas

funções de acordo com qualquer das reivindicações de 1 a 25, caracterizado pelo fato de compreender a introdução de um primeiro fluxo de materiais através de um ou mais dispositivos de entrada em um canal de fluxo, transferindo o primeiro fluxo de materiais através do canal de fluxo, introduzindo opcionalmente um ou mais materiais adicionais no primeiro fluxo dos materiais através de uma ou mais aberturas de conexão adicionais, criando um fluxo de materiais no canal de fluxo.

28. Método de acordo com reivindicação 26 ou 27, caracterizado pelo fato de que o fluxo de materiais no canal de fluxo sendo regulado para criar um fluxo tampão de materiais através do módulo de fluxo de múltiplas funções.

29. Método de acordo com reivindicação 26 ou 27, caracterizado pelo fato de que o método inclui também a criação de um fluxo tampão de materiais pela ajuda de zonas de mistura.

30. Método de acordo com reivindicação 26 ou 27, caracterizado pelo fato de que o fluxo de materiais no canal de fluxo sendo identificado com ajuda de espectrômetros de IR, espectrômetros de UV, espectrômetros de massa, cromatografia gasosa, ou combinação dos mesmos, conectados às aberturas de conexão.

31. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 26 a 31, caracterizado pelo fato de que uma ou mais unidades de sensor, espectrômetros de IR, espectrômetros de UV, espectrômetros de massa, cromatografia gasosa, ou combinações dos mesmos estão enviando sinais para um computador ou unidade de processamento de dados, e cujo computador ou unidade de processamento de dados sendo programado para processar informações que chegam e enviar sinais para controle de fluxo, unidades reguladoras, unidades reguladoras de temperatura, etc. ou combinação dos mesmos.

32. Uso de um módulo de fluxo de múltiplas funções como

definido em qualquer das reivindicações de 1 a 25, caracterizado pelo fato de ser para uso como um reator, um extrator ou um misturador.

5 33. Uso de um módulo de fluxo de múltiplas funções como definido em qualquer das reivindicações de 1 a 25, caracterizado pelo fato de ser para uso como um equipamento de laboratório, equipamento de instalação piloto ou equipamento de escala completa.

34. Uso de um módulo de fluxo de múltiplas funções como definido em qualquer das reivindicações de 1 a 25, caracterizado pelo fato de ser para fabricação de produtos químicos.

10 35. Uso de um módulo de fluxo de múltiplas funções como definido em qualquer das reivindicações de 1 a 25, caracterizado pelo fato de ser para fabricação de produtos químicos para produtos farmacêuticos.

15 36. Uso de um módulo de fluxo de múltiplas funções como definido em qualquer das reivindicações de 1 a 25, caracterizado pelo fato de ser para fabricação de produtos químicos finos.

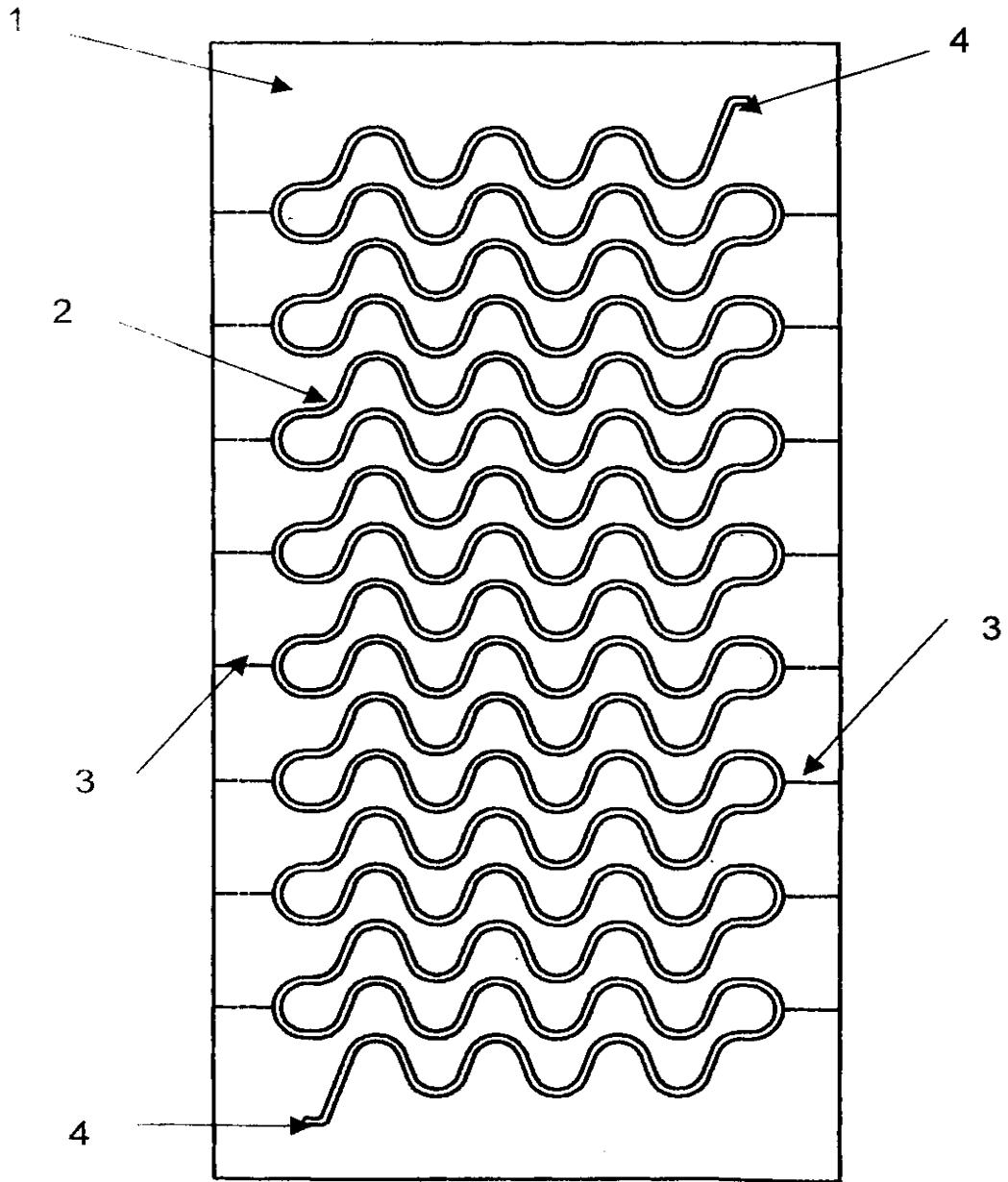
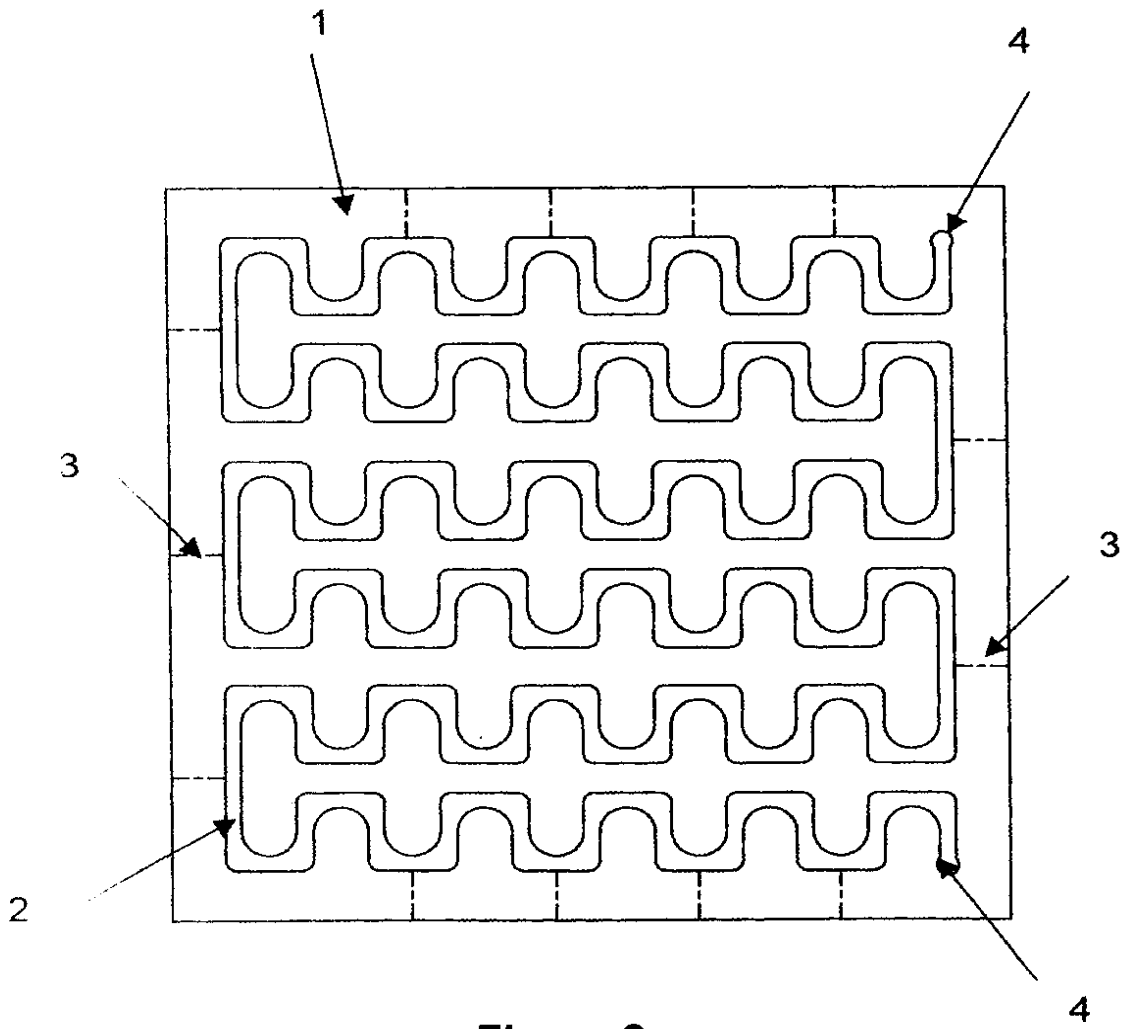


