



Assinado
Digitalmente

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DA ECONOMIA
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

CARTA PATENTE Nº PI 0820256-7

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE INVENÇÃO, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

(21) Número do Depósito: PI 0820256-7

(22) Data do Depósito: 08/09/2008

(43) Data da Publicação do Pedido: 04/06/2009

(51) Classificação Internacional: C01B 3/02; C01C 1/00.

(30) Prioridade Unionista: US 12/107506 de 22/04/2008; US 60/990207 de 26/11/2007.

(54) Título: SISTEMA PARA PRODUZIR AMÔNIA, E MÉTODOS PARA PRODUZIR AMÔNIA, E PARA RETROALIMENTAR UM SISTEMA PARA PRODUZIR AMÔNIA

(73) Titular: KELLOGG BROWN & ROOT LLC.. Endereço: 4100 Clinton Drive, Houston, Texas 77020, ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA(US)

(72) Inventor: SHASHI P. SINGH; YUE JING.

Prazo de Validade: 10 (dez) anos contados a partir de 02/01/2019, observadas as condições legais

Expedida em: 02/01/2019

Assinado digitalmente por:
Liane Elizabeth Caldeira Lage
Diretora de Patentes, Programas de Computador e Topografias de Circuitos Integrados

“SISTEMA PARA PRODUZIR AMÔNIA, E, MÉTODOS PARA PRODUZIR AMÔNIA, E PARA RETROALIMENTAR UM SISTEMA PARA PRODUZIR AMÔNIA”

CAMPO TÉCNICO DA INVENÇÃO

[0001] As presentes modalidades geralmente dizem respeito à síntese de amônia. Mais particularmente, modalidades da presente invenção dizem respeito à recuperação do calor de um efluente conversor de amônia para produzir vapor a partir dele.

DESCRIÇÃO DA TECNOLOGIA RELACIONADA

[0002] Amônia é comumente produzida a partir de gás de síntese reagindo hidrogênio e nitrogênio na presença de um catalisador no qual é comumente refere-se como um conversor de amônia. Um gás de síntese ideal para síntese de amônia terá uma razão molar de 3 mols de hidrogênio para 1 mol de nitrogênio. A conversão do gás de síntese fornece um efluente rico em amônia que contém amônia e hidrogênio e nitrogênio sem reagir.

[0003] A síntese de amônia é acionada por uma reação exotérmica, catalítica que gera calor. A temperatura do efluente de amônia é tipicamente cerca de 315°C a cerca de 340 °C, que é adequada para água de alimentação de caldeira de pré-aquecimento, mas não para gerar vapor de valor. Como tal, usinas de amônia tradicionais são inerentemente ineficientes em energia.

[0004] Desta forma, existe uma necessidade de sistemas e métodos mais eficientes para utilizar o calor gerado na síntese de amônia.

DESCRIÇÃO RESUMIDA DOS DESENHOS

[0005] De forma que a maneira na qual as características anteriores da presente invenção possam ser entendidas em detalhes, uma descrição mais particular da invenção, brevemente resumida anteriormente, pode ser feita por referência às modalidades, algumas das quais são ilustradas nos desenhos em anexo. Entretanto, deve-se notar que os desenhos em anexo ilustram somente modalidades típicas desta invenção e, desta forma, não devem ser

considerados limitantes do seu escopo, para a invenção pode aceitar para outras modalidades igualmente efetivas.

[0006] Figura 1 apresenta uma vista transversal de um sistema de conversão de amônia ilustrativo, de acordo com uma ou mais modalidades descritas.

[0007] Figura 2 apresenta um esquema de um sistema para produzir amônia ilustrativo, de acordo com uma ou mais modalidades descritas.

[0008] Figura 3 apresenta um esquema de um outro sistema para produzir amônia ilustrativo, de acordo com uma ou mais modalidades descritas.

DESCRIÇÃO DETALHADA

[0009] Agora pode ser fornecida uma descrição detalhada. Cada uma das reivindicações em anexo define uma invenção separada, que para propósitos de infração é reconhecido como incluindo equivalentes aos vários elementos ou limitações especificados nas reivindicações. Dependendo do contexto, todas as referências a seguir à “invenção” podem, em alguns casos, referir a certas modalidades específicas somente. Em outros casos percebe-se que referências à “invenção” referem-se ao assunto em questão citado em uma ou mais, mas não necessariamente todas, as reivindicações. Cada uma das invenções será agora descrita em mais detalhes a seguir, incluindo modalidades, versões e exemplos específicos, mas as invenções não são limitadas a estas modalidades, versões ou exemplos, que são incluídos para possibilitar que um versado na tecnologia prepare e use as invenções, quando a informação nesta patente é combinada com informação e tecnologia disponível.

