

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

(21) **PI0710432-4 A2**

(22) Data de Depósito: 19/02/2007
(43) Data da Publicação: 09/08/2011
(RPI 2118)



(51) *Int.Cl.:*
B01J 19/26 2006.01
B01J 12/00 2006.01
B01J 29/50 2006.01

(54) Título: **SISTEMA DE REATOR PARA A REAÇÃO DE FASE GASOSA DE PELO MENOS DUAS CORRENTES DE ALIMENTAÇÃO DE FLUIDO EM UMA CORRENTES DE PRODUTO**

(30) Prioridade Unionista: 11/05/2006 US 11/432,692, 02/06/2006 US 11/446,371, 25/09/2006 US 11/526,824, 11/05/2006 US 11/432,692, 11/05/2006 US 11/432,692, 02/06/2006 US 11/446,371

(73) Titular(es): GAS TECHNOLOGIES LLC

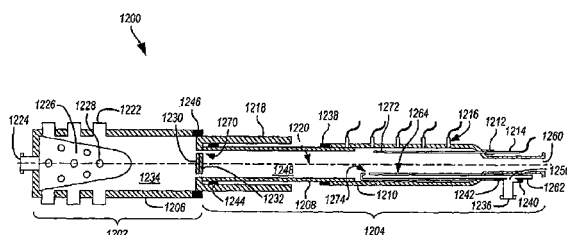
(72) Inventor(es): NATHAN A. PAWLAK, ROBERT W. CARR, ROGER J. GRUNCH

(74) Procurador(es): David do Nascimento Advogados Associados

(86) Pedido Internacional: PCT US2007004185 de 19/02/2007

(87) Publicação Internacional: WO WO2007/133309de 22/11/2007

(57) Resumo: SISTEMA DE REATOR PARA A REAÇÃO DE FASE GASOSA DE PELO MENOS DUAS CORRENTES DE ALIMENTAÇÃO DE FLUIDO EM UMA CORRENTE DE PRODUTO. Trata-se de um sistema de reator para a reação de fase gasosa de pelo menos duas correntes de alimentação de fluido, onde o sistema de reator tem uma câmara de reação retromisturação injetivamente misturada em comunicação fluida com reator de fluxo tubular. A câmara de reação de retromisturação injetivamente misturada tem um anteparo que desliza durante a operação em tempo real para diminuir ou então expandir o volume interno da câmara de reação de retromisturação. Em uma realização, o espaço de passagem eficaz através do anteparo também pode ser ajustado de maneira variável. Em uma outra realização, o reator de fluxo tubular compartilha o anteparo de modo que o movimento axial do anteparo expande comensuravelmente um espaço de reação enquanto diminui o outro espaço de reação. As correntes do gás de entrada entram na câmara de reação de retromisturação com uma velocidade suficiente para agitar de maneira turbulenta o conteúdo da câmara de reação de retromisturação injetivamente misturada ao misturar de maneira injetiva a corrente de alimentação de gás contendo alcano e a corrente de alimentação de gás contendo oxigênio. Uma aplicação focal é para a conversão oxidativa direta (parcial) do gás natural em oxigenados de alquila.



SISTEMA DE REATOR PARA A REAÇÃO DE FASE GASOSA DE
PELO MENOS DUAS CORRENTES DE ALIMENTAÇÃO DE FLUIDO EM UMA
CORRENTE DE PRODUTO

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

5 A presente invenção refere-se a um aparelho para
reagir duas correntes fluidas gasosas (por exemplo, sem
limitação, gás natural e oxidante sob as condições para
otimizar a formação de oxigenados de alquila desejados, tal
como o metanol). Mais especificamente, as realizações
10 referem-se a um sistema de reator que permite o controle
individualizado de uma sub-reação de indução de radicais
livres primária separadamente das sub-reações subseqüentes
que respondem aos radicais livres induzidos. Uma área focal
de aplicação para tal sistema de reator refere-se à conversão
15 direta de oxidação (sob condições de oxidação parcial) de um
alcano C_1-C_4 e oxigênio em um oxigenado de alquila e, mais
particularmente, de metano em metanol onde um conjunto
inicial de radicais livres de metila é gerado primeiramente,
promovendo subseqüentemente uma série substancial de sub-
20 reações de etapas cinéticas derivadas.

A prática industrial atual para a produção do
metanol é um processo químico do tipo Fischer-Tropsch de duas
etapas. A primeira etapa é a reforma endotérmica do metano a
partir do gás natural em monóxido de carbono e hidrogênio,
25 seguida por uma segunda etapa que consiste em uma reação
catalisada por sólido entre o monóxido de carbono e o
hidrogênio para a formação do metanol. Esta tecnologia requer
energia intensiva, e a economia do processo é desfavorável
para todas com exceção das fábricas de metanol em larga
30 escala.

Vários métodos e aparelhos para a conversão do
metano em metanol são conhecidos. A realização de uma
conversão da fase de vapor do metano em um gás de síntese

(mistura de CO e H₂) com a sua conversão catalítica subsequente em metanol é conhecida, conforme descrito, por exemplo, em Karavaev M. M., Leonov B. E., et al "Technology of Synthetic Methanol", Moscow, "Chemistry" 1984, páginas 72-
5 125. No entanto, a fim de praticar este processo, é necessária a provisão de um equipamento complicado, o preenchimento de requisitos elevados para a pureza do gás, o gasto de quantidades elevadas de energia para obter o gás de síntese e para sua purificação, e um número significativo de
10 estágios intermitentes do processo. Além disso, para empresas médias e pequenas com a capacidade de menos de 2.000 toneladas/dia, isto não é economicamente viável.

A Patente Russa n°. 2.162.460 inclui uma fonte de gás contendo hidrocarboneto, um compressor e um aquecedor
15 para a compressão e o aquecimento do gás, e uma fonte de gás contendo oxigênio com um compressor. Inclui adicionalmente reatores arranjados sucessivamente com zonas de mistura e de reação alternadas e um dispositivo para prover o gás contendo hidrocarboneto em uma primeira zona de mistura do reator e o
20 gás contendo oxigênio em cada zona de mistura, um trocador de calor recuperador para a refrigeração da mistura de reação através de uma parede por uma corrente de gás contendo hidrocarboneto frio do gás contendo hidrocarboneto aquecido para um aquecedor, um líquido refrigerante-condensador, um
25 condensador parcial para a separação dos gases residuais e de produtos líquidos com uma separação subsequente do metanol, uma tubulação para a alimentação do gás residual no gás contendo hidrocarboneto inicial e uma tubulação para a alimentação de produtos contendo oxigênio residuais na
30 primeira zona de mistura do reator.

Neste aparelho, no entanto, a retirada rápida do calor da reação de oxidação altamente exotérmica do gás contendo hidrocarboneto não é executável por causa das

limitações inerentes do trocador de calor. Isto conduz à necessidade de uma redução na quantidade do gás contendo hidrocarboneto provido e, adicionalmente, reduz o grau de conversão do gás contendo hidrocarboneto. Além disso, até mesmo com a utilização de oxigênio como um oxidante, não é possível prover uma recirculação eficiente do gás contendo hidrocarboneto devido ao rápido aumento da concentração de óxidos de carbono. Uma parte significativa do oxigênio provido é desperdiçada para a oxidação do CO em CO₂ e reduz, desse modo, adicionalmente, o grau de conversão do gás contendo hidrocarboneto inicial para produtos úteis e provê um superaquecimento adicional da mistura de reação. O aparelho também requer a queima de uma quantidade adicional do gás contendo hidrocarboneto inicial a fim de prover as necessidades de utilidade de uma retificação de produtos líquidos. Uma vez que é necessário refrigerar a mistura de gás-líquido após cada reator para a separação de produtos líquidos e o aquecimento subsequente antes de um reator seguinte, o aparelho é substancialmente complicado e o número de unidades é aumentado.

Um outro método e outro aparelho para produzir o metanol são descritos no documento de patente RU 2.200.731, em que o gás contendo hidrocarboneto comprimido e aquecido e o gás contendo oxigênio comprimido são introduzidos em zonas de mistura de reatores sucessivamente arranjados, e a reação é executada com uma captação de calor controlada mediante a refrigeração a mistura de reação com condensado de água, de modo que o vapor seja obtido, e um grau de refrigeração da mistura de reação é regulado por parâmetros de escape de vapor, que é utilizado no estágio de retificação do produto líquido.

Outros documentos de patente tais como as Patentes Norte-americanas n°. 2.196.188, 2.722.553, 4.152.407,

4.243.613, 4.530.826, 5.177.279, 5.959.168 e a Publicação Internacional WO 96/06901 descrevem soluções adicionais para a transformação dos hidrocarbonetos.

5 Também há uma necessidade quanto a um processo de etapa única que também seja apropriado para o processamento em pequena escala, superando as limitações de escala do processo do método de Fischer Tropsch e também tornando o "gás enalhado" um produto valioso. Esta abordagem emprega uma reação de oxidação parcial homogênea, de fase gasosa, realizada ao contato do gás natural e um oxidante, com o oxidante como reagente limitador. Os produtos mais abundantes são o metanol e o formaldeído, que provêm do metano, o componente principal do gás natural. Quantidades menores de etanol e outros compostos orgânicos oxigenados são formados pela oxidação do metano, do etano, do propano e de hidrocarbonetos superiores que são todos constituintes menores do gás natural. Estes produtos de reação são todos líquidos, e são transportáveis a um local central para a separação e/ou a utilização subsequente como combustíveis ou como intermediários químicos. Uma característica primordial de tais processos é que a química do processo pode ser executada em campo em locais remotos.

25 A Patente Norte-americana n°. 4.618.732 ("Direct conversion of natural gas to methanol by controlled oxidation" a Gesser, et al.) descreve um processo para converter o gás natural em metanol. A seletividade para o metanol é indicada como resultante da pré-mistura cuidadosa do metano e do oxigênio juntamente com a utilização de reatores revestidos com vidro para minimizar interações com o equipamento de processamento durante a reação. A necessidade de mistura antes da entrada em um reator para a iniciação da reação é indicada no seguinte trecho:

"A mistura de gases ocorre preferivelmente em uma câmara de pré-mistura ou "de cruzamento" de volume relativamente pequeno e passa então através de uma seção curta de pré-reator antes de entrar na zona de reação aquecida. No entanto, ao misturar gases à alta pressão em um volume relativamente pequeno, o fluxo laminar ocorre freqüentemente com o oxigênio ou o ar, formando uma corrente homogênea estreita dentro do fluxo geral do gás natural. O oxigênio ou o ar tem pouca possibilidade de se dispersar através da corrente de reação antes de atingir a zona de reação. Sem desejar ficar limitado pela teoria, quando isto ocorre, é postulado que o gás natural é oxidado inicialmente em metanol, que é adicionalmente oxidado, na periferia da corrente de oxigênio, isto é, em um ambiente rico em oxigênio, em produtos de oxidação superiores".

A Patente Norte-americana n°. 4.618.732 concedida a Gesser também enfatiza a necessidade de manter a reação a partir da iniciação até que a mistura esteja terminada (--- "mistura do oxigênio e do gás natural antes de sua introdução em um reator").

A Patente Norte-americana n°. 4.982.023 ("Oxidation of methane to methanol" a Han, et al.) estabelece que uma pluralidade de reações está ocorrendo na oxigenação direta do metano em metanol. Sob este aspecto, a Patente Norte-americana n°. 4.982.023 indica alguma consideração com relação aos problemas da cinética de reação na discussão do assunto dessa patente:

"Acredita-se que o mecanismo da formação do metanol envolva o radical de metilperóxi (CH_3OO) que abstrai o hidrogênio do metano. Infelizmente, até agora, os rendimentos por passe foram limitados. Este rendimento limitado foi racionalizado como resultante da baixa reatividade das ligações de C-H no metano vis-à-vis a reatividade mais

elevada do produto oxigenado primário, o metanol, que resulta na formação seletiva dos produtos de oxidação profunda CO e CO₂ quando são feitas tentativas para aumentar a conversão".

A Patente Norte-americana n°. 4.982.023 também
5 deixa claro que o metano e o oxigênio devem ser previamente misturados antes da reação, conforme observado no seguinte trecho: "... o gás natural e o oxigênio ou o ar são mantidos separados até que sejam misturados imediatamente antes de serem introduzidos no reator. No entanto, caso desejado, o
10 oxigênio e o gás natural podem ser previamente misturados e armazenados conjuntamente antes da reação".

Infelizmente, os resultados de laboratório a respeito da seletividade do metanol e do rendimento de posição única para a oxigenação direta não catalisada do
15 metano em metanol não foram duplicados de maneira confiável ao calcular a tecnologia de reação para sistemas de manufatura sob medida. A necessidade de um método eficiente e de baixo custo que permita a oxigenação direta não-catalisada do metano em metanol ainda não foi atendida.

20 DESCRIÇÃO RESUMIDA

Consequentemente, um objetivo da presente invenção consiste na provisão de um sistema de reator para a reação da fase gasosa de pelo menos duas correntes de alimentação de fluido em uma corrente do produto, onde o sistema de reator
25 compreende uma câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada em comunicação fluida com um reator de fluxo tubular. A câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada tem um invólucro da câmara da reação de retromistura, um anteparo em interface vedada de maneira
30 deslizável com o invólucro da câmara da reação de retromistura, em que um volume interno da câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada é definido pelo invólucro da câmara da reação de retromistura e pelo

anteparo, e uma porção do invólucro em uma disposição oposta ao anteparo. O anteparo é móvel de maneira deslizável durante a operação em tempo real do sistema de reator para progredir dentro do invólucro da câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada para a porção do invólucro para 5 diminui comensuravelmente o volume interno da câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada ou então, alternativamente, para retrair se afastando da porção do invólucro para expandir desse modo comensuravelmente o volume interno da câmara de reação de retromistura injetavelmente 10 misturada.

Em uma realização, o anteparo tem pelo menos uma passagem para a comunicação fluida da corrente do produto da câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada ao 15 reator de fluxo tubular. Em um aspecto disto, o anteparo provê à passagem pelo menos uma abertura que tem uma área em seção transversal, e o sistema de reator tem um componente de bloqueio para bloquear de maneira variável uma porção da área em seção transversal do uso da passagem durante a operação em 20 tempo real do sistema de reator. Em um outro aspecto, o anteparo tem pelo menos uma abertura como uma primeira abertura, o componente de bloqueio tem pelo menos uma segunda abertura, em que a primeira abertura e a segunda abertura têm essencialmente dimensões idênticas, e a primeira abertura e a 25 segunda abertura são dispostas mutuamente para alinhar posicionalmente, em um posicionamento relativo do anteparo e do componente de bloqueio, para definir a passagem para que tenha uma área em seção transversal essencialmente equivalente à área em seção transversal da primeira abertura.

30 Em uma outra realização, o reator de fluxo tubular tem um volume interno do reator de fluxo tubular definido pelo invólucro do reator de fluxo tubular e pelo anteparo. Em um aspecto disto, o movimento deslizável do anteparo para a

porção do invólucro diminui comensuravelmente o volume interno da câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada enquanto expande o volume interno do reator de fluxo tubular, e o movimento deslizável alternativo do anteparo se afastando da porção do invólucro expande comensuravelmente o volume interno da câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada enquanto diminui o volume interno do reator de fluxo tubular.

Em ainda uma outra realização, a câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada tem uma primeira entrada de fluido e uma segunda entrada de fluido para o sistema de reator; a câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada tem uma saída da câmara da reação de retromistura; o reator de fluxo tubular tem uma entrada do reator de fluxo tubular em comunicação fluida com a saída da câmara da reação de retromistura; a primeira entrada de fluido recebe uma primeira corrente de alimentação de fluido na câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada; a segunda entrada de fluido recebe uma segunda corrente de alimentação de fluido na câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada; e a câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada tem um espaço-tempo, respectivo a uma taxa de alimentação combinada da primeira corrente de alimentação de fluido e da segunda corrente de alimentação de fluido, de aproximadamente 0,05 segundo a aproximadamente 1,5 segundo.

Contudo, em uma outra realização, uma primeira corrente de fluido nas correntes de alimentação de fluido compreende o metano, e uma segunda corrente de fluido nas correntes de alimentação de fluido compreende o oxigênio. Em um aspecto disto, pelo menos um oxigenado de alquila (por exemplo, sem limitação, o metanol, o formaldeído e/ou o etanol) é manufaturado através da reação de oxidação parcial

de uma primeira corrente de fluido (nas correntes de alimentação de fluido) que compreende uma corrente de alimentação de gás contendo alcano (que contém metano, etano, propano e/ou butano) e uma segunda corrente de fluido nas

5 correntes de alimentação de fluido que compreendem o oxigênio de uma corrente de alimentação de gás contendo oxigênio; a câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada tem uma entrada de gás alcano, uma entrada de gás oxigênio, e uma saída da câmara da reação de retromistura; o reator de fluxo

10 tubular tem uma entrada do reator de fluxo tubular em comunicação fluida com a saída da câmara de reação de retromistura; a entrada de gás alcano recebe a corrente de alimentação de gás contendo alcano na câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada; a entrada de gás

15 oxigênio recebe a corrente de alimentação de gás contendo oxigênio na câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada; e a câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada tem um espaço-tempo, respectivo a uma taxa de alimentação combinada da corrente de alimentação

20 de gás contendo alcano e da corrente de alimentação de gás contendo oxigênio, suficiente para a indução de radicais livres de alquila do alcano dentro da câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada e para prover pelo menos uma porção dos radicais livres de alquila à entrada do

25 reator de fluxo tubular. Em um aspecto disto, a entrada de gás alcano e a entrada de gás oxigênio são configuradas para agitar de maneira turbulenta a câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada mediante a mistura injetável da corrente de alimentação de gás contendo alcano e

30 da corrente de alimentação de gás contendo oxigênio.

Contudo, em uma outra realização, o reator de fluxo tubular tem uma saída do reator de fluxo tubular, e o reator de fluxo tubular tem pelo menos uma entrada de gás

refrigerante disposta entre a entrada do reator de fluxo tubular e a saída do reator de fluxo tubular para receber uma corrente de gás refrigerante, e desse modo refrigerar com resfriamento brusco o reator de fluxo tubular. Em um aspecto, 5 o reator de fluxo tubular tem um eixo geométrico, e a entrada de gás refrigerante gás é móvel ao longo do eixo geométrico durante a operação do reator de fluxo tubular.

Contudo, em outras realizações, a câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada tem um volume 10 interno definido em parte por uma superfície cilíndrica que tem um eixo geométrico da câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada, e uma corrente de alimentação das correntes de alimentação é inserida no volume interno uma pluralidade de aberturas dispostas ao longo do eixo 15 geométrico e em uma orientação não-paralela ao eixo geométrico.

Contudo, em uma outra realização, a câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada tem um desviador de fluxo interno definido por uma superfície cônica 20 que tem um eixo geométrico, em que o desviador define uma base cônica em uma extremidade do eixo geométrico, a superfície cônica define uma extremidade apical na extremidade oposta do eixo geométrico, o eixo geométrico do desviador é alinhado com o eixo geométrico da câmara de 25 reação de retromistura injetavelmente misturada, o desviador é disposto dentro do invólucro de maneira tal que a saída da câmara da reação de retromistura fica mais próxima da extremidade apical do que da base cônica, e uma corrente de alimentação das correntes de alimentação é inserida no espaço 30 de fluxo interno de uma pluralidade de aberturas dispostas ao longo do eixo geométrico da câmara da reação de retromistura injetavelmente misturada e em uma orientação não-paralela ao

eixo geométrico da câmara da reação de retromistura injetavelmente misturada.

Contudo, em uma outra realização, o anteparo tem pelo menos uma passagem para a comunicação fluida de uma
5 corrente do produto da câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada da câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada ao reator de fluxo tubular, em que o reator de fluxo tubular tem uma entrada do reator de fluxo tubular em comunicação fluida com a saída da câmara da reação
10 de retromistura, o anteparo provê à passagem pelo menos uma abertura que tem uma área em seção transversal, o invólucro do reator de fluxo tubular tem um eixo geométrico e uma primeira porção e uma segunda porção fixadas de maneira rosqueada ao invólucro da câmara da reação de retromistura, e
15 o sistema de reator compreende adicionalmente: um componente de bloqueio para bloquear de maneira variável uma porção da área em seção transversal de uso da passagem durante a operação em tempo real do sistema de reator; e uma entrada de gás refrigerante de posição variável disposta na segunda
20 porção em uma orientação em espiral ao longo do eixo geométrico para refrigerar com resfriamento brusco o reator de fluxo tubular com uma corrente de gás refrigerante; onde a segunda porção do invólucro do reator de fluxo tubular é fixada de maneira rosqueada ao invólucro da câmara de reação
25 de retromistura com roscas que movem a segunda porção ao longo do eixo geométrico quando a segunda porção é girada, e a rotação da segunda porção reposiciona simultaneamente o anteparo ao longo do eixo geométrico, a entrada de gás refrigerante ao longo do eixo geométrico, e o componente de
30 bloqueio para modificar a área em seção transversal.

As novas características que são consideradas como características para a presente invenção são indicadas em detalhes nas reivindicações em anexo. A própria invenção, por

sua construção e seu método de operação juntamente com os objetivos e vantagens adicionais da mesma, será mais bem compreendida a partir da seguinte descrição de realizações específicas, quando lida com relação aos desenhos em anexo.

5

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A Figura 1 mostra esquematicamente um sistema de um aparelho para produzir o oxigenado de alquila (por exemplo, sem limitação, o metanol) de acordo com os presentes ensinamentos;

10

as Figuras 2 e 3 são vistas que ilustram concentrações de oxigênio, formaldeído e metanol durante as reações de acordo com a técnica anterior e de acordo com a presente invenção de modo correspondente;

a Figura 4 representa um gráfico que descreve os oxigenados resultantes do sistema como uma função da relação de reciclagem;

a Figura 5 representa um alcano C_1-C_4 para a usina de oxigenado de alquila de acordo com os ensinamentos da presente invenção;

20

a Figura 6 representa uma usina de produção de oxigênio opcional mostrada na Figura 5;

a Figura 7 descreve uma porção de processamento de gás da usina mostrada na Figura 5;

a Figura 8 representa a porção de processamento de líquido da usina mostrada na Figura 5;

25

a Figura 9 representa um outro alcano C_1-C_4 alternativo (por exemplo, sem limitação, o metano) para a usina de oxigenado de alquila (por exemplo, sem limitação, o metanol) de acordo com os ensinamentos da presente invenção;

30

a Figura 10 representa, contudo, um outro alcano C_1-C_4 alternativo (por exemplo, sem limitação, o metano) para a usina de oxigenado de alquila (por exemplo, sem limitação,

o metanol) de acordo com os ensinamentos da presente invenção;

a Figura 11 representa, contudo, um outro alcano C_1 - C_4 alternativo (por exemplo, sem limitação, o metano) para a usina de oxigenado de alquila (por exemplo, sem limitação, o metanol) de acordo com os ensinamentos da presente invenção;

a Figura 12 apresenta uma vista em seção transversal simplificada de uma realização de um sistema de reator que tem uma câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada em acoplamento próximo a um reator de fluxo tubular;

as Figuras 13A e 13B apresentam vistas em seção transversal simplificadas dos detalhes na modificação do volume interno da câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada da Figura 12;

a Figura 14A apresenta uma vista em seção transversal simplificada de um desenho alternativo para a câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada da Figura 12;

a Figura 14B mostra uma vista da câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada da Figura 12 com um volume interno modificado com relação àquele mostrado na Figura 12;

as Figuras 15A e 15B apresentam uma vista em seção transversal simplificada de um encaixe de aplicação de fluido de "escova de cabelos" para a câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada das realizações do sistema de reator das Figuras 12 e 20;

a Figura 16 apresenta uma vista em seção transversal simplificada de posições de fluidos internos para o encaixe de aplicação de fluido cônico para a câmara de

reação de retromistura injetavelmente misturada das realizações do sistema de reator das Figuras 12 e 20;

as Figuras 17A e 17B apresentam uma vista em seção transversal simplificada de detalhes do defletor e do posicionamento na interface entre a câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada e o reator de fluxo tubular das realizações do sistema de reator das Figuras 12 e 20;

as Figuras 18A e 18B apresentam uma vista em seção transversal simplificada dos detalhes e do posicionamento para uma entrada de resfriamento brusco de posição variável das realizações do sistema de reator das Figuras 12 e 20;

as Figuras 19A a 19C apresentam uma série de perfis de temperatura para um reator de fluxo tubular das realizações do sistema de reator das Figuras 12 e 20;

a Figura 20 apresenta uma vista em seção transversal simplificada de uma realização alternativa de um sistema de reator que tem uma câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada em acoplamento próximo a um reator de fluxo tubular;

a Figura 21 apresenta detalhes do anteparo/defletor para uma realização da interface entre a câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada e o reator de fluxo tubular das realizações do sistema de reator das Figuras 12 e 20;

as Figuras 22A a 22C mostram os detalhes do posicionamento axial para a interface entre a câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada e um reator de fluxo tubular da realização do sistema de reator da Figura 20;

a Figura 23 mostra um detalhe adicional na entrada de resfriamento brusco para a realização do sistema de reator da Figura 20;

as Figuras 24A e 24B mostram detalhes da vista axial para a realização do sistema de reator da Figura 20; e

as Figuras 25A e 25B mostram vistas dos sistemas de reator de fluxo tubular que têm zonas de entrada injetavelmente misturadas, resfriamento brusco em múltiplas posições e detecção de temperatura em múltiplas posições.