Figura 1



**Figura 2**

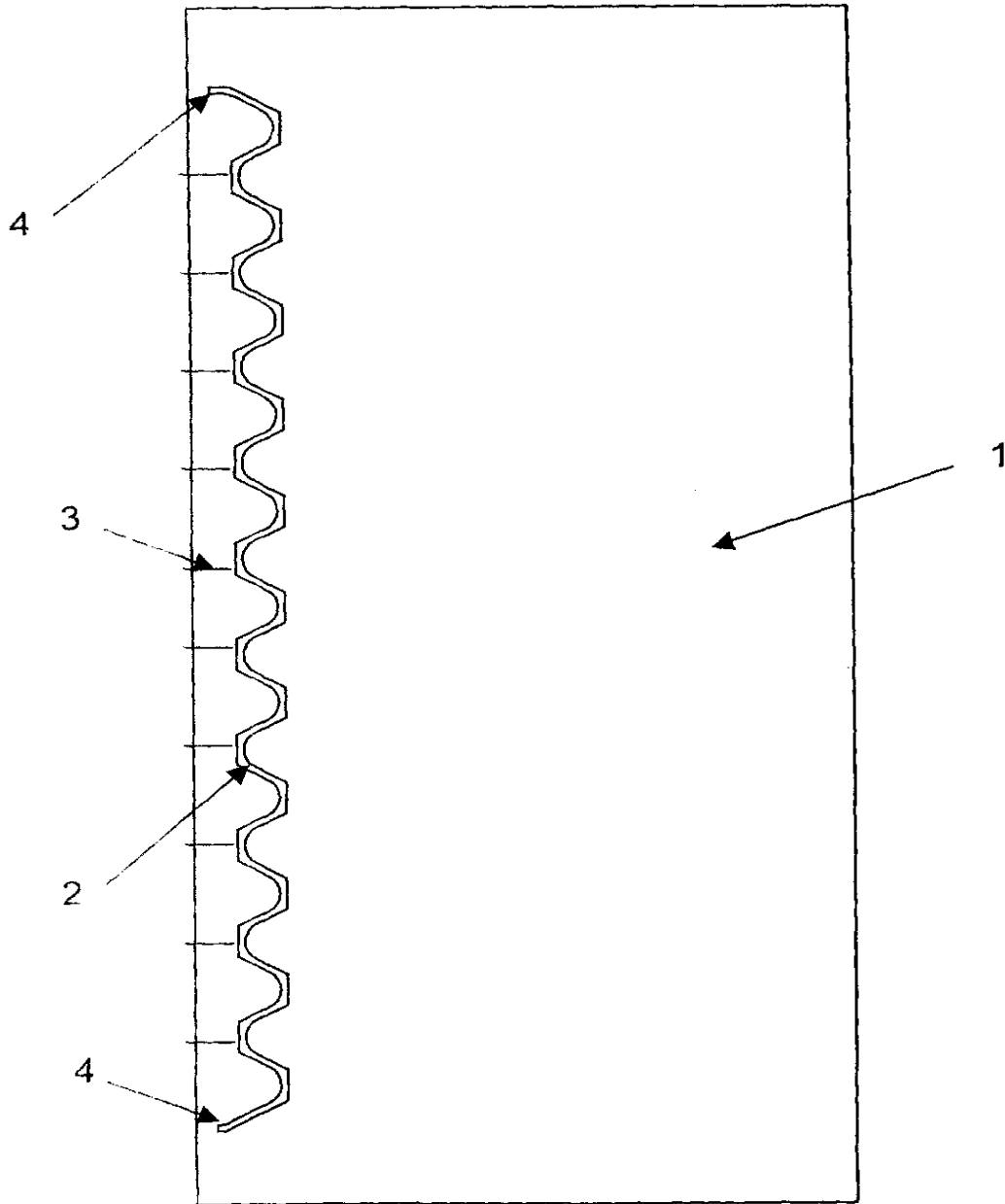
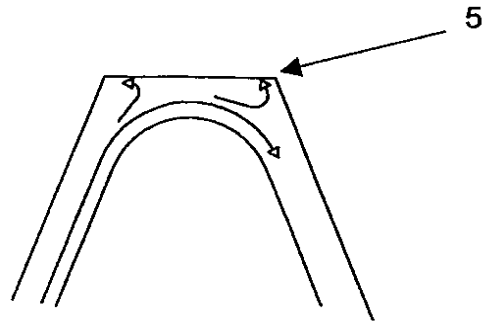
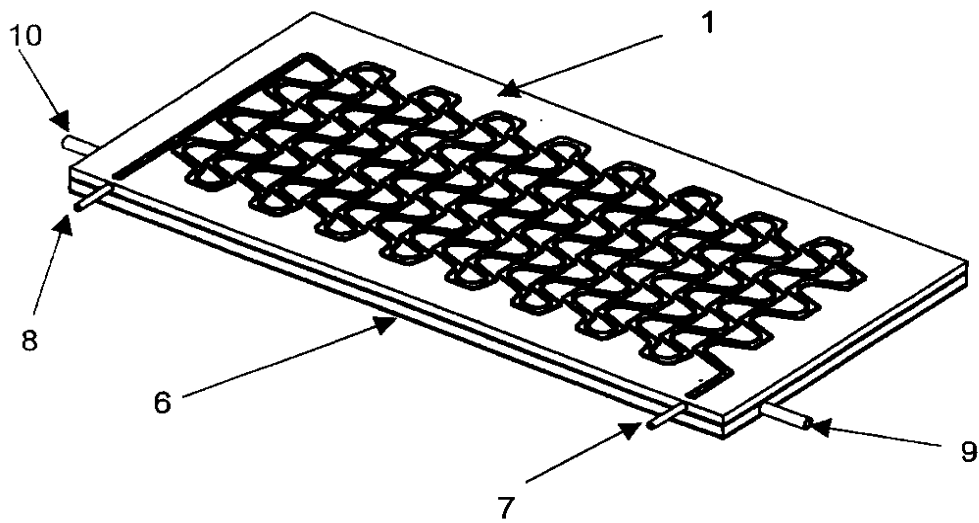