[00010] Sistemas e métodos para produzir amônia são fornecidos. Em pelo menos uma modalidade específica, um gás de alimentação contendo nitrogênio e hidrogênio pode ser partilhado com um conversor de amônia. O conversor de amônia pode incluir uma primeira casca tendo dois ou mais

leitos de catalisadores discretos dispostos nela, uma segunda casca disposta sobre a primeira casca, um primeiro trocador de calor disposto externo à primeira casca e em comunicação fluídica entre eles, um segundo trocador de calor disposto externo à segunda casca e em comunicação fluídica entre eles, e um caminho de fluxo disposto na primeira casca. Os dois ou mais leitos de catalisadores discretos na primeira casca podem ser dispostos próximos ao caminho de fluxo. Uma primeira porção do gás de alimentação pode ser introduzida na primeira casca e uma segunda porção do gás de alimentação pode ser introduzida na segunda casca. Uma primeira porção do gás de alimentação pode reagir na presença do catalisador para fornecer um efluente de amônia. Pelo menos uma porção do calor da reação do efluente de amônia pode ser trocada para produzir vapor no primeiro trocador de calor. Pelo menos uma porção do calor da reação do efluente de amônia pode ser trocada para a segunda porção do gás de alimentação no segundo trocador de calor. A segunda porção aquecida do gás de alimentação pode ser introduzida na primeira casca. A segunda porção aquecida do gás de alimentação pode reagir na presença do catalisador.

[00011] A figura 1 apresenta uma vista transversal parcial de um sistema de conversão de amônia ilustrativo, de acordo com uma ou mais modalidades. Em uma ou mais modalidades, o sistema de conversão de amônia pode incluir um ou mais reatores ou conversores de amônia 100, e dois ou mais trocadores de calor externos (dois são mostrados 104, 168) em comunicação fluídica entre eles. Cada reator 100 pode incluir uma primeira casca ou primeiro volume contido 108, uma segunda casca ou segundo volume contido 106, uma carapuça 110, um ou mais conexões ou bicos (quatro são mostrados 112, 114, 120, 160), e um ou mais conduítes ou caminhos de fluxo (dois são mostrados 122, 124). A casca externa (“casca conversora”) 106 pode incluir uma primeira extremidade ou cabeça 126 e uma segunda extremidade ou cabeça 128. A casca interna (“cesta”) 108 pode incluir uma primeira

extremidade ou cabeça 130, uma segunda extremidade ou cabeça 132, e um ou mais leitos de catalisadores discretos (quatro são mostrados 134, 136, 138, 140) dispostos na casca interna 108.

[00012] A carapuça 110 pode incluir uma casca externa 142, que pode se conectar à primeira extremidade 126 da casca externa 106. A carapuça 110 também pode incluir uma casca interna 144 que pode se conectar à primeira extremidade 130 da casca interna 108. Uma porção do conduíte ou caminho de fluxo 124 pode ser disposta na carapuça 110 ou através dela. O conduíte ou caminho de fluxo 124 pode estar em comunicação fluídica com a conexão (“saída”) 160 disposta na carapuça 110.

[00013] O primeiro trocador de calor 168 pode estar em comunicação fluídica com a primeira casca 108 por meio do caminho de fluxo 124. O primeiro trocador de calor 168 pode ser ou incluir qualquer sistema ou dispositivo adequado para indiretamente transferir calor de um fluido para um outro fluido. Por exemplo, o primeiro trocador de calor 168 pode ser ou incluir um ou mais trocadores de calor no estilo casca-e-tubo, placa e armação, enrolado em espiral, tubo-U e/ou baioneta. Em uma ou mais modalidades, um efluente de amônia por meio do fio 166 pode ser introduzido no primeiro trocador de calor 168 e recuperado por meio do fio 170. Em uma ou mais modalidades, um meio de transferência de calor pode ser introduzido por meio do fio 172 no primeiro trocador de calor 168 e recuperado por meio do fio 174. O meio de transferência de calor pode ser ou incluir vapor condensado, de água de alimentação de caldeira (“BFW”), de baixa pressão (“LP”) e/ou vapor de pressão médio (“MP”). Vapor pode ser recuperado por meio do fio 174 do primeiro trocador de calor 168.