DESCRIÇÃO DAS REALIZAÇÕES PREFERIDAS

As seguintes definições e diretrizes não limitadoras devem ser levadas em consideração na revisão da descrição da invenção aqui apresentada.

Os títulos (tais como "Introdução" e "Descrição Resumida") e os subtítulos (tais como "Amplificação") utilizados na presente invenção se prestam somente para a organização geral dos tópicos dentro da descrição da invenção e não se prestam a limitar a descrição da invenção ou algum aspecto da mesma. Em particular, o assunto descrito na "Introdução" pode incluir aspectos tecnológicos dentro do âmbito da invenção e pode não constituir uma citação da técnica anterior. O assunto descrito na "Descrição Resumida" não é uma descrição exaustiva ou completa de todo o âmbito da invenção ou de quaisquer realizações da mesma.

A citação de referências na presente invenção não constitui uma admissão que essas referências sejam da técnica anterior nem que tenham qualquer relevância com relação à patenteabilidade da invenção aqui descrita. Todas as referências citadas na seção "Descrição" deste relatório descritivo são aqui incorporadas a título de referência em sua totalidade.

A descrição e os exemplos específicos, embora indiquem as realizações da invenção, prestam-se a finalidades de ilustração somente e não se prestam a limitar o âmbito da invenção. Além disso, a citação de múltiplas realizações que têm as características declaradas não se presta a excluir

outras realizações que tenham características adicionais ou outras realizações que incorporem combinações diferentes das características declaradas.

Conforme utilizadas na presente invenção, as
5 palavras "preferido" e "preferivelmente" referem-se a realizações da invenção que apresentam determinados benefícios, sob determinadas circunstâncias. No entanto, outras realizações também podem ser preferidas, sob as mesmas circunstâncias ou outras ainda. Além disso, a citação de uma
10 ou mais realizações preferidas não implica que outras realizações não sejam úteis e não se presta a excluir outras realizações do âmbito da invenção.

Conforme utilizada na presente invenção, a palavra 'inclui' e suas variantes se presta a ser não limitadora, de
15 maneira que a citação de itens em uma lista não se presta a excluir outros itens similares que também podem ser úteis nas composições, nos materiais, nos dispositivos e nos métodos da presente invenção.

Os exemplos e outras realizações descritas na
20 presente invenção são exemplificadores e não se prestam a limitar a descrição do âmbito completo das composições e dos métodos da presente invenção. As mudanças, modificações e variações equivalentes de realizações, materiais, composições e métodos específicos podem ser feitas dentro do âmbito da
25 presente invenção, com resultados substancialmente similares.

As realizações referem-se à conversão de oxigenação direta de pelo menos um alcano C_1-C_4 em pelo menos um oxigenado de alquila. A conversão de oxigenação direta do metano em metanol é um objetivo da tecnologia de conversão
30 focal.

Um aparelho para produzir o metanol de acordo com a presente invenção tem um reator 100 que facilita uma oxidação da fase gasosa de um gás contendo hidrocarboneto tal como

mostrado na Figura 1. Na vista geral do reator 100, uma corrente de gás contendo hidrocarboneto aquecido (da válvula 120 e do aquecedor 136) e um gás contendo oxigênio da linha 29 são introduzidos no reator 100. Conforme explicado em
5 detalhes a seguir, o gás contendo oxigênio tem preferivelmente um teor de oxigênio de mais de 80% para reduzir a acumulação de gases inertes pelo processo de reciclagem.

O reator 100 recebe, adicional e opcionalmente, uma
10 corrente de gás contendo hidrocarboneto frio com resfriamento brusco da válvula 120 e do trocador de calor 121 para reduzir a temperatura da reação durante a operação do aparelho.

O aparelho tem um dispositivo 114 para refrigerar a mistura da corrente do produto de reação antes da separação.
15 Adicionalmente, o condensador parcial 122 incorpora um trocador de calor gasoso-líquido para reduzir adicionalmente a temperatura dos produtos. O condensador 122 separa a H_2O e os álcoois de uma mistura de hidrocarboneto- CO_2 . O condensador parcial 122 é preferivelmente isobárico, e não
20 isotérmico, para evitar perdas de pressão. A corrente do produto de reação entra e uma corrente líquida e uma corrente gasosa saem do condensador 122.

O bloco 139 representa o equipamento que é configurado para separar os contaminadores e os produtos de
25 um componente de gás de reciclagem contendo hidrocarboneto. Sob este aspecto, o equipamento 139 é configurado para remover o CO_2 da corrente de produto reduzida. O equipamento 139 pode assumir a forma de uma válvula de remoção, absorvente, separador de membrana ou de um adsorvente. Está
30 previsto que o equipamento 139 pode ser utilizado para regular a porcentagem de outros componentes não-reativos tais como o N_2 com, por exemplo, uma válvula de remoção.

Na eventualidade de o sistema ser configurado para recuperar o formaldeído, a corrente de produto reduzida gasosa sai do condensador isobárico 122 e é passada para o depurador 134. Outros métodos potenciais que podem ser utilizados empregam materiais tais como várias aminas conhecidas para remover o CO_2 e o formaldeído.

Para satisfazer os requisitos mínimos de absorção, a modificação da vazão do metanol ou da temperatura de operação da coluna do depurador pode ser utilizada. Se for desejável a operação a vazões absorventes extremamente baixas, então uma temperatura mais baixa pode ser utilizada, por exemplo, 0°C . Se for desejável a operação a temperaturas ambiente ou a temperaturas executáveis através da refrigeração da água, então uma vazão elevada pode ser utilizada, por exemplo, dez vezes a vazão para 0°C . Em ambas as situações, a corrente absorvente do metanol túrgido 14 é regenerada completamente pela coluna de destilação de formaldeído 138. Opcionalmente, a corrente 14 do depurador 134 pode ser passada através do condensador 122 para prover a refrigeração da corrente do produto e o preaquecimento da reciclagem do metanol para incrementar a eficiência de energia da coluna de destilação de formaldeído 138.

O reator 100 é conectado com um compressor 124 e aquecedor 126 para a alimentação do gás contendo oxigênio comprimido e aquecido. O gás contendo hidrocarboneto bruto é misturado com o gás de hidrocarboneto limpo do depurador 134 e aquecido ao utilizar um aquecedor 136. Na eventualidade dos hidrocarbonetos brutos terem um teor elevado de CO_2 , os hidrocarbonetos brutos podem ser misturados com a corrente de hidrocarboneto de produto reduzida do condensador 122 antes da entrada do depurador 134 para a remoção de gases contaminantes antes de entrar no reator.

O aparelho tem adicionalmente uma unidade para a retificação do metanol que inclui um cilindro de evaporação 132, uma coluna de retificação 128 e um recipiente 130 do qual o metanol é provido para armazenagem ou processamento adicional. Esta coluna de retificação 128 é utilizada para separar o metanol (componente chave leve) do etanol (componente chave pesado) e da água (não um componente chave). Conforme observado anteriormente, é desejável que uma porção do componente chave pesado entre na corrente do destilado (conforme ditado pela especificação comercial para a formalina). Para a retificação do metanol, 99% ou mais de pureza são típicos e 99,999% são praticáveis com múltiplas colunas. A corrente 4 entra na coluna e o destilado, na corrente 5 e a parte inferior, na corrente 8, saem da coluna na fase líquida. A corrente 8 tem alguma quantidade de etanol (e talvez de metanol, se metanol ultrapuro for produzido) e será utilizada como a base da composição aquosa da corrente de formalina comercial (corrente 11 e armazenagem de formalina 191). Dessa maneira, parte do etanol é recuperada antes que o restante seja descartado na corrente residual líquida.

Um cilindro de evaporação 132 para a remoção de CO_2 e de formaldeído da corrente de produto líquida é disposto entre a coluna 128 e o condensador 122. A finalidade do cilindro de evaporação 132 é deixar cair a pressão até um nível apropriado antes da entrada na coluna de retificação do metanol 128 e remover substancialmente todos os gases dissolvidos, tipicamente o CO_2 e o formaldeído, da corrente de produto líquida.

Em operação, a corrente de gás contendo hidrocarboneto bruto com um teor de, por exemplo, até 98% de metano e a corrente de produto de hidrocarboneto reduzida são provenientes de uma instalação para a preparação de gás ou de

qualquer outra alimentação ao aquecedor 136, em que são aquecidas à temperatura de 430-470°C. O gás contendo hidrocarboneto aquecido é então passado ao reator 100. O ar comprimido com pressão, por exemplo, de 7-8 Mpa, e com uma
5 relação de 80% a 100% e, preferivelmente, de 90% a 95% de oxigênio, também é provido pelo compressor 124 ao reator 100. A reação de oxidação do metano em metanol e/ou formaldeído ocorre no reator 100. Entre 2% e 3% de O₂ do volume total dos reagentes são reagidos com a corrente de gás contendo
10 hidrocarboneto aquecido, conforme descrito previamente. Para limitar a quantidade de N₂ dentro do sistema, por exemplo, a menos de 30%-40%, ou para reduzir o tamanho requerido da corrente de purga para atingir o mesmo, a corrente de O₂ é preferivelmente substancialmente pura, desse modo limitando a
15 quantidade de N₂ que entra no sistema.

Uma segunda corrente opcional de líquido refrigerante frio (ou, em outras palavras, um líquido refrigerante a uma temperatura mais baixa do que os gases) no reator é provida ao reator 100, conforme esboçado
20 previamente. Esta corrente é regulada pelo dispositivo de regulagem (válvula) 120, que pode ser formado como um dispositivo de regulagem de alimentação de gás conhecido, uma válvula de regulagem, ou outros ainda. Esta corrente fria pode, por exemplo, ser composta por uma corrente de
25 hidrocarboneto bruto, uma corrente reciclada ou uma porção ou uma combinação dos dois. O regulador é configurado para ajustar o volume ou a pressão do gás contendo hidrocarboneto frio com base em parâmetros do sistema tais como, mas sem ficar a elas limitados, à pressão, temperatura ou
30 porcentagens do produto da reação em um local adicionalmente a jusante no sistema.

O líquido refrigerante, que é proveniente de uma alimentação de líquido refrigerante, funciona para reduzir a

temperatura do metano parcialmente oxidado para reduzir a oxidação ou a decomposição continuada do formaldeído. Este líquido refrigerante pode ser qualquer material que possa ser facilmente separado da corrente do produto de reação. Por exemplo, tal como mais bem descrito a seguir, o líquido refrigerante pode ser um hidrocarboneto ou um metano não aquecido contendo a corrente de gás.

Preferivelmente, o líquido refrigerante pode ser qualquer material não-oxidante separado facilmente dos produtos de reação. Sob este aspecto, o líquido refrigerante pode ser gasoso, um aerossol ou um líquido enevoadado de, por exemplo, CO_2 , formaldeído, metanol, água e/ou vapor. Está adicionalmente previsto que o líquido refrigerante pode ser adicionalmente uma mistura de produtos de reação reciclados, água, vapor, e/ou de gases de hidrocarboneto bruto.

Dependendo do modo de operação pretendido do aparelho, particularmente da produção de metanol ou de metanol e de formaldeído pretendida, a mistura de reação é submetida à reação no reator sem a introdução do gás contendo hidrocarboneto frio se for desejada a produção essencial/exclusiva de metanol. A introdução do gás contendo hidrocarboneto frio é utilizada quando o metanol e o formaldeído são desejados como produtos. Pela introdução do gás contendo hidrocarboneto frio, a temperatura da reação é reduzida para, por exemplo, 30-90°C, de modo a preservar o teor de formaldeído na mistura separada, mediante a redução da decomposição do formaldeído em CO_2 .

A mistura de reação é provida ao trocador de calor 114 para transferência do calor à corrente da entrada do reator da mistura de reação que sai do reator, e, após refrigeração adicional, é passada ao condensador parcial 122. A separação da mistura em componentes de baixa e elevada volatilidade (gás seco e líquido bruto, respectivamente) é

executada no condensador parcial 122, que pode absorver pelo menos parte do formaldeído na corrente líquida bruta, caso desejado. O gás seco é enviado a um depurador 134, enquanto os líquidos brutos do condensador 122 são providos ao
5 cilindro de evaporação 132.

O depurador 134 funciona para remover o CO_2 e o formaldeído da corrente de gás seco. Sob este aspecto, o depurador 134 utiliza H_2O e metanol a uma pressão de 7-8 MPa e de aproximadamente 0°C e aproximadamente 50°C para absorver
10 o CO_2 e o formaldeído. Uma vez que o CO_2 e o formaldeído são removidos, a corrente de gás de hidrocarboneto reduzida é reciclada ao misturar a corrente reduzida com a corrente de gás contendo hidrocarboneto bruto antes ou dentro do reator, caso desejado. As correntes reduzidas ou de hidrocarboneto
15 bruto, individualmente ou em combinação, são então introduzidas na câmara de reação 100 depois de serem aquecidas pelo trocador de calor 116 e pelo aquecedor 136, tal como descrito previamente.

A coluna de retificação 138 é utilizada para
20 separar o dióxido de carbono (não um componente chave) e o formaldeído (componente chave leve) do metanol (componente chave pesado) e da água (não um componente chave). O vapor de metanol túrgido, a corrente 14, entra na coluna de retificação 138 e é separado na corrente de destilado de
25 formaldeído 16 e na corrente inferior 15. Alguma quantidade de metanol na corrente do destilado é desejável, uma vez que o metanol é utilizado como um estabilizante para a produção de formalina do tipo comercial (6-15% de estabilizante de álcool, 37% de formaldeído e o restante consiste em água). Ao
30 deixar uma porção do componente chave pesado na corrente do destilado, a separação é obtida mais facilmente; além disso, as perdas do processo experimentadas tipicamente durante a regeneração absorvente são subsequenteamente anuladas à medida

que o metanol dentro do destilado é utilizado para a produção de formalina. A corrente 15 é suplementada pela corrente 31 para substituir qualquer metanol que for transferido à corrente do destilado, a corrente 16. A combinação da
5 corrente 31 e da corrente 15 resulta na corrente 17, que retorna então ao depurador 134 como o absorvente de metanol regenerado. Enquanto isso, o destilado de formaldeído, a corrente 16, combina com os vapores do cilindro de evaporação 132, a corrente 7, para formar uma mistura de formaldeído,
10 metanol e dióxido de carbono.

O formaldeído, a água, o metanol e o CO₂ removido pelo depurador 134 são passados à coluna de retificação de formaldeído 138. A coluna 138 remove o formaldeído e o CO₂ da corrente de metanol-água. Pequenas quantidades de metanol são
15 combinadas com o metanol produzido e são introduzidas no depurador 134 para remover as quantidades adicionais de CO₂ e de formaldeído da corrente de hidrocarboneto reduzida.

O formaldeído livre ou não-aquoso pode então permanecer na fase de gás pela operação do condensador isobárico 122. A corrente de produto de metanol líquida, ou
20 os líquidos brutos, compreendem, portanto, o metanol, o etanol e a água uma vez que o formaldeído permanece na corrente gasosa. Neste caso, a corrente líquida que sai do condensador isobárico 122 pode contornar a porção de
25 retificação de formaldeído do processo e entrar na coluna de retificação de metanol depois de ter passado opcionalmente através do cilindro de evaporação 132.

As Figuras 2 e 3 mostram diagramas da concentração de oxigênio, formaldeído e metanol nas reações sem e com
30 líquido refrigerante, respectivamente.

Conforme pode ser observado na Figura 2, aproximadamente após dois segundos do tempo de reação, o oxigênio é essencial e completamente reagido. Neste momento,

a temperatura da reação atinge o seu máximo, e o metanol e o formaldeído são produzidos em suas proporções respectivas dentro da mistura de reação. O metanol é um produto mais estável no final da reação e a sua concentração permanece substancialmente estável depois de ter atingido a sua concentração máxima. O formaldeído é menos estável e, portanto, com um aumento da temperatura (a temperatura aumenta até que o oxigênio seja essencial e completamente consumido), a sua concentração é reduzida em parte.

Na reação com o líquido refrigerante mostrada na Figura 3, através da introdução de gás frio quando a formação de metanol e de formaldeído é terminada, a temperatura de um período final da reação é reduzida para inibir a decomposição do formaldeído.

A Figura 4 representa um gráfico que ilustra o rendimento de oxigenados para o sistema como uma função da relação entre a reciclagem dos gases de hidrocarboneto. É mostrado um gráfico que ilustra a utilização do gás de Michigan Antrim que tem 97% de CH_4 e 1% de N_2 . Sob este aspecto, o gráfico mostra um aumento significativo no rendimento do produto, utilizando a mesma corrente de entrada e com pouco aumento nos custos financeiros. Uma vez que o sistema controla eficientemente a pressão e integra a utilização de energia do processo, os requisitos de energia são minimizados, aumentando desse modo a economia total do sistema.

A Figura 5 representa um metano alternativo para a usina de metanol 150. A usina 150 é posicionada para processar o metano do gás que está sendo descarregado de um campo de óleo e gás combinado 152 ou de um campo de gás 154. A usina 150, que está localizada preferivelmente nas proximidades do furo de poço, é formada geralmente por uma usina de processamento de gás 156, uma usina de processamento

de líquido 158 e uma usina de produção de oxigênio 160. As usinas de tratamento de água residual e de utilidade 162 e 164 são associadas adicionalmente com a usina 150.

Conforme mostrado na Figura 6, uma usina de
5 produção de oxigênio opcional 160 pode ser utilizada para ajudar na regulação da oxidação parcial da corrente de hidrocarboneto no reator 100. A usina de produção de oxigênio 160 tem um compressor 161 acoplado a um trocador de calor 163 que funciona para preparar o oxigênio comprimido para injeção
10 a uma pluralidade de absorventes 165. Após ter passado através dos absorventes, a corrente de oxigênio produzida é comprimida e enviada diretamente ao reator 100.

Com referência geral à Figura 7, a porção de processamento de gás da usina 156 funciona geralmente
15 conforme descrito acima (vide a Figura 1). Sob este aspecto, a usina de processamento de gás 156 tem os compressores 170 e 172 para aumentar a pressão de uma corrente de hidrocarboneto de entrada limpa 174. Esta corrente 174 é então dividida e reagida com o oxigênio no reator 100 para oxidar parcialmente
20 o metano, conforme descrito acima.

É previsto que os parâmetros tais como o tempo de reação e a temperatura e a pressão dentro do reator podem ser ajustados para controlar seletivamente a quantidade de CO_2 , H_2O , formaldeído e metanol que é produzida no reator 100. Os
25 produtos da reação 176 do reator são então transferidos à usina de processamento de líquido 158.

Conforme mostrado na Figura 8, a usina de processamento de líquido 158 funciona geralmente tal como descrito acima para separar o metanol e o formaldeído da
30 corrente do produto de reação 176. São mostrados os destiladores associados, os misturadores e os cilindros de evaporação que são utilizados para separar os materiais constituintes da corrente do produto de reação, conforme

descrito em detalhes acima. Especificamente, o CO_2 é removido da corrente do produto de reação como o metanol e, caso desejado, o formaldeído. O depurador 134 (vide a Figura 5) impede a acumulação do CO_2 e permite a captação física do formaldeído. O depurador 134 pode utilizar uma mistura de metanol e água para absorver fisicamente o formaldeído e o CO_2 do circuito de reciclagem do gás de hidrocarboneto 135. A eficiência do depurador 134, que pode operar adequadamente sem refrigeração, é possível devido à elevada pressão operacional do circuito de reciclagem 135. Isto é oposto às baixas temperaturas criogênicas utilizadas pelos processos de absorção tradicionais. Os gases entram no depurador 134 como um gás "sujo" com alguma quantidade de formaldeído e de CO_2 presente. Estes componentes estarão presentes somente em quantidades relativamente diluídas, de modo que a função absorvente do metanol também seja relativamente pequena.

Conforme previamente mencionado, é previsto que a saída do reator pode ser seletivamente ajustada para minimizar a quantidade de formaldeído que está sendo produzida pela porção do processo de gás da usina 156. Embora o CO_2 possa ser disperso, é especificamente previsto que o CO_2 dos produtos de reação pode ser injetado, a uma distância predeterminada do poço, no chão, para aumentar a saída do poço. Sob este aspecto, é previsto que o CO_2 pode ser injetado a qualquer distância apropriada do poço de modo a permitir o aumento das pressões subterrâneas para aumentar a saída do gás ou do óleo do poço. Adicionalmente, é previsto que o CO_2 pode ser injetado no invólucro do furo de poço ou na zona próxima ao furo de poço, para aumentar a saída do gás ou do óleo e do poço de produção de gás.

Embora seja mostrada como uma usina com base na terra, é especificamente previsto que a usina 150 pode ser associada com um equipamento de óleo costa afora. Sob este

aspecto, a usina 150 deve estar no equipamento costa afora ou estar a uma distância curta predeterminada do equipamento, tal como imediatamente adjacente ao equipamento costa afora em uma plataforma flutuável. No exemplo de um equipamento costa afora, que esteja produzindo o gás natural, é previsto que o metanol convertido da corrente de hidrocarboneto contendo metano será injetado em uma segunda porção da corrente de hidrocarboneto contendo metano para incrementar o fluxo da corrente de hidrocarboneto a partir do poço de óleo costa afora para a terra. Este metanol é injetado para reduzir a formação de hidratos dentro da tubulação. O metanol associado com o gás natural deve ser então removido da corrente contendo hidrocarboneto depois que a corrente atinge a costa.

É adicionalmente previsto que qualquer um dos outros produtos de reação, a saber, CO_2 , água ou metanol, pode ser injetado diretamente nas formações subterrâneas contendo hidrocarboneto que circundam a plataforma ou um poço com base na terra. Especificamente, é previsto que o metanol pode ser injetado nas estruturas de hidrato que circundam o poço de modo a aumentar a saída do gás natural de um poço de produção de gás natural.

Retornando brevemente à Figura 5, é previsto que o CO_2 pode ser injetado em uma porção do poço, sendo que o metanol ou outros produtos de reação podem ser injetados em outras porções do poço. Nas situações em que o gás natural pode ser encalhado ou pode ter teores de nitrogênio maiores do que 4%, instalações podem ser providas para controlar o acúmulo de nitrogênio no circuito de reciclagem. Quando as saídas de qualquer poço particular 152, 154 estão baixas, é previsto que uma única usina 100 que tem um processo truncado pode ser utilizada. Nestas situações, somente as porções da instalação relacionadas à oxidação parcial da corrente de

hidrocarboneto e as instalações associadas para a remoção do CO₂ serão utilizadas perto do poço.

O CO₂ removido pode ser coletado, disperso ou reinjetado na terra. Imediatamente depois da remoção do gás natural e do CO₂ associado pelo depurador, os produtos líquidos restantes podem ser transportados na forma líquida do local do poço a uma outra localização para a separação do formaldeído, do metanol e da água da corrente residual. Sob este aspecto, é previsto que uma usina de processamento de líquido centralizada para finalizar o processamento dos processos líquidos (158) pode ficar localizada a uma distância significativa das localizações de gás natural encalhado. Isto permite a utilização de uma instalação de processo líquida centralizada 158. Também é previsto que as condições do reator podem ser ajustadas para produzir uma fase líquida que contenha um tipo comercial de formalina.