Figura 3



**Figura 4**



**Figura 5**

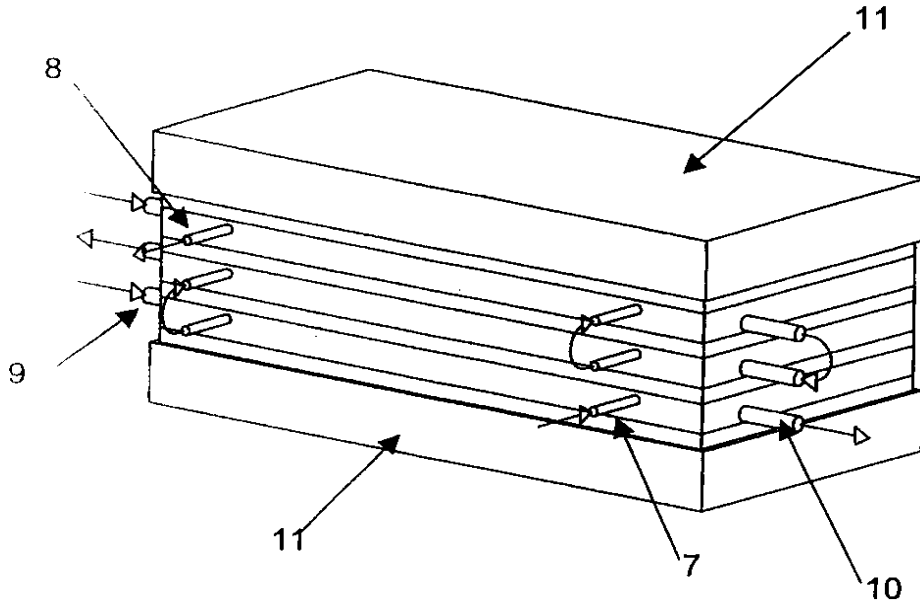


Figura 6

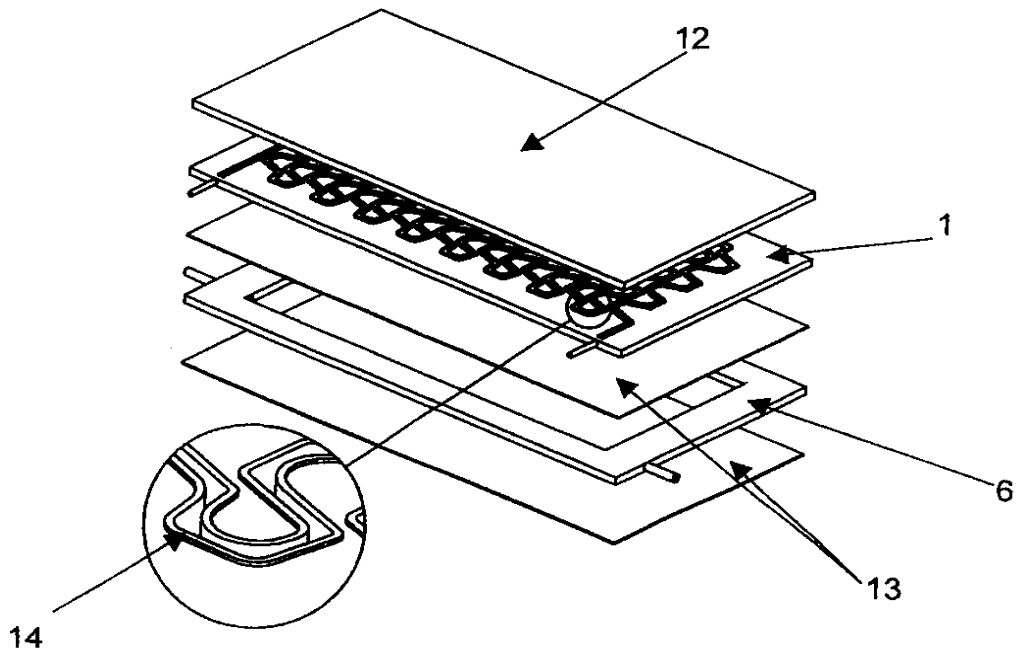


Figura 7

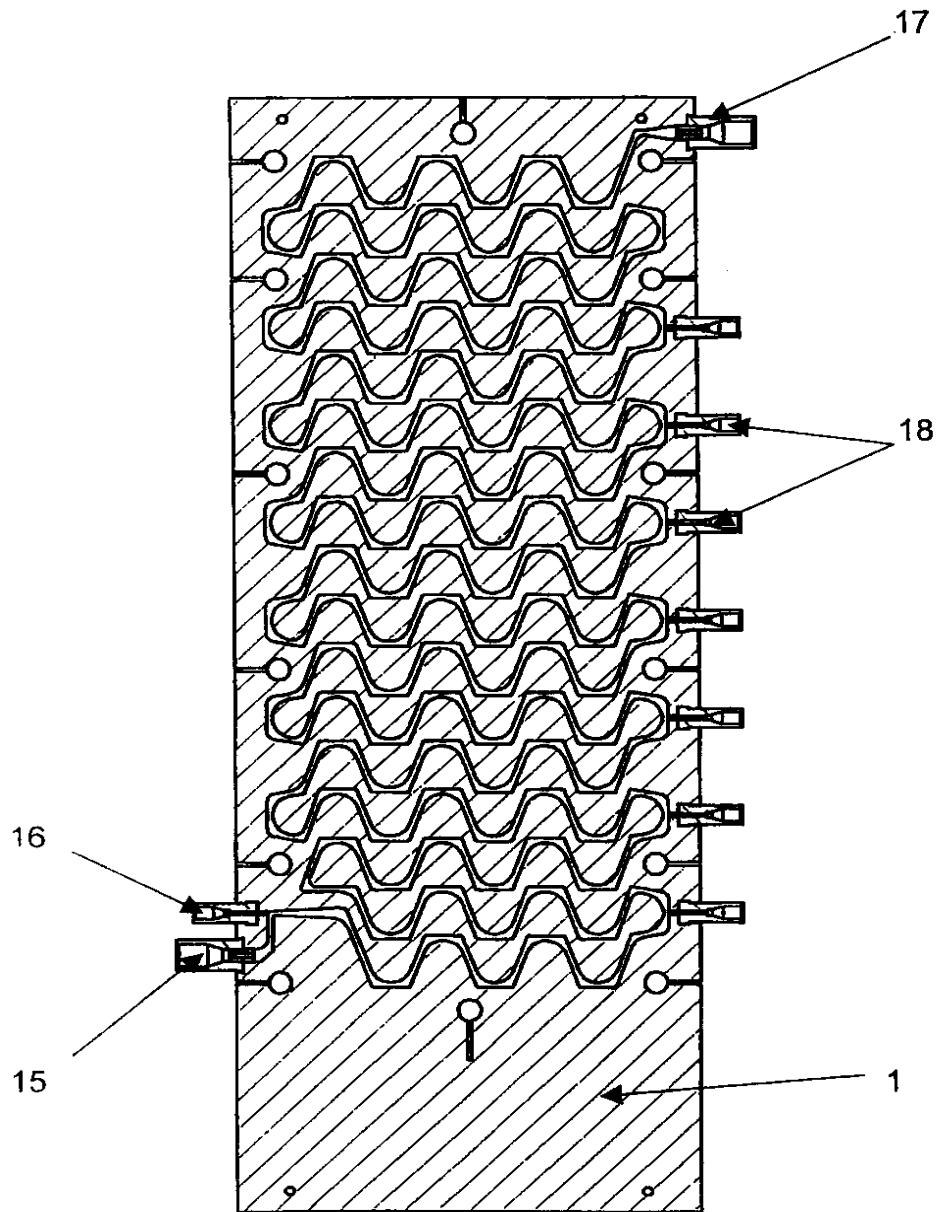


Figura 8

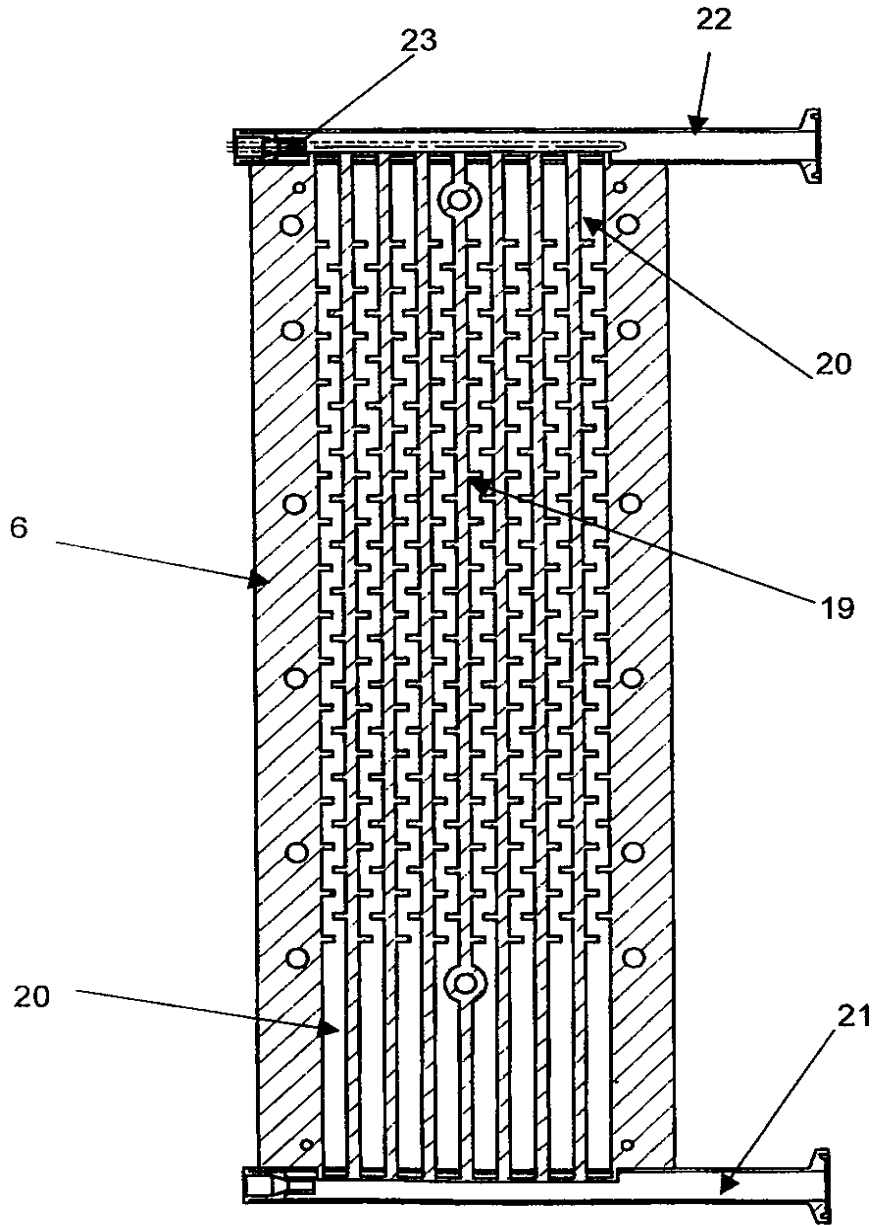
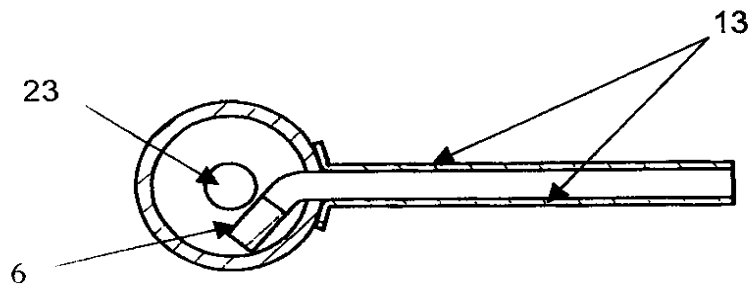
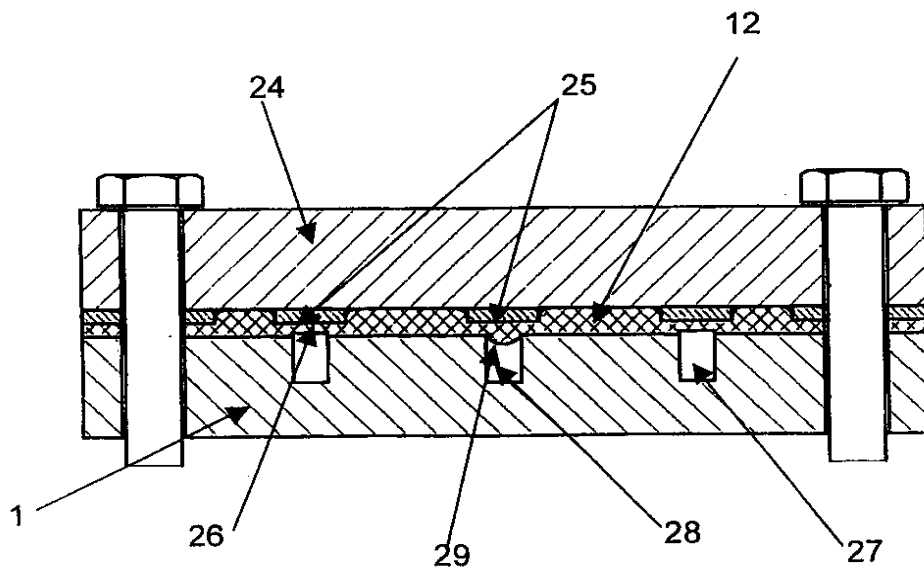


Figura 9



**Figura 10**



**Figura 11**

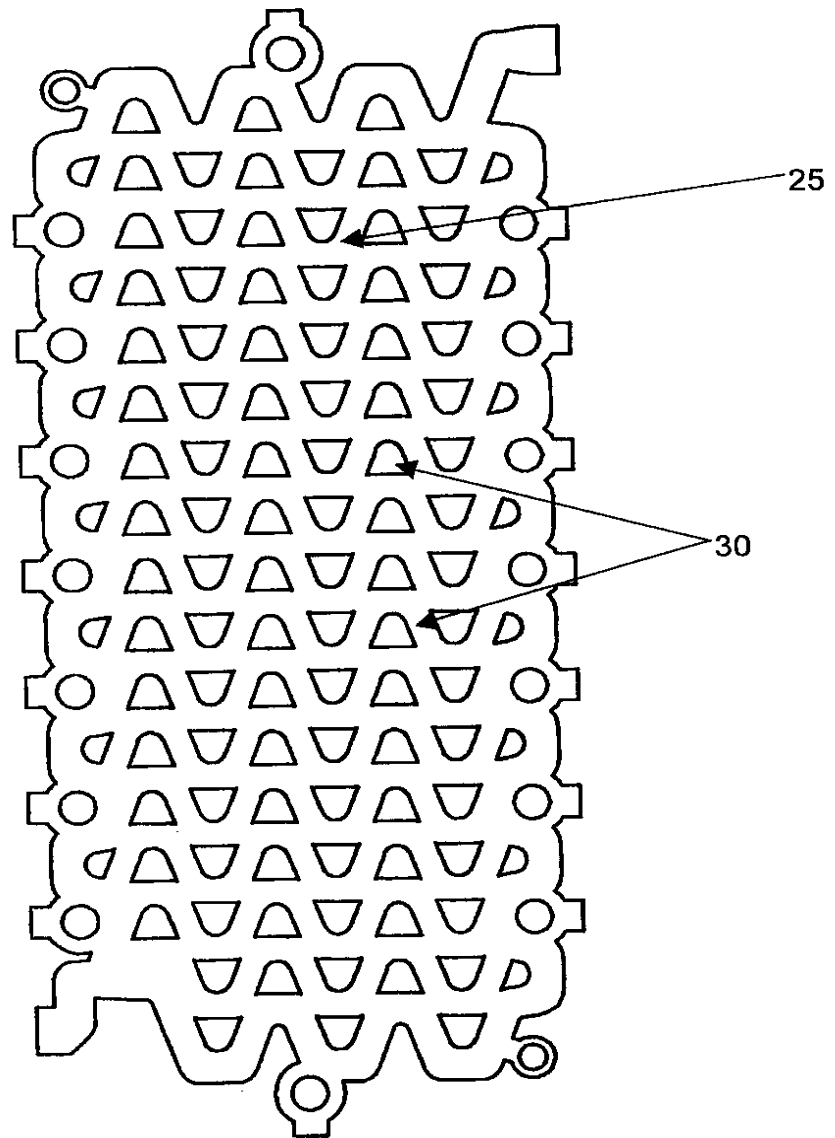
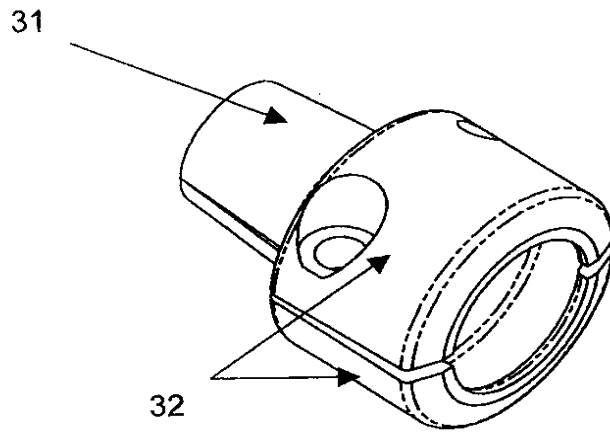
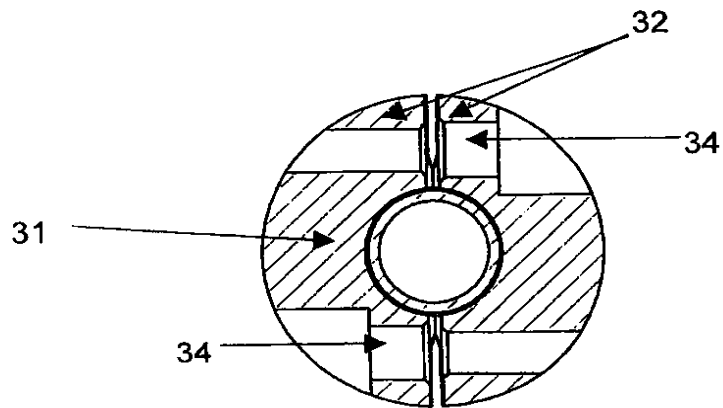


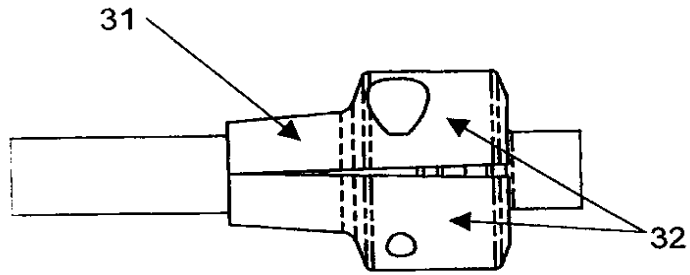
Figura 12



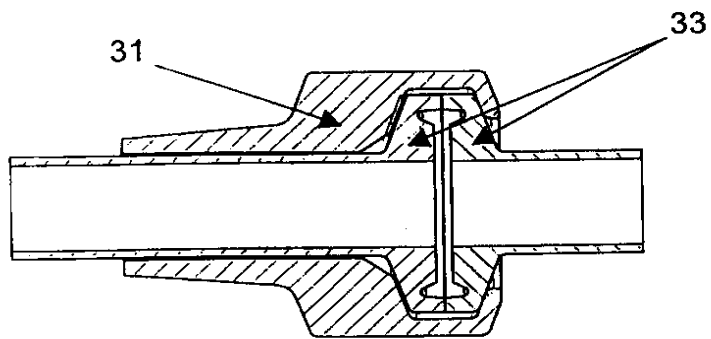
**Figura 13**



**Figura 14**



**Figura 15**



**Figura 16**

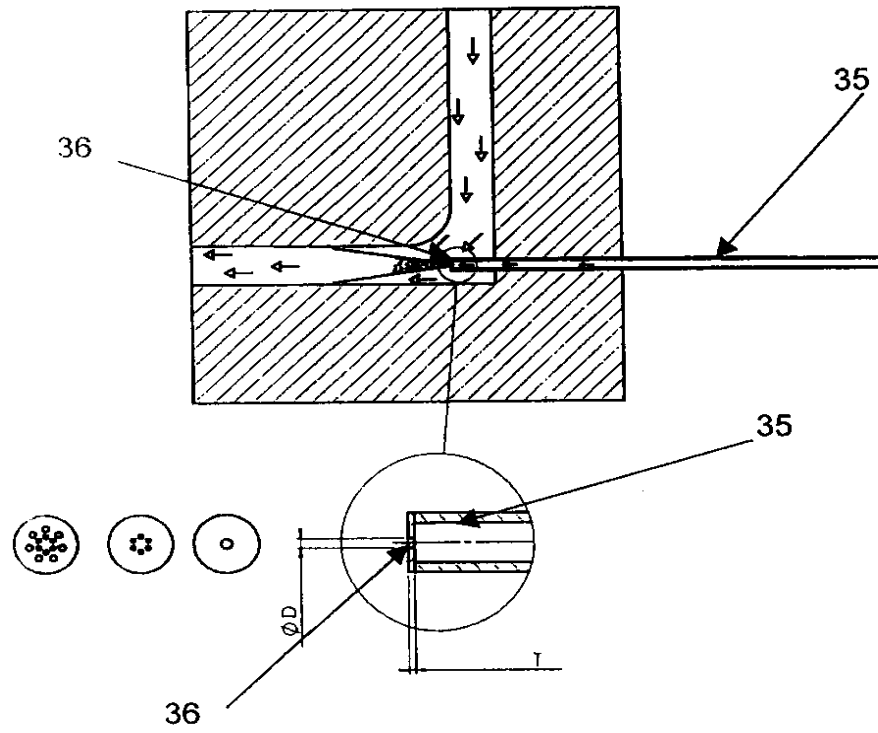


Figura 17

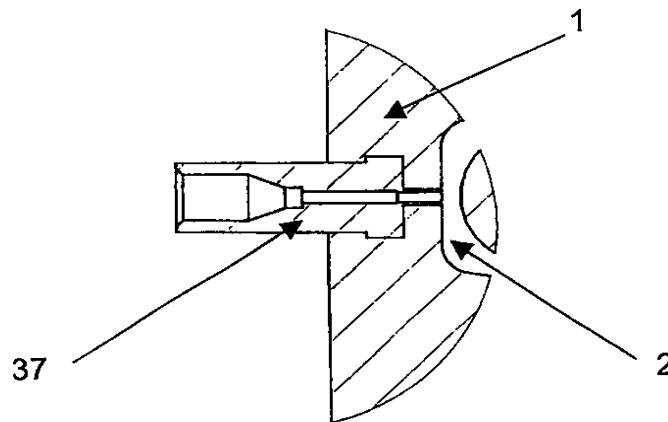


Figura 18

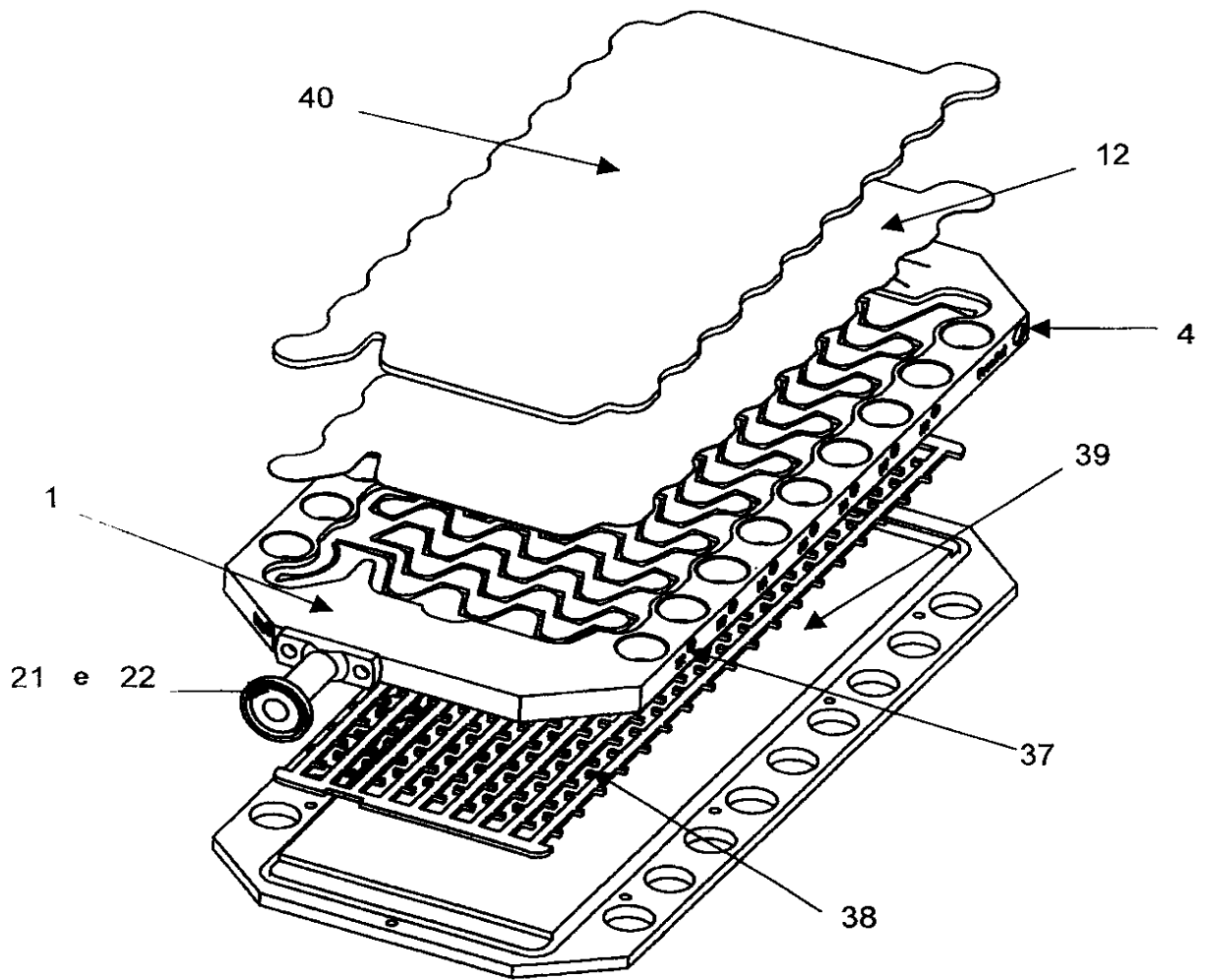


Figura 19

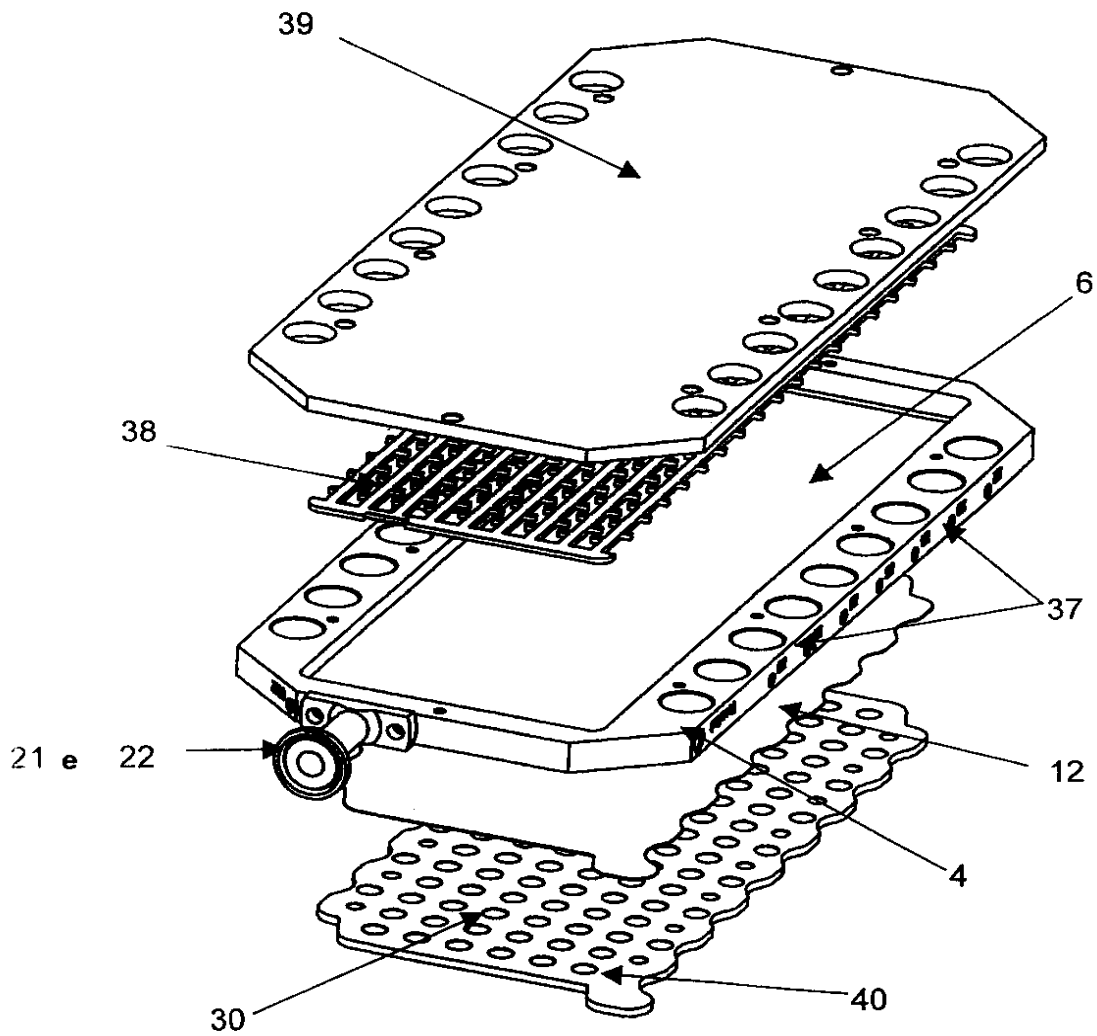
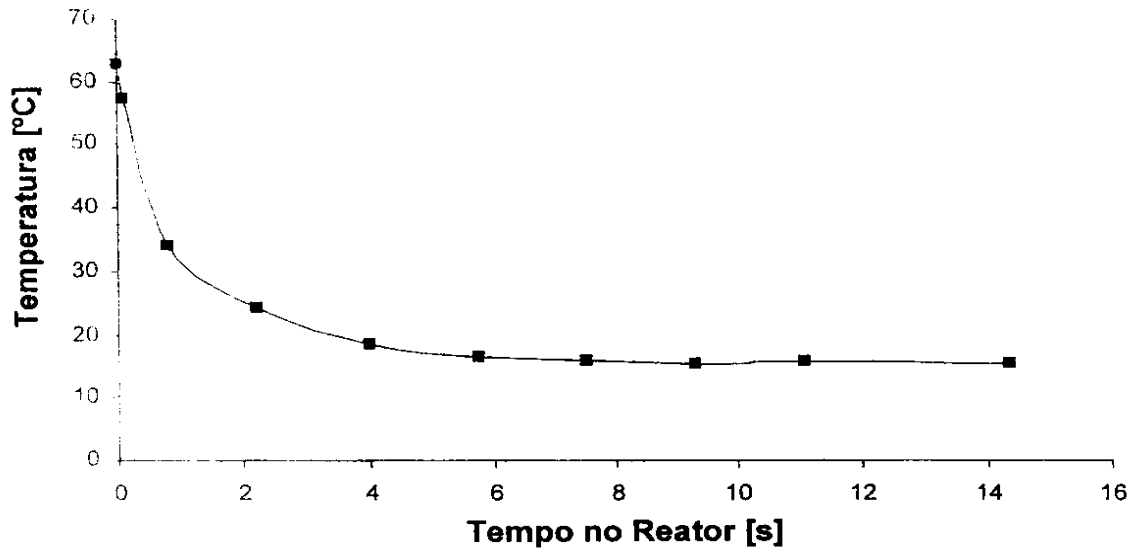


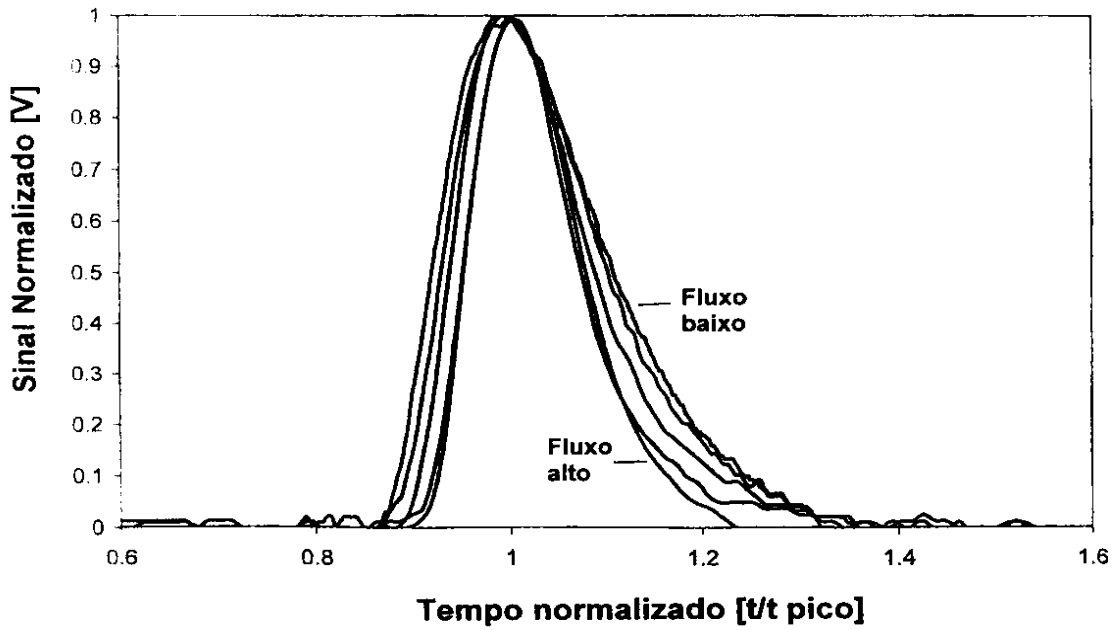
Figura 20

**Processo Fluido**



**Figura 21**

**Distribuição do tempo de resposta**



**Figura 22**

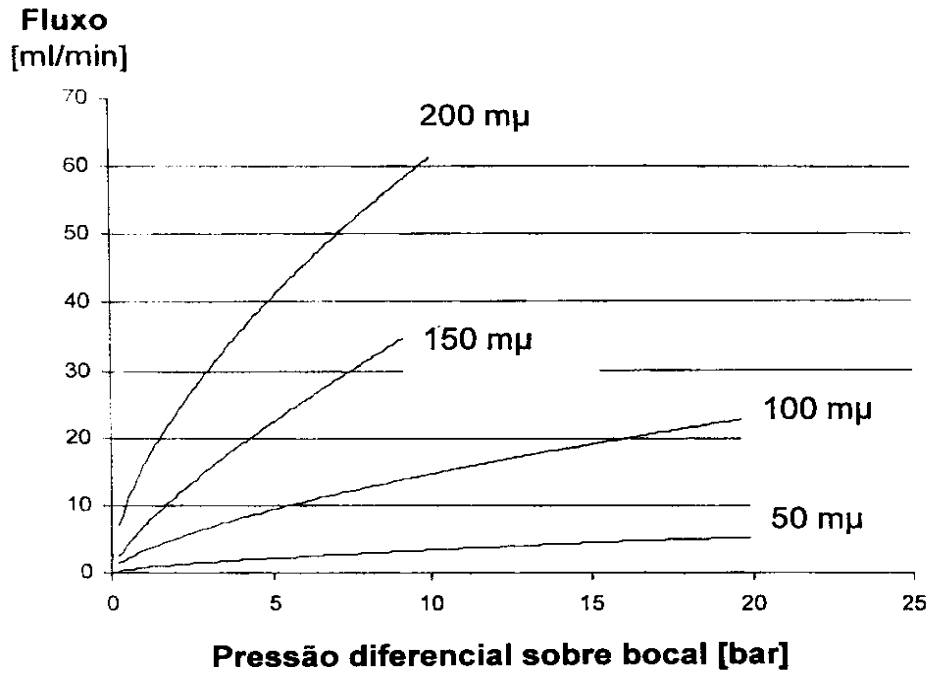


Figura 23

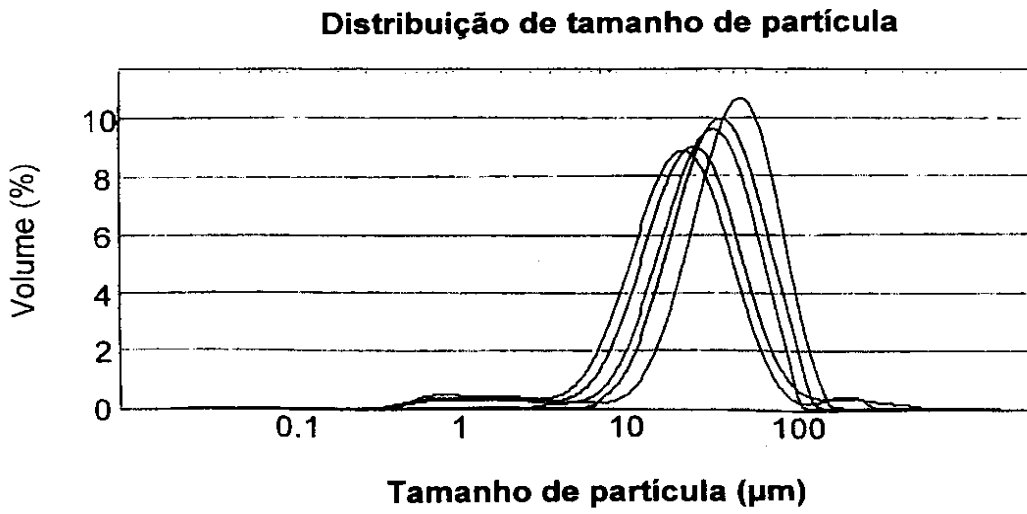


Figura 24

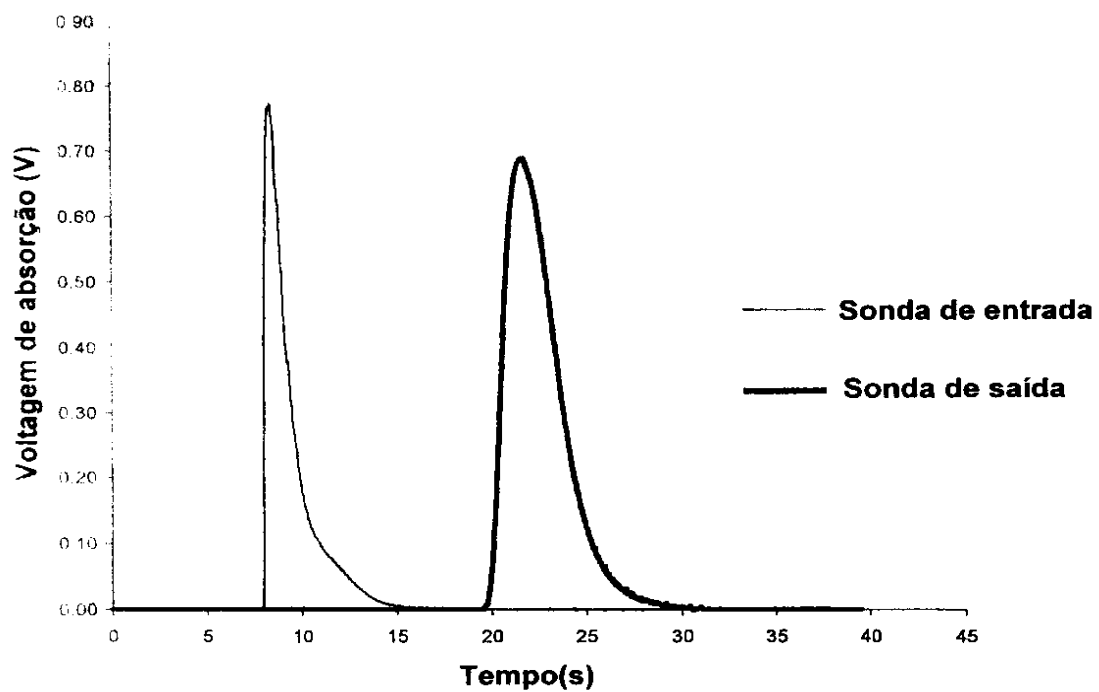


Figure 25

## RESUMO

### “MÓDULO DE FLUXO DE MÚLTIPLAS FUNÇÕES”

A presente invenção se refere a um módulo de fluxo de múltiplas funções incluindo placas de fluxo e/ou placas de trocador de calor empilhadas juntas, dita placa de fluxo tendo um canal de fluxo e uma ou mais aberturas de conexão. Para cada placa de fluxo ou placa de trocador de calor podem ser arranjadas uma ou mais placas de barreira. A presente invenção se refere adicionalmente a um método para extração, para reação, para mistura ou combinações dos mesmos no módulo de fluxo de múltiplas funções, e para  
5  
10 usos do módulo de fluxo de múltiplas funções.