[00014] Em uma ou mais modalidades, o efluente de amônia no fio 166 pode ser em uma temperatura suficiente para gerar vapor de alta pressão. O vapor de alta pressão pode ser em uma pressão de cerca de 10.300 kPa a cerca de 12.500 kPa. Em uma ou mais modalidades, o efluente de amônia no fio

166 pode ser em uma temperatura suficiente para gerar vapor MP superaquecido. Em uma ou mais modalidades, o efluente de amônia pode ser em uma temperatura de cerca de 350 °C ou mais. Em uma ou mais modalidades, o efluente de amônia pode variar de uma temperatura baixa de cerca de 430 °C, cerca de 440 °C, ou cerca de 445 °C a uma alta de cerca de 460 °C, cerca de 465°C, ou cerca de 470 °C. Por exemplo, o efluente de amônia pode ser em uma temperatura de cerca de 450 °C a cerca de 455°C ou mais.

[00015] O efluente de amônia resfriado pode ser recuperado por meio do fio 170 do primeiro trocador de calor 168. Em uma ou mais modalidades, o efluente de amônia pode ser resfriado para uma temperatura menor que 400 °C, menor que 395°C, ou menor que 390 °C. Em uma ou mais modalidades, o efluente de amônia pode ser resfriado para uma temperatura de cerca de 335°C a cerca de 385°C, de cerca de 335°C a cerca de 370 °C, ou de cerca de 380 °C a cerca de 385°C.

[00016] Em uma ou mais modalidades, um fluido (“gás de alimentação”) pode ser introduzido no reator de amônia 100. O gás de alimentação pode incluir hidrogênio (H₂) e nitrogênio (N₂). O gás de alimentação pode ser distribuído em duas ou mais porções. Por exemplo, o gás de alimentação pode ser distribuído em uma primeira porção e uma segunda porção. A primeira porção pode ser introduzida por meio de um ou mais conduítes (“entradas”) 122. Em uma ou mais modalidades, a primeira porção introduzida por meio das entradas 122 pode variar de um baixo de cerca de % em volume, cerca de 35% em volume, ou cerca de 40% em volume a um baixo de cerca de 50% em volume, cerca de 55% em volume, ou cerca de 60% em volume do gás de alimentação de entrada. Por exemplo, a primeira porção introduzida por meio das entradas 122 pode ser de cerca de 40% em volume a cerca de 52% em volume, cerca de 38% em volume a cerca de 54% em volume, ou cerca de 36% em volume a cerca de 56% em volume do gás de alimentação de entrada.

A segunda porção pode ser introduzida por meio da conexão (“entrada”) 112. Em uma ou mais modalidades, a segunda porção introduzida por meio de entrada 112 pode variar de um baixo de cerca de 40% em volume, cerca de 45% em volume, ou cerca de 50% em volume a um baixo de cerca de 60% em volume, cerca de 65% em volume, ou cerca de 70% em volume do gás de alimentação de entrada. Por exemplo, a segunda porção introduzida por meio de entrada 112 pode ser de cerca de 48% em volume a cerca de 60% em volume, cerca de 46% em volume a cerca de 62% em volume, ou cerca de 44% em volume a cerca de 64% em volume do gás de alimentação de entrada.

[00017] Em uma ou mais modalidades, a segunda porção pode ser introduzida por meio da entrada 112 e pode fluir entre a casca externa 106 e a casca interna 108 para a conexão ou saída 114. A primeira casca 108 pode definir um anel entre a primeira casca 108 e a segunda casca 106 através do qual a segunda porção flui. Em uma ou mais modalidades, a segunda porção pode resfriar ou de alguma forma regular a temperatura da casca externa 106. Por exemplo, a segunda porção pode regular a casca externa 106 em uma temperatura que varia de uma baixa de cerca de 120°C, cerca de 125 °C, ou cerca de 130 °C a uma baixa de cerca de 150 °C, cerca de 155°C, ou cerca de 160 °C. A regulação da casca externa 106 em uma temperatura menor que cerca de 160 °C pode permitir que a casca externa 108 seja construída de materiais de custo mais baixo, tal como aço de carbono.