Uma outra realização do processo 900 é apresentada na Figura 9. O ar 902 é introduzido no compressor 934 e é então refrigerado no trocador de calor 904 para a aplicação a um separador de nitrogênio 906 ou a um separador de nitrogênio 908. A alimentação de oxigênio é armazenada no tanque 962 e é comprimida com o compressor 910 para a introdução como uma corrente de alimentação contendo oxigênio no sistema de reator 914 após o aquecimento no aquecedor 912. A alimentação bruta contendo alceno 926 (pelo menos um alceno C₁-C₄, principalmente metano ou gás natural) é comprimida no compressor 928 e é misturada com a reciclagem de alceno do depurador 920 para uma pressurização adicional no compressor 922 e troca transversal térmica com o reator da corrente de produto 936 do reator no trocador de calor 930. A corrente de reciclagem provê preferivelmente uma proporção da porcentagem em peso de aproximadamente 4:5 a aproximadamente 20:21 de alceno na corrente de alimentação contendo alceno ao reator

914. Em uma realização, onde o depurador 920 é pressurizado até uma pressão na ordem do sistema de reator 914 (vide as Figuras 12 a 24B e o texto em anexo para detalhes adicionais nos desenhos de reator para o sistema de reator 914), o compressor 922 pode ser um soprador centrífugo (compressor de deslocamento não-positivo). Após a troca transversal térmica com o reator da corrente de produto 936 do reator no trocador de calor 930, o alcano bruto combinado e a corrente de reciclagem são aquecidos no trocador de calor 932 para prover uma corrente de alimentação contendo alcano ao sistema de reator 914. As realizações do sistema de reator 914 são descritas adicionalmente nas Figuras 12 - 24B. O depurador 920 opera para absorver o dióxido de carbono e os oxigenados de alquila (por exemplo, sem limitação, metanol, etanol e formaldeído) ao prover uma corrente de reciclagem para a combinação com o alcano fresco para prover uma corrente de alimentação ao compressor 922. Uma purga na válvula 924 remove os componentes inertes não-reativos (por exemplo, sem limitação, nitrogênio) do circuito do processo do reator-depurador para aumentar a utilização eficiente do sistema de reator 914. Um resfriamento brusco do líquido refrigerante ao sistema de reator 914 também é ativado opcionalmente a partir da válvula 938. O fundo líquido do depurador 920 é enviado ao cilindro de evaporação 918 onde o vapor elevado 942 se separa da corrente do produto 940 (compreendendo, por exemplo, e sem limitação, metanol, etanol e formaldeído). O oxidante de forno ou térmico 916 oxida os gases residuais para descarga na atmosfera. O processo 900 é útil para prover um material líquido para processamento adicional em um outro local nos oxigenados de alcano purificados ou para prover uma mistura de oxigenado de alcano útil para um combustível ou outra utilização similar onde a pureza exata não é essencial.

A Figura 10 mostra uma outra realização do processo 1000 com um circuito do processo de extremidade anterior essencialmente similar ao processo 900 apresentado na Figura 9, mas incorporando um sistema de destilação *in-situ* 1002 para separar o metanol no vapor 1004 (para o absorvente no depurador), a água purificada na corrente 1006 para a utilização no cilindro de desmontagem 1012 e a geração do metanol purificado 1008 e da corrente residual 1010. O cilindro de desmontagem 1012 provê a separação inicial do líquido da corrente do produto do reator antes da introdução do restante da corrente do produto do reator no depurador.

A Figura 11 apresenta uma realização do processo 1100 para gerar uma corrente de produto de metanol e formaldeído com um circuito de processo de extremidade anterior essencialmente similar ao processo 900 apresentado na Figura 9, mas incorporando um sistema de destilação de formaldeído *in-situ* 1110 e um sistema de destilação de metanol 1108 para gerar a corrente de produto de metanol 1102. A corrente do sistema de destilação de metanol 1108 refrigera a parte superior do sistema de destilação de formaldeído 1110 para separar o dióxido de carbono (corrente de produto 1106) e o formaldeído (corrente de produto 1104) no absorvente-misturador 1116. Uma corrente de reciclagem de metanol ao depurador é extraída do sistema de destilação de metanol 1108 e é resfriada no resfriador 1112 para prover um depurador de alta eficiência para condensar a corrente do produto do reator. O oxidante de forno ou térmico 1114 oxida uma purga para remover os componentes inertes não-reativos (por exemplo, sem limitação, nitrogênio) com algum alcano (metano) do circuito do processo do reator-depurador e para aumentar desse modo a utilização eficiente do reator.

Embora um reator de fluxo tubular tradicional possa ser utilizado com qualquer um dos processos descritos acima

como um reator 100 e/ou um reator 914, realizações preferidas do reator são descritas na discussão das Figuras 12 a 24B.

Retornando agora a uma consideração mais profunda da cinética na reação e nas realizações adicionais para
5 prover um sistema de reator aprimorado para executar a reação total para a oxidação parcial de gás natural em metanol, formaldeído e outros oxigenados, diversas instalações de produção compactas foram descritas nas Figuras 1 a 11, as
10 quais são apropriadas para alimentações pequenas e isoladas de gás natural (gás enalhado). Os novos sistemas de reator para estes processos também são descritos começando com a Figura 12 e, mais especificamente, conforme observado nas Figuras 12 e 20. As considerações iniciais nestes desenhos de reator derivam da natureza da própria reação de oxigenação
15 direta total.

Na visão geral, o método para a reação compreende a passagem de uma mistura de gás natural e de oxidante através de um sistema de reator de fluxo contínuo e aquecido sob condições para otimizar a formação de metanol e para
20 manipular a temperatura do reator, a pressão total e o combustível (por exemplo, sem limitação, o gás natural) para a relação de oxidante para controlar as quantidades relativas dos produtos da reação. A reação é uma oxidação parcial de um combustível C_1 - C_4 , tal como o gás natural, por um oxidante,
25 por oxigênio, pelo ar ou por outro composto contendo oxigênio apropriado (preferivelmente o oxigênio no ar ou, com mais preferência, o oxigênio). A mistura contém um excesso substancial de combustível (por exemplo, sem limitação, gás natural) para impedir a combustão completa para produtos
30 indesejados tais como o dióxido de carbono e a água.

A reação é uma reação de cadeia ramificada e exotérmica. A ramificação da cadeia causa uma aceleração da taxa da reação através do crescimento quadrático dos

carreadores de cadeia. As reações deste tipo são caracterizadas por um período de indução durante o qual as concentrações do carreador de cadeia se acumulam até o ponto em que ocorre uma ascensão bastante rápida na velocidade e na temperatura da reação. A ascensão bastante rápida na velocidade da reação se dá por causa da taxa de crescimento quadrático dos carreadores de cadeia e a ascensão bastante rápida na temperatura se dá por causa do aumento da taxa de geração de calor que acompanha a velocidade da reação. O consumo completo de oxidante, o reagente limitador, ocorre antes que o combustível (por exemplo, sem limitação, gás natural) seja inteiramente consumido, o que limita o aumento da temperatura. A relação entre o oxidante e o combustível (por exemplo, sem limitação, gás natural) é arranjada de modo que a seletividade para a formação do metanol seja otimizada.

As condições da reação que favorecem uma melhor seletividade para o metanol e outros oxigenados são tal como segue. A composição da mistura de reação, após ter combinado a corrente de alimentação contendo alcano e a corrente de alimentação contendo oxigênio, deve ser de aproximadamente 1% molar ao oxidante de aproximadamente 10% molar, com mais preferência de aproximadamente 2% molar a aproximadamente 5% molar de oxidante e com a máxima preferência aproximadamente 2,5% molar de oxidante. A pressão total dos gases no sistema de reator deve estar na faixa de aproximadamente 6 MPa a aproximadamente 10 MPa, com mais preferência de aproximadamente 7,5 MPa a aproximadamente 9 Mpa, e com a máxima preferência de aproximadamente 8 Mpa. A temperatura da parede do sistema de reator deve estar na faixa de aproximadamente 600 K a aproximadamente 900 K, e com mais preferência de aproximadamente 723 K a aproximadamente 823 K. O tempo de residência total do reator deve estar na faixa de aproximadamente 1 segundo a aproximadamente 40 segundos, com

mais preferência de aproximadamente 1 segundo a aproximadamente 10 segundos, e com a máxima preferência de aproximadamente 1 segundo a aproximadamente 2,5 segundos.

5 Nestas condições, a seletividade do metanol fica compreendida na faixa de aproximadamente 0,35 a pelo menos 0,60 com seletividades mais baixas para os outros oxigenados da corrente de alimentação contendo alcano. A conversão do metano é de aproximadamente 10% e a conversão dos outros componentes do hidrocarboneto do gás natural é comparável.
10 Após a reação, a separação e reciclagem dos hidrocarbonetos não-reagidos são executadas.

Para a operação contínua, o combustível (por exemplo, um alcano C_1-C_4 ou alcanos ou C_1-C_4 tais como aqueles providos no gás natural) e o oxidante devem ser bem
15 misturados. Para esta finalidade uma câmara/reator de mistura é provido para misturar completamente os componentes da reação e também para induzir a geração de radicais livres de alquila (por exemplo, sem limitação, metila) que são então contidos na corrente de saída da câmara de mistura. Sob este
20 aspecto, a câmara de mistura provê, portanto, eficazmente, uma câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada ("câmara de reação de retromistura") em um sistema de reator que tem uma câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada em comunicação fluida com um reator de fluxo
25 tubular para realizar a reação total. Embora não entre idealmente em um modelo de reator de tanque clássico agitado continuamente ou em um modelo de reator de fluxo tubular clássico, a câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada das realizações tem uma série de aspectos que
30 indica um caráter operacional que tem mais de um reator de tanque agitado continuamente ou uma afinidade do modelo CSTR (denotado adicionalmente como um reator de tanque agitado de alimentação contínua ou CFSTR; ainda denotado adicionalmente

como um reator de fluxo de retromistura de estado estacionário) em vez de uma afinidade do modelo de reator de fluxo tubular ou de plugue. A câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada tem um espaço-tempo, respectivo a uma taxa de alimentação combinada da corrente de alimentação contendo alcano e da corrente de alimentação contendo oxigênio, de aproximadamente 0,05 segundo a aproximadamente 1,5 segundo (um espaço-tempo preferivelmente contemplado é de aproximadamente 0,1 segundo) de modo que as alimentações possam ser eficazmente misturadas e de modo que um período de indução inicial para gerar os radicais livres de alquila (por exemplo, sem limitação, os radicais livres de metila) possa ser acomodado antes que a corrente do produto da câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada (radicais livres de metano, oxigênio e metila) seja alimentada ao reator de fluxo tubular para uma reação adicional no metanol. Em uma realização preferida, o desenho da câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada permite a mistura injetável de alcano C_1-C_4 e de correntes de alimentação contendo oxigênio para agitar as correntes de maneira turbulenta e para agitar eficazmente de maneira turbulenta a câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada. Sob este aspecto, a geração de radicais livres de metila é percebida como sendo a primeira reação da etapa cinética no conjunto das reações da etapa cinética que atingem a oxigenação direta do metano em metanol (um respectivo oxigenado de alquila), e a utilização de uma câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada antes de um reator de fluxo tubular permite um grau de liberdade para a otimização independente desta etapa de indução de radical livre de metila. Outros radicais livres derivados de alcanos C_2-C_4 devem ter geralmente um período de indução mais curto do que o radical livre de metila sob

condições comparáveis. As sub-reações cinéticas de ramificação de cadeia subseqüentes (etapas de sub-reação cinética) cobrem então os radicais livres de metila e outros componentes da corrente do produto da câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada ao metanol e outros produtos; estas sub-reações posteriores são mais bem controladas no ambiente do reator de fluxo tubular que recebeu tradicionalmente o metano misturado (mas não-reagido) (alcano) e o oxigênio de sistemas prévios.

O sistema de reator provê conseqüentemente diversos graus de liberdade (por exemplo, sem limitação, espaço-tempo, temperatura e mistura injetável do reator, conforme discutido adicional e subseqüentemente na presente invenção) para aumentar a(s) sub-reação(ões) da série cinética inicial e também para aumentar, com alguma independência das condições, a(s) sub-reação(ões) em série cinética(s) inicial(is), as sub-reações em série cinéticas subseqüentes no conjunto total de sub-reações que combinam para conseguir a reação de oxidação direta total de pelo menos um alcano C_1-C_4 em pelo menos um respectivo oxigenado de alquila.

Com respeito ao metano na corrente de alimentação contendo alcano, a indução de radicais livres de metila na câmara/reator de mistura (a câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada) é um desvio evidente dos ensinamentos prévios de documentos tais como a Patente Norte-americana n°. 4.982.023 e a Patente Norte-americana n°. 4.618.732, as quais, conforme observado nos Fundamentos, indicam que as correntes de alimentação devem ser misturadas somente antes de sua introdução em um reator.

Os reagentes são alimentados na câmara/reator de mistura (a câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada) em correntes separadas. Na emergência de uma câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada, os

reagentes são então alimentados ao reator de fluxo tubular. A mistura deve ser efetuada completamente, com o objetivo de atingir uma distribuição uniforme ou essencialmente uniforme da concentração do reagente na corrente do produto da câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada. Isto é necessário para evitar a oxidação dos produtos desejados - o metanol e outros oxigenados. Tal oxidação ocorre de outra maneira nas regiões não completamente misturadas onde há concentrações relativamente elevadas de oxidante, com redução proporcional do rendimento do produto. Sob este aspecto, o tempo de mistura na câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada deve ser relativamente breve comparado ao tempo de residência em um reator de fluxo tubular. Em vista dos tempos de residência preferidos totais para o sistema de reator como um todo, de aproximadamente 1 segundo a aproximadamente 2,5 segundos, o tempo de residência na câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada deve ser de pelo menos 0,1 segundo. Sob este aspecto, a mistura turbulenta real dos gases pode ser obtida em menos de 1 ms. Embora haja diversas realizações para obter uma mistura satisfatória, conforme será descrito em seguida, uma realização preferida para a utilização com os tempos de residência mais curtos utiliza essencialmente jatos turbulentos opostos com um cone difusor desviador que tem a sua lateral tendendo para o ápice (extremidade apical) mais perto de um reator de fluxo tubular. A finalidade do cone é minimizar os longos tempos de residência para as subporções do conteúdo da câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada em vista da reatividade elevada dos radicais livres de alquila (por exemplo, metila).

As paredes do reator devem ser inertes no ambiente químico da reação. O material de construção do reator deve ser o aço, preferivelmente o aço inoxidável, para conter a

pressão total necessária. Uma vez que uma superfície de aço diminui a seletividade do metanol, o aço é revestido preferivelmente com um revestimento inerte, tal como TeflonTM ou uma cera orgânica. A inserção de uma camisa de PyrexTM ou de quartzo no reator também provê uma superfície relativamente inerte.

Um defletor de limitação de fluxo é posicionado na saída da câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada para aumentar a queda de pressão entre a câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada e o reator de fluxo tubular e atinge, desse modo, uma característica de giro superior do tempo de residência desejado (grau de liberdade de controle) na câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada. Em uma realização preferida, o defletor de restrição de fluxo (anteparo com aberturas para permitir uma posição fluida) é conveniente e axialmente móvel, de modo que posições alternativas do defletor possam ser dispostas ao configurar sob medida o espaço-tempo eficaz na câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada antes de uma execução do processo ou durante uma execução do processo. Em uma realização preferida, o defletor de restrição de fluxo fica em proximidade adicional a um componente de bloqueio que é conveniente e axialmente móvel, de modo que posições variáveis do defletor (anteparo) possam ser definidas ao obstruir parcialmente as aberturas no defletor (anteparo) ao configurar sob medida o espaço-tempo eficaz na câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada antes de uma execução do processo ou durante uma execução do processo; esta característica provê um outro grau de liberdade para o controle operacional.

Retornando agora a uma vista geral do reator de fluxo tubular, a posição axial de temperatura máxima é completamente sensível à temperatura da entrada do reator, à

vazão total e à composição do reagente. Flutuações em qualquer uma destas quantidades podem fazer com que a posição do "ponto quente" do reator se mova. Em um caso extremo, o "ponto quente" pode se mover para fora do recipiente da reação e, desse modo, afetar adversamente o desempenho. O reator de fluxo tubular é equipado, portanto, preferivelmente em uma realização com um termopar que pode ser transferido axialmente (ao longo do eixo do fluxo geral no reator) através de uma vedação deslizante. Em uma outra realização, uma pluralidade de termopares dispostos para medir o perfil de temperatura do reator de fluxo tubular ao longo do eixo do fluxo permite o monitoramento da temperatura. O conjunto de termopares monitora a distribuição axial da temperatura de fase gasosa no reator, e as medições dos termopares também são utilizadas para o controle do reator.

O metanol, o formaldeído e outros oxigenados podem passar por uma decomposição térmica às altas temperaturas do reator de fluxo tubular, tendo por resultado a perda do produto. Tal decomposição é minimizada pela refrigeração do conteúdo do reator em um local imediatamente a jusante do "ponto quente". Uma vez que a refrigeração da parede não é suficientemente responsiva, uma realização preferida emprega a injeção de um gás frio por meio de um tubo cuja posição axial também pode ser alterada por meio de uma vedação deslizante. O gás frio é preferivelmente gás natural, mas dióxido de carbono, nitrogênio ou uma outra substância inerte também podem ser utilizados.

A Figura 12 apresenta uma vista em seção transversal simplificada 1200 de um sistema de reator que tem uma câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada 1202 em acoplamento próximo ao reator de fluxo tubular 1204, de modo que um sistema de reator que tem uma câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada em comunicação

fluida com um reator de fluxo tubular é provido para um dos processos descritos conjuntamente com as Figuras 1 a 11. As seções principais da câmara e do reator do sistema de reator são alinhadas ao longo do eixo geométrico 1220 com a câmara

5 de reação de retromistura injetavelmente misturada que tem o invólucro 1206 (que define o volume interno 1234 com uma superfície cilíndrica em cooperação com o anteparo 1232). O reator de fluxo tubular 1204 tem o invólucro 1210 que define o volume interno 1248 em cooperação com a seção do reator de

10 fluxo tubular deslizável 1204, que tem o invólucro 1208, e com o anteparo 1232. Uma corrente de alimentação de gás contendo alcano (uma primeira corrente de fluido) entra através da entrada de gás de alcano 1222 e das entradas de gás de alcano similares, conforme descrito. Uma corrente de

15 alimentação de gás contendo oxigênio (uma segunda corrente de fluido) entra através da entrada de gás de oxigênio 1224 e do desviador/distribuidor cônico 1226. O desviador/distribuidor cônico 1226 tem uma base cônica (base 1614 da Figura 16) conectada a uma porção do invólucro 1206 em uma disposição

20 oposta ao anteparo 1232. Uma saída da câmara de reação de retromistura é estabelecida pelo anteparo (defletor) 1232 e pela posição 1270 (com suas posições fluidas associadas mostradas mais detalhadamente nas Figuras 17A e 17B) e o componente de bloqueio opcional 1230. O anteparo (defletor)

25 1232 e o componente de bloqueio opcional 1230 (para a definição da posição variável na operação em tempo real do sistema de reator) apresentam posições tais como a posição 1270 a alimentação para a corrente de produto da câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada 1202 ao

30 reator de fluxo tubular 1204. O reator de fluxo tubular 1204 tem, portanto, uma entrada do reator de fluxo tubular em comunicação fluida através da posição 1270 com a saída da câmara de reação de retromistura 1202 no anteparo (defletor)

1232 e no componente de bloqueio 1230. A entrada de gás de alcano 1222 (juntamente com as entradas similares de gás de alcano conforme descritas) e a entrada de gás de oxigênio 1224 com o desviador/distribuidor cônico 1226 e a abertura de entrada de oxigênio 1228 (juntamente com entradas similares de gás de alcano como descritas) são configuradas (posicionadas e feitas sob medida com respeito aos fluxos das correntes de alimentação contendo alcano e contendo oxigênio) para agitar de maneira turbulenta os componentes da reação dentro do volume interno 1234 da câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada 1202 pela mistura injetável da corrente de alimentação de gás contendo alcano e da corrente de alimentação de gás contendo oxigênio.

O reator de fluxo tubular 1204 tem uma saída do reator de fluxo tubular 1260, e o reator de fluxo tubular 1204 tem uma entrada de gás refrigerante 1274 disposta entre uma entrada do reator de fluxo tubular a partir das posições (posição 1270) no anteparo 1232 e uma saída do reator de fluxo tubular 1260 para receber uma corrente de gás refrigerante (que entra na porta de entrada de refrigeração 1236 e então na porta de entrada interna de gás refrigerante 1250 antes de prosseguir para a entrada de gás refrigerante 1274) e, desse modo, refrigera com resfriamento brusco o reator de fluxo tubular 1204. Sob este aspecto, a entrada de gás refrigerante 1274 em uma realização fica em um tubo alongado (tubo 1262) com pelo menos uma abertura 1274 (vide as Figuras 18A e 18B para os detalhes em seção transversal respectivo ao eixo geométrico 1220) para condução do fluxo de resfriamento brusco refrigerante no espaço do reator 1248. O tubo 1262 coopera com o tubo guia 1264. Em uma realização, o tubo 1262 gira dentro do tubo guia 1264 para regular a quantidade de resfriamento brusco aplicado a uma posição. Em uma realização alternativa, o tubo 1262 é axialmente

deslizável (com referência ao eixo geométrico 1220) para o posicionamento dentro do reator de fluxo tubular 1204 e para a provisão de resfriamento brusco local. Contudo, em uma outra realização, o tubo 1262 gira dentro do tubo de guia 5 1264 para regular a quantidade de resfriamento brusco aplicada a uma posição e é também axialmente deslizável (com referência ao eixo geométrico 1220) para o posicionamento dentro do reator de fluxo tubular 1204 e para a provisão de resfriamento brusco local. Os componentes com resfriamento 10 brusco (incluindo as referências dos desenhos 1262, 1250, 1236, 1264 e 1274) oferecem, portanto, um grau de liberdade para o controle do perfil de temperatura ao longo do eixo geométrico 1220 dentro do reator de fluxo tubular 1204. Os termopares tais como o termopar 1216 e termopares similares, 15 tal como descrito, oferecem medições para o perfil de temperatura em uma realização. Um termopar deslizante 1214 (com sensor de termopar 1272 e vedado com vedação deslizante 1212 ao invólucro 1210) provê medições para o perfil de temperatura em uma outra realização. A Figura 12 mostra uma 20 realização que tem termopares estacionários tais como o termopar 1216, bem como um termopar deslizante 1214 (com cabeça de termopar 1272).

O reator de fluxo tubular 1204 tem o invólucro 1210 que define o volume interno 1248 em cooperação com a seção do 25 reator de fluxo tubular deslizável 1204 que tem o invólucro 1208 e que tem também o anteparo 1232 (com componente de bloqueio opcional 1230 para prover a posição 1270 como uma posição variável em seção transversal). O anteparo 1232 e o componente de bloqueio 1230 estão na interface vedada de 30 maneira deslizável ao invólucro da câmara de reação de retromistura 1206 e são, portanto, unidas eficazmente à seção do reator de fluxo tubular deslizável 1204 que tem o invólucro 1208. A seção de invólucro 1208 fica, portanto, na

interface vedada de maneira deslizável ao invólucro 1210 e também ao invólucro 1206, sendo que as vedações 1244, 1246 e 1238 conferem isolamento do ambiente externo. A câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada 1202 tem um

5 volume interno da câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada 1234 definido pelo invólucro da câmara de reação 1206 e pelo anteparo 1232 (com o componente de bloqueio opcional 1230). O anteparo 1232 (e o componente de bloqueio 1230) são, portanto, móveis de maneira deslizável

10 durante a operação em tempo real do sistema de reator da vista 1200 para progredir dentro do invólucro da câmara de reação de retromistura 1206 em direção à entrada 1224 para diminuir desse modo comensuravelmente o volume interno 1234, e o anteparo 1232 (e o componente de bloqueio 1230) são

15 alternativamente móveis de maneira deslizável durante a operação em tempo real para retrair se afastando da entrada 1224, para expandir desse modo comensuravelmente o volume interno 1234. Na realização da Figura 12, o reator de fluxo tubular 1204 tem um volume interno do reator de fluxo tubular

20 1248 definido pelos invólucros do reator de fluxo tubular 1208 e 1210 e pelo anteparo 1232 (com o componente de bloqueio 1230). O anteparo 1232 (e o componente de bloqueio 1230) são, portanto, móveis de maneira deslizável durante a operação em tempo real do sistema de reator da vista 1200,

25 diminuindo desse modo comensuravelmente o volume interno 1248 ao se mover se afastando da entrada 1224, e o anteparo 1232 (com o componente de bloqueio opcional 1230) são alternativamente móveis de maneira deslizável durante a operação em tempo real de modo a se mover em direção à

30 entrada 1224, para expandir desse modo comensuravelmente o volume interno 1248. Esta interface móvel permite um grau de liberdade para controlar o espaço-tempo relativo (essencialmente equivalente, para o fluxo gasoso, ao volume

interno da reação dividido pela vazão volumétrica que se move através do volume interno da reação) dentro do sistema de reator da vista 1200 entre um reator de fluxo tubular 1204 e câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada 1202.

Essencialmente, a funcionalidade permitida pelas características do anteparo 1232 (e do componente de bloqueio 1230) é para uma câmara de reação de retromistura onde o volume interno (definido por uma superfície interna de um invólucro e também pela superfície de qualquer componente na interface vedada de maneira móvel a essa superfície interna) pode ser facilmente modificado de modo que o espaço-tempo, provido pela câmara de reação de retromistura ao reagir quimicamente os componentes composicionais nos líquidos gasosos que fluem dentro do volume interno, possa ser modificado sem modificar necessariamente a(s) vazão(ões), a turbulência, e/ou a queda de pressão desses líquidos. Sob este aspecto, qualquer abordagem para modificar o volume interno de um primeiro volume interno para um segundo volume interno é potencialmente útil. Em uma realização conceitualizada, por exemplo, o anteparo 1232 é fixado axialmente, o desviador/distribuidor cônico 1226 tem uma base suficientemente larga para vedar de maneira deslizável contra o invólucro da câmara de reação de retromistura 1206, o desviador/distribuidor cônico 1226 tem um tubo deslizável (não mostrado) para se interconectar à entrada 1224 e o desviador/distribuidor cônico 1226 diminui desse modo comensuravelmente o volume interno 1234 ao se mover se afastando da entrada 1224, e expande comensuravelmente o volume interno 1234 ao se mover em direção à entrada 1224. Em uma outra realização conceitualizada, o invólucro 1206 tem uma porção móvel que invade a câmara para diminuir o volume interno 1234 e é alternativamente removido da câmara para

aumentar o volume interno 1234. Contudo, em uma outra realização conceitualizada, um componente interno com diafragma modifica as suas características para modificar comensuravelmente o volume interno 1234.

- 5 A vedação 1246, a vedação 1212, a vedação 1244, a vedação 1238, a vedação 1242 e a vedação 1240 permitem o movimento deslizável dos componentes móveis do sistema de reator da vista 1200. O componente de rotação 1218 permite a rotação do componente de bloqueio 1230 durante a operação.
- 10 Conforme deve ficar evidente, o movimento dos componentes (especialmente durante a operação do sistema de reator da vista 1200) é preferivelmente obtido com o auxílio de motores com velocidade variável, alavancas, alavancas com engrenagem associada e/ou motores em etapas e com engrenagem associada
- 15 (não mostrados, mas que devem ficar evidentes aos elementos versados na técnica).

- Em operação, uma corrente de alimentação contendo alcano e uma corrente de alimentação contendo oxigênio são introduzidas na câmara de reação de retromistura
- 20 injetavelmente misturada 1202 através das portas de entrada tais como a entrada 1222 (a corrente de alimentação contendo alcano) e a entrada 1224 (a corrente de alimentação contendo oxigênio). As condições internas da câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada 1202 são controladas
- 25 para induzir a formação de radicais livres de alquila na câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada 1202 para resultar em uma corrente do produto da câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada para a saída e uma comunicação fluida no reator de fluxo tubular 1204
- 30 através de posições tais como a posição 1270 no anteparo 1232 e no componente de bloqueio 1230. Os componentes são feitos sob medida e são arrançados para prover um momento molecular significativo nos líquidos de entrada de modo que a mistura

injetável e um fluido da reação turbulenta sejam estabelecidos na câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada 1202. A alimentação da corrente do produto da câmara de reação de retromistura injetavelmente

5 misturada ao reator de fluxo tubular 1204 através da posição 1270 compreende, portanto, o oxigênio, o alcano não-reagido e pelo menos uma porção dos radicais livres de alquila que foram induzidos dentro da câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada 1202. Sob este aspecto, a "reação"

10 do alcano em oxigenado de alquila (focalmente, a "reação" do metano ao metanol) envolve uma grande pluralidade de reações de curta duração (também denominadas na presente invenção como sub-reações em série cinéticas ou sub-reações cinéticas); certamente, pode haver pelo menos 60 sub-reações

15 em série cinéticas na "reação" total do metano ao metanol e os outros oxigenados de alquila que ocorrem no sistema. A sub-reação em série cinética inicial ocorre para induzir um radical de alquila de um alcano quando uma molécula de alcano é exposta ao oxigênio molecular. Esta indução de um radical

20 de alquila parece requerer um período de tempo de muitas ordens de magnitude a mais do que o tempo necessário para misturar de maneira turbulenta as duas correntes de alimentação fluidas e também parece ser uma sub-reação em série cinética que dispende tempo respectivamente às sub-

25 reações em série cinéticas que ocorrem uma vez que o radical livre de alquila está disponível. Há, portanto, uma eficácia no manuseio desta reação em uma câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada separada que fica em comunicação fluida com o reator de fluxo tubular onde uma

30 porção consistente (com o tempo e na operação em estado constante) dos radicais de alquila será essencialmente conduzida (alimentada no reator de fluxo tubular) para prover a base para permitir muitas sub-reações em série cinéticas

paralelas, subseqüentes e seqüenciais que são altamente exotérmicas e requerem uma abordagem de controle do calor mais receptiva aos reatores de fluxo tubulares do que as câmaras de reação de retromistura injetavelmente misturadas.

5 Embora acoplada próxima ao reator de fluxo tubular nas realizações, a câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada provê os componentes da reação com um estado operacional composicional e físico essencialmente universal (temperatura, pressão e momento molecular) dentro
10 de seu espaço-tempo comparado ao sistema de fluxo tubular; isto permite o controle da etapa de indução do radical de alquila essencial independentemente do reator de fluxo tubular onde, ao longo do eixo geométrico do reator de fluxo tubular, os componentes da reação têm uma composição e um
15 estado físico axialmente (e provavelmente radialmente) diferenciados.

Como deve ficar evidente aos elementos versados na técnica, o controle da graduação em um sistema tal como o sistema de reator da vista 1200 necessita controlar o desafio
20 de prover um momento molecular aceitável em situações de espaço-tempo crescente; se o momento molecular diminuir, o fluido da reação na câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada irá migrar para a faixa de fluxo laminar e a consistência necessária total do fluido da reação
25 da câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada pode desse modo ficar potencialmente comprometida; portanto, um reator de acordo com a vista 1200 parece eficaz no processamento em pequena escala para tornar o "gás encalhado" um produto valioso.

30 O espaço-tempo total do sistema de reator, respectivo a uma taxa de alimentação combinada da corrente de alimentação contendo alcano e da corrente de alimentação contendo oxigênio, é de não mais do que 40 segundos e,

preferivelmente, de não mais do que 2,5 segundos. O espaço-tempo da reação para a câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada é controlado para que não seja de mais de 1,5 segundos.

5 As Figuras 13A e 13B apresentam vistas em seção transversal simplificadas 1300 e 1350 dos detalhes na modificação do volume interno da câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada 1202 da Figura 12. Sob este aspecto, uma vista alternativa 1300 é apresentada para a
10 câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada 1202 na Figura 13A onde um distribuidor de "escova de cabelos" 1308 (detalhado adicionalmente nas Figuras 15A e 15B) para a corrente de alimentação contendo oxigênio é ilustrado. A vista 1300 da Figura 13A mostra geralmente um
15 anteparo 1304 e o componente de bloqueio opcional 1302 na orientação inteiramente expandida ou estendida ao invólucro 1306.

 A vista 1350 do reator da Figura 13B mostra geralmente o anteparo 1304 e o componente de bloqueio
20 opcional 1302 na orientação inserida no invólucro 1306 para diminuir o volume (e, na operação em estado constante, o espaço-tempo) da câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada respectiva ao volume (espaço-tempo) da vista 1300.

25 A Figura 14A apresenta uma vista simplificada em seção transversal 1400 de um outro desenho alternativo para a câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada 1202 da Figura 12. Sob este aspecto, uma porção principal hemisférica 1402 é perfilada para o invólucro, com um perfil
30 comparavelmente hemisférico no anteparo introduzido.

 A Figura 14B mostra uma vista 1450 que ilustra a câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada 1202 da Figura 12 com um volume interno modificado daquele

mostrado na Figura 12. O anteparo 1232 e o componente de bloqueio (opcional) 1230 são descritos na orientação inserida ao invólucro 1206 para diminuir o volume (e, na operação em estado constante, o espaço-tempo) da câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada 1202 respectiva ao volume (espaço-tempo) da vista 1200.

As Figuras 15A e 15B apresentam vistas em seção transversal alinhadas 1500 e 1550 do encastre de aplicação de fluido de "escova de cabelos" 1308 para um projeto alternativo para a câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada 1202 da Figura 12. O eixo geométrico 1504 é alinhado com o eixo geométrico 1220 na realização preferida, sendo que a vista 1500 mostra o distribuidor de "escova de cabelos" 1308 respectivo a um plano perpendicular ao eixo geométrico 1504, e a vista 1550 mostra detalhes do distribuidor de "escova de cabelos" 1308 respectivo a um plano paralelo ao eixo geométrico 1504. A corrente de alimentação contendo oxigênio é introduzida no espaço de fluxo interno 1234 de uma pluralidade de aberturas (tais como a abertura 1502) disposta ao longo do eixo geométrico da câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada na linha central essencial da superfície cilíndrica do invólucro 1206 e na orientação não-paralela ao eixo geométrico da câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada 1220 em que o eixo geométrico 1504 é alinhado essencialmente com o eixo geométrico 1220.

A Figura 16 apresenta uma vista em seção transversal simplificada 1600 das partes internas para o encastre de aplicação de fluido cônico 1226 para aplicar a corrente de alimentação contendo oxigênio na câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada 1202 da Figura 12. O desviador de fluxo interno é definido por uma superfície cônica 1604 que tem um eixo geométrico 1602. Uma base cônica

1614 fica em uma extremidade do eixo geométrico 1602, e a extremidade apical 1612 (uma extremidade que, se o cone fosse estendido, iria convergir finalmente para prover o ápice do cone) fica na extremidade oposta do eixo geométrico 1602.

5 Conforme mostrado na vista 1200 da Figura 12, o eixo geométrico 1602 é alinhado com o eixo geométrico 1220 da câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada 1202 quando o desviador cônico 1226 é disposto dentro do invólucro cilíndrico 1206 de modo que a saída da câmara de
10 reação de retromistura (posição 1270) fique mais próxima à extremidade apical 1612 do que à base cônica 1614. A corrente de alimentação contendo oxigênio é introduzida na entrada 1610 (a partir da entrada 1224 da Figura 12) e então no espaço de fluxo interno 1234 de uma pluralidade de aberturas
15 1608 dispostas ao longo do eixo geométrico da câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada 1220 (eixo geométrico 1602) e na orientação não-paralela ao eixo geométrico 1220. A posição interna 1606 transporta de maneira fluida a corrente de alimentação contendo oxigênio à
20 pluralidade de aberturas 1608.

As Figuras 17A e 17B apresentam vistas em seção transversal simplificadas de detalhes do defletor de interface (1232/1230) e do posicionamento na interface entre a câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada
25 1202 e o reator de fluxo tubular 1204 do sistema de reator da Figura 12. Na vista 1700 da Figura 17A, o anteparo 1702 tem pelo menos uma abertura 1704 que define uma posição (vide a posição 1270 na Figura 12) para uma comunicação fluida de uma corrente do produto da câmara de reação de retromistura
30 injetavelmente misturada da câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada 1202 ao reator de fluxo tubular 1204. O anteparo 1702 (anteparo 1232 na Figura 12) provê a posição com pelo menos uma abertura 1704 que tem uma área em

seção transversal. Quando o fluido passa, o anteparo 1702 com aberturas 1704 define um defletor para criar uma queda de pressão entre a câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada 1202 e o reator de fluxo tubular 1204 à medida que o fluido passa da câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada 1202 ao reator de fluxo tubular 1204. Em um sistema de reator "ajustado", as aberturas 1704 podem ser feitas sob medida com precisão em uma realização de modo que nenhum componente de bloqueio seja necessário; tal arranjo tem poucos graus de liberdade para a operação, mas também é menos complexo de um ponto de vista de vedação e construção. Para variação operacional em tempo real da posição eficaz criada pela abertura 1704, um componente de bloqueio 1230 é disposto em uma realização alternativa onde, tal como mostrado na vista 1750 da Figura 17B, o componente de bloqueio 1230 pode ser girado para "bloquear" uma porção da área em seção transversal da abertura 1704 onde uma porção do componente de bloqueio 1706 (o componente de bloqueio 1230 da Figura 12) é mostrada comprimindo a posição da abertura 1704 (observe que a vista 1750 pode ser conceitualizada como uma vista paralela ao eixo geométrico 1220 e em direção à câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada 1202 a partir do reator de fluxo tubular 1204) e restringindo desse modo a posição.

Em uma realização preferida, o anteparo (1232/1702) tem pelo menos uma abertura 1704 como uma primeira abertura, e o componente de bloqueio (1230/1706) tem pelo menos uma segunda abertura (1708). A primeira e a segunda aberturas têm, preferivelmente, dimensões essencialmente idênticas, e a primeira abertura 1708 e a segunda abertura 1704 são mutuamente dispostas para alinhar de maneira posicional, em um posicionamento relativo do anteparo (1232/1702) e do componente de bloqueio (1230/1706), para definir a posição

(1270) para ter essencialmente um equivalente da área em seção transversal para a área em seção transversal da primeira abertura. Na vista 1750, isto pode ser apreciado ao se considerar que a porção da abertura 1704 que não é
5 bloqueada da utilização da posição pelo componente de bloqueio 1706 é também a porção de abertura 1708 que não é bloqueada da utilização da posição pelo anteparo 1702.

Uma realização alternativa da combinação do anteparo (1232/1702) e do componente de bloqueio (1230/1706)
10 que não inclui a utilização do componente de rotação 1218 é discutida adicionalmente com respeito à Figura 21. Nesta realização alternativa, o anteparo (1232/1702) é móvel respectivamente ao componente de bloqueio estacionário (1230/1706) onde o encaixe de chave 1710 provê um impedimento
15 axialmente deslizável (com respeito ao eixo geométrico 1220) contra a chave 2110 (Figura 21) para proibir a rotação do componente de bloqueio (1230/1706). Nesta realização, o anteparo (1232/1702) é unido firmemente ao invólucro 1208, mas o invólucro 1208 gira adicionalmente sobre o eixo
20 geométrico 1220 para atingir uma posição variável 1270 definida pela abertura 1704 e pela abertura 1708. A chave 2110 é afixada ao invólucro 1206 (detalhes não mostrados) e a abertura 1714 (Figura 17A) provê uma abertura não-resistiva para a chave 2110 passar ao volume interno 1248 de modo que o
25 anteparo (1232/1702) e o componente de bloqueio (1230/1706) se movam axialmente (eixo geométrico 1220) respectivamente para a entrada 1224 com o componente de bloqueio 1230/1706 sempre contido e o anteparo 1232/1702 sempre girando em torno do eixo geométrico 1220.

30 Os rolamentos de esfera 1712 são utilizados nas realizações preferidas para aumentar a rotação suave do componente móvel (do anteparo 1232/1702 ou do componente de

bloqueio 1230/1706, dependendo de sua realização particular) contra o componente não-móvel no sistema de defletor.

As Figuras 18A e 18B apresentam vistas em seção transversal simplificadas 1800, 1850 e 1860 de detalhes e do posicionamento para a entrada de resfriamento brusco de posição variável 1274 para o sistema de reator da Figura 12. O tubo guia 1264 é mostrado em seção transversal perpendicular na vista 1800 respectivamente ao eixo geométrico 1220, sendo que a seção transversal do tubo 1802 tem um encaixe alongado 1808 que segue ao longo do eixo geométrico 1220. O encaixe alongado é difícil de ser mostrado na Figura 12, mas é descrito nas Figuras 18A e 18B como a posição inteiramente aberta 1808 para conduzir o encaixe axial; o tubo de resfriamento brusco 1804/1262 é mostrado com a abertura 1806/1274 - vide a posição da entrada 1274 na Figura 12 - para mostrar que é uma abertura com uma dimensão substancialmente menos axial do que a dimensão axial do encaixe 1808 do tubo de guia 1802/1264. O tubo 1804/1262 coopera com o tubo de guia 1802/1264 tal como mostrado na vista 1850 para não conduzir o resfriamento brusco ao volume interno 1248 quando a abertura 1806 é girada para obstruir a posição (1274) com a superfície interna do tubo guia 1802/1264. Em uma realização, o tubo 1804/1262 é axialmente deslizável dentro do tubo guia 1802/1264 para reposicionar axialmente a abertura 1806/1274 ao longo do eixo geométrico 1220. A vista 1860 mostra então a rotação de alinhamento radial entre o tubo 1804/1262 e o tubo guia 1802/1264 de modo que a posição/entrada 1274 seja ativada. Deve ser observado que diversos conjuntos alternativos (não mostrados) das aberturas 1806 podem ser facilmente providos em posições radiais diferentes do tubo 1804 para prover modelos de resfriamento brusco alternativos como uma função da

orientação radial do tubo 1804/1262 ao longo do eixo geométrico 1220 no reator de fluxo tubular 1204.

As Figuras 19A a 19C apresentam uma série de perfis de temperatura para um reator de fluxo tubular do sistema de reator da Figura 12 em operação. Sob este aspecto, o eixo das abscissas 1904 e o eixo das ordenadas 1906 são idênticos em todas as Figuras 19A, 19B e 19C, sendo que o eixo das abscissas 1904 mostra a distância ao longo do eixo geométrico 1220 do reator de fluxo tubular 1204 e o eixo das ordenadas 1906 ilustra a temperatura dentro do fluido de reação do reator de fluxo tubular 1204. O lócus 1902 (Figura 19A) é uma descrição conceitualizada de um perfil de temperatura para o reator de fluxo tubular 1204 sem o benefício de resfriamento brusco. O lócus 1922 (Figura 19B) é uma representação conceitualizada de um perfil de temperatura para o reator de fluxo tubular 1204 com o benefício de resfriamento brusco da posição 1938 essencialmente à saída 1260. O lócus 1932 (Figura 19B) é uma representação conceitualizada de um perfil de temperatura para o reator de fluxo tubular 1204 com o benefício de resfriamento brusco somente na posição 1938. As sub-reações em série cinéticas discutidas anteriormente irão variar em sua atividade dependendo do perfil de temperatura ao longo do eixo geométrico 1220 dentro do reator de fluxo tubular 1204. Desse modo, por exemplo, a mistura do produto do reator de fluxo tubular 1204 será diferente para cada um dos Loci 1902, 1922 e 1932 por seus perfis térmicos diferenciados, energias comensuravelmente diferenciadas e atividade cinética comensuravelmente diferenciada para sub-reações individuais no conjunto de sub-reações em série cinéticas. O desenho de tubo com resfriamento brusco oferece, portanto, ainda um outro grau de liberdade para otimização da composição de uma corrente de produto do sistema de reator de oxigenado de alquila gerada a partir de uma corrente de

alimentação contendo alceno C_1-C_4 e uma corrente de alimentação contendo oxigênio.

A Figura 20 apresenta uma vista em seção transversal simplificada 2000 de uma realização alternativa de um sistema de reator que tem uma câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada em acoplamento próximo a um reator de fluxo tubular. O conjunto de defletor da interface (anteparo 1232 e componente de bloqueio 1230 das realizações do conjunto conforme descrito com respeito à Figura 12 e as realizações de disposição contidas por chave alternativas das Figuras 17A, 17B e 21) se move de maneira deslizável e é girado durante a operação em tempo real do sistema de reator da vista 2000 para progredir e/ou retrair se afastando da entrada 2062 pela utilização de uma vedação e de uma conexão rosqueadas facilitada pelo rosqueamento macho 2012 (rosqueamento macho 2212 nas Figuras 21 e 22A a 22C). A maior parte da câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada e do reator de fluxo tubular compartilha o invólucro 2070, que é adicionalmente rosqueado para prover o rosqueamento fêmea para cooperar com o rosqueamento 2012/2212. As Figuras 22A a 22C mostram um detalhe adicional sob este aspecto, onde a Figura 22A mostra uma camisa do reator de fluxo tubular 2016 na posição inteiramente progredida, a Figura 22B mostra uma camisa do reator de fluxo tubular 2016 na posição de progressão/retração de ponto médio e a Figura 22C mostra a camisa do reator de fluxo tubular 2016 na posição inteiramente retraída.

A câmara de reação de retromistura e um reator de fluxo tubular do sistema de reator da vista 2000 são alinhados ao longo do eixo geométrico 2014. Uma corrente de alimentação de gás contendo alceno (uma primeira corrente de fluido) entra através da entrada de gás de alceno 2060 e da

pluralidade de aberturas da entrada de gás de alcano, tal como descrito. Uma corrente de alimentação de gás contendo oxigênio (uma segunda corrente de fluido) entra através da entrada de gás de oxigênio 2062 e do distribuidor de escova de cabelos tal como discutido previamente com respeito às Figuras 15A e 15B. Em uma realização alternativa, um desviador/distribuidor cônico (Figura 16) é utilizado para a corrente de alimentação contendo oxigênio.

O reator de fluxo tubular tem uma camisa do reator de fluxo tubular 2016 na interface vedada de maneira deslizável na vedação 2008 ao invólucro 2004 e provê uma saída de fluido em um espaço relativamente pequeno definido pelo invólucro 2004. O invólucro 2004 tem uma profundidade axial suficiente para acomodar a travessia axial completa acionada pelo rosqueamento 2012/2212 (vide também as Figuras 22A a 22C). O invólucro 2004 tem uma saída para a corrente do produto do reator na saída 2020. A entrada de gás refrigerante 2002 recebe a corrente de gás refrigerante descrita anteriormente no espaço do gás refrigerante 2072 (definido entre a superfície interna do invólucro 2070 e as superfícies externas da camisa 2016 e o tubo de bloqueio 2006). A corrente de gás refrigerante prossegue então para o espaço interno da camisa 2016 através do encaixe espiral 2018, em um ponto onde um encaixe axial (o encaixe axial 2032 da vista em seção transversal perpendicular 2028 através do eixo geométrico 2014 na orientação voltada à direita em 2042 e da Figura 23) do tubo de bloqueio 2006 e do encaixe espiral 2018 é alinhado para definir uma posição (2302 da Figura 23) e também para refrigerar desse modo com resfriamento brusco o espaço interno da camisa do reator de fluxo tubular 2016. A camisa 2016 coopera, portanto, próximo ao tubo de bloqueio 2006.

A camisa 2016 é vedada ao invólucro 2070 com uma vedação deslizável 2074 e gira desse modo para simultaneamente prosseguir/regredir respectivamente para a câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada por meio das linhas 2012/2212 (Figuras 22A-22C), regular a quantidade de resfriamento brusco aplicada a uma posição dentro de uma camisa do reator de fluxo tubular 2016 (descrita com a Figura 20 e descrita adicionalmente com a Figura 23) e modificar a área em seção transversal da posição (conjunto de defletor de chave fixa, tal como discutido previamente e discutido adicionalmente na Figura 21). Embora estes três graus de liberdade de controle (a progressão/regressão posicional do defletor, a aplicação de resfriamento brusco e a área em seção transversal da posição do defletor) não sejam, portanto, controlados com independência total, diferenças na taxa de alteração de cada um com uma rotação da camisa 2016 permitem um sistema controlável que tem menos vedações do que a realização descrita com respeito à Figura 12 e apenas com convolução muito limitada entre estes três graus de liberdade para a operação normal. Sob este aspecto, uma rotação completa da camisa 2016 atinge uma transferência completa da posição do encaixe espiral 2018 (a sua faixa análoga axial completa), talvez aproximadamente 2% da faixa análoga axial completa para a progressão/regressão do defletor posicional e 600% da faixa análoga axial completa da área em seção transversal da posição para um defletor que tem seis aberturas (Figuras 17A e 17B). Portanto, a camisa 2016 é girada primeiramente à posição dentro da faixa análoga axial para a progressão/regressão posicional do defletor, para então se posicionar dentro da faixa análoga axial para resfriamento brusco e, finalmente, para se posicionar dentro da faixa análoga axial para a área em seção transversal da posição.

Uma vez que o posicionamento do defletor é previsto como um ajuste operacional relativamente estratégico para uma composição da corrente de alimentação de gás de alceno particular, os ajustes operacionais em tempo real devem se relacionar mais ao resfriamento brusco de rotação única (1/6 de rotação) ao posicionamento da posição do defletor.

A vista em seção transversal perpendicular 2030 através do eixo geométrico 2014 na orientação voltada à esquerda em 2040 mostra detalhes adicionais no posicionamento da abertura para inserir alimentações a partir da entrada 2060 e 2062 na câmara de reação de retromistura.

A Figura 21 apresenta detalhes do anteparo/defletor 2100 para a realização do sistema de reator da Figura 20 e também para a realização alternativa da interface entre a câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada e um reator de fluxo tubular da realização do sistema de reator da Figura 12, tal como referido previamente com respeito às Figuras 17A e 17B. A camisa 2016 é repetida na Figura 20 com o rosqueamento macho 2012/2212. Conforme descrito para a realização alternativa respectiva às Figuras 17A e 17B, o componente de bloqueio 2108 é contido da rotação pela chave 2110 (conforme introduzido no encaixe 1710 - Figura 17B) e o anteparo 2104 fica em uma fixação não-deslizável à camisa 2016. Os rolamentos de esferas 2106 ficam em contato com o anteparo 2104 (extremidade da camisa 2016) ao componente de bloqueio 2108. O anteparo 2104 (luva 2016) gira livremente em torno da chave 2110 em virtude da abertura circular não contida 1714 (Figura 17A).

Conforme discutido previamente, as Figuras 22A a 22C mostram detalhes do posicionamento axial 2200, 2230 e 2260 para a interface entre a câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada e o reator de fluxo tubular da realização do sistema de reator da Figura 20. A

camisa 2016 é reprisada na Figura 20 com o rosqueamento macho 2012/2212.

5 A Figura 23 mostra um detalhe adicional 2300 na entrada de resfriamento brusco para a realização do sistema de reator da Figura 20. Sob este aspecto, é mostrada uma vista vertical da camisa 2016 e um tubo de bloqueio 2006 em alinhamento com o eixo de entrada para a entrada 2002 (Figura 20). A camisa 2016, o tubo de bloqueio 2006, o encaixe espiral 2018 e o encaixe axial 2032 (vista 2028 da Figura 20) 10 são todos repetidos na Figura 20. A posição 2302 mostra o ponto de alinhamento do tubo de bloqueio 2006 e o encaixe espiral 2018 para a aplicação de gás com resfriamento brusco à camisa 2016 para refrigerar desse modo com resfriamento brusco o espaço interno do reator de fluxo tubular.

15 As Figuras 24A e 24B mostram detalhes da vista axial para a realização do sistema de reator da Figura 20. A Figura 24A mostra uma vista voltada à direita ao longo do eixo geométrico 2014 (Figura 20) da parte externa do sistema de reator; as entradas 2060 e 2062 são reprisadas na Figura 20. A Figura 24B mostra a vista em seção transversal perpendicular 2450 através do eixo geométrico 2014 na orientação voltada à esquerda em 2022 (Figura 20); a entrada 2002 é reprisada na Figura 20 e as aberturas 1704/1706 são 20 reprisadas nas Figuras 17A e 17B.

25 As Figuras 25A e 25B mostram as vistas 2500 e 2550 de duas realizações do sistema de reator de fluxo tubular que têm zonas de entrada injetavelmente misturadas (a zona 2520 em ambas as Figuras 25A e B), resfriamento brusco em múltiplas posições e detecção de temperatura em múltiplas 30 posições. A zona de mistura 2520 na Figura 25A e na Figura 25B mostra um desviador distribuidor cônico simbólico 2502 com um cone cheio, altamente similar ao desviador cônico da Figura 16 e também da Figura 12. A vista do sistema 2500 da

Figura 25A mostra termopares múltiplos (tal como o termopar 2510) e múltiplas portas de entrada com resfriamento brusco (tal como a porta de entrada com resfriamento brusco 2508) no invólucro 2512. A vista do sistema 2550 da Figura 25B mostra
5 um termopar variável 2504 e uma vedação de porta de entrada com resfriamento brusco do termopar de posição variável 2506 disposta dentro do espaço interno definido pelo invólucro 2514. A medição do resfriamento brusco e da temperatura é, portanto, altamente similar na Figura 12 e na Figura 25B para
10 os reatores de fluxo tubular de ambas as realizações. Os sistemas da Figura 25A e da Figura 25B são úteis para prover os sistemas de reator que são altamente similares às realizações das Figuras 12 e 20, exceto quanto à ausência nas Figuras 25A e 25B de um conjunto de defletor de separação que
15 define uma interface transparente entre uma câmara de reação de retromistura injetavelmente misturada e o reator tubular. Sob este aspecto, os dados da operação de um sistema da Figura 25A ou da Figura 25B, quando comparados aos dados da operação de um sistema da Figura 12 ou da Figura 20, têm
20 valor ao indicar a eficácia para os ajustes respectivos à interface do defletor (anteparo 1232/componente 1230 na Figura 12 ou o conjunto de defletor rosqueado da Figura 20).

Deve ficar compreendido que cada um dos elementos descritos acima ou dois ou mais em conjunto também podem
25 encontrar uma aplicação útil em outros tipos de métodos e construções, os quais diferem dos tipos descritos acima. Embora a invenção tenha sido ilustrada e descrita como incorporada no método e no aparelho para a produção de metanol, ela não deve ser limitada aos detalhes mostrados,
30 uma vez que várias modificações e alterações estruturais podem ser feitas sem que se desvie de maneira alguma do caráter da presente invenção.

Sem análise adicional, o relato antecedente irá, desse modo, revelar inteiramente o ponto principal da presente invenção que outros podem prontamente adaptar, aplicando o conhecimento atual, para várias aplicações sem
5 omitir as características que, do ponto de vista da técnica anterior, constituem razoavelmente características essenciais dos aspectos genéricos ou específicos da presente invenção. O que é reivindicado como novo e que deve ser protegido pela Carta-patente é indicado nas reivindicações anexas.

REIVINDICAÇÕES

1. SISTEMA DE REATOR PARA A REAÇÃO DE FASE GASOSA DE PELO MENOS DUAS CORRENTES DE ALIMENTAÇÃO DE FLUIDO EM UMA CORRENTE DE PRODUTO, em que o dito sistema de reator é

5 caracterizado pelo fato de compreender:

uma câmara de reação de retromisturação injetivamente misturada em comunicação fluida com um reator de fluxo tubular, em que a dita câmara de reação de retromisturação injetivamente misturada tem um invólucro da

10 câmara de reação de retromisturação; e

um anteparo na interface vedada de maneira deslizável ao dito invólucro da câmara de reação de retromisturação;

em que a dita câmara de reação de retromisturação injetivamente misturada tem um volume interno da câmara de reação de retromisturação definido pelo dito invólucro da câmara de reação de retromisturação e elo dito anteparo;

15

o dito invólucro da câmara de reação de retromisturação tem uma parte do invólucro em uma disposição oposta ao dito anteparo; e

20

o dito anteparo é pode se mover de maneira deslizável durante a operação em tempo real do dito sistema de reator para progredir dentro do dito invólucro da câmara de reação de retromisturação injetivamente misturada para a dita parte do invólucro de modo a diminuir desse modo comensuravelmente o volume interno da dita câmara de reação de retromisturação injetivamente misturada, e o dito anteparo pode alternativamente se mover de maneira deslizável durante a operação em tempo real do dito sistema de reator dentro do

25

30 dito invólucro da câmara de reação de retromisturação injetivamente misturada para se retrair afastando-se da dita parte do invólucro para expandir desse modo comensuravelmente o volume interno da dita câmara de reação de retromisturação

injetivamente misturada.

2. SISTEMA DE REATOR, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito anteparo tem pelo menos uma passagem para a comunicação
5 fluido de uma corrente do produto da câmara de reação de retromisturação injetivamente misturada da dita câmara de reação de retromisturação injetivamente misturada ao dito reator de fluxo tubular.

3. SISTEMA DE REATOR, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que o dito
10 anteparo provê à dita passagem pelo menos uma abertura que tem uma área em seção transversal, e o dito sistema de reator tem um componente de obstrução para impedir de maneira variável uma parte da dita área em seção transversal de uso
15 da passagem durante a operação em tempo real do dito sistema de reator.

4. SISTEMA DE REATOR, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que o dito anteparo tem pelo menos uma dita abertura como uma primeira
20 abertura, o dito componente de obstrução tem pelo menos uma segunda abertura, em que a dita primeira abertura e dita segunda abertura têm dimensões essencialmente idênticas, e a dita primeira abertura e a dita segunda abertura são dispostas mutuamente para alinhar posicionalmente, em um
25 posicionamento relativo do dito anteparo e do dito componente de obstrução, para definir a dita passagem para que tenha uma área em seção transversal essencialmente equivalente à dita área em seção transversal da dita primeira abertura.

5. SISTEMA DE REATOR, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito reator
30 de fluxo tubular tem um volume interno do reator de fluxo tubular definido por um invólucro do reator de fluxo tubular e pelo dito anteparo.

6. SISTEMA DE REATOR, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que o movimento deslizável do dito anteparo para a dita parte do invólucro diminui comensuravelmente o volume interno da dita câmara de reação de retromisturação injetivamente misturada enquanto é expandido o volume interno do dito reator de fluxo tubular, e o movimento deslizável alternativo do dito anteparo se afastando da dita parte do invólucro expande comensuravelmente o volume interno da dita câmara de reação de retromisturação injetivamente misturada enquanto diminui o volume interno do dito reator de fluxo tubular.

7. SISTEMA DE REATOR, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a dita câmara de reação de retromisturação injetivamente misturada tem uma primeira entrada de fluido e uma segunda entrada de fluido para o dito sistema de reator;

a dita câmara de reação de retromisturação injetivamente misturada tem uma saída da câmara de reação de retromisturação;

o dito reator de fluxo tubular tem uma entrada do reator de fluxo tubular em comunicação fluida com a saída da dita câmara de reação de retromisturação;

a dita primeira entrada de fluido recebe uma primeira corrente de alimentação de fluido para a dita câmara de reação de retromisturação injetivamente misturada;

a dita segunda entrada de fluido recebe uma segunda corrente de alimentação de fluido para a dita câmara de reação de retromisturação injetivamente misturada; e

a dita câmara de reação de retromisturação injetivamente misturada tem um espaço-tempo, respectivo a uma taxa de alimentação combinada da dita primeira corrente de alimentação fluido e da dita segunda corrente de alimentação de fluido, de aproximadamente 0,05 segundo a aproximadamente

1,5 segundo.

8. SISTEMA DE REATOR, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que uma primeira corrente de fluido nas ditas correntes de alimentação de fluido compreende metano e uma segunda corrente de fluido nas ditas correntes de alimentação de fluido compreende oxigênio.

9. SISTEMA DE REATOR, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que:

pelo menos um oxigenado de alquila é manufaturado através da reação de oxidação parcial de uma primeira corrente de fluido nas ditas corrente de alimentação de fluido que compreendem uma corrente de alimentação de gás contendo alcano e uma segunda corrente de fluido nas ditas correntes de alimentação de fluido que compreendem o oxigênio de uma corrente de alimentação de gás contendo oxigênio;

o dito alcano é selecionado do grupo que consiste em metano, etano, propano e butano;

a dita câmara de reação de retromisturação injetivamente misturada tem uma entrada de gás de alcano, uma entrada de gás de oxigênio, e uma saída da câmara de reação de retromisturação;

o dito reator de fluxo tubular tem uma entrada do reator de fluxo tubular em comunicação fluida com a saída da dita câmara de reação de retromisturação;

a dita entrada de gás de alcano recebe a dita corrente de alimentação de gás contendo alcano na dita câmara de reação de retromisturação injetivamente misturada;

a dita entrada de gás de oxigênio recebe a dita corrente de alimentação de gás contendo oxigênio na dita câmara de reação de retromisturação injetivamente misturada;
e

a dita câmara de reação de retromisturação injetivamente misturada tem um espaço-tempo, respectivo a uma

taxa de alimentação combinada da dita corrente de alimentação de gás contendo alcano e da dita corrente de alimentação de gás contendo oxigênio, suficiente para a indução de radicais livres de alquila do dito alcano dentro da dita câmara de reação de retromisturação injetivamente misturada e para fornecer pelo menos uma parte dos ditos radicais livres de alquila à entrada do dito reator de fluxo tubular.

10. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que o dito alcano compreende o metano e o dito oxigenado de alquila compreende metanol.

11. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que o dito oxigenado de alquila compreender adicionalmente formaldeído.

12. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de o dito oxigenado de alquila compreender etanol.

13. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que a dita entrada de gás de alcano e a dita entrada de gás de oxigênio são configuradas para agitar de maneira turbulenta a dita câmara de reação de retromisturação injetivamente misturada mediante a mistura injetiva da dita corrente de alimentação de gás contendo alcano e da dita corrente de alimentação de gás contendo oxigênio.

14. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito reator de fluxo tubular tem uma saída do reator de fluxo tubular, e o dito reator de fluxo tubular tem pelo menos uma entrada de gás refrigerante disposta entre a dita entrada do reator de fluxo tubular e a dita saída do reator de fluxo tubular para receber uma corrente de gás refrigerante e desse modo refrigerar com resfriamento brusco o dito reator de fluxo tubular.

15. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 9,

caracterizado pelo fato de que o dito reator de fluxo tubular tem um eixo, e a dita entrada de gás refrigerante é móvel ao longo do dito eixo durante a operação do dito reator de fluxo tubular.

5 16. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a dita câmara de retromisturação injetivamente misturada tem um volume interno definido em parte por uma superfície cilíndrica que tem um eixo da câmara de reação de retromisturação injetivamente
10 misturada, e uma corrente de alimentação das ditas correntes de alimentação é inserida no dito volume interno de uma pluralidade de aberturas dispostas ao longo do dito eixo e em uma orientação não-paralela do dito eixo.

 17. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 14,
15 caracterizado pelo fato de que a dita câmara de reação de retromisturação injetivamente misturada tem um desviador de fluxo interno definido por uma superfície cônica que tem um eixo,

 o dito desviador define uma base cônica em uma
20 extremidade do dito eixo, e a dita superfície cônica define uma extremidade apical na outra extremidade do dito eixo,

 o dito eixo do dito desviador é alinhado com o dito
 eixo da dita câmara de reação de retromisturação injetivamente misturada,

25 o dito desviador é disposto dentro do dito invólucro de maneira tal que a saída da dita câmara de reação de retromisturação fica mais próxima da dita extremidade apical do que a dita base cônica, e

 uma corrente de alimentação das ditas correntes de
30 alimentação é inserida no dito espaço de fluxo interno de uma pluralidade de aberturas dispostas ao longo do eixo da dita câmara de reação de retromisturação injetivamente misturada e em uma orientação não-paralela ao eixo da dita câmara de

reação de retromisturação injetivamente misturada.

18. SISTEMA DE REATOR, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que o dito anteparo tem pelo menos uma passagem para a comunicação fluida de uma corrente de produto da câmara de reação de retromisturação injetivamente misturada da câmara da dita câmara de reação de retromisturação injetivamente misturada ao dito reator de fluxo tubular, em que o dito reator de fluxo tubular tem uma saída do reator de fluxo tubular em comunicação fluida com a saída da dita câmara de reação de retromisturação, o dito anteparo provê à dita passagem pelo menos uma abertura que tem uma área em seção transversal, o dito invólucro do reator de fluxo tubular tem um eixo e uma primeira parte e uma segunda parte em união rosqueada com o dito invólucro da câmara de reação de retromisturação, e o dito sistema de reator compreende adicionalmente:

um componente de obstrução para impedir de maneira variável que uma parte da dita área em seção transversal use a passagem durante a operação em tempo real de dito sistema de reator; e

uma entrada de gás refrigerante variável disposta na dita segunda parte em uma orientação em espiral ao longo do dito eixo para refrigerar com resfriamento brusco o dito reator de fluxo tubular com uma corrente de gás refrigerante; em que a dita segunda parte do reator de fluxo tubular fica em uma união rosqueada com o dito invólucro da câmara de reação de retromisturação com sulcos que movem a dita segunda parte ao longo do dito eixo quando a dita segunda parte é girada, e a rotação da dita segunda parte reposiciona simultaneamente o dito anteparo ao longo do dito eixo, a dita entrada de gás refrigerante ao longo do dito eixo, e o dito componente de obstrução para modificar a dita área em seção transversal.

19. SISTEMA DE REATOR PARA A REAÇÃO DE FASE GASOSA DE PELO MENOS DUAS CORRENTES DE ALIMENTAÇÃO DE FLUIDO EM UMA CORRENTE DE PRODUTO, em que o dito sistema de reator é caracterizado pelo fato de compreender:

5 uma câmara de reação de retromisturação injetivamente misturada em comunicação fluida com um reator de fluxo tubular, em que a dita câmara de reação de retromisturação injetivamente misturada tem um volume interno definido por uma superfície interna de um invólucro e uma
10 superfície de um componente na interface vedada de maneira móvel à dita superfície interna; e

 um meio para modificar o dito volume interno;
 em que o dito meio para modificar o dito volume interno move o dito componente para modificar desse modo o
15 dito volume interno de um primeiro volume interno para um segundo volume interno.

20. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 19, caracterizado pelo fato de que o dito meio para modificar o dito volume interno compreende um anteparo na interface
20 vedada de maneira deslizável ao dito invólucro;

 o dito invólucro tem uma parte do invólucro em uma disposição oposta ao dito anteparo; e

 o dito anteparo pode se mover de maneira deslizável para progredir dentro do dito invólucro dito para a dita
25 parte do invólucro para diminuir desse modo comensuravelmente o dito volume interno, e o dito anteparo pode alternativamente se mover de maneira deslizável dentro do dito invólucro para retrair se afastando da dita parte do invólucro para expandir desse modo comensuravelmente o dito
30 volume interno.

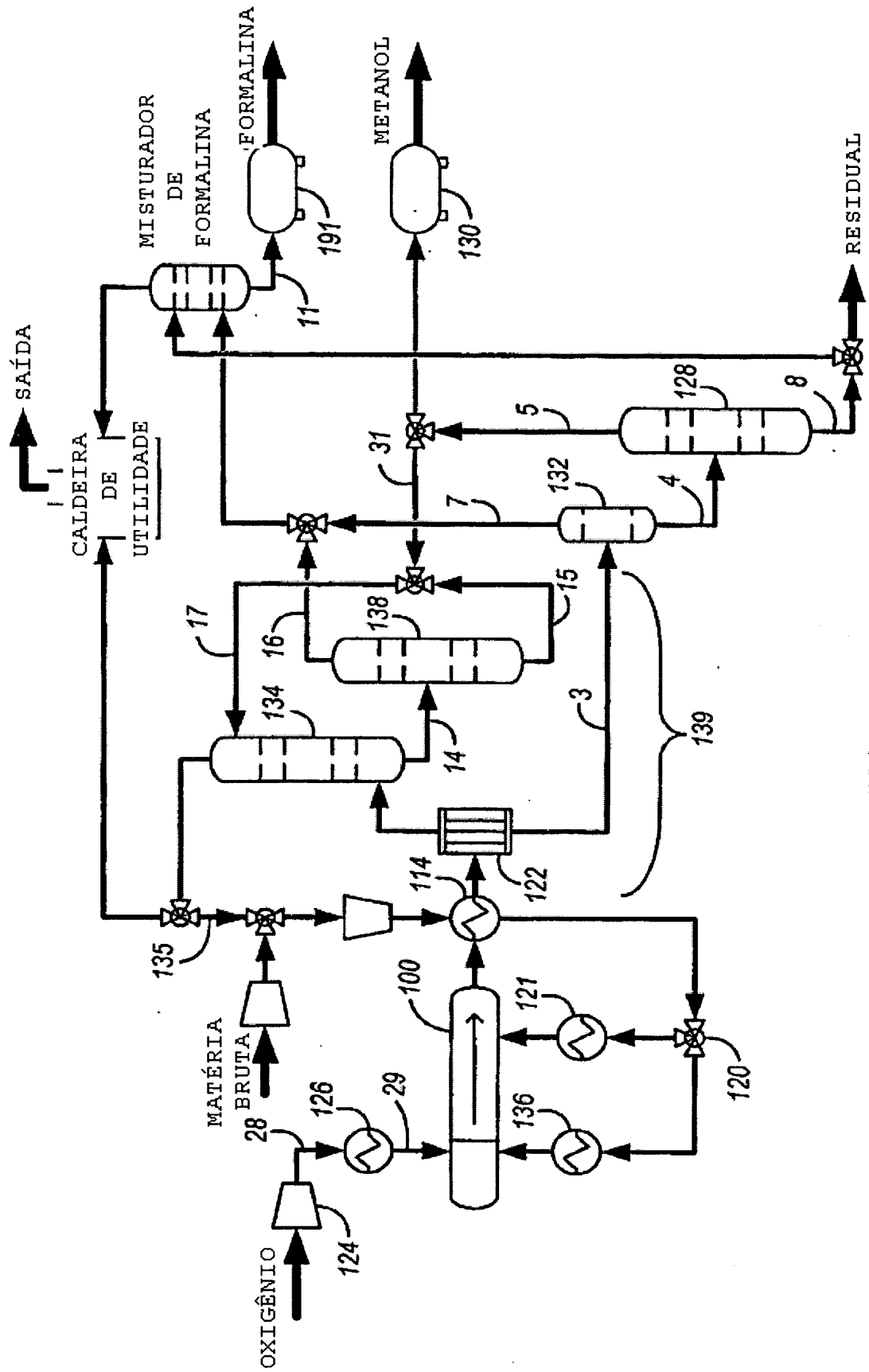


FIG. 1

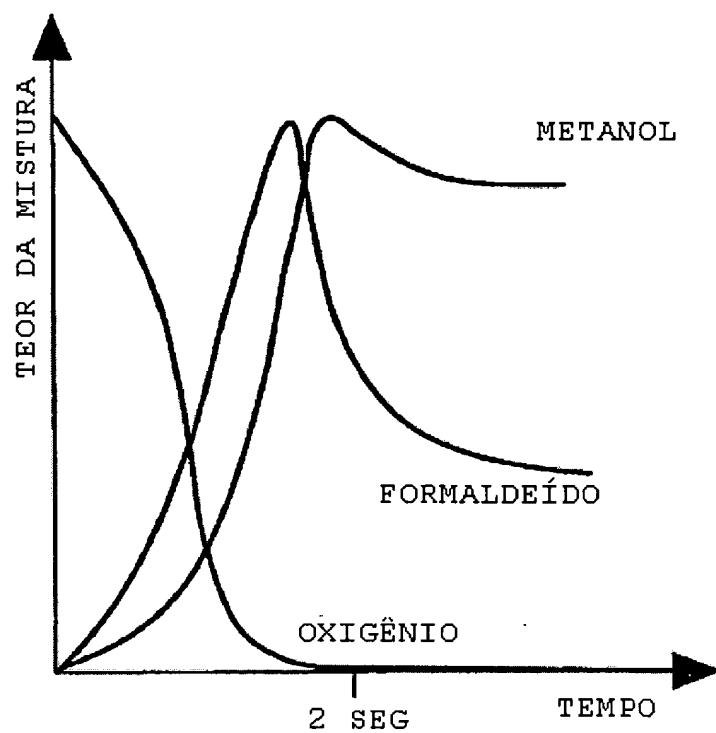


FIG. 2

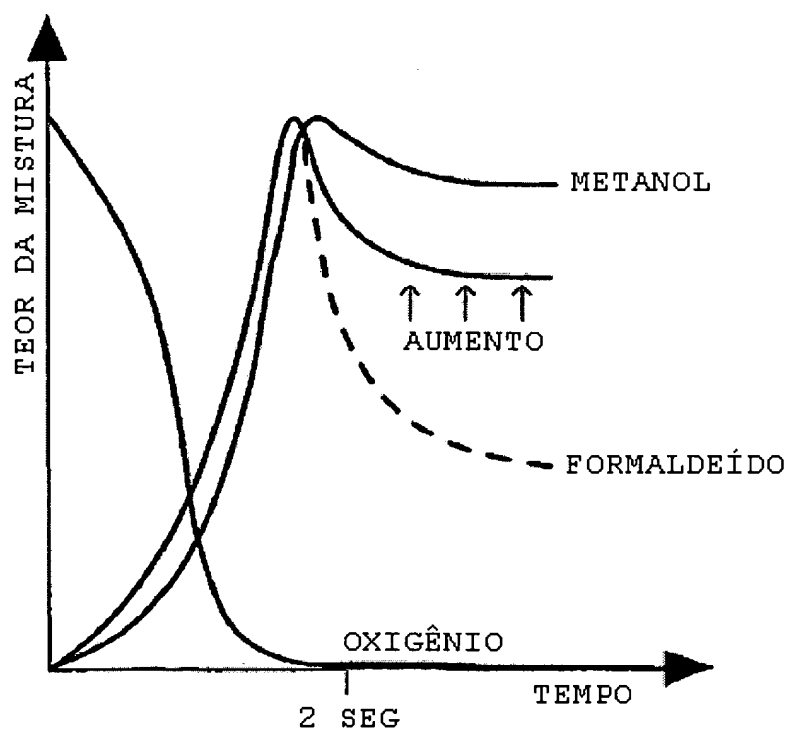
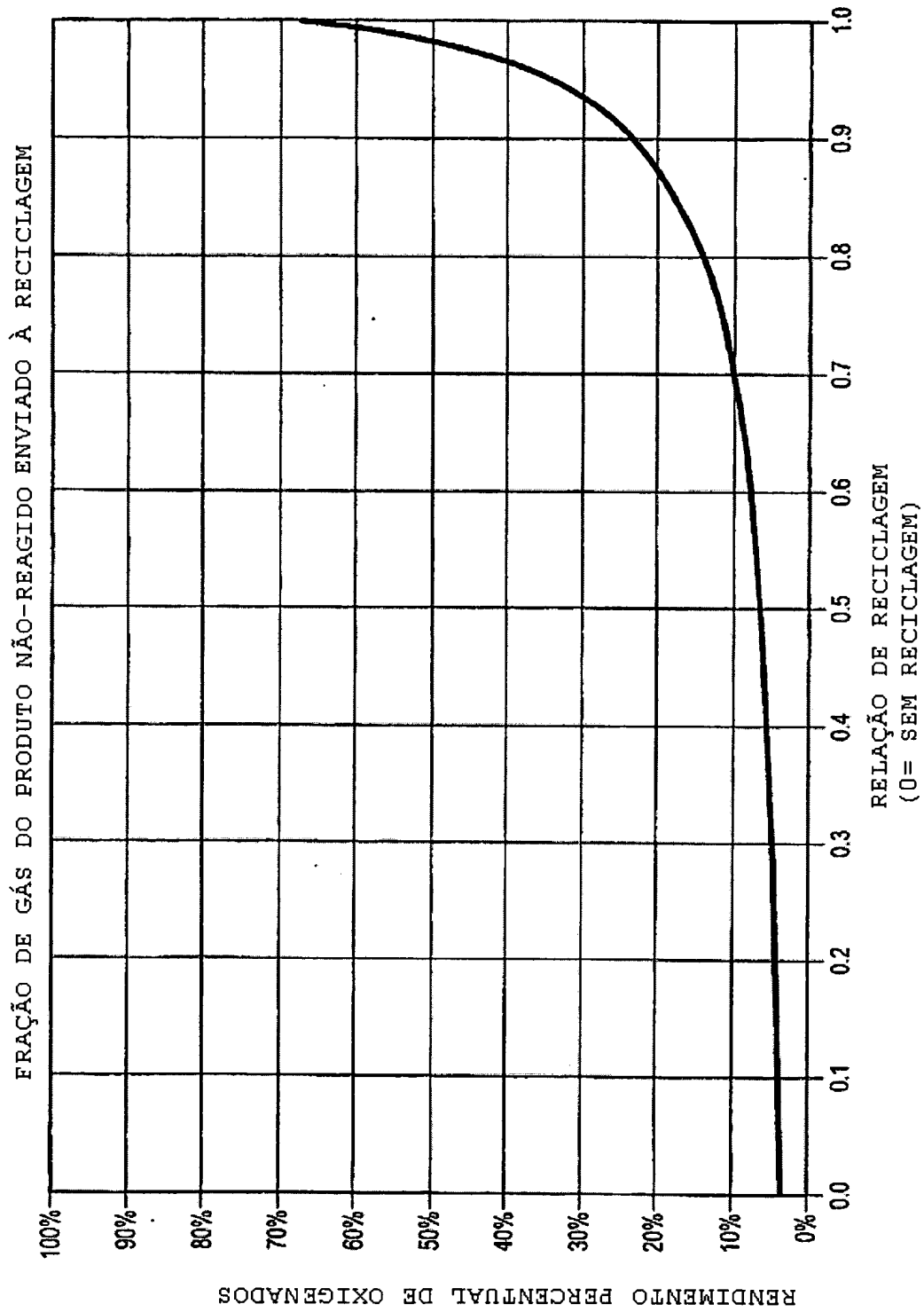


FIG. 3

FIG. 4

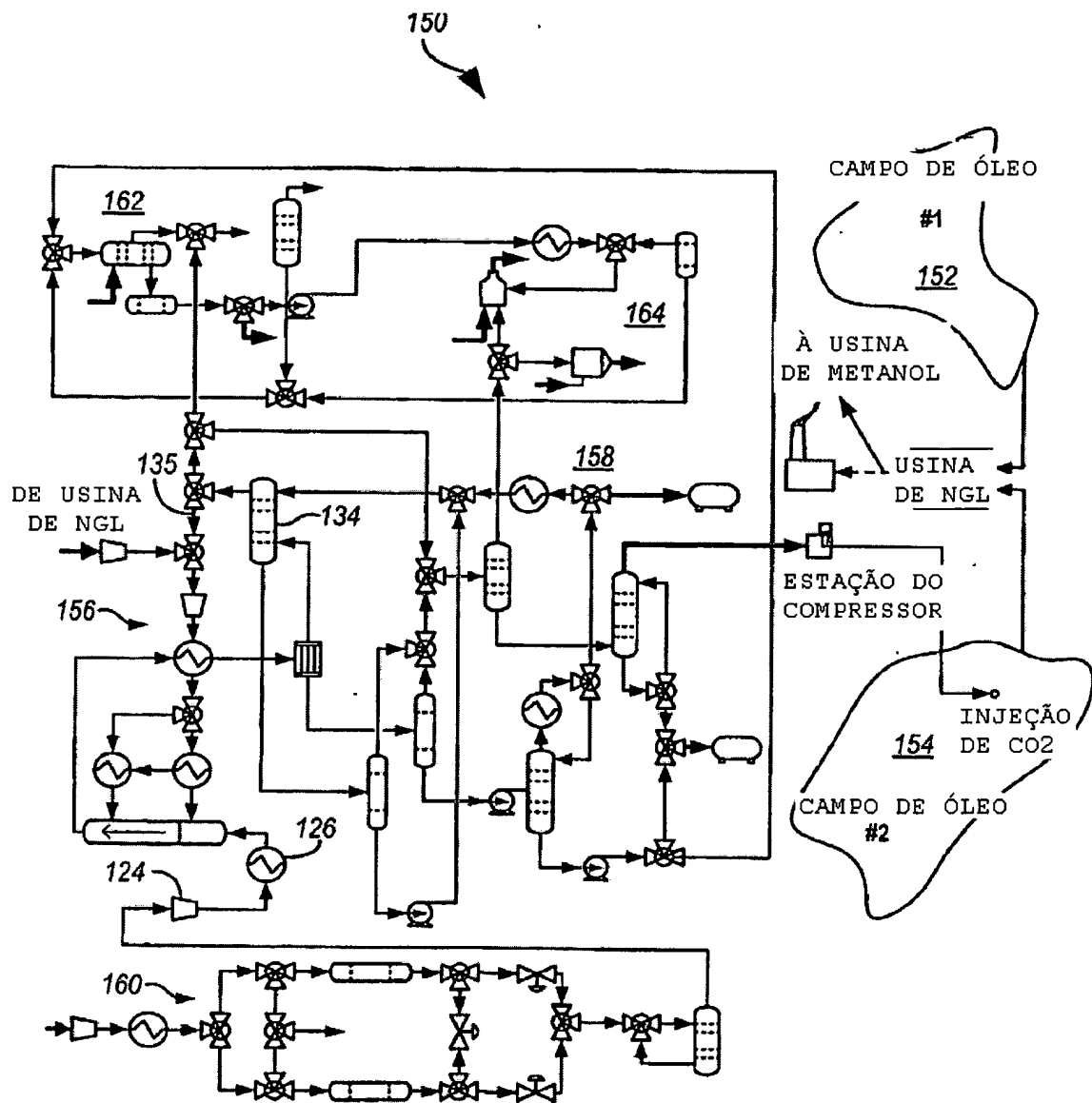
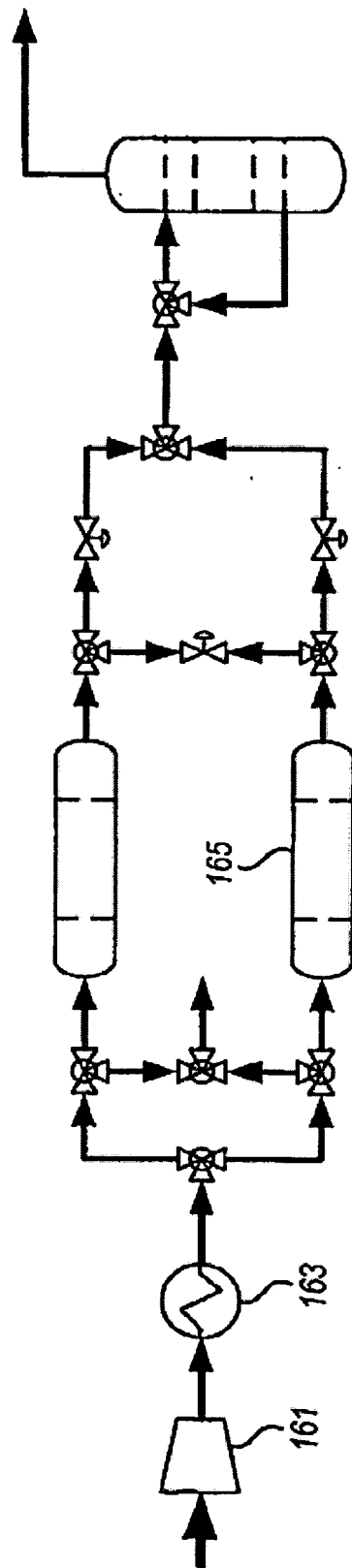


FIG. 5

FIG. 6

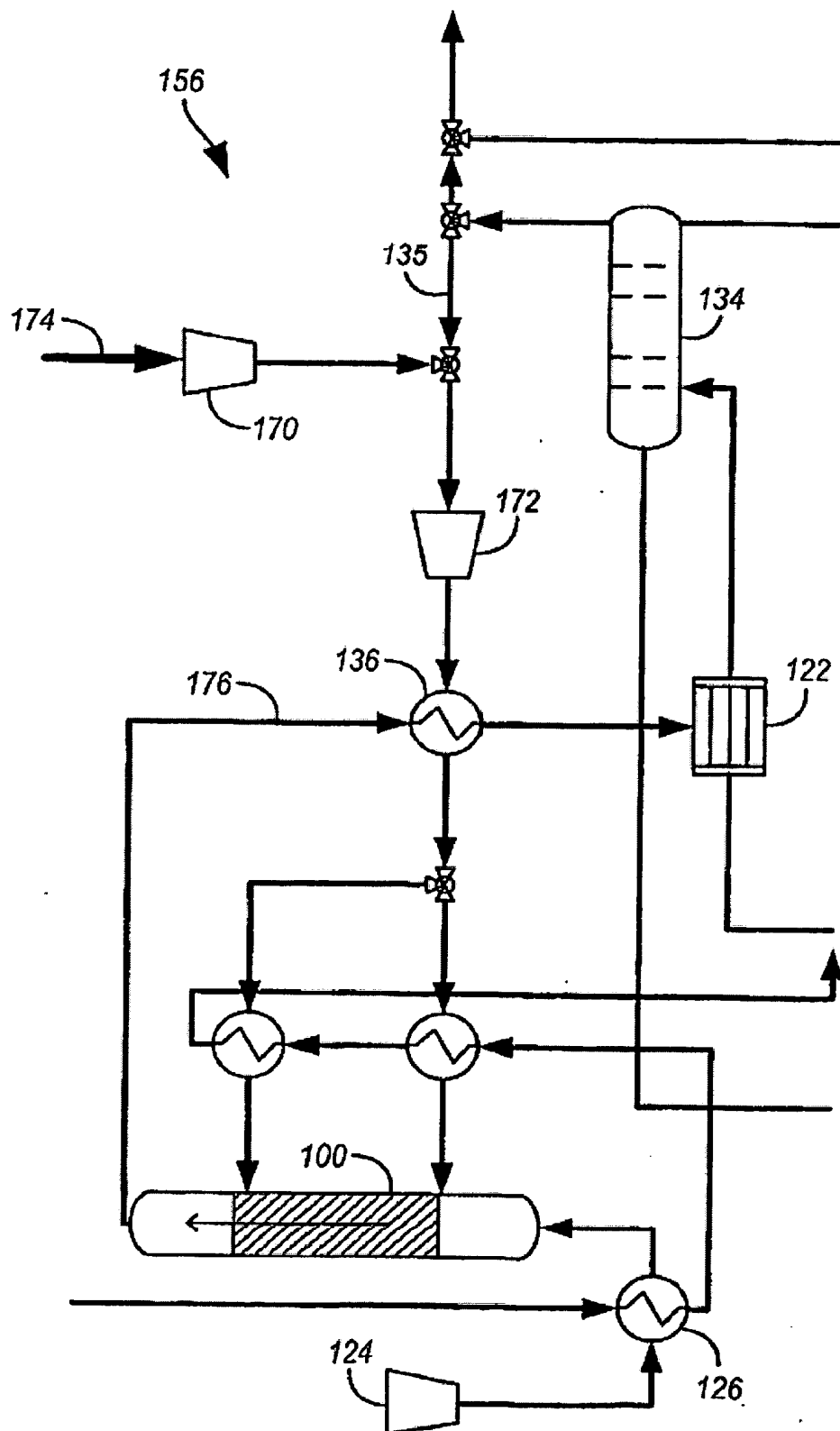
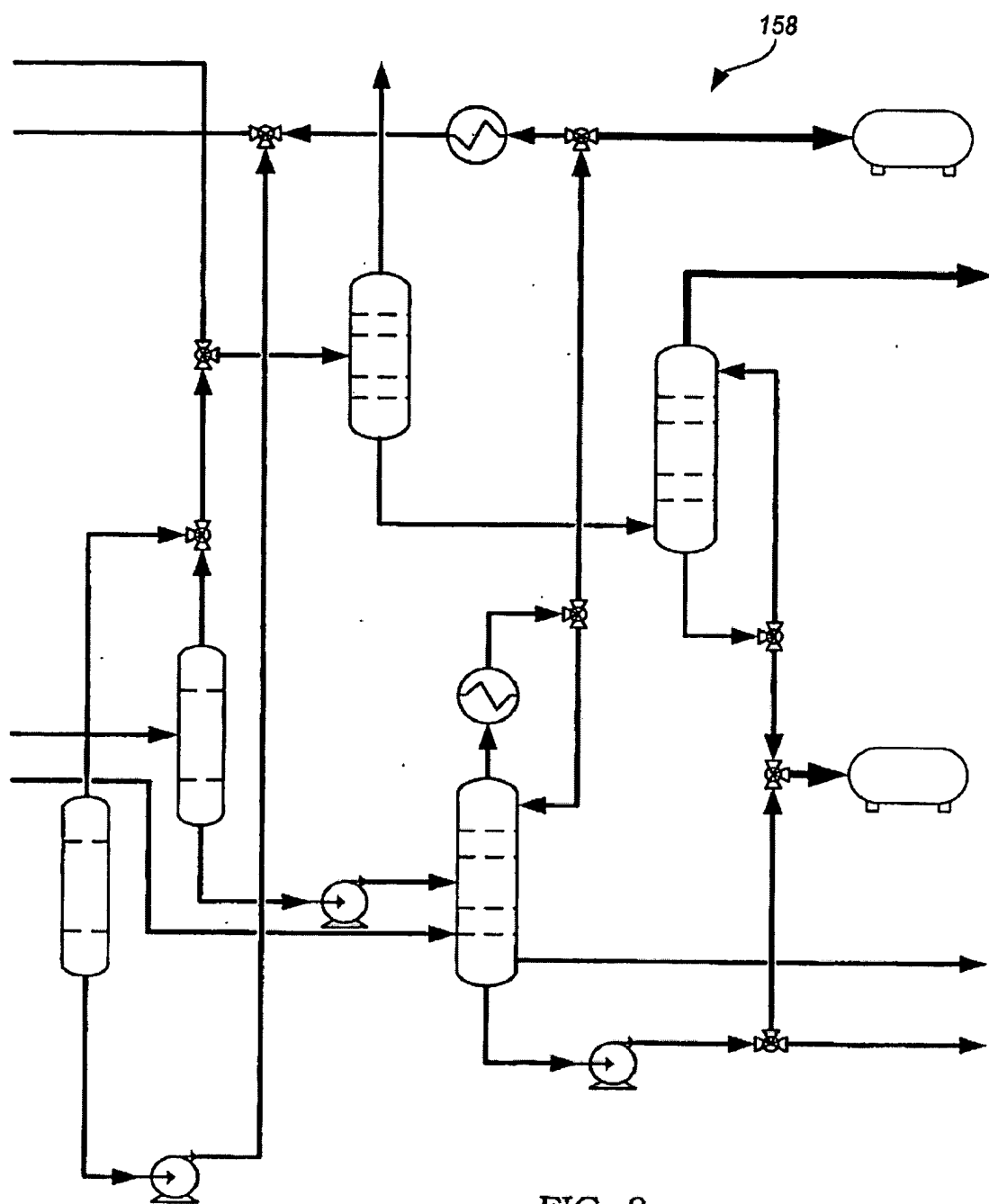


FIG. 7

FIG. 8

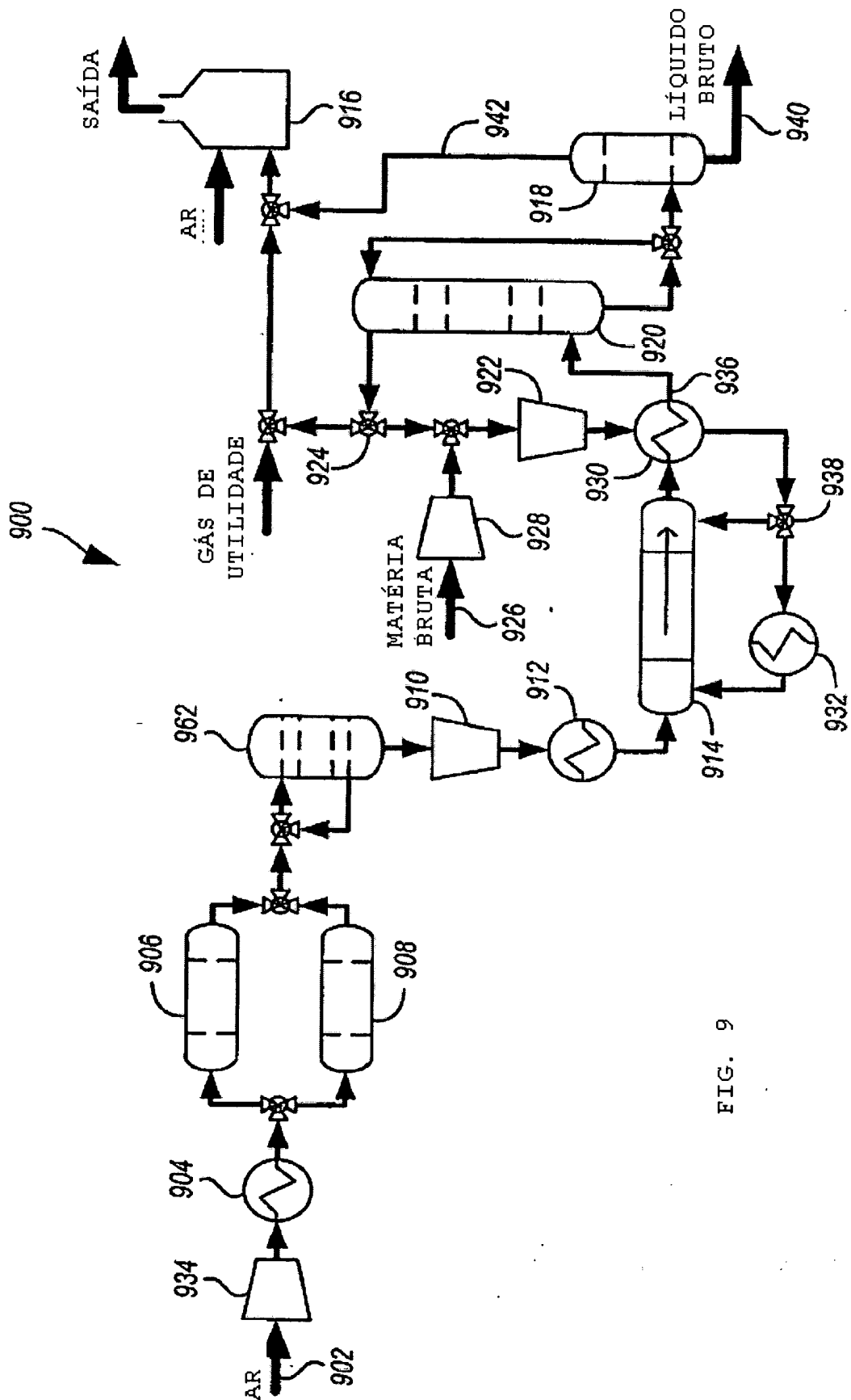


FIG. 9

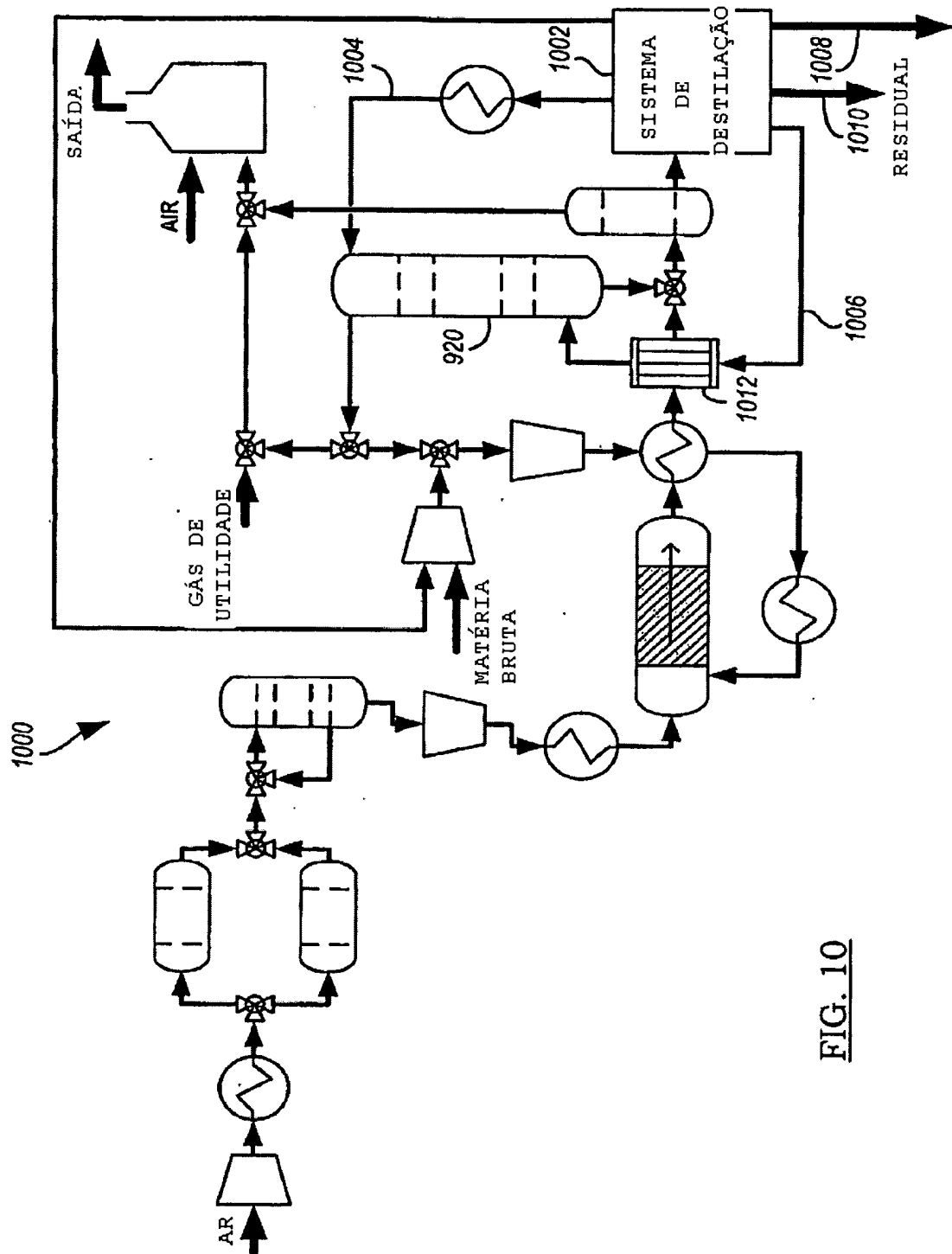
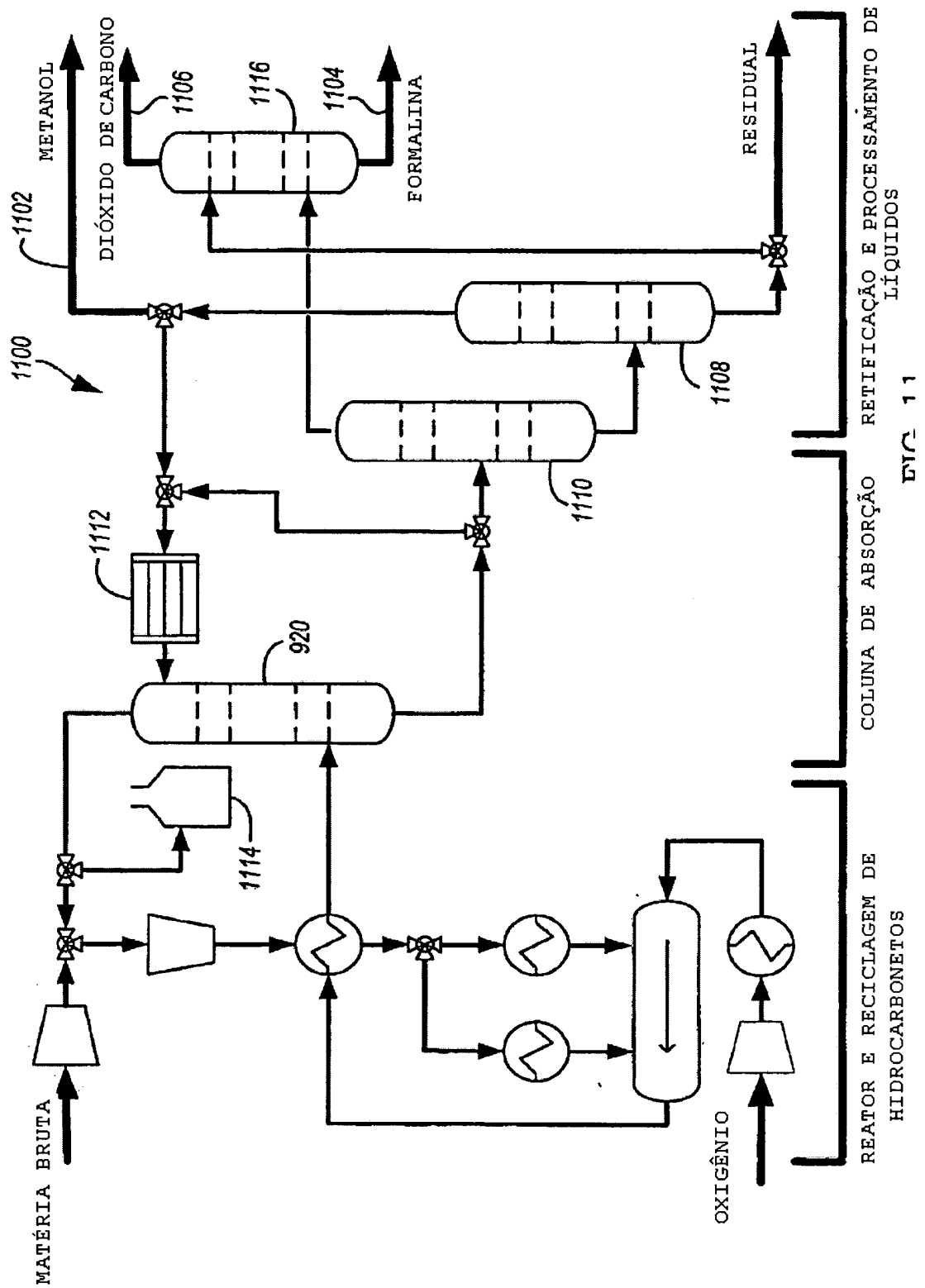


FIG. 10



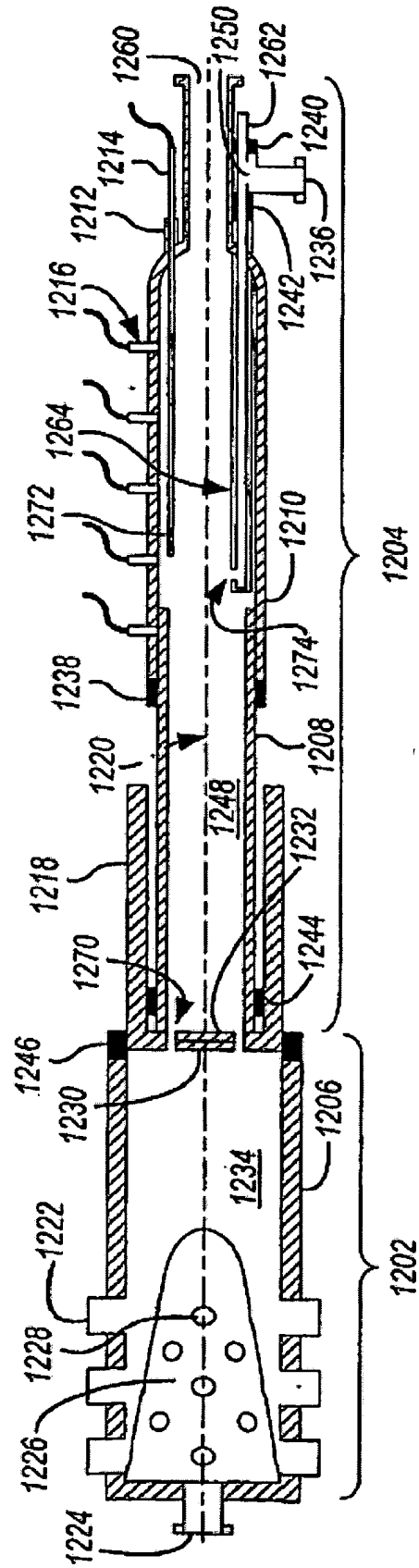
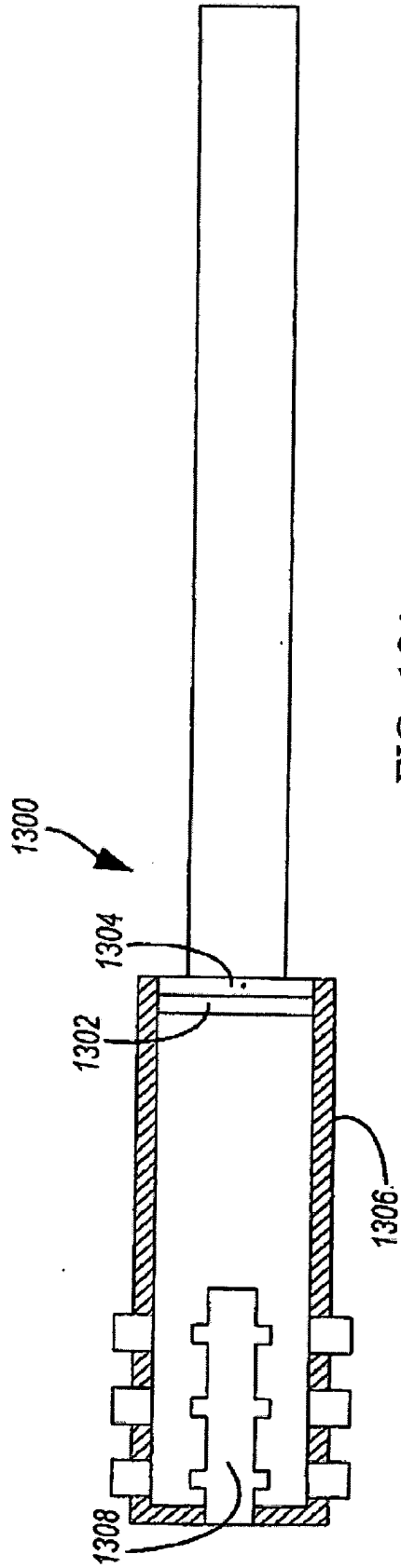
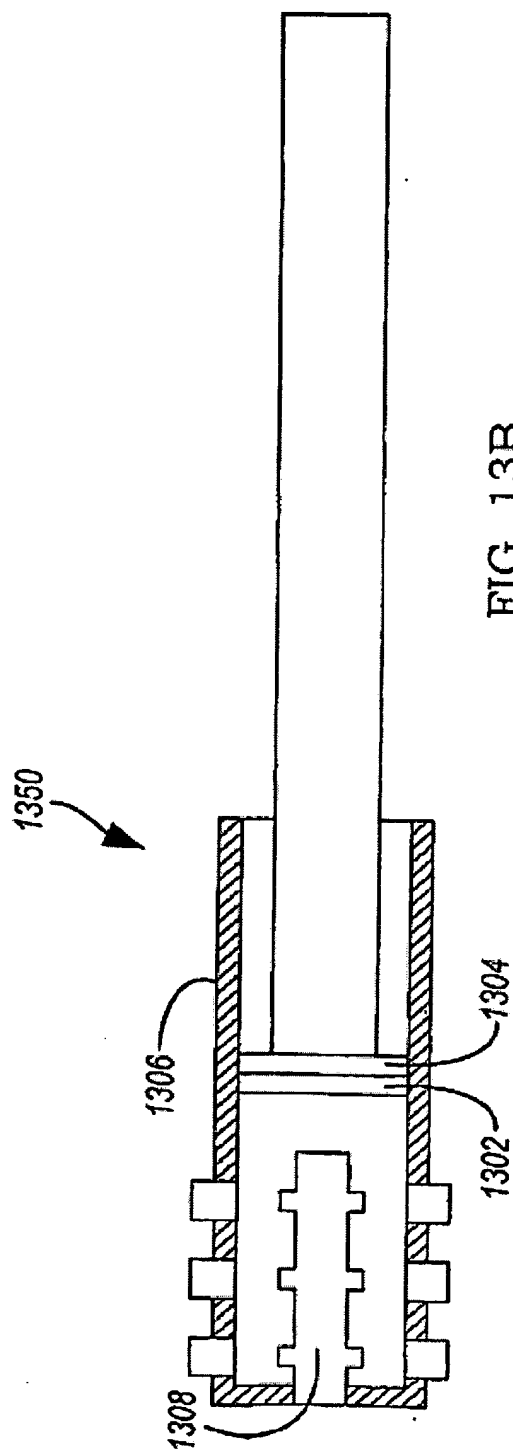


FIG. 12

FIG. 13A

FIG. 13B

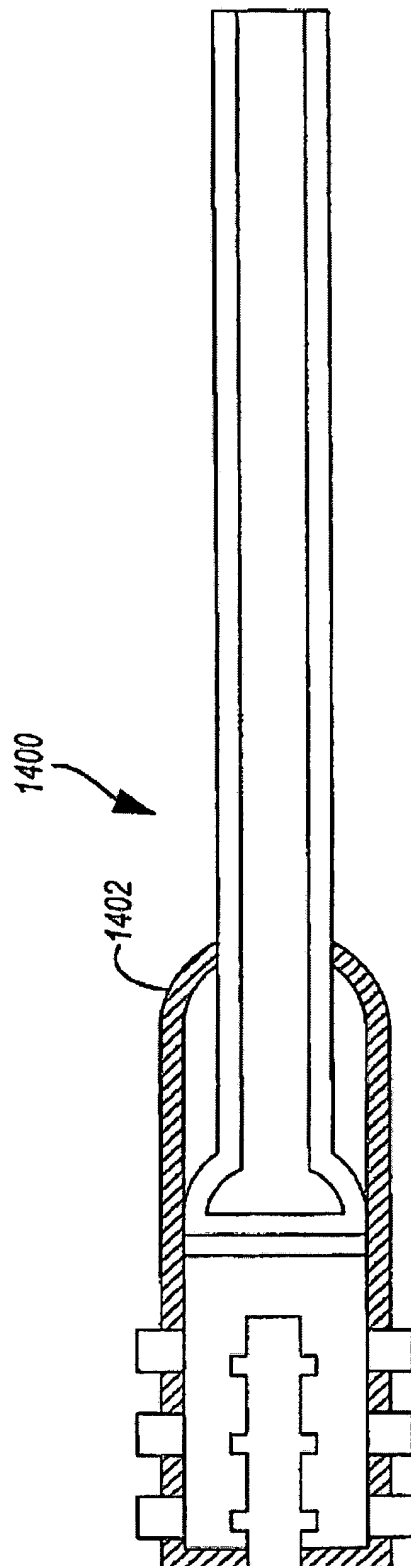
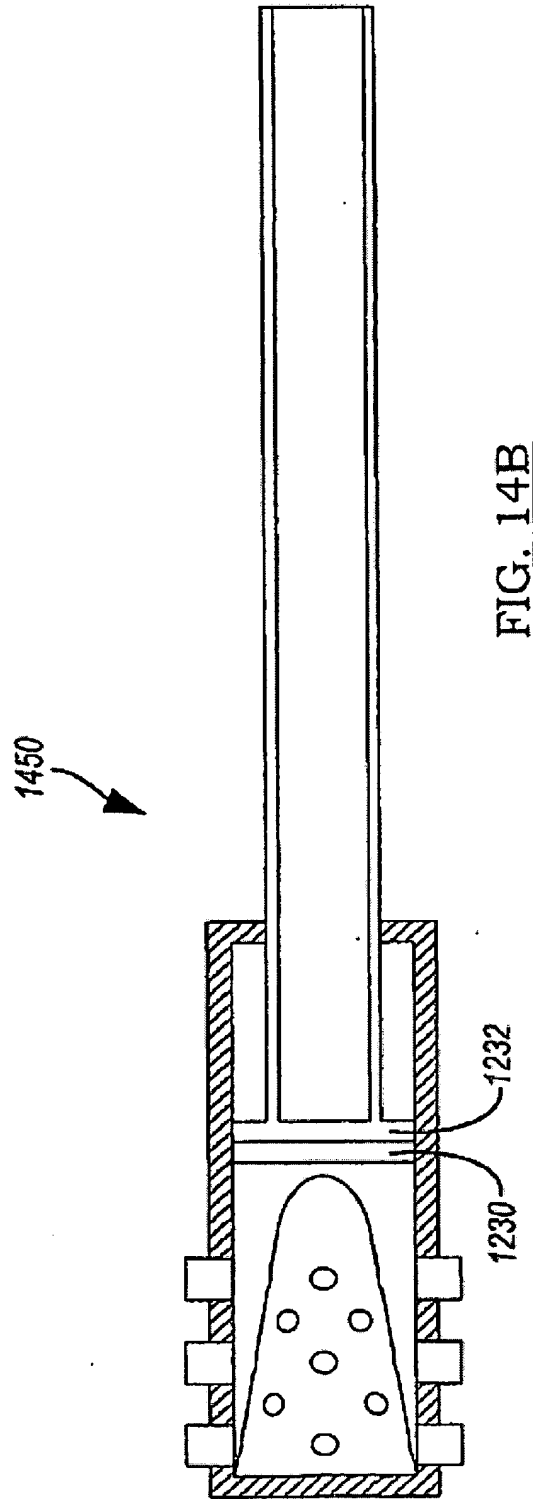


FIG. 14A



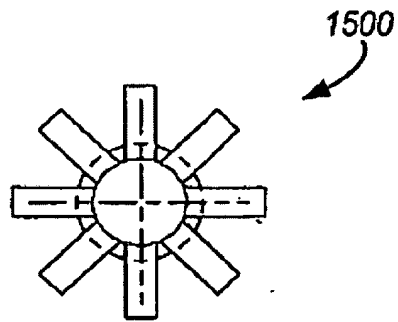


FIG. 15A

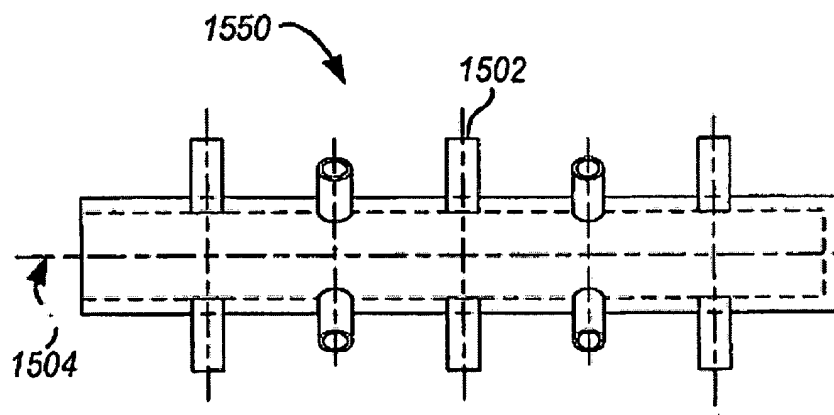


FIG. 15B

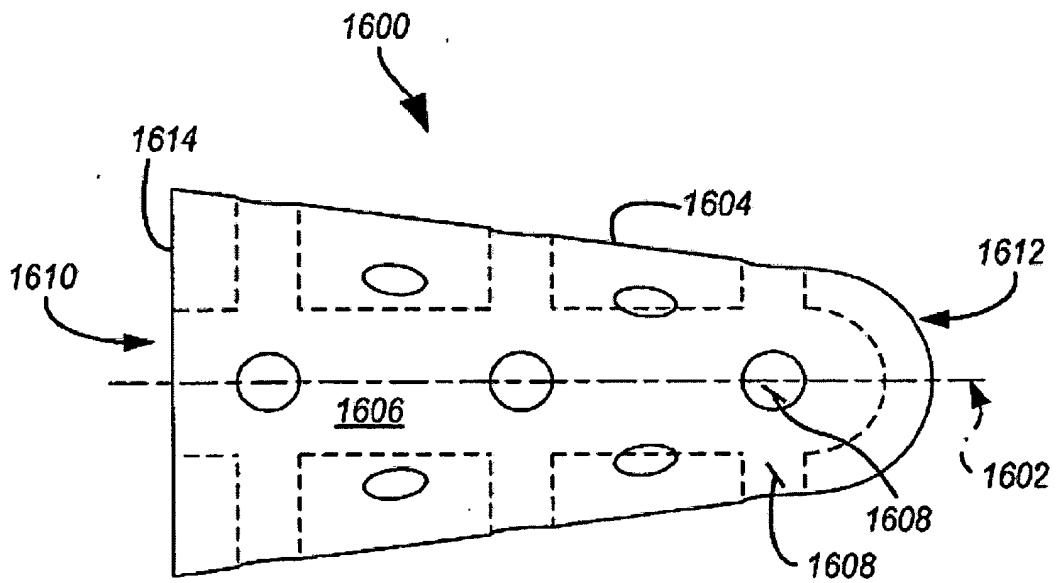
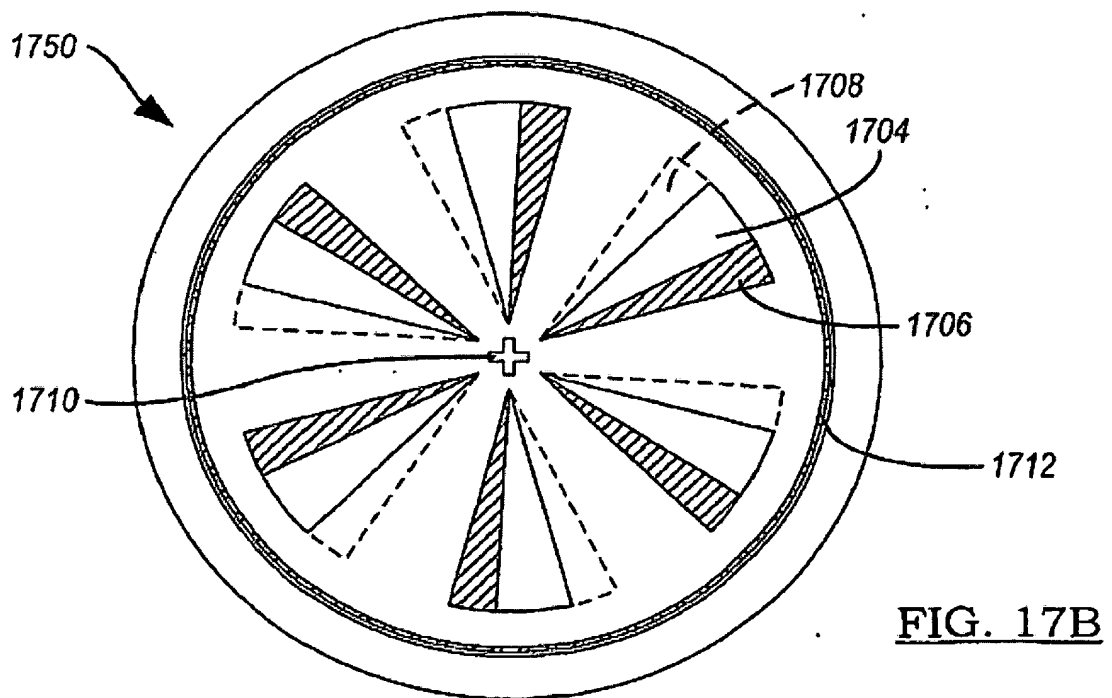
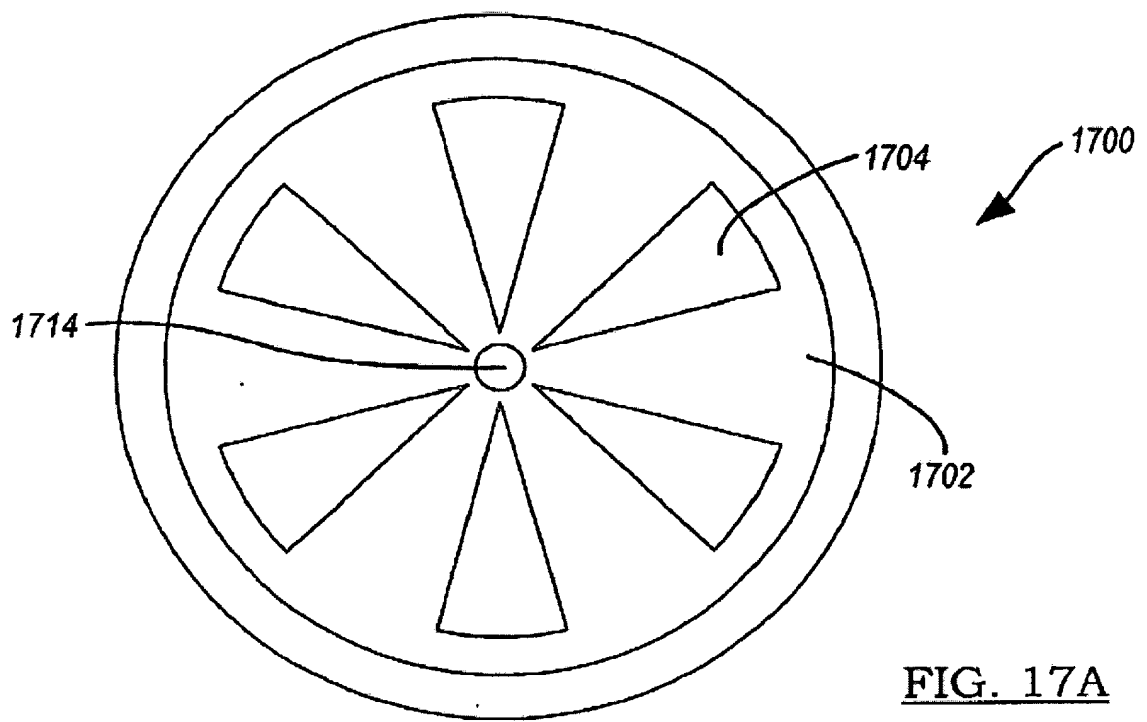


FIG. 16



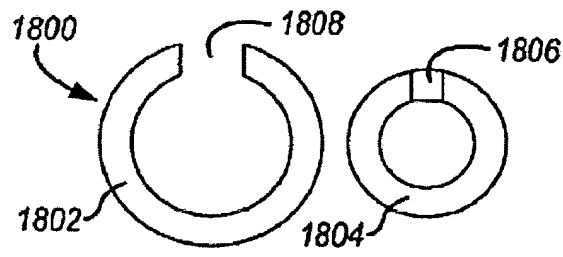


FIG. 18A

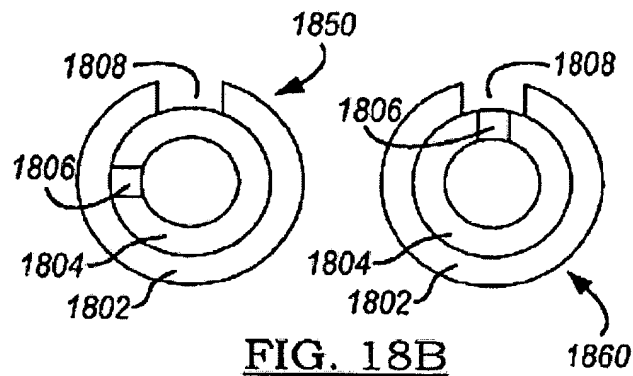


FIG. 18B

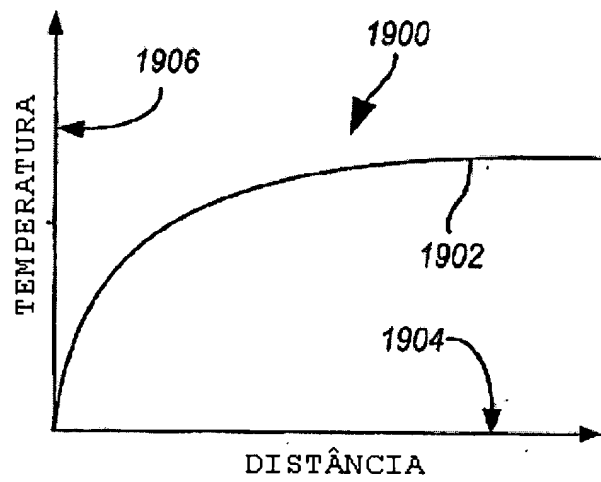
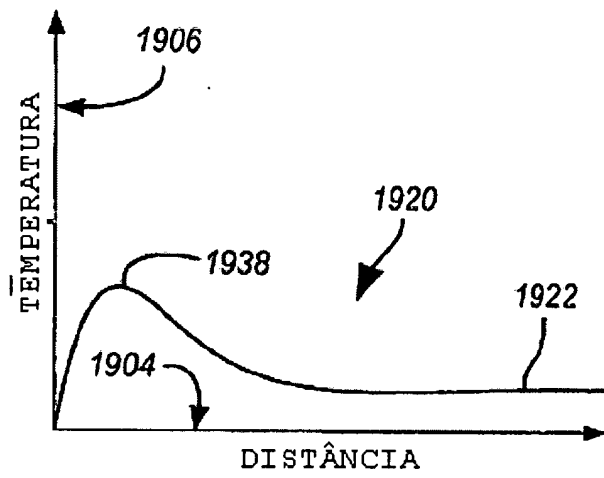
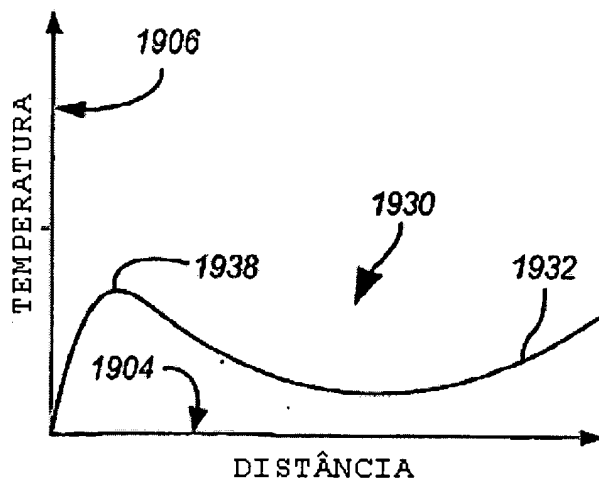


FIG. 19A

FIG. 19BFIG. 19C

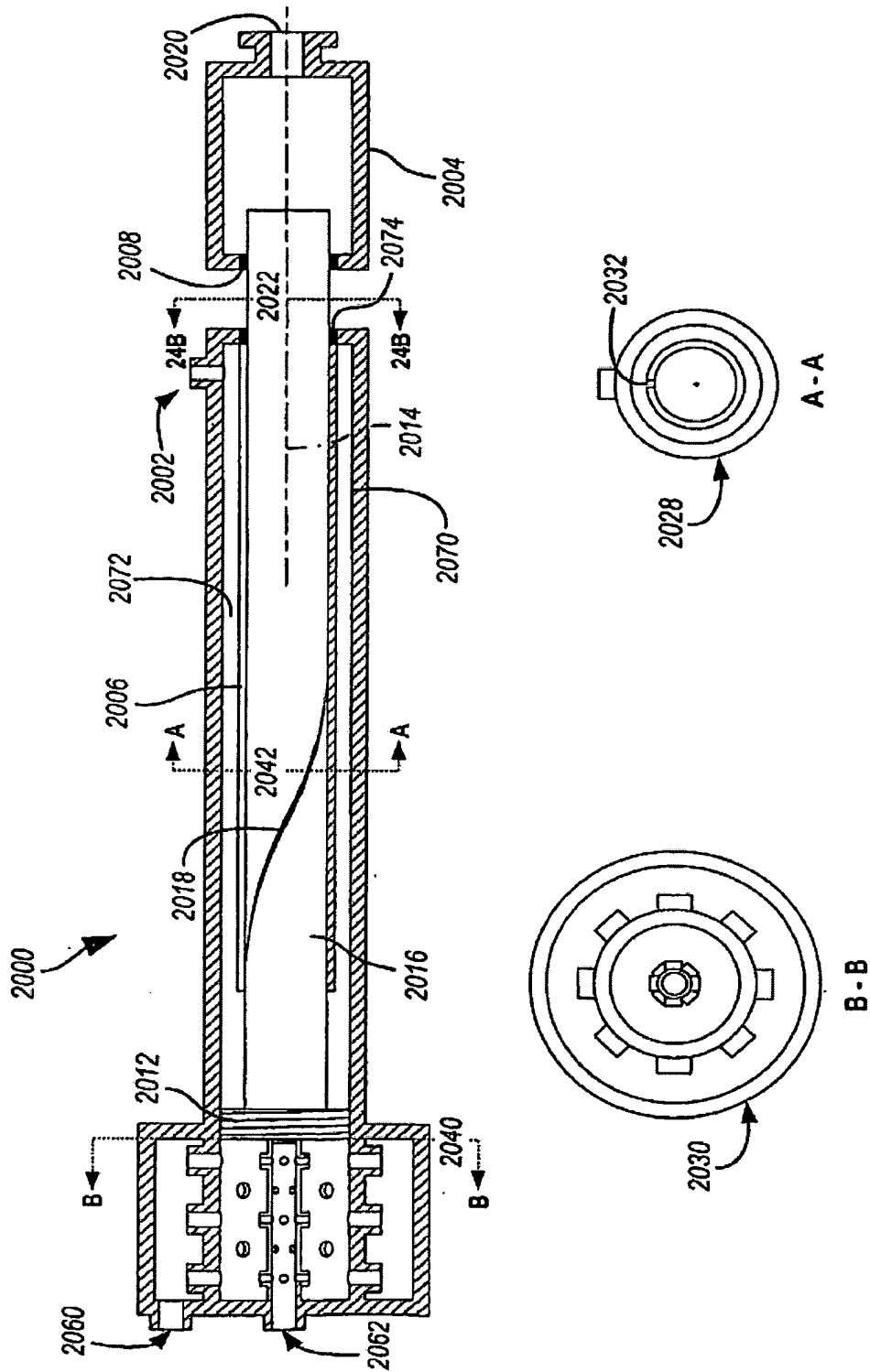


FIG. 20

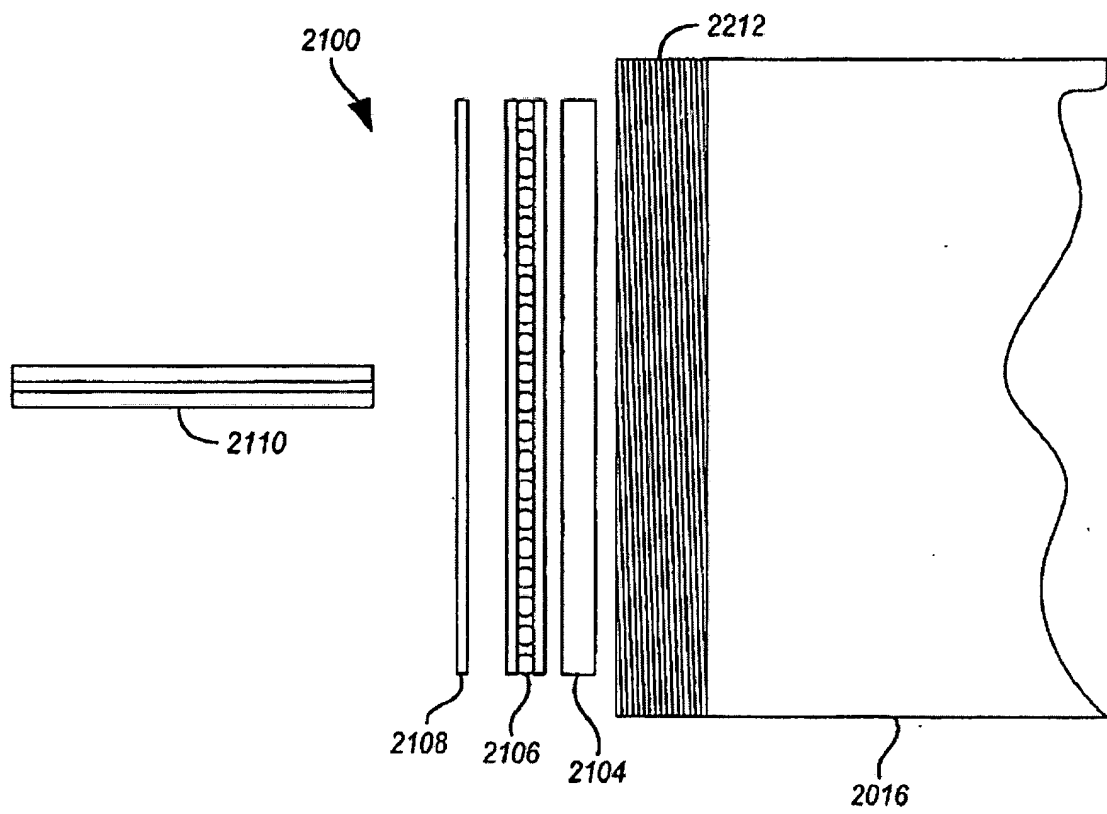
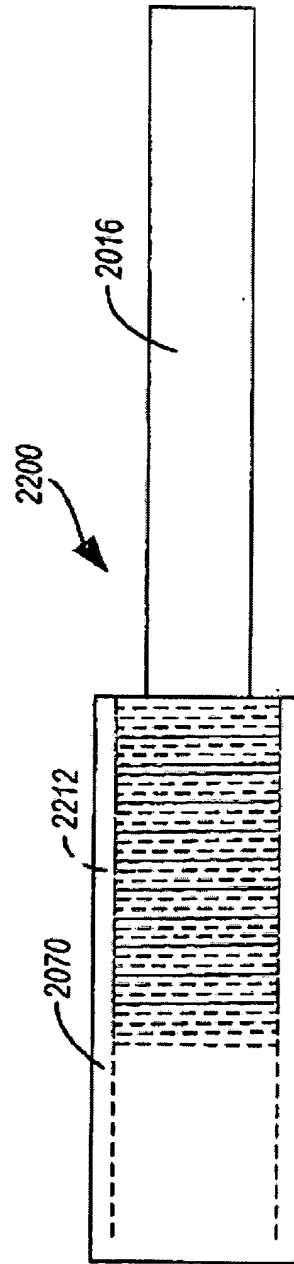
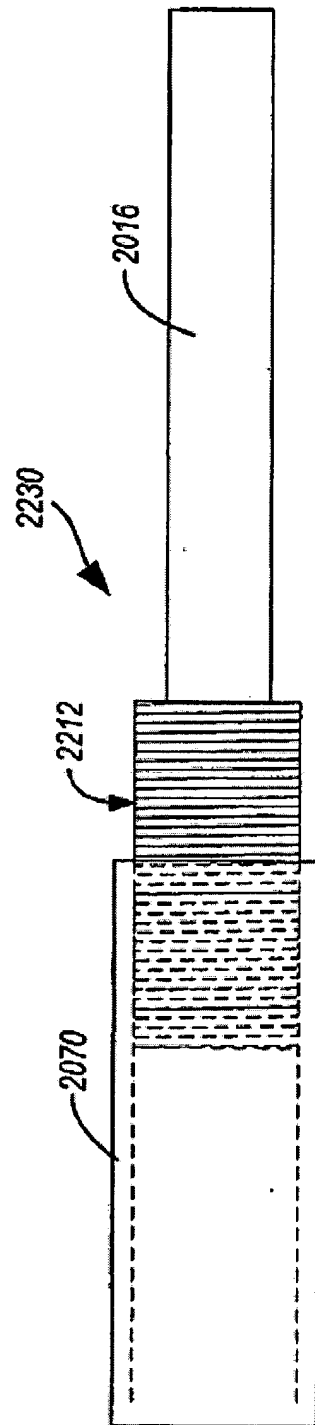
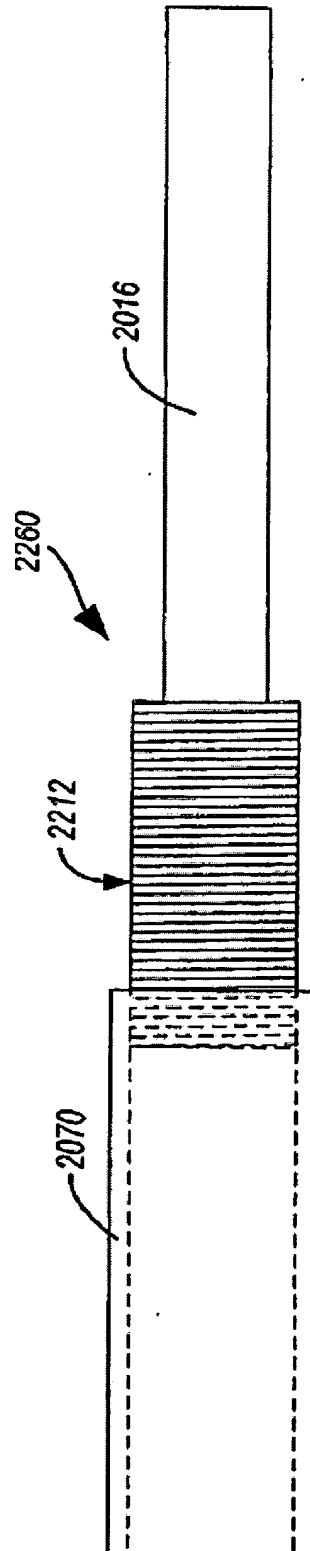
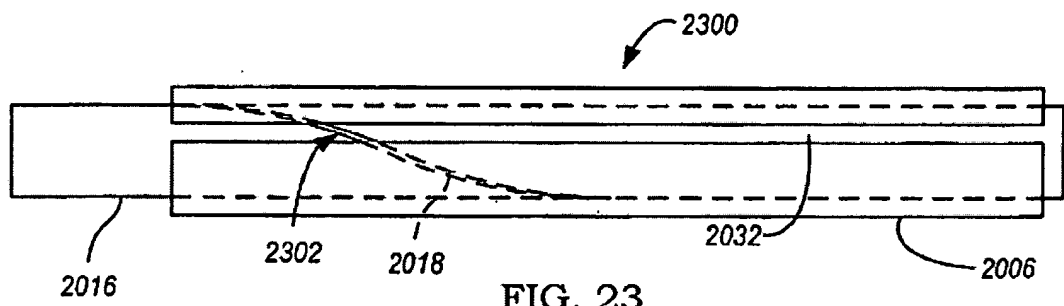
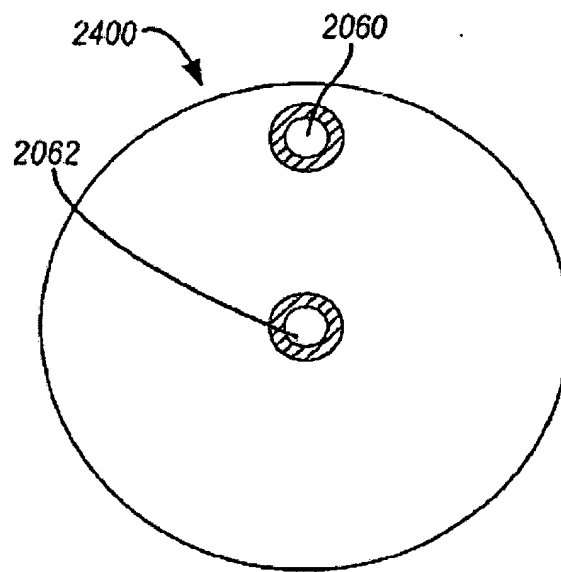


FIG. 21

FIG. 22A

FIG. 22B

FIG. 22C

FIG. 23FIG. 24A

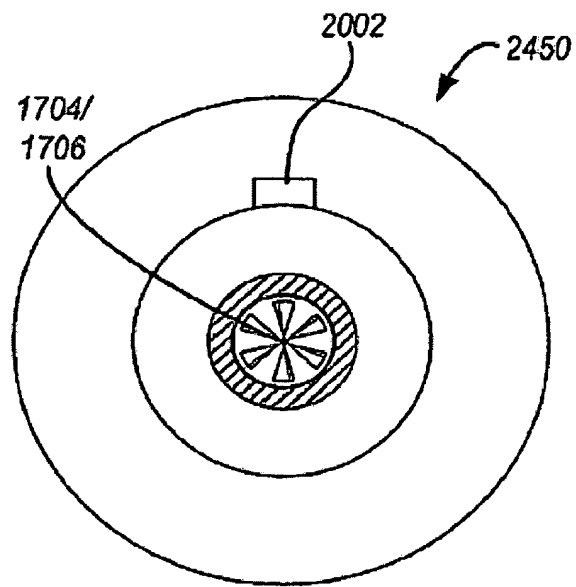


FIG. 24B

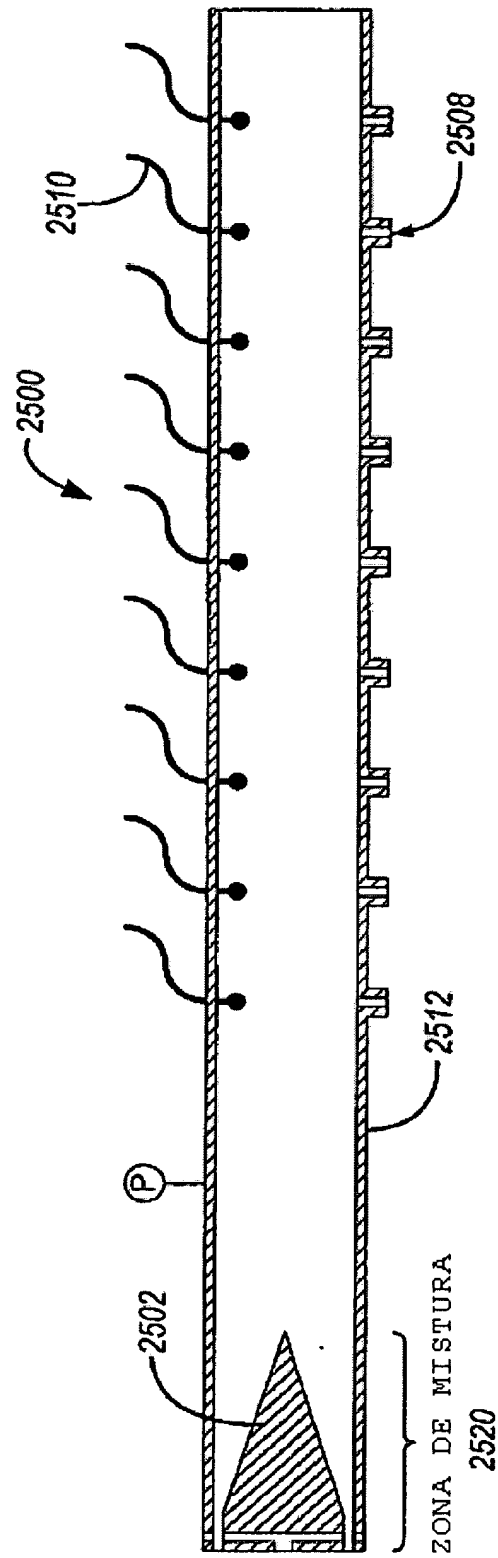
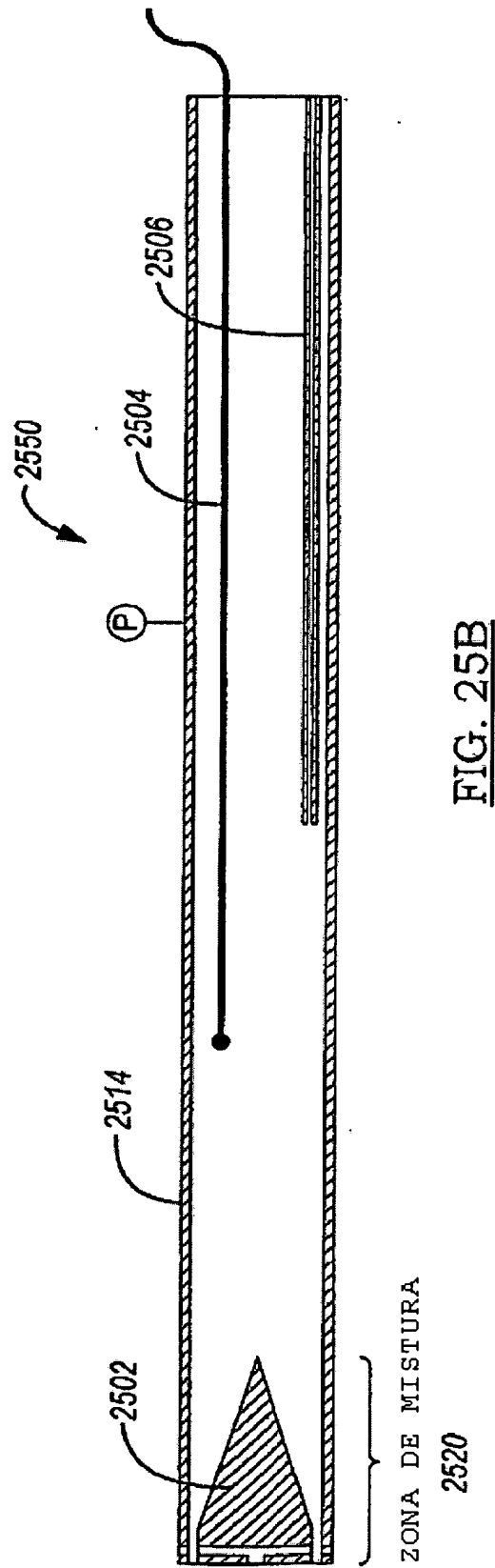


FIG. 25A



RESUMO

SISTEMA DE REATOR PARA A REAÇÃO DE FASE GASOSA DE PELO MENOS DUAS CORRENTES DE ALIMENTAÇÃO DE FLUIDO EM UMA CORRENTE DE PRODUTO

5 Trata-se de um sistema de reator para a reação de fase gasosa de pelo menos duas correntes de alimentação de fluido, onde o sistema de reator tem uma câmara de reação retromisturação injetivamente misturada em comunicação fluida com reator de fluxo tubular. A câmara de reação de
10 retromisturação injetivamente misturada tem um anteparo que deslize durante a operação em tempo real para diminuir ou então expandir o volume interno da câmara de reação de retromisturação. Em uma realização, o espaço de passagem eficaz através do anteparo também pode ser ajustado de
15 maneira variável. Em uma outra realização, o reator de fluxo tubular compartilha o anteparo de modo que o movimento axial do anteparo expande comensuravelmente um espaço de reação enquanto diminui o outro espaço de reação. As correntes do gás de entrada entram na câmara de reação de retromisturação
20 com uma velocidade suficiente para agitar de maneira turbulenta o conteúdo da câmara de reação de retromisturação injetivamente misturada ao misturar de maneira injetiva a corrente de alimentação de gás contendo alceno e a corrente de alimentação de gás contendo oxigênio. Uma aplicação focal
25 é para a conversão oxidativa direta (parcial) do gás natural em oxigenados de alquila.