



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

(11) PI 0710113-9 B1

(22) Data do Depósito: 29/03/2007

(45) Data de Concessão: 05/07/2016



(54) Título: CONJUNTO DE SISTEMAS PARA MICROREATOR

(51) Int.Cl.: B01J 19/00

(30) Prioridade Unionista: 09/05/2006 EP 06009574.2, 31/03/2006 EP 06006939.0

(73) Titular(es): LONZA AG

(72) Inventor(es): DOMINIQUE ROBERGE, NIKOLAUS BIELER, RAINALD FORBERT

CONJUNTO DE SISTEMAS PARA MICROREATOR

A presente invenção refere-se a um conjunto de sistemas para microreator compreendendo pelo menos um n módulos de processo e pelo menos $n+1$ módulos trocadores de calor em que cada módulo de processo é unido inserido entre dois módulos trocadores de calor adjacentes.

Os microreatores são dispositivos de reação providos para reação de um ou mais reagentes (normalmente incluindo a mistura de dois ou mais reagentes) e em alguma medida para o controle da reação dos ditos reagentes via aquecimento ou resfriamento ou amortecimento térmico dos ditos reagentes antes, durante e/ou após a mistura. Tais microreatores para a realização das reações químicas dentro de pequenas áreas são conhecidos, por exemplo, a partir de EP-A-0688242, EP-A-1031375, WO-A-2004/045761 e US-A-2004/0109798.

As reações químicas a serem realizadas em microreatores podem basicamente ser distinguidas entre as assim chamadas reações tipo A e reações tipo B.

As reações do tipo A como, por exemplo, as reações de metal orgânico são reações químicas muito rápidas e ocorrem diretamente na mistura de reagentes dentro da câmara de mistura, normalmente na faixa de 1 seg. Elas podem ser chamadas de reações controladas pelo processo de mistura. Para deixar todos os reagentes reagirem completamente e para evitar subprodutos, tais reações do tipo A requerem a mistura rápida e eficiente dos fluidos de processo como também controle térmico eficaz. Tais reações do tipo A geralmente não exigem nenhum tempo ou curto tempo pós-reação e assim podem ser bem realizadas em microreatores

com volume de residência ou volume de pós-reação pequeno. O tempo de residência para tais reações normalmente está na faixa de menos que 20 seg.

As reações do tipo B como, por exemplo, as reações de Wittig ou a acetoacilação de uma amina aromática com dicteno, ao contrário, são rápidas para reações lentas com tempos de reação normais na faixa de 1 seg. a 10 min. Elas operam controladas pela concentração ou cineticamente. Para deixar os reagentes reagirem completamente e para evitar subproduto, tais reações do tipo B não exigem uma mistura muito rápida dos reagentes porém condições de reação de difícil controle durante o tempo de reação completo. Assim, o volume de residência e o volume pós-reação devem ser dimensionados de modo tal que o fluido do processo permaneça dentro do microreator por um longo tempo sob condições que possam ser controladas fácil e precisamente. Entretanto, até agora a realização de tais tempos de residência mais longos tem sido difícil com microreatores convencionais devido aos tamanhos pequenos e à microestruturação cara. Assim, os microreatores convencionais são em sua maioria usados para as reações do tipo A.

É portanto objetivo da presente invenção fornecer um conjunto de sistemas para microreator aperfeiçoado adequado para assegurar os tempos de residência desejados durante os quais o controle da temperatura é possível.

Este objetivo é resolvido por um conjunto de sistemas para microreator de acordo com a reivindicação 1, compreendendo uma pilha de:

pelo menos n módulos de processo n (1-6), em que n é

um número inteiro igual ou maior do que 1, cada módulo de processo (1-6) sendo fabricado a partir de um primeiro material rígido e compreendendo pelo menos uma passagem de fluido reativo (1A 1B, 2 A, 3 A, 6 A) que penetra o interior do dito módulo de processo (1-6) entre pelo menos uma porta de entrada do fluido reativo (1C, 1D, 2C, 2D, 3C, 6C) e pelo menos uma porta de saída do fluido reativo (1E, 1F, 2E, 3D, 6D) para acomodação e guia de um fluido reativo, no qual em caso de pelo menos dois módulos de processo (1-6) ditos pelo menos dois módulos de processo (1-6) são funcionalmente ligados em série; e

pelo menos $n+1$ módulos trocadores de calor(7, 8) sendo fabricados a partir de um material secundário deformável ou dúctil que não o dito primeiro material e compreendendo pelo menos uma passagem de fluido trocador de calor(7 A, 8 A) que penetra o interior do dito módulo trocador de calor(7, 8) entre pelo menos uma porta de entrada de fluido trocador de calor(7B, 8B) e pelo menos uma porta de saída de fluido trocador de calor(7C, 8C) para acomodar e guiar o fluido trocador de calor, no qual pelo menos os ditos pelo menos $n+1$ módulos trocadores de calor(7, 8) são funcionalmente ligados em série,

em que cada módulo de processo (1-6) é ligado em forma de sanduíche entre dois módulos trocadores de calor adjacentes (7,8).

Os pelo menos n módulos de processo e o pelo menos $n+1$ módulo trocador de calor foram cada um módulo independente que define pelo menos uma passagem de fluido, isto é, passagem de fluido reativo ou passagem de fluido trocador de calor, estendendo-se completamente dentro do interior do

módulo entre pelo menos uma porta de entrada e pelo menos uma porta de saída.

Por propiciar módulos de processo e módulo trocador de calor fabricados de diferentes materiais, é possível
5 selecionar os seguintes primeiros e segundos materiais para os módulos de processo e módulo trocador de calor, respectivamente:

Para os módulos de processo, um primeiro material pode ser selecionado que seja ideal para as reações dos
10 reagentes, em particular resistente à corrosão e/ou pressão e de preferência selecionado do grupo incluindo aço inoxidável, liga de metal ("hastelloy"), tungstênio, tântalo, titânio, cerâmica, silício, grafite e/ou uma combinação adequada de um ou mais dos ditos primeiros
15 materiais.

Para os módulos trocadores de calor, um segundo material dúctil pode ser selecionado que seja ideal para transferência térmica e/ou vedação, em particular material condutor térmico, e de que de preferência seja selecionado
20 do grupo incluindo alumínio, ligas de alumínio, cobre, ligas de cobre, prata e ligas de prata e/ou uma combinação adequada de um ou mais dos ditos materiais secundários.

Assim pelo fornecimento de um conjunto de sistemas para microreator com módulos de processo e trocador de
25 calor separados, torna-se possível otimizar cada dos ditos módulos para seu trabalho específico, isto é, operar a reação química ou controlar a temperatura do processo.

Com vantagem, o fornecimento de módulos separados para o processo de reação química e o controle da temperatura,
30 respectivamente, ligas para padronizar os componentes do

conjunto de sistemas para microreator. Assim, torna-se possível propiciar diferentes conjuntos de sistemas de microreatores para diferentes reações com diferentes tempos de residência, diferentes volumes de fluidos, diferentes quantidades de calor a ser transferidas e similares. Por exemplo, o fornecimento de módulos trocadores de calor com passagens maiores para acomodar o fluido trocador de calor permite fornecer ou remover quantidades maiores de calor para o mesmo módulo de processo.

Enquanto o primeiro material é um material mais rígido, o segundo material é mais dúctil. Preferivelmente, o segundo material dúctil para os módulos trocadores de calor reversivelmente, isto é, elasticamente, ou permanentemente, isto é, plasticamente, se deforma sob pressão. Pressionando-se os módulos trocadores de calor sobre um módulo de processo adjacente fabricado a partir do primeiro material mais rígido como aço inoxidável ou similar então ligeiramente deforma a superfície de contato do módulo trocador de calor de tal modo que nenhuma vedação adicional entre o módulo de processo e o módulo trocador de calor se faz necessária.

Em contraste com os microreatores convencionais onde a espessura da parede entre os fluidos de processo e os fluidos trocadores de calor foi reduzida na medida possível para propiciar boa transferência térmica, de acordo com os módulos de processo independentes e os módulos trocadores de calor da presente invenção são propiciados. Embora isto aumente a distância entre os fluidos reativos e o(s) fluido(s) trocador(es) de calor- o que foi observado como sendo desvantajoso anteriormente - devido à otimização dos

módulos separados com relação a sua função específica, surpreendentemente melhor controle do processo e da temperatura pode ser obtido.

Cada módulo de processo é inserido em forma de
5 sanduíche entre dois módulos trocadores de calor e cada
módulo trocador de calor, que não é colocado em uma
extremidade do microreator, é inserido em forma de
sanduíche entre dois módulos de processo. Os módulos
trocadores de calor em cada das extremidades do conjunto de
10 sistemas para microreator pode ser colocado entre um
primeiro e segundo meio de estrutura, respectivamente, e um
módulo de processo.

De acordo com a modalidade preferida do conjunto de
sistemas para microreator, os ditos pelo menos n módulos de
15 processo compreendem:

um módulo misturador, pelo menos uma passagem de
fluido reativo do qual se compreende uma parte misturadora
para receber e misturar pelo menos dois fluidos reativos; e
opcionalmente

20 pelo menos um módulo de ajuste térmico disposto a
montante do dito módulo misturador para ajuste da
temperatura dos ditos fluidos reativos antes de sua entrada
no dito módulo misturador; e

pelo menos um módulo de retenção disposto a jusante do
25 módulo misturador para acomodação da mistura de fluido
reativo.

Usando mais do que um módulo misturador permite
seqüencialmente introduzir mais fluidos reativos para
etapas de reações seqüenciais. No dito módulo misturador,
30 os fluidos reativos são misturados em uma parte misturadora

que forma parte de pelo menos uma passagem de fluido reativo e, após deixar a dita parte misturadora, são acomodados em um primeiro volume de retenção também formando parte de pelo menos uma passagem de fluido reativo. A dita parte misturada pode ter uma estrutura misturadora como mistura de fluxo tampão ou retromistura, enquanto o dito primeiro volume de retenção pode compreender uma ou mais passagens substancialmente retas ligadas por cotovelos. Preferivelmente, o primeiro volume de retenção é propiciado de tal modo que se produz um fluxo laminar.

A temperatura dos fluidos reativos nos módulos de mistura pode ser controlada pelos dois módulos trocadores de calor adjacentes ao dito módulo de mistura. Além disso, um fluido trocador de calor quente ou frio é fornecido para pelo menos uma passagem de fluido trocador de calor dentro de cada dos dois módulos trocadores de calor, o que fornece ou remove o calor do módulo de processo pela transferência térmica.

Conforme indicado acima antes da mistura dos dois ou mais fluidos reativos, os ditos fluidos reativos podem ser aquecidos ou resfriados. Além disso, um ou mais módulos de ajuste térmico podem ser propiciados a montante do dito módulo misturador. O dito módulo de ajuste térmico compreende pelo menos uma passagem de fluido reativo para cada fluido reativo ser aquecido ou esfriado. Enquanto fluem através da(s) dita(s) passagem(ns) de fluido reativo, cada fluido reativo é aquecido ou esfriado pelos dois módulos trocadores de calor adjacentes ao dito módulo de ajuste térmico conforme ele foi descrito anteriormente para

o módulo misturador. Ao propiciar volumes de passagem diferentes, torna-se possível aquecer ou esfriar os reagentes diferentes de forma diferente.

Após ter deixado o módulo misturador, os fluidos reativos podem ser acomodados em um ou mais módulos de retenção. Além disso, a mistura de fluido reativo ao deixar o módulo misturador entra em pelo menos uma passagem de fluido reativo dentro do módulo de retenção, flui através de pelo menos uma passagem de fluido reativo e deixa o módulo de retenção após. Durante o fluxo através da dita pelo menos uma passagem de fluido reativo, a dita mistura de fluido reativo pode ser aquecida, resfriada ou termicamente abafada pelos dois módulos trocadores de calor adjacentes a cada módulo de retenção do mesmo modo conforme anteriormente descrito para o módulo misturador e trocador térmico. Ao propiciar diferentes módulos de retenção com passagens de fluido reativo formadas diferentemente, torna-se possível obter diferentes condições de retenção. É também possível propiciar dois ou mais módulos de retenção em comunicação um com o outro, cada módulo de retenção sendo inserido em forma de sanduíche entre os módulos trocadores de calor, de modo que um grande volume de retenção e deste modo (dependendo da velocidade do fluxo) do tempo de retenção (tempo de residência) pode ser obtido enquanto as condições, em particular, a temperatura da mistura do fluido reativo durante o tempo de residência pode ser controlada facilmente e com precisão.

Preferivelmente, a passagem do fluido reativo do módulo de processo para acomodação e guia de um fluido reativo compreende um canal plano. Idealmente, a trilha do

fluxo de um microreator é uma tubulação estreita cujo diâmetro usualmente é menor do que 1 mm. Se um fluxo não-turbulento laminar for exigido, entretanto, a velocidade do fluxo é restrita pela dita seção pequena. O aumento da
5 velocidade do fluxo, uma pluralidade de tais tubulações estreitas pode ser propiciada. Mas, além disso, a estequiometria em todos os tubos deve ser controlável e o tempo de residência deve ser mantido para todos os tubos, o que não pode ser assegurada suficientemente nos sistemas
10 reais.

O canal plano sugerido como uma modalidade preferida corresponde a uma combinação de tubos paralelos. Assim a velocidade do fluxo pode ser aumentada significativamente enquanto um fluxo não turbulento laminar é mantido.

15 Isto resultou em que uma razão de largura:altura na faixa de 1:4 a 1:50 é adequada para produzir bons resultados. Preferivelmente, a dita razão largura:altura é estabelecida na faixa de 1:4 a 1:30. Ainda mais preferível a dita razão de largura/altura é fixada na faixa de 1:5 a
20 1:25. Em modalidades exemplares, uma largura de 2,0 mm, uma altura de 10 mm e um comprimento de 1844 mm foram selecionados para o canal plano que produz uma razão de largura/altura de 1:5. Em outras modalidades, a largura já testada foi escolhida como 1,4 mm, 0,9 mm e 0,5 mm
25 respectivamente, produzindo uma razão de largura/altura de 1:7.14, 1:11.11 e 1:20 respectivamente.

Devido a pequena largura do canal, um fluxo predominantemente laminar dos fluidos de processo como em canos únicos poderia ser mantido enquanto que ao mesmo
30 tempo a velocidade do fluxo (volume do fluido de processo

por tempo) foi aumentado. Também, somente a estequiometria de um volume único deve ser controlada na modalidade preferida.

Com uma velocidade de fluxo de 100 ml/min, tempos de
5 residência de 5,7; 10,2; 15,9 e 22,6 seg. respectivamente
foram medidos para os canais identificados anteriormente,
isto é, com larguras de 2,0 mm, 1,4 mm, 0,9 mm e 0,5 mm
respectivamente. Como pode ser visto a partir dessas
medidas, o tempo de residência para uma microreação
10 específica pode ser escolhido quase arbitrariamente pela
combinação dos módulos com tempos de residência diferentes.
Nos tempos de residência em particular de até 30 min., ou
preferivelmente de até 20 min e em sua maioria
preferivelmente de até 10 min. podem ser obtidos.

15 Em uma modalidade preferida, o conjunto de sistemas
para microreator compreende pelo menos dois módulos de
processo ligados em série, cada um sendo inserido em forma
de sanduíche entre dois módulos trocadores de calor
adjacentes. Por exemplo, um ou mais módulos misturadores
20 podem ser combinados com pelo menos um módulo de ajuste
térmico precedente para trazer os fluidos reativos a uma
temperatura ideal antes da mistura, e/ou pelo menos um
módulo de retenção para fornecimento dos tempos de
residência necessários para a(s) mistura(s) dos fluidos
25 reativos. Durante a mistura e a retenção, a temperatura
da(s) mistura(s) dos fluidos reativos pode ser controlada
pelos módulos trocadores de calor sendo dispostos
adjacentemente a cada módulo misturador e de retenção. Um
módulo misturador adicional, opcionalmente acompanhado com
30 um módulo de ajuste térmico precedente pode ser integrado

entre dois módulos de retenção para permitir a implantação de uma reação subsequente pela alimentação de outros fluidos reativos.

As passagens de fluidos reativos dos dois módulos de processo subsequentes podem ser externamente conectadas. Além disso, acoplamentos externos destacáveis ou fixos tais como canos, acessórios, etc., podem ser usados. Em particulares canos-tubos podem ser soldados ou caldeados aos módulos ou acoplamentos de acoplagem rápida Swagelok podem ser usados. Enquanto os acoplamentos externos destacáveis permitem a fácil reutilização dos módulos únicos e, deste modo, aumenta a flexibilidade, canos-tubos fixos com vantagem evitam o volume morto e podem adicionalmente aumentar a estabilidade do conjunto de sistemas para microreator completo.

Preferivelmente, pelo menos uma passagem de fluido trocador de calor dentro do módulo trocador de calor compreende pelo menos uma porta de entrada de fluido trocador de calor em comunicação com um primeiro reservatório de fluido trocador de calor ou pelo menos uma passagem de ligação do fluido trocador de calor propiciado em um módulo de processo adjacente e pelo menos uma porta de saída do fluido trocador de calor comunicando-se com um segundo reservatório de fluido trocador de calor ou uma passagem de ligação do fluido trocador de calor propiciado em um módulo de processo adjacente. Assim, dois módulos trocadores de calor envolvendo em forma de sanduíche um módulo de processo podem se comunicar via pelo menos uma passagem de ligação de fluido trocador de calor propiciada no módulo de processo um com o outro. Com vantagem,

nenhuma ligação de fluido trocador de calor adicional entre os ditos dois módulos trocadores de calor se faz necessária.

Se os ditos módulos trocadores de calor forem
5 fabricados a partir de um material dúctil e forem pressionados contra o módulo de processo, nenhuma vedação adicional é exigida nas interfaces de pelo menos uma das passagens de ligação do fluido trocador de calor através do módulo de processo, ligando dois módulos trocadores de
10 calor vizinhos devido a leve deformação plástica ou elástica das superfícies de contato dos módulos trocadores de calor. Em uma outra modalidade preferida, entretanto, vedações adicionais podem ser propiciadas nas interfaces das portas de entrada de fluido trocador de calor e/ou nas
15 portas de saída de fluido trocador de calor, adicionalmente vedando as interfaces de ligação dos fluidos trocadores de calor entre dois módulos trocadores de calor subseqüentes via pelo menos uma passagem de conexão de fluido trocador de calor através do módulo de processo inserido em forma de
20 sanduíche. Tal vedação pode preferivelmente ser uma vedação anular. Em particular, esta pode ser uma vedação rígida de Teflon ou similar. Devido ao material dúctil dos módulos trocador de calor é possível usar vedações rígidas, deste modo evitando vedações elásticas como de borracha e
25 ou silício que podem tornar-se fragilizados.

Pelo menos uma passagem de fluido trocador de calor de um módulo trocador de calor acomodando o fluido trocador de calor pode ser tal que um (alto) fluxo turbulento dos ditos
rendimentos dos fluidos trocadores de calor que com
30 vantagem aumenta a transferência térmica de um módulo

trocador de calor para os módulos de processo adjacentes. Preferivelmente um número da escala Reynold igual ou maior do que 2600 é praticado.

Em uma modalidade preferida, um módulo de processo é
5 fabricado pela junção de uma primeira chapa e de uma
segunda chapa uma com a outra. Dentro da superfície de
contato da dita primeira e/ou segunda chapa, pelo menos uma
passagem de fluido reativo para acomodação de pelo menos um
fluido reativo pode ser propiciada pela laminação,
10 causticação ou similar. Preferivelmente, a dita pelo menos
uma passagem de fluido reativo é uma microestrutura. Após
a junção da dita primeira e segunda chapa uma com a outra
pela soldagem, sinterização, soldagem ou similar, pelo
menos uma passagem de fluido reativo para acomodação do
15 fluido reativo é, exceto para pelo menos uma porta de
entrada de fluido reativo e pelo menos uma porta de saída
de fluido reativo, completamente embutida dentro do módulo
de processo.

Um módulo trocador de calor pode ser fabricado
20 similarmente pelo fornecimento de pelo menos uma passagem
de fluido trocador de calor para acomodar pelo menos um
fluido trocador de calor dentro de uma ou ambas superfícies
de contato de uma primeira e segunda chapa a serem unidas
após por solda, caldeação ou similar. Alternativamente,
25 uma chapa intermediária pode ser inserida em forma de
sanduíche entre a dita primeira e segunda chapa, a dita
chapa intermediária compreendendo um ou mais recortes.
Após a junção da dita primeira, intermediária e segunda
chapa uma com a outra, os ditos recortes e as superfícies
30 correspondentes da dita primeira e segunda chapa definem

pelo menos uma passagem de fluido trocador de calor para acomodar pelo menos um fluido trocador de calor.

A combinação dos módulos de processo ligados externamente e módulos trocadores de calor ligados internamente propiciam o melhor modo para separação de pelo menos um circuito de fluido reativo e pelo menos um circuito de fluido trocador de calor e evitando a contaminação cruzada.

Em uma modalidade preferida, a pilha de módulos de processo e a pilha de módulos trocadores de calor são pressionadas uma contra a outra por pelo menos um primeiro e segundo meio de estrutura. Além disso os ditos primeiro e segundo meios de estrutura podem ser empurrados na direção um do outro, deste modo pressionando os módulos de processo e os módulos trocadores de calor no meio deles um contra o outro, por uma ou mais âncoras de tensão ou tirantes.

Em uma modalidade preferida cada dos ditos meios de estrutura opcionalmente compreende uma estrutura interna e uma externa. Em uma modalidade também preferida de acordo com a Figura 17, um meio de estrutura consiste de um elemento estrutural e o segundo meio de estrutura consiste de uma estrutura externa e uma interna, na qual o primeiro meio de estrutura é diretamente ancorado à estrutura externa via tirantes e a dita estrutura externa empurra a dita estrutura interna contra o primeiro meio de estrutura e a pilha de módulos disposta no meio.

Os ditos tirantes podem ser propiciados no centro e/ou na periferia do conjunto de sistemas para microreator. Assim, o dito conjunto de sistemas para microreator

modulares pode ser montado facilmente com diferentes números de módulos.

Com vantagem, uma cavidade é propiciada dentro da área central do primeiro e segundo meio de estrutura de tal modo
5 que ao empurrar o dito primeiro e segundo meio de estrutura na direção um do outro, uma pressão mais alta é obtida em uma parte circunferencial dos módulos. Isto com vantagem aumenta as características de vedação do microreator.

Em uma modalidade mais preferida, um módulo trocador
10 de calor serve como um módulo adjacente para dois módulos de processo subsequentes, isto é, no conjunto de sistemas para microreator, são propiciados módulos trocadores de calor e módulos de processo alternativamente. Com vantagem, esta pilha começa e termina com um módulo
15 trocador de calor. Se dois módulos trocadores de calor subsequentes comunicam-se com o outro via uma passagem de conexão de fluido trocador de calor propiciada em um módulo de processo inserido em forma de sanduíche no meio, módulos trocadores de calor identicamente estruturados podem ser
20 usados, nos quais cada segundo módulo é girado 180° (rotação de 180° em torno de um eixo vertical se é presumido que o fluido trocador de calor flui na direção da direita para a esquerda), de modo que pelo menos uma porta de saída do primeiro módulo trocador de calor, pelo menos
25 uma passagem de ligação do fluido trocador de calor propiciada no módulo de processo adjacente e pelo menos uma porta de entrada do fluido trocador de calor do segundo módulo trocador de calor subsequente alinham-se um com o outro.

30 Pelo menos uma porta de entrada de fluido trocador de

calor de um realmente primeiro módulo trocador de calor e pelo menos uma porta de saída de fluido trocador de calor de um último real módulo trocador de calor do conjunto de sistemas para microreator completo podem comunicar-se com
5 um primeiro e segundo reservatório trocador de calor, respectivamente, de tal modo que o fluido trocador de calor flui a partir do primeiro para o segundo reservatório ou vice-versa, deste modo aquecendo, resfriando ou abafando termicamente os módulos de processo do conjunto de sistemas
10 para microreator. Além disso uma porta de entrada e uma porta de saída respectivamente podem ser propiciadas no primeiro e segundo meio de estrutura confinando o primeiro e último módulos trocadores de calor.

Portas de entrada de fluido trocador de calor e portas
15 de saída de fluido trocador de calor adicionais podem ser propiciadas nos módulos trocadores de calor dentro do microreator, fazendo a comunicação com um terceiro, quarto, etc., reservatório de fluido trocador de calor. Assim, por exemplo, um primeiro fluido trocador de calor quente pode
20 fluir a partir do primeiro reservatório através dos primeiros módulos trocadores de calor envolvendo em forma de sanduíche o módulo de ajuste em um terceiro reservatório, assim aquecendo o reagente fluindo através do módulo de ajuste térmico. Um segundo fluido trocador de
25 calor frio então pode fluir a partir de um quarto reservatório através dos módulos trocadores de calor envolvendo em forma de sanduíche os módulos de retenção no segundo reservatório, deste modo esfriando os fluidos de processo durante o tempo de residência.

30 Conforme descrito acima, em uma modalidade preferida

subseqüente, os módulos trocadores de calor são substancialmente idênticos, no ponto em que cada módulo é girado 180° , de modo que pelo menos uma porta de saída de fluido trocador de calor do primeiro módulo trocador de calor, pelo menos uma passagem de ligação de fluido trocador de calor propiciada no módulo de processo adjacente e pelo menos uma porta de entrada de fluido trocador de calor do segundo modulo trocador de calor adjacente comunicam-se um com o outro. Assim, o fluido trocador de calor flui em uma linha em zigue-zague através do microreator. Dependendo do número de módulos de processo e trocador de calor, pode ser necessário propiciar dois módulos trocadores de calor adjacentes um ao outro para adaptação às portas de entrada e saída do microreator completo. Para evitar os ditos módulos trocadores de calor adjacentes, eles podem ser separados pela instalação de um módulo cego. Alternativamente, por exemplo, o segundo meio de estrutura, no qual a porta de saída do microreator pode ser propiciado, pode ser girado 180° (rotação de 180° em torno de um eixo horizontal assumindo que o fluido trocador de calor flua na direção da direita para esquerda) para emparelhar a última porta de saída do módulo trocador de calor. Alternativamente, por exemplo, um segundo meio de estrutura com uma porta de entrada deslocada pode ser usado.

Outros objetos, vantagens e características podem ser derivados das reivindicações dependentes e das modalidades descritas da presente invenção. Abaixo:

A figura 1 mostra uma vista espacial de um conjunto de sistemas para microreator contendo todos os acessórios em

um lado de acordo com uma modalidade da presente invenção ;

A figura 2 mostra uma vista espacial girada 180° do conjunto de sistemas para microreator mostrado na Figura 1;

A figura 3 mostra uma vista em corte frontal de um
5 módulo de ajuste térmico do conjunto de sistemas para microreator mostrado na figura 1;

A figura 4 mostra o módulo de ajuste térmico da figura 3 visto a partir do lado esquerdo;

A figura 5 mostra uma vista em corte frontal de um
10 módulo misturador do conjunto de sistemas para microreator mostrado na figura 1;

A figura 6 mostra uma vista ampliada de um canto esquerdo superior indicado com um "X" na figura 5;

A figura 7 mostra uma vista em corte frontal de um
15 módulo de retenção do conjunto de sistemas para microreator na figura 1;

A figura 8 mostra uma vista em corte superior do módulo misturador da figura 7 visto da parte superior;

A figura 9 mostra uma vista ampliada de uma porta de
20 entrada de fluido reativo do módulo misturador mostrado na figura 8;

A Figura 10 mostra uma vista em corte frontal de um outro módulo de retenção do microreator na Figura 1;

A Figura 11 mostra uma vista em corte superior do
25 módulo misturador da Figura 10 visto da parte superior;

A Figura 12 mostra uma vista ampliada de uma porta de entrada de fluido reativo do módulo misturador da Figura 01;

A Figura 13 mostra uma vista em corte frontal de um
30 primeiro módulo trocador de calor;

A Figura 14 mostra uma vista em corte lateral do módulo trocador de calor da Figura 13;

A Figura 15 mostra uma vista em corte frontal do segundo módulo trocador de calor;

5 A Figura 16 mostra uma vista em corte lateral do módulo trocador de calor da Figura 15; e

A Figura 17 mostra uma vista em corte longitudinal de um conjunto de sistemas para microreator de acordo com uma modalidade da presente invenção;

10 O conjunto de sistemas para microreator de acordo com uma modalidade da presente invenção conforme mostrado nas Figuras 1, 2 compreende um primeiro meio de estrutura 10, um primeiro módulo trocador de calor 7, um módulo de ajuste térmico 1 como um módulo de processo, um segundo módulo
15 trocador de calor 8, um módulo misturador 1 como um outro módulo de processo, um outro primeiro módulo trocador de calor 7, um módulo de retenção 3 como um outro módulo de processo, um outro segundo módulo trocador de calor 8, outros módulos de retenção 4, 5, e 6 respectivamente, cada
20 um inserido em forma de sanduíche entre dois módulos trocadores de calor 7, 8 e um segundo meio de estrutura 9 nesta seqüência. Assim, entre os ditos primeiro e segundo meios 10, 9 alternando um primeiro ou segundo módulo trocador de calor 7, 8 e um módulo de processo 1-6 são
25 fornecidos.

Como pode ser melhor visualizado a partir das Figuras 14, 16, cada módulo trocador de calor 7, 8 compreende uma primeira chapa 7M, 8M, uma chapa intermediária 70, 80 e uma segunda chapa 7N, 8N respectivamente, unidas por solda. A
30 chapa intermediária compreende um recorte na forma de

passagens retas paralelas, nas quais duas passagens subseqüentes são ligadas por um meio círculo de tal modo que um recorte sinusoidal contínuo é formado. O dito recorte da chapa intermediária 70, 80 e as superfícies
5 internas da primeira e segunda chapa 7M, 7N e 8M, 8N respectivamente assim definem uma passagem de fluido trocador de calor 7A, 8A para acomodar um fluido trocador de calor no módulo trocador de calor 7, 8. Em uma extremidade do recorte, um orifício é formado na extensão
10 na primeira chapa 7M, 8M e um outro orifício na extensão é formado na extremidade oposta do recorte na segunda chapa 7N, 8N para definir uma porta de entrada de fluido trocador de calor 7B, 8B e uma porta de saída de fluido trocador de calor 7C, 8C respectivamente, em comunicação com a passagem
15 de fluido trocador de calor 7A, 8A.

Como pode ser visto a partir das figuras 13-16, os primeiro e segundo módulos trocadores de calor 7, 8 são substancialmente idênticos, no ponto em que o segundo módulo trocador de calor 8 é girado 180°. Assim, quando
20 montado, a porta de saída 7C de um primeiro módulo trocador de calor 7 e a porta de entrada de fluido trocador de calor 8B de um segundo módulo trocador de calor 8 alinham-se um com o outro como também a porta de saída de fluido trocador de calor 8C do segundo módulo trocador de calor 8 com a
25 porta de entrada 7B de um próximo primeiro módulo trocador de calor 7.

Como pode ser visto a partir das Figuras 3, 5, 7 e 10, cada módulo de processo 1-3, 6 compreende dois orifícios na extensão 1H-3H, 6H, um dos quais, quando montado,
30 corresponde a uma porta de entrada de fluido trocador de

calor 7B, 8B enquanto que o outro dos quais corresponde a uma porta de saída de fluido trocador de calor 7C, 8C dos primeiro e segundo módulos trocadores de calor 7, 8 envolvendo em forma de sanduíche cada módulo de processo 1-3, 6. Assim, a passagem de fluido trocador de calor 7^a, 8^a para acomodar e guiar um fluido trocador de calor em um primeiro módulo trocador de calor 7 e em um segundo módulo de roca térmica 8 comunicam-se um com o outro via uma passagem de ligação de fluido trocador de calor formada pelos orifícios na extensão em um dos módulos de processo correspondentes 1-6 inseridos em forma de sanduíche entre o primeiro módulo trocador de calor 7 e o segundo módulo trocador de calor 8, quando montados, conforme pode ser visto a partir das Figuras 1, 2, e 17.

A porta de entrada de fluido trocador de calor 7B do próprio primeiro módulo trocador de calor 7 comunica-se com um primeiro reservatório de fluido trocador de calor (não mostrado) através de uma passagem propiciada no primeiro meio de estrutura 10 e uma primeira parte acopladora 12A ligada a esta. A porta de saída de fluido trocador de calor 8C do último módulo trocador de calor 8 comunica-se com um segundo reservatório de fluido trocador de calor (não mostrado) via uma passagem propiciada no segundo meio de estrutura 9 e uma segunda parte acopladora 12B ligada a esta. Assim, por exemplo, um fluido trocador de calor quente pode fluir a partir do primeiro reservatório através da primeira parte acopladora 12A, a primeira estrutura 10, grupos dos primeiro e segundo módulos trocadores de calor 7, 8 comunicando-se via passagens de ligação de fluido trocador de calor propiciadas nos módulos de processo 1-6

inserido em forma de sanduíche nos ditos primeiro e segundo módulos trocadores de calor 7, 8, a segunda estrutura 9 e a segunda parte acopladora 12B em u segundo reservatório em linha zigue-zague, deste modo subsequêntemente aquecendo
5 todos os módulos de processo 1-6 via troca térmica através das chapas dos módulos.

Um módulo de ajuste de temperatura 1, que é mostrado em maior detalhe nas Figuras 3, 4 é propiciado como um primeiro módulo de processo. O dito módulo de ajuste de
10 temperatura 1 compreende uma primeira passagem de fluido reativo 1A, em comunicação com uma primeira porta de entrada de fluido reativo 1C, e uma primeira porta de saída de fluido reativo 1F, e uma segunda passagem de fluido reativo 1B em comunicação com uma segunda porta de entrada
15 de fluido reativo 1D e uma segunda porta de saída de fluido de fluido reativo 1E. Um primeiro fluido reativo é fornecido para a primeira passagem de fluido reativo 1A através da primeira porta de entrada de fluido reativo 1C. Um segundo fluido reativo é fornecido para a segunda
20 passagem de fluido reativo 1B através da segunda porta de entrada de fluido reativo 1D.

O dito módulo de ajuste de temperatura 1 compreende uma primeira e segunda chapa 1M, 1N (Figura 4) que são unidas uma a outra por solda ou processo similar. Nas
25 superfícies de contato da primeira e/ou segunda chapa 1M, 1N as passagens de fluido reativo sinusoidais 1A, 1B são cortadas por causticação, laminação ou similar.

Enquanto flui através da dita primeira passagem de fluido reativo 1A através da dita primeira porta de saída
30 de fluido reativo 1F, a temperatura do dito primeiro fluido

reativo é ajustada pelos dois módulos trocadores de calor 7, 8 envolvendo em forma de sanduíche o dito módulo de ajuste de temperatura 1. Além disso, o fluido trocador de calor fluindo através dos ditos módulos trocadores de calor 7, 8 fornece ou remove o calor para o dito primeiro fluido reativo pela condução do calor através das chapas 7N, 8M dos módulos trocadores de calor entrando em contato com as chapas 1M, 1N do dito módulo de ajuste de temperatura.

Um módulo misturador 2 como um segundo módulo de processo é mostrado nas Figuras 5, 6. Embora não mostrado em detalhe, o dito módulo misturador 2 compreende uma primeira e segunda chapa de modo similar ao módulo de ajuste de temperatura 1 descrito acima. No dito módulo misturador, uma passagem de fluido reativo 2A é propiciada compreendendo uma seção de mistura 2C e uma primeira seção de retenção 2I.

Uma primeira porta de entrada de fluido reativo 2C em comunicação com a dita passagem de fluido reativo 2A é ligada à primeira porta de saída de fluido de fluido reativo 1F do módulo de ajuste de temperatura 1 por uma ligação externa (não mostrada). Uma segunda porta de entrada de fluido reativo 2D também em comunicação com a passagem de fluido reativo 2A, é ligada à segunda porta de saída de fluido reativo 1E do módulo de ajuste de temperatura 1 de modo similar. Assim, os primeiro e segundo fluidos reativos respectivamente, após terem passado através do dito módulo de temperatura 1, fluem para a seção de mistura 2C da passagem 2A dentro do módulo misturador 2, no qual os ditos ambos fluidos reativos são misturados um com o outro. A geometria da seção de mistura

2G, conforme mostrada na vista ampliada na Figura 6, pode ser escolhida apropriadamente para misturar os fluidos reativos em um modo ideal. Após a mistura, o fluido de processo resultante flui para a primeira seção de retenção 2I da passagem de fluido reativo 2A que basicamente é formada como um canal plano, assim propiciando um fluxo substancialmente laminar dos fluidos de processo.

Deve ser enfatizado que a geometria das passagens do processo e dos módulos trocadores de calor 1-6, 7, 8 não são limitados àqueles mostrados nas figuras e descritos com relação às modalidades preferidas, mas podem ser escolhidos em qualquer design apropriado.

Durante a mistura e a residência dentro da seção de mistura 2G e a primeira seção de retenção 2I, a reação química pode ter a temperatura controlada pelos dois módulos trocadores de calor 8, 7 envolvendo em forma de sanduíche o módulo misturador 2.

O fluido de processo, deixando a passagem de fluido reativo 2A através da porta de saída de fluido reativo 2E, entra na porta de entrada de fluido reativo 3C de um primeiro módulo de retenção 3 mostrado nas Figuras 7-9. Além disso, a porta de saída de fluido reativo 2E e a porta de entrada de fluido reativo 3C são externamente ligadas via um cano-tubo ou similar (não mostrado). O módulo de retenção 3, conforme os outros módulos de retenção 4-6, basicamente compreende uma primeira chapa 3M-6M unidas com uma segunda chapa 3N-6N por solda, solda ou similar. Entre as ditas duas chapas, uma passagem 3A-6A é propiciada para acomodar os fluidos de processo durante o tempo de residência. Além disso, um canal plano basicamente

sinusoidal é esculpida na superfície de contato da primeira e/ou segunda chapa através de causticação, laminação ou similar.

Enquanto flui através da dita passagem de fluido reativo 3A, o fluido de processo é controlado por temperatura pelos dois módulos trocadores de calor 7, 8 adjacentes ao dito módulo de retenção 3 conforme descrito para o módulo de ajuste de temperatura 1 e o módulo misturador 2 anterior.

Após deixar o primeiro módulo de retenção 3 via uma porta de saída de fluido reativo 3D, o fluido reativo entra nos módulos de retenção subsequentes 4-6 via uma porta de entrada de fluido reativo respectiva ligada a uma porta de saída de fluido reativo de um módulo de retenção precedente conforme descrito anteriormente para a porta de entrada de fluido reativo 3C e a porta de saída de fluido reativo 2E. Desta maneira, o fluido reativo pode fluir através de todos os módulos de retenção subsequentes 4-6 antes de deixar o conjunto de sistemas para microreator através da porta de saída do último módulo de processo 6D.

O tempo de residência dentro de cada módulo de retenção 3-6 é definido pelo volume de retenção, isto é, a seção (largura x altura) x comprimento da passagem 3A-6A acomodando o fluido de processo, dividido pela velocidade do fluxo. Assim, pelo fornecimento de larguras, comprimentos, e/ou alturas diferentes das passagens únicas, tempos de residência diferentes podem ser obtidos. Pela combinação de diferentes módulos de retenção com diferentes geometrias de passagens, portanto, o tempo de residência pode ser quase que arbitrariamente escolhido.

Como pode ser visualizado a partir da comparação das Figuras 9 e 12, pela ilustração das porta de entrada de fluido reativo 3C, 6C do primeiro e quarto módulo de retenção 3 e 6, respectivamente, a largura do canal plano definindo as passagens de fluido reativo 3A, 6A respectivamente, podem ser ornadas menores (Figura 9), substancialmente iguais ou maiores do que a largura da porta de entrada de fluido reativo.

Conforme mostrado nas Figuras 1, 2, dois tirantes 13 empurram o primeiro e segundo meio de estrutura 10, 9 na direção um do outro, deste modo pressionando os módulos trocadores de calor empilhados 7, 8 e os módulos de processo 1-6 um contra o outro. A colocação dos tirantes 13 na circunferência do conjunto de sistemas para microreator e propiciando uma cavidade (vide Figura 17) no centro das superfícies do meio de estrutura 10, 9 em contato com os módulos trocadores de calor 7, 8, uma alta pressão pode ser obtida na circunferência do conjunto de sistemas para microreator. Assim as portas de entrada de fluido reativo 7B, 8B e as portas de saída de fluido reativo 7C, 8C dos módulos trocadores de calor 7, 8 que também são propiciadas na circunferência do conjunto de sistemas para microreator são pressionadas contra as passagens de ligação dos fluidos trocadores de calor 1H-6H nos módulos de processo 1-6 com alta pressão. Se os módulos trocadores de calor 7,8 forem fabricados a partir de material dúctil como o alumínio, cobre ou uma liga destes, por exemplo, a borda circunferencial da porta de entrada e de saída sofrerá uma ligeira deformação sob pressão, deste modo propiciando boa vedação contra a

superfície do módulo de processo 1-6 inserido em forma de sanduíche entre eles. Assim a porta de saída do fluido trocador de calor 7C, 8C e a porta de entrada do fluido trocador de calor 7B, 8B dos dois módulos trocadores de calor subseqüentes 7, 8 comunicam-se de forma hermética aos fluidos via passagem de ligação de fluidos trocadores de calor 1H-6H propiciada no módulo de processo intermediário.

Além disso, poderá ser propiciado um anel vedando em volta das portas de entrada de fluido trocador de calor 7B, 8B e das porta de saída de fluido trocador de calor 7C, 8C. Além disso, por exemplo, uma ranhura circular pode ser propiciada dentro da primeira e segunda chapa 7M, 7N, 8M, 8N respectivamente, acomodando um anel vedando o interior (não mostrado). Tal anel vedador pode ser de borracha, silício ou, preferivelmente, Teflon ou similar.

Como pode ser entendido a partir da descrição precedente, um conjunto de sistemas para microreator de acordo com a presente invenção propicia devido a sua estrutura modular alta flexibilidade e permite a combinação de geometrias misturadas de canais com diferentes módulos de retenção, deste modo propiciando tempos de residência escolhidos arbitrariamente, em particular para as reações tipo B. Cada dos ditos módulos de pressão 1-6 tem a temperatura controlada por dois módulos trocadores de calor adjacentes 7,8. Visto que a transferência térmica somente é realizada pela condução térmica através das chapas 1M-8M, 1N-8N dos módulos trocadores de calor 7, 8 e dos módulos de processo 1-6, nenhuma vedação ou similar é necessária. Além disso, com vantagem, os módulos de processo 1-6 podem ser otimizados com relação aos reagentes acomodados lá, por

exemplo, sendo resistentes à corrosão e/ou pressão, enquanto ao mesmo tempo os módulos trocadores de calor 7, 8 não entram em contato com os reagentes, podem ser otimizados com relação às características de transferência 5 térmica e/ou de vedação.

Na modalidade descrita acima, os módulos trocadores de calor 7,8 e os módulos de processo 1-6 são empilhados alternando um com o outro e o fluido trocador de calor flui a partir de um primeiro reservatório através da primeira 10 parte acopladora 12A em uma linha em zigue-zague através de todos os módulos trocadores de calor 7, 6 para um segundo reservatório ligado a segunda parte acopladora 12B. Deste modo, todas as ligações de fluidos trocadores de calor dos módulos trocadores de calor 7, 8 são internamente 15 propiciadas sem nenhuma ligação adicional. Com vantagem, o processo padronizado e os módulos trocadores de calor podem ser usados, assim tornando possível montar diferentes microreatores com diferentes tempos de residência e similares de modo fácil, modular.

20 Na modalidade descrita acima, um módulo de ajuste de temperatura 1, um módulo misturador 2 e quatro módulos de retenção 3-6 foram combinados nesta ordem. Entretanto, uma combinação arbitrária de tais módulos é possível. Por exemplo, mais módulos de ajuste de temperatura podem ser 25 propiciados para aumentar a passagem na qual os reagentes são aquecidos ou resfriados. Mais módulos misturadores podem ser propiciados para uma reação em múltiplos estágios. Módulos de retenção diferentes podem ser propiciados para realizar o tempo de residência exigido.

30 Com uma velocidade de fluxo dada de, por exemplo, 100

ml/min, um comprimento de passagem do módulo de processo de cerca de 1844 mm, uma altura de passagem de 10 mm e uma largura de passagem de 0,5-2 mm, tempos de residência de 6-22 seg. por módulo foram realizados em um teste de exemplo. Assim os tempos de residência totais de até 30 min. podem ser realizados.

Surpreendentemente, houve o resultado de que a ligação externa dos módulos de processo subsequente 1-6 não afeta significativamente o controle da temperatura do microreator. Visto que cada módulo de processo 1-6, em particular, cada módulo de retenção 3-6, pode ter a temperatura controlada muito eficientemente (aquecida, esfriada ou termicamente abafada) a partir de dois lados, as reações podem ser operadas no microreator dentro de uma faixa de temperatura ampla. Como no exemplo da modalidade descrita, preferivelmente um módulo trocador de calor 7, 8 transfere o calor dos e para os módulos de processo subsequentes 1-6 (exceto para o próprio primeiro e último módulo trocador de calor).

As passagens de fluidos reativos nos módulos de processo 1-6 são microestruturadas através de causticação, laminação ou similar. Visto que os módulos trocadores de calor 7, 8 são fabricados separadamente, eles podem ser fabricados sem a microestruturação, reduzindo assim os custos. Além disso, visto que os ditos módulos trocadores de calor 7, 8 não entram em contato com os reagentes, eles não precisam ser resistentes à corrosão ou a pressões altas do processo, assim permitindo o uso de materiais otimizados para transferência térmica. Em particular, os materiais seguintes podem ser usados para os módulos trocadores de

calor.

Liga de alumínio AlMgSi1 (=EN AW-6082 ou EN6082):

EN AW-6082 EN AW-AlSiMgMn AlMgSi1 DIN 3.2315
 EN AW-6061 EN AW-AlMg181Cu AlMg1SiCu DIN 3.3211
 5 EN AW-6005A EN AW-AlSiMg(A) AlMgSi0,7 DIN 3.3210
 EN AW-6012 EN AN-AlMgSiPb AlMgSiPb DIN 3.0615
 EN AW-6060 EN AW-AlMgSi AlMgSi0,5 DIN 3.3206

Ao contrário, os módulos de processo 2-6 podem ser fabricados a partir dos seguintes materiais, por exemplo:

10 DIN 1,4571 AlSi 316 Ti X 10 CrNiMoTi 18 10
 DIN 2.4602 NiCr21Mo14W Liga à base de Ni C-22
 DIN 2.4610 NiMo16Cr16Ti Liga à base de Ni C-4
 DIN 2.4617 NiMo28 Liga à base de Ni B-2
 DIN 2.4819 NiMo16Cr15W Liga à base de Ni C-276
 15 DIN 2.4816 NiCr15Fe Inconel 600
 DIN 2.4856 NiCr21Mo9Nb Inconel 625
 DIN 2.4858 NiCr21Mo Inconel 825

REIVINDICAÇÕES

1. Conjunto de sistemas para microreator caracterizado por compreender uma pilha de:

pelo menos n módulos de processo (1-6), em que n é um
5 número inteiro igual ou maior do que 1, cada módulo de
processo (1-6) sendo fabricado a partir de um primeiro
material rígido e compreendendo pelo menos uma passagem de
fluido reativo (1A, 1B, 2A, 3A, 6A) que penetra o dito
módulo de processo (1-6) entre pelo menos uma porta de
10 entrada de fluido reativo (1C, 1D, 2C, 2D, 3C, 6C) e pelo
menos uma porta de saída de fluido reativo (1E, 1F, 2E, 3D,
6D), para acomodar e guiar um fluido reativo, onde no caso
de pelo menos dois módulos de processo (1-6) os ditos pelo
menos dois módulos de processo (1-6) são ligados em série;
15 e pelo menos $n+1$ módulos trocadores de calor (7, 8)
cada dos ditos módulos trocadores de calor (7,8) sendo
fabricados a partir de um segundo material dúctil que não o
dito primeiro material compreendendo pelo menos uma
passagem de fluido trocadores de calor (7A, 8A) que penetra
20 o dito módulo trocador de calor (7, 8) entre pelo menos uma
porta de entrada de fluido trocador de calor (7B, 8B) e
pelo menos uma porta de saída de fluido trocador de calor
(7C, 8C), para acomodar e guiar um fluido trocador de
calor, no qual pelo menos os ditos $n+1$ módulos trocadores
25 de calor (7, 8) são ligados em série,

onde cada módulo de processo (1-6) é inserido entre
dois módulos trocadores de calor adjacentes (7, 8).

2. Conjunto de sistemas para microreator, de acordo
com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de

30 o dito primeiro material ser resistente à corrosão e à

pressão e ser preferivelmente selecionado do grupo consistindo de aço inoxidável, liga de metal ("hastelloy"), tungstênio, tântalo, titânio, cerâmica, grafite e/ou de uma combinação adequada de um ou mais dos ditos primeiros
5 materiais; e

o dito segundo material ser condutor de calor e preferivelmente ser selecionado do grupo consistindo de alumínio, ligas de alumínio, cobre, ligas de cobre, prata e ligas de prata e/ou de uma combinação adequada de um ou
10 mais dos ditos segundos materiais.

3. Conjunto de sistemas para microreator, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato dos ditos pelo menos n módulos de processo (1-6) compreenderem:

um módulo misturador (2) com pelo menos uma passagem
15 de fluido reativo (2A) que compreende uma parte misturadora (2G) para receber e misturar pelo menos dois fluidos reativos;

opcionalmente, um módulo de ajuste térmico (1) disposto a montante do dito módulo misturador (2) para
20 ajuste da temperatura dos ditos pelo menos dois fluidos reativos antes de entrar no dito módulo misturador (2); e,

opcionalmente, um ou mais módulos de retenção (3-6) dispostos a jusante do módulo misturador (2) para acomodação da mistura de fluidos reativos.

25 4. Conjunto de sistemas para microreator, de acordo com qualquer das reivindicações 1, 2 ou 3, caracterizado pelo fato de pelo menos uma passagem de fluido (1A, 1B, 2A, 3A, 6A) ser uma passagem plana compreendendo partes curvas e/ou retas para capacitar o fluxo do respectivo fluido
30 reativo ao longo de uma trilha tortuosa, a dita passagem

plana preferivelmente possuindo uma razão de largura/altura na faixa de 1:4 a 1:50, mais preferivelmente na faixa de 1:4 a 1:30, ainda mais preferivelmente na faixa de 1:5 a 1:25.

5 5. Conjunto de sistemas para microreator, de acordo com as reivindicações 1, 2, 3 ou 4, caracterizado pelo fato dos ditos pelo menos n módulos de processos (1-6) compreenderem pelo menos dois módulos de processos que são externamente ligados em série.

10 6. Conjunto de sistemas para microreator, de acordo com qualquer das reivindicações 1, 2, 3, 4 ou 5, caracterizado pelos ditos pelo menos n+1 módulos trocadores de calor (7, 8) compreenderem:

um primeiro módulo trocador de calor (7), com pelo
15 menos uma porta de entrada de fluido trocador de calor (78) a qual se comunica com um primeiro reservatório de fluido trocador de calor e uma porta de saída de fluido trocador de calor (7C) a qual se comunica com um sucessivo módulo trocador de calor (8);

20 um segundo módulo trocador de calor (8), com pelo menos uma porta de saída de fluido trocador de calor (8C) a qual se comunica com um segundo reservatório de fluido trocador de calor e uma porta de entrada de fluido trocador de calor (8B) da qual se comunica com um módulo trocador de
25 calor precedente (7); e opcionalmente,

pelo menos um outro módulo trocador de calor disposto entre o dito primeiro módulo trocador de calor (7) e o segundo módulo trocador de calor (8) e ligado em série com o primeiro módulo trocador de calor (7) e o segundo módulo
30 trocador de calor (8),

onde a ligação em série dos dois módulos trocadores de calor sucessivos (7, 8) é implantada internamente via pelo menos uma passagem de ligação de fluido trocador de calor (1H, 2H, 3H, 6H) passando através de um respectivo dos pelo menos n módulos de processo (1-6) inserido entre os dois módulos trocadores de calor sucessivos (7, 8).

7. Conjunto de sistemas para microreator, de acordo com qualquer das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5 ou 6, caracterizado pelo fato de pelo menos os n módulos de processo (1-6) e/ou os ditos pelo menos n+1 módulos trocadores de calor (7, 8) compreenderem cada, uma primeira chapa (1M-8M) e uma segunda chapa (1N-8N) permanentemente unidas uma a outra, preferivelmente por solda, solda forte, caldeamento, colagem ou similar, em que cada uma das ditas passagens de fluidos reativos, passagens de fluidos trocadores de calor, portas de entrada de fluido reativo e porta de saída de fluido reativo, e/ou porta de entrada de fluido trocador de calor e porta de saída de fluido trocador de calor (1A, 1B, 1C-1F, 2A, 2C-2E, 2G, 3A, 3C, 3D, 6A, 6C, 6D, 7A, 8A) é fornecida entre a dita primeira chapa (1M-8M) e a segunda chapa (1N-8N).

8. Conjunto de sistemas para microreator, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato das ditas passagens de fluido reativo, passagens de fluido trocador de calor, portas de entrada de fluido reativo e portas de saída de fluido reativo, e/ou portas de entrada de fluido trocador de calor e portas de saída de fluido trocador de calor (1A, 1B, 1C-1F, 2 A, 2C-2E, 2G, 3 A, 3C, 3D, 6 A, 6C, 6D, 7 A, 8 A) ser obtida pela remoção por ablação de uma superfície interna de pelo menos uma das ditas primeira

chapa (1M-8M) e segunda chapa (1N-8N).

9. Conjunto de sistemas para microreator, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de uma chapa intermediária estruturada (70, 80) ser inserida entre a dita primeira chapa (7M, 8M) e a segunda chapa (7N, 8N) dos ditos pelo menos n+1 módulos trocadores de calor (7, 8) para fornecer as ditas passagens de fluido trocador de calor (7A, 8A).

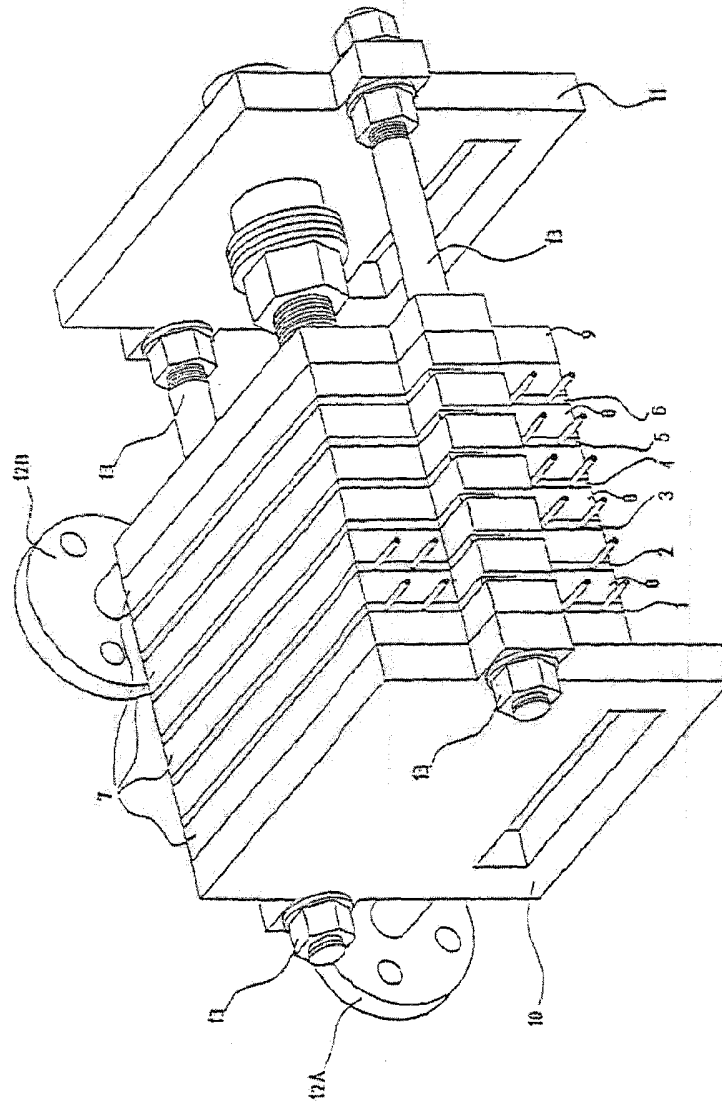
10. Conjunto de sistemas para microreator, de acordo com qualquer das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ou 9, caracterizado por compreender ainda:

um primeiro meio de estrutura (10); e

um segundo meio de estrutura (9),

onde os ditos pelo menos n módulos de processo (1-6) e os ditos pelo menos n+1 módulos trocadores de calor (7, 8) são prensados um contra o outro pelos ditos primeiro e segundo meios de estrutura (9, 10).

FIG. 1



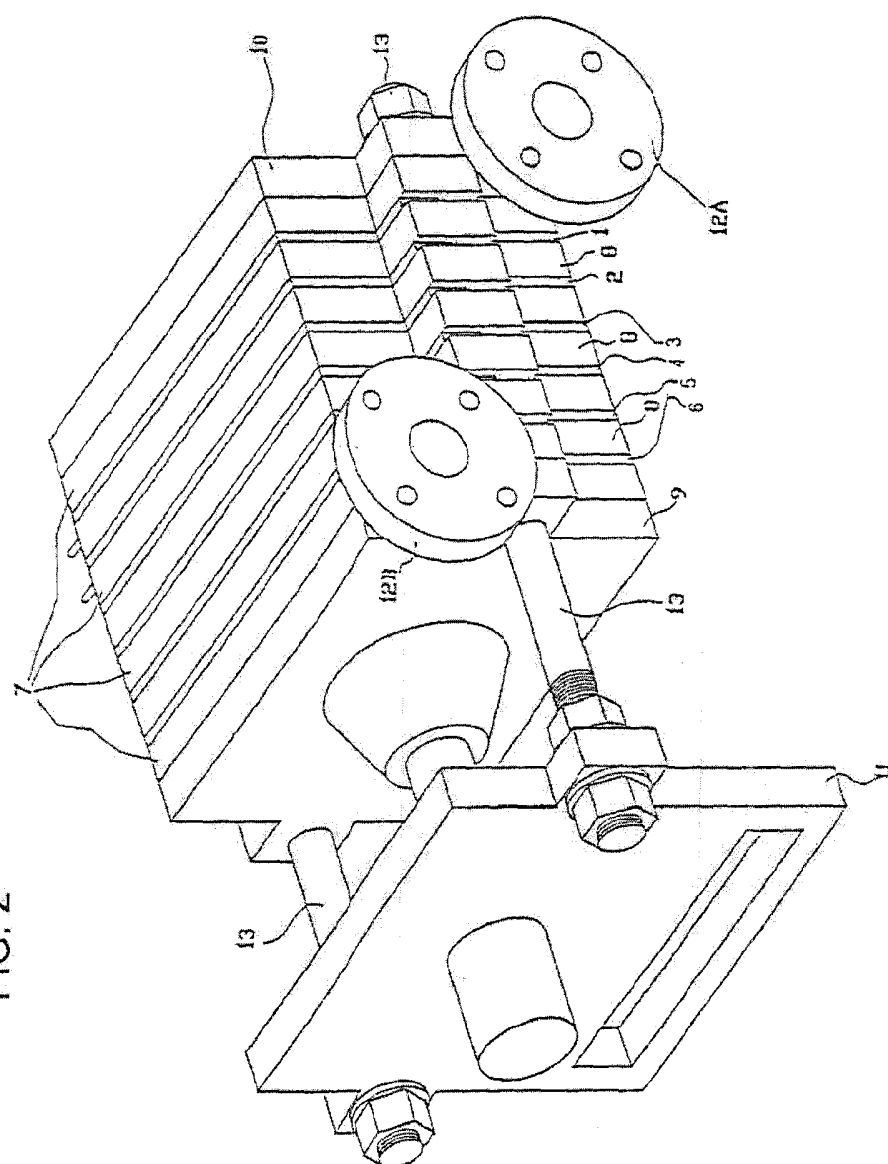


FIG. 2

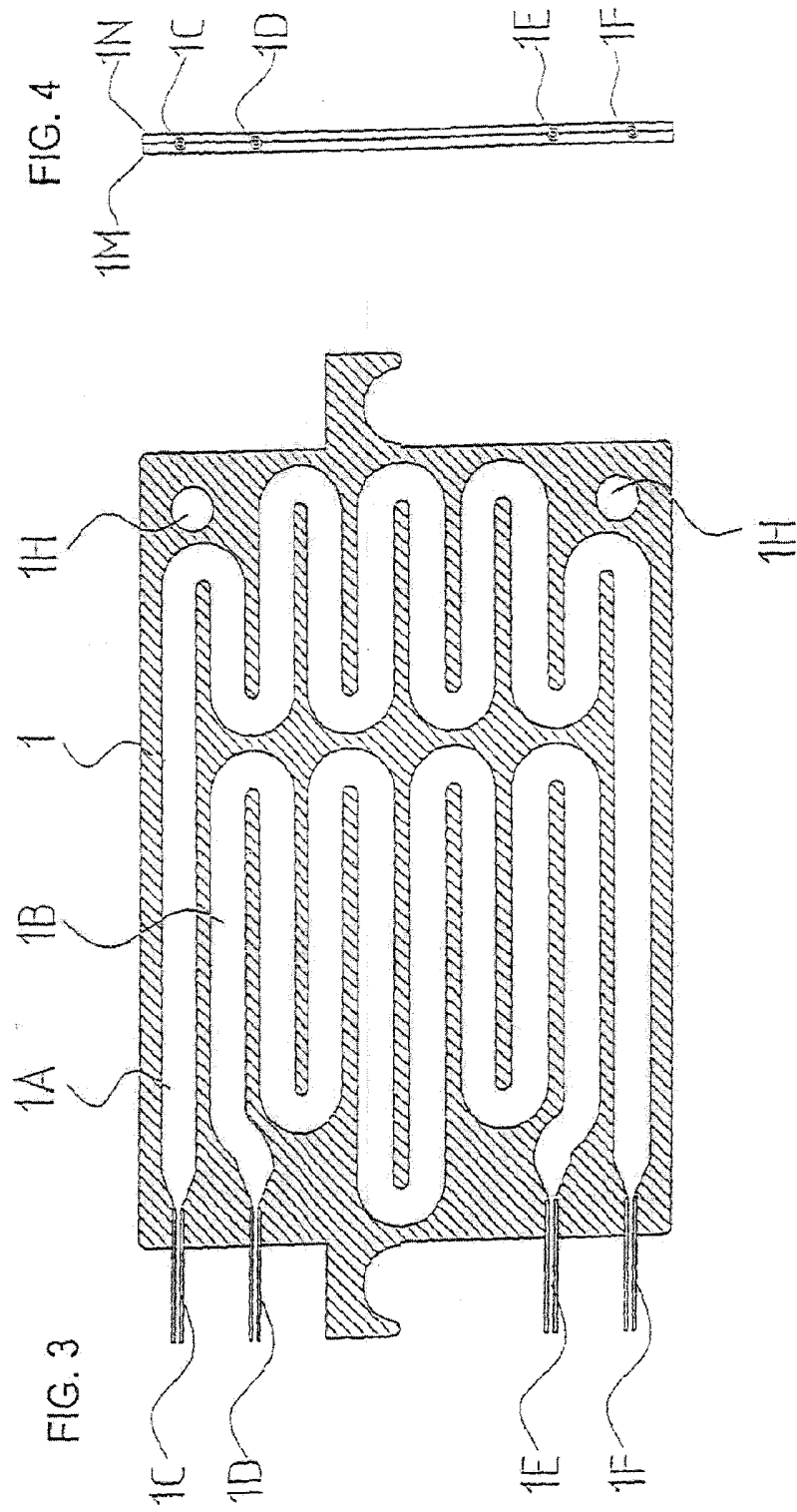


FIG. 5

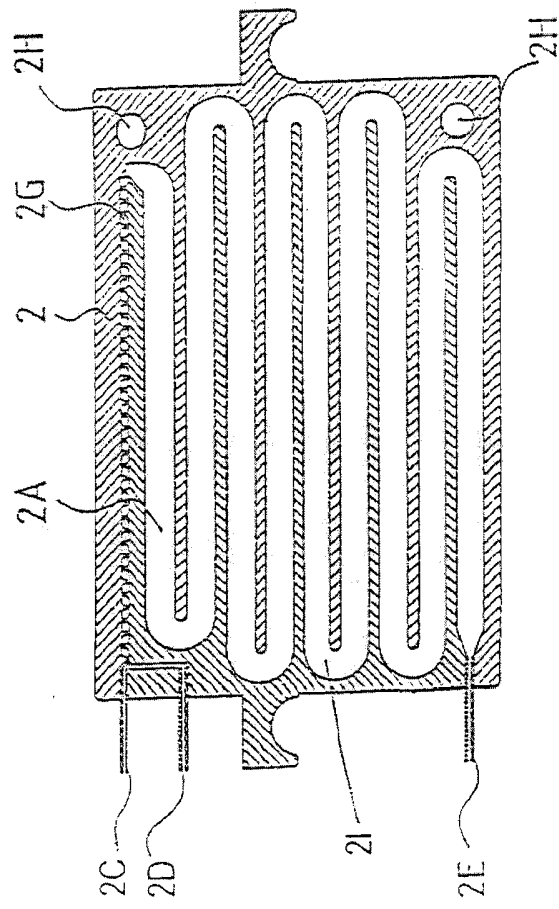


FIG. 6

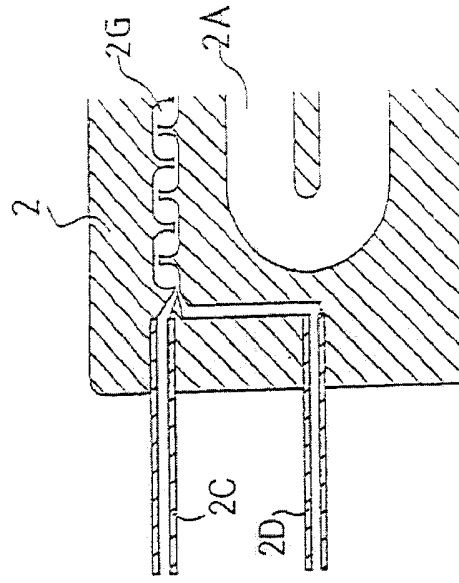


FIG. 7

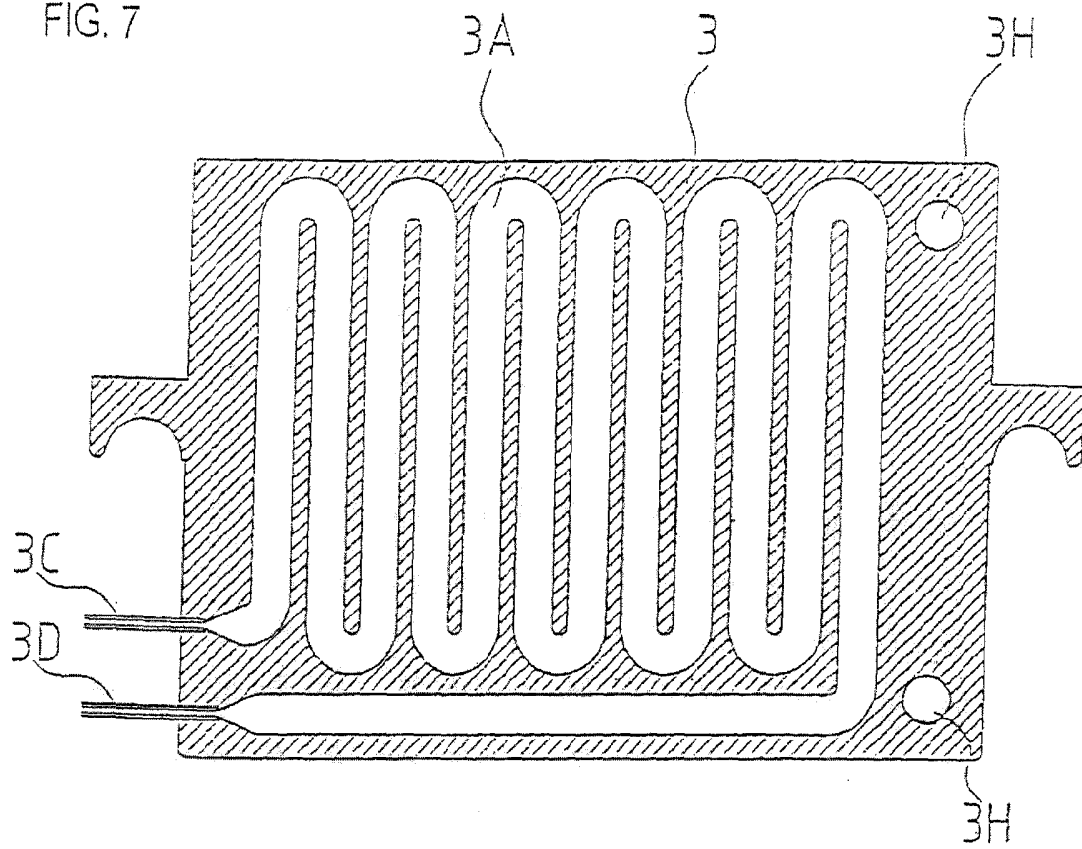


FIG. 8

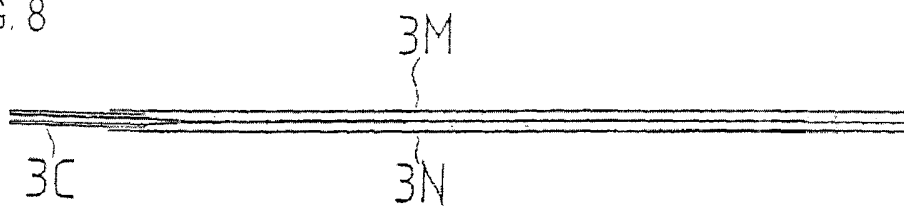


FIG. 9

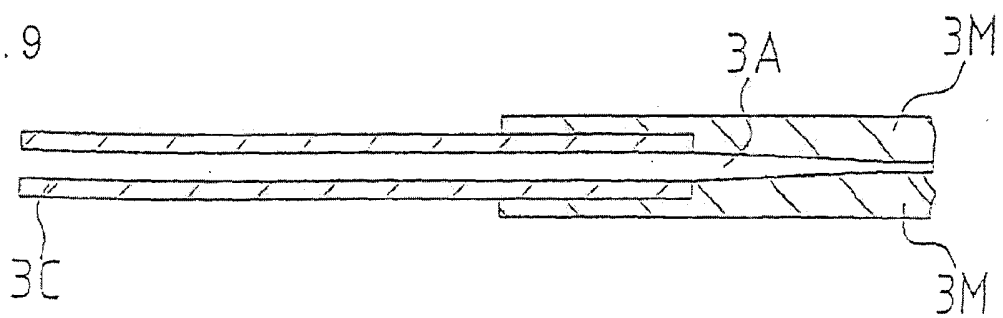


FIG. 10

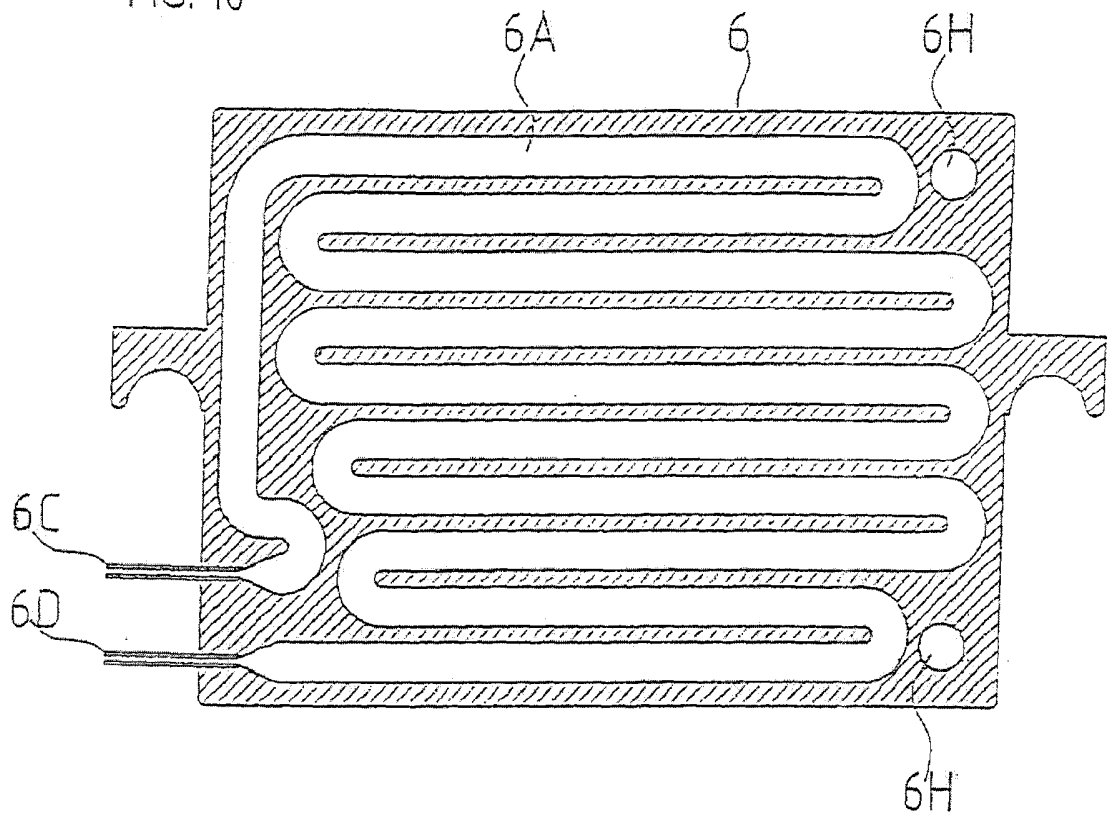


FIG. 11

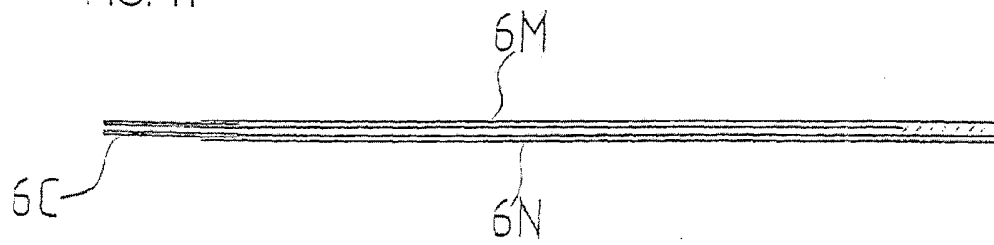


FIG. 12

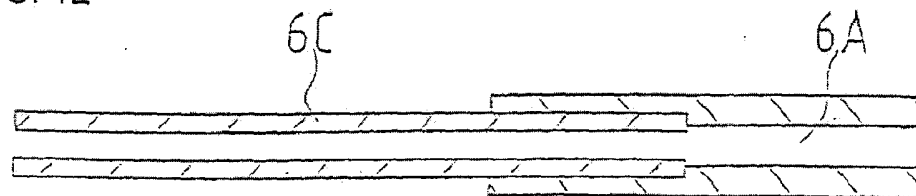


FIG. 13

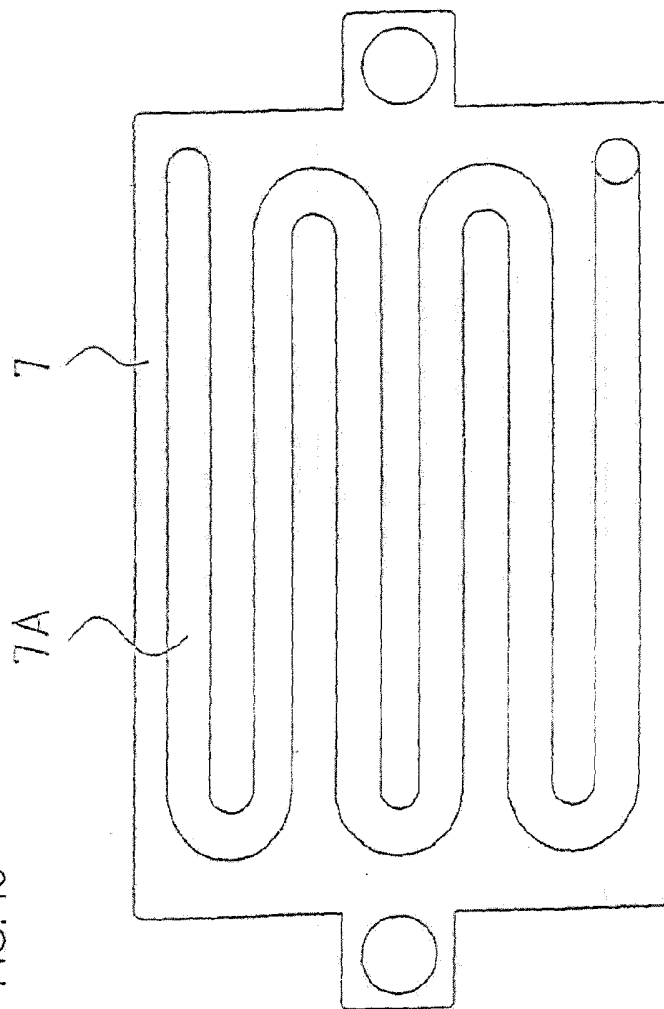


FIG. 14

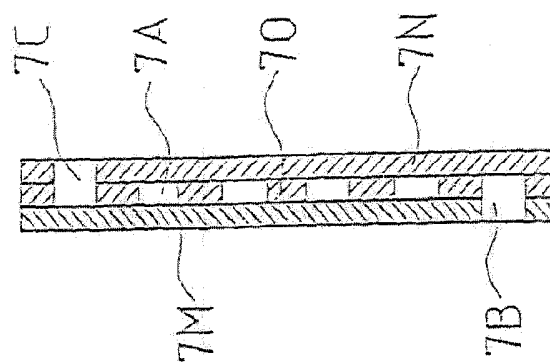


FIG. 15

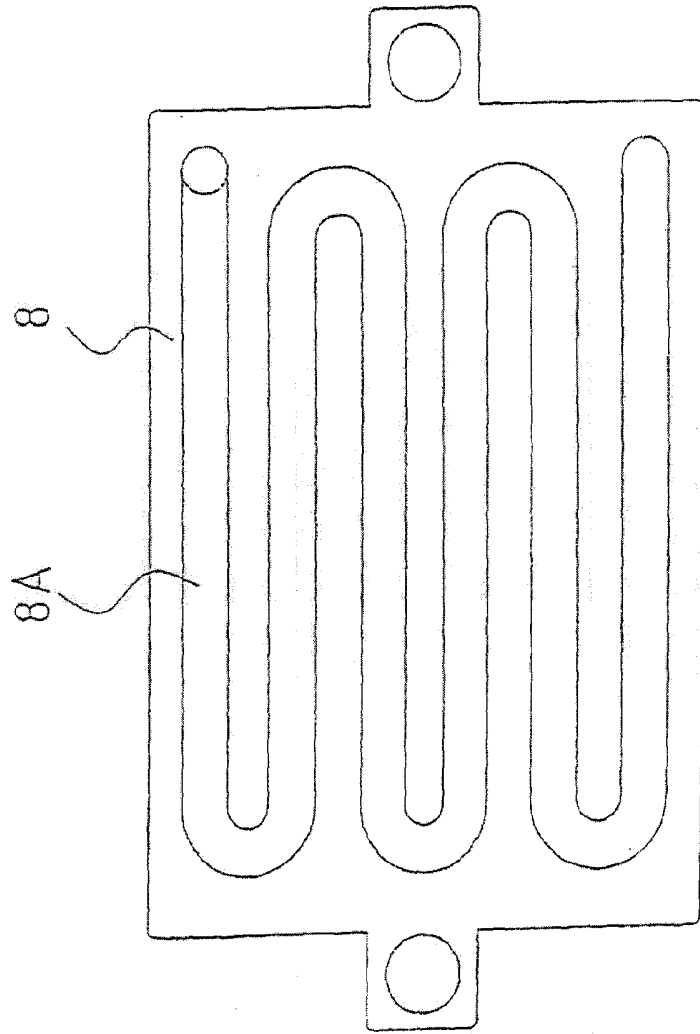


FIG. 16

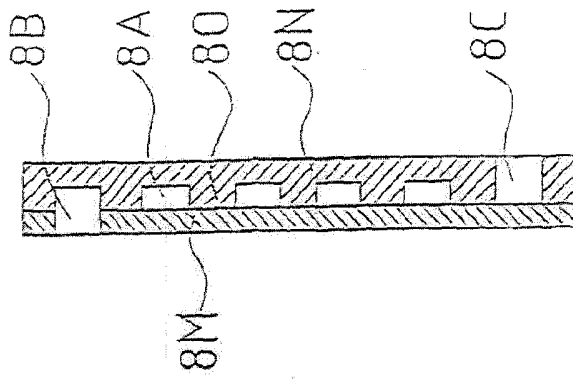
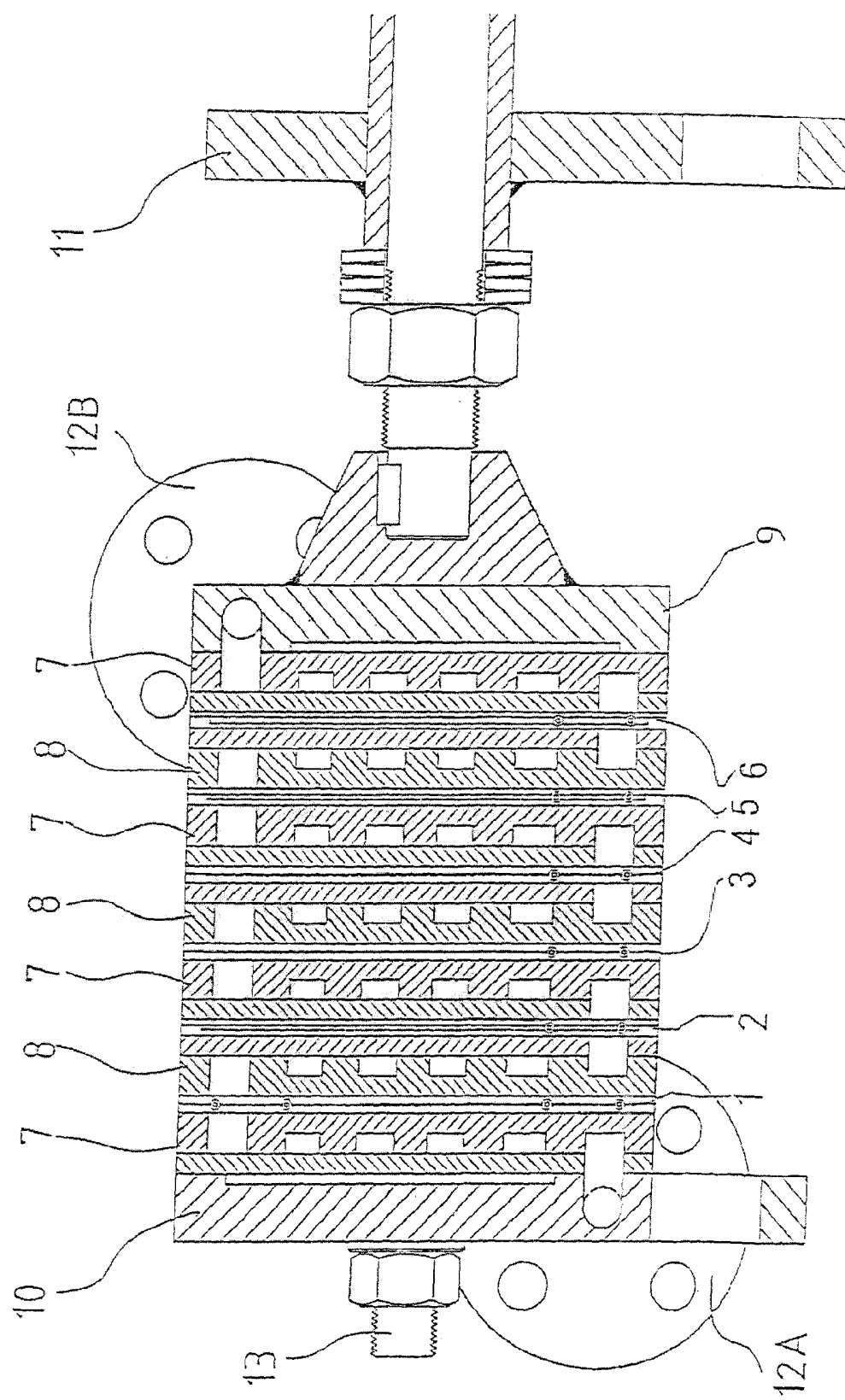


FIG. 17



CONJUNTO DE SISTEMAS PARA MICROREATOR

Um conjunto de sistemas para microreator compreende uma pilha de pelo menos n módulos de processo (1-6), em que n é um número inteiro igual a ou maior do que 1, fabricados a partir de um primeiro material rígido e compreendendo pelo menos uma passagem de fluido reativo (1 A, 1B, 2 A, 3 A, 6 A) para acomodação e direção de um fluido reativo, e pelo menos $n+1$ módulos trocadores de calor (7, 8) fabricados a partir de um segundo material dúctil que não o dito primeiro material e compreendendo pelo menos uma passagem de fluido trocador de calor (7 A, 8 A) para acomodar e guiar um fluido trocador de calor, em que cada módulo de processo (1-6) é inserido em forma de sanduíche entre dois módulos trocadores de calor adjacentes (7, 8).