[00018] O segundo trocador de calor 104 pode estar em comunicação fluídica com a primeira casca 108 e a segunda casca 106, por meio dos fios 118 e 116, respectivamente. O segundo trocador de calor 104 pode ser ou incluir qualquer sistema ou dispositivo adequado para indiretamente transferir calor de um fluido para um outro fluido. Por exemplo, o segundo trocador de calor 104 pode ser ou incluir um ou mais trocadores de calor no estilo casca-e-tubo, placa e armação, enrolado em espiral, tubo-U e/ou baioneta. Em uma ou mais modalidades, a segunda porção pode ser introduzida por meio do fio

116 no segundo trocador de calor externo 104. Calor pode ser indiretamente transferido para a segunda porção por meio de um meio de transferência de calor introduzido no trocador de calor 104 por meio do fio 162 para fornecer uma segunda porção aquecida por meio do fio 118. Em uma ou mais modalidades, o meio de transferência de calor pode ser, mas sem limitações, pelo menos uma porção de um efluente de amônia à jusante do reator 100. O meio de transferência de calor introduzido por meio do fio 162 no trocador de calor 104 pode ser recuperado por meio do fio 164.

[00019] Em uma ou mais modalidades, a segunda porção aquecida no fio 118 pode ser introduzida na primeira casca 108 por meio da conexão (“entrada”) 120. A segunda porção aquecida pode fluir através do anel definido pelo caminho de fluxo 124 e a casca interna 144 da carapuça 110 a um ou mais leitos catalisadores 134, 136, 138, 140 dispostos na primeira casca 108. Pelo menos uma porção da segunda porção aquecida, por exemplo, hidrogênio e nitrogênio, pode ser convertida para fornecer um efluente de amônia. A segunda porção pode ser convertida e reagir na presença de um ou mais catalisadores dispostos nos leitos catalisadores 134, 136, 138, 140 para fornecer um efluente de amônia. Depois de fluir através de um ou mais leitos catalisadores 134, 136, 138, 140 o efluente de amônia pode ser recuperado por meio do caminho de fluxo 124.

[00020] Em uma ou mais modalidades, a primeira porção pode ser introduzida em um ou mais leitos catalisadores 134, 136, 138, 140 dispostos na casca interna 108. A primeira porção pode ser distribuída para dois ou mais dos leitos catalisadores 134, 136, 138, 140 por meio de um único conduíte 122 ou múltiplos conduítes (não mostrado). A primeira porção pode ser distribuída igualmente ou não aos dois ou mais dos leitos catalisadores 134, 136, 138, 140.

[00021] Em uma ou mais modalidades, a primeira porção pode agir como um regulador de temperatura que pode reduzir ou manter os leitos

catalisadores 134, 136, 138, 140 em uma temperatura de reação desejada. A vazão da primeira porção introduzida em qualquer leito catalisador particular pode ser manual ou automaticamente ajustada para corresponder a uma vazão ideal para o leito catalisador particular. Em uma ou mais modalidades, a segunda porção aquecida e a primeira porção podem ser misturadas ou de outra forma combinadas nos leitos catalisadores 134, 136, 138, 140 à medida que a primeira e segunda porção fluem através dos leitos catalisadores para fornecer o efluente de amônia. Em uma ou mais modalidades, a segunda porção aquecida e a primeira porção podem indiretamente trocar calor por meio de um ou mais trocadores de calor internos (não mostrados) no reator 100. A primeira porção e segunda porção podem então ser misturadas ou de outra forma combinadas em um ou mais leitos catalisadores. O efluente de amônia pode ser recuperado da casca interna 108 por meio do caminho de fluxo 124.

[00022] Em uma ou mais modalidades, a primeira porção pode ser introduzida por meio do fio 122 no primeiro leito catalisador 134 em uma temperatura e/ou taxa suficiente para manter o primeiro leito catalisador 134 em uma temperatura que varia de uma baixa de cerca de 340°C, cerca de 350 °C, ou cerca de 360 °C a uma baixa de cerca de 380 °C, cerca de 390 °C, ou cerca de 400 °C. Em uma ou mais modalidades, a primeira porção pode ser introduzida por meio do fio 122 no segundo leito catalisador 136 em uma temperatura e/ou taxa suficiente para manter o segundo leito catalisador 136 em uma temperatura que varia de uma baixa de cerca de 350 °C, cerca de 360 °C, ou cerca de 370 °C a uma baixa de cerca de 390 °C, cerca de 400 °C, ou cerca de 410 °C. Em uma ou mais modalidades, a primeira porção pode ser introduzida por meio do fio 122 no terceiro leito catalisador 138 em uma temperatura e/ou taxa suficiente para manter o terceiro leito catalisador 138 em uma temperatura que varia de uma baixa de cerca de 360 °C, cerca de 370 °C, cerca de 380°C a uma baixa de cerca de 400 °C, cerca de 410 °C, ou cerca

de 420 °C. Em uma ou mais modalidades, a primeira porção pode ser introduzida por meio do fio 122 no quarto leito catalisador 140 em uma temperatura e/ou taxa suficiente para manter o terceiro leito catalisador 140 em uma temperatura que varia de uma baixa de cerca de 370 °C, cerca de 380 °C, ou cerca de 390 °C a uma baixa de cerca de 400 °C, cerca de 410 °C, ou cerca de 420 °C.

[00023] Em uma ou mais modalidades, a primeira casca ou primeiro volume contido 108 e a segunda casca ou segundo volume contido 106 pode ser concêntrico um com o outro. Em uma ou mais modalidades, a primeira casca ou primeiro volume contido 108, a segunda casca ou o segundo volume contido 106, e o caminho de fluxo 124 podem ser concêntricos um com o outro. A primeira casca ou primeiro volume contido 108 e a segunda casca ou segundo volume contido 106 podem incluir uma primeira seção e uma segunda seção. A primeira seção pode ter uma seção transversal maior que a seção transversal da segunda seção. Por exemplo, a casca externa 142 da carapuça 110 pode ter uma seção transversal menor que a casca externa 108. A casca interna 144 da carapuça 110 pode ter uma seção transversal menor que a casca interna 106.

[00024] Em uma ou mais modalidades, um ou mais leitos catalisadores 134, 136, 138, 140 podem ser, mas sem limitações, leitos axiais, leitos axial/radial, leitos radiais, ou qualquer combinação destes. Em uma ou mais modalidades, um ou mais leitos catalisadores 134, 136, 138, 140 podem ser finalizados com gás frio, inter-resfriados usando um ou mais trocadores, ou uma combinação destes para controlar ou de outra forma regular a temperatura de um ou mais leitos catalisadores. O catalisador disposto em um ou mais leitos catalisadores 134, 136, 138, 140 pode ser ou incluir um catalisador de magnetita. O catalisador pode ser ou incluir um catalisador de metal nobre, por exemplo, um catalisador a base de rutênio, tal como catalisador KAAP a base de rutênio disponível da Kellogg, Brown e Root.

Cada leito catalisador 134, 136, 138, 140 pode incluir o mesmo catalisador ou catalisadores diferentes. Cada leito catalisador 134, 136, 138, 140 pode conter dois ou mais catalisadores diferentes.

[00025] A eficiência de energia de um processo de amônia pode ser influenciada por vários fatores, tal como um segundo conversor de amônia adicional, e outros parâmetros específicos da usina, tais como projeto à montante ou de extremidade inicial da usina. Aqui, a eficiência de energia dos limites de bateria dentro da usina de amônia (“ISBL”) pode ser melhorada em cerca de 0,18 Gcal/MT a cerca de 0,3 Gcal/MT. O segundo trocador de calor 104 pode aquecer a segunda porção à jusante do resfriamento inicial do efluente de amônia no primeiro trocador de calor 168. Calor residual no efluente de amônia depois de gerar, por exemplo, vapor de alta pressão, pode ser suficiente para pré-aquecer a segunda porção a uma temperatura suficiente para reagir em um ou mais leitos catalisadores 124, 136, 138, 140 para fornecer o efluente de amônia por meio do fio 166. Por exemplo, a segunda porção pode ser aquecida a uma temperatura que varia de uma baixa de cerca de 340°C, cerca de 350 °C, ou cerca de 360°C a uma baixa de cerca de 380 °C, cerca de 390 °C, ou cerca de 400 °C.

[00026] Em uma ou mais modalidades, um conversor de amônia existente pode ser modificado ou retroalimentado para fornecer a configuração do projeto e melhor eficiência discutidos e descritos anteriormente. Por exemplo, o calor recuperado do efluente de amônia pode ser utilizado para gerar vapor de alta pressão e/ou vapor de pressão médio superaquecido valiosos. Um conversor de amônia tendo um trocador de calor de casca-e-tubo localizado na carapuça superior do conversor pode ser retroalimentado de acordo com uma ou mais modalidades descritas. Um conversor de amônia com um trocador de calor, isto é, casca-e-tubo, disposto na carapuça 110 limita a quantidade de calor recuperado do processo. Desta forma, a temperatura do efluente de amônia recuperado por meio do fio 166 é insuficiente para

fornecer vapor de alta pressão. Por exemplo, em uma configuração tendo um trocador de calor de casca-e-tubo disposto na carapuça 110 a temperatura do efluente de amônia que sai do conversor de amônia 100 tipicamente será cerca de 315°C a cerca de 340°C, que é insuficiente para produzir vapor de alta pressão e/ou vapor de pressão médio superaquecido. O calor de processo gerado no conversor de amônia normalmente será usado para pré-aquecer BFW ou gerar vapor de pressão médio, que é menos desejável e menos valiosa que vapor de alta pressão.

[00027] Em uma ou mais modalidades, a carapuça de um conversor de amônia existente pode ser removida e substituída por uma carapuça nova ou modificada para corresponder à carapuça 110 ré-projetada discutida e descrita anteriormente, que fornece o caminho de fluxo para a segunda porção a um trocador de calor externo em vez do trocador de calor interno na carapuça 110. Um conversor de amônia existente 100 modificado para incluir a carapuça 110 da forma discutida e descrita anteriormente pode ser capaz de manusear a queda de pressão que pode ser exercida no conversor de amônia atualmente projetado. Desta forma, a modificação pode ser realizada removendo e tanto descartando quanto modificando a carapuça antiga. O trocador de calor de casca-e-tubo interno antigo pode ser removido e descartado e uma carapuça nova ou modificada 110 pode ser construída. As saídas 114, 160 e entradas 112, 120, 122 podem ser classificadas com base nas condições de processo particulares. A saída 160 pode estar em comunicação fluídica com o caminho de fluxo 124 disposto através dos leitos catalisadores 134, 136, 138, 140 ou de alguma forma em volta deles. A casca interna 144 da carapuça 110 pode ser conectada à casca interna 108 do conversor de amônia 100 e a casca externa 142 da carapuça pode ser conectada com a casca externa 106 do conversor de amônia 100.

[00028] A figura 2 apresenta um esquema de um sistema para produzir amônia ilustrativo, de acordo com uma ou mais modalidades. Em uma ou

mais modalidades, o sistema pode incluir um conversor de amônia 100 e um ou mais trocadores de calor (cinco são mostrados 104, 168, 202, 204, 206). O sistema pode ainda incluir um ou mais aquecedores de partida 210. Em uma ou mais modalidades, o conversor de amônia 100 e trocadores de calor 104 e 168 podem ser os mesmos discutidos e descritos anteriormente com referência à figura 1.

[00029] Em uma ou mais modalidades, o gás de alimentação, que pode ser o mesmo discutido e descrito anteriormente com referência à figura 1, por meio do fio 212 pode ser introduzido a um pré-aquecedor ou trocador de calor 202 para fornecer uma alimentação pré-aquecida. O gás de alimentação pré-aquecido pode ser recuperado por meio do fio 214. Em uma ou mais modalidades, o gás de alimentação pré-aquecido no fio 214 pode ser em uma temperatura que varia de uma baixa de cerca de 120 °C, cerca de 125°C, ou cerca de 130 °C a uma baixa de cerca de 150 °C, cerca de 155°C, ou cerca de 160 °C. Por exemplo, o gás de alimentação pré-aquecido no fio 214 pode ser em uma temperatura de cerca de 141 °C. Em uma ou mais modalidades, o gás de alimentação pré-aquecido no fio 214 pode ser em uma pressão que varia de uma baixa de cerca de 12.500 kPa, cerca de 13.000 kPa, ou cerca de 13.500 kPa a uma baixa de cerca de 18.500 kPa, cerca de 19.000 kPa, ou cerca de 19.500 kPa. Durante início da atividade da usina pelo menos uma porção do gás de alimentação por meio do fio 216 pode ser introduzida em um ou mais aquecedores de partida 210 para fornecer um gás de alimentação pré-aquecido por meio do fio 218 em uma temperatura suficiente para iniciar a atividade do conversor de amônia 100. O gás de alimentação pré-aquecido no fio 218 pode ser introduzido por meio do fio 122 na casca interna 108 disposta na casca externa 106 (ver figura 1).

[00030] Em uma ou mais modalidades, o pré-aquecedor 210 pode ser ou incluir qualquer dispositivo adequado para aquecer pelo menos uma porção do gás de alimentação a uma temperatura adequada para começar a atividade

do conversor de amônia 100. O pré-aquecedor pode ser, por exemplo, um forno ligado ou aquecedor. Em uma ou mais modalidades, o gás de alimentação pré-aquecido no fio 218 pode ser aquecido a uma temperatura baixa de cerca de 300 °C, cerca de 330 °C, ou cerca de 360 °C a uma baixa temperatura de cerca de 380 °C, 400 °C, ou cerca de 420 °C.

[00031] Em uma ou mais modalidades, durante a operação normal o gás de alimentação no fio 214 pode ultrapassar o pré-aquecedor 210. O gás de alimentação no fio 214 pode ser distribuído em uma primeira porção por meio do fio 222 e uma segunda porção por meio do fio 220. A segunda porção pode ser introduzida no anel disposto entre a casca interna 108 e a casca externa 106 (ver figura 1) do conversor de amônia 100. A primeira porção no fio 222 pode ser introduzida na casca interna 108 por meio de um ou mais fios 122 (quatro são mostrados).

[00032] O efluente de amônia recuperado por meio do fio 166 pode ser indiretamente resfriado no trocador de calor 168 usando um meio de transferência de calor da forma discutida ou descrita anteriormente na referência à figura 1. O meio de transferência de calor, por exemplo, BFW, pode ser introduzido por meio do fio 172 e vapor de alta pressão pode ser recuperado por meio do fio 174. O efluente de amônia pode ser recuperado por meio do fio 170.

[00033] Em uma ou mais modalidades, o efluente de amônia para uma usina de 1.100 MTPD pode ser em uma temperatura maior que 350 °C, por exemplo cerca de 450°C a cerca de 455 °C e uma pressão de cerca de 14.600 kPa. A função do calor para uma usina de 1.100 MTPD, que pode ser indiretamente transferido do efluente de amônia para a água de alimentação da caldeira no trocador de calor 168, pode ser cerca de 14,5 Gcal/hr. O vapor de alta pressão pode ser em uma pressão de cerca de 10.300 kPa a cerca de 12.500 kPa. O efluente de amônia resfriado pode ser recuperado do trocador de calor 168 por meio do fio 170. O efluente de amônia pode ser resfriado

para uma temperatura de cerca de 335°C a cerca de 385°C, de cerca de 335°C a cerca de 370 °C, ou de cerca de 380 °C a cerca de 385°C.

[00034] Em uma ou mais modalidades, o efluente de amônia recuperado no fio 166 pode ser distribuído em uma primeira porção por meio do fio 162 e uma segunda porção por meio do fio 228. Em uma ou mais modalidades, a primeira porção do efluente de amônia no fio 162 pode variar de uma baixa de cerca de 35% em volume, cerca de 40% em volume, ou cerca de 45% em volume a uma baixa de cerca de 50% em volume, cerca de 55% em volume, ou cerca de 60% em volume do efluente de amônia total no fio 170. Em uma ou mais modalidades, a segunda porção do efluente de amônia no fio 228 pode ser o equilíbrio do efluente de amônia total no fio 170.

[00035] Em uma ou mais modalidades, a primeira porção do efluente de amônia por meio do fio 162 pode ser introduzida no trocador de calor 104 em que calor pode ser indiretamente transferido da primeira porção do efluente de amônia para a segunda porção do gás de alimentação introduzida por meio do fio 116 para fornecer uma segunda porção pré-aquecida por meio do fio 118. A segunda porção pré-aquecida por meio do fio 118 pode ser introduzida em um ou mais leitos catalisadores 134, 136, 138, 140 na casca interna 108 da forma discutida ou descrita anteriormente com referência à figura 1. A primeira porção do efluente de amônia introduzida por meio do fio 162 no trocador de calor 104 pode ser recuperada por meio do fio 164.

[00036] Em uma ou mais modalidades, a segunda porção do efluente de amônia por meio do fio 228 pode ser introduzida no trocador de calor 204. Calor pode ser indiretamente trocado da segunda porção do efluente de amônia para um meio de transferência de calor, por exemplo, BFW, introduzido por meio do fio 230 para fornecer vapor por meio do fio 232. O vapor fornecido no fio 232 pode ser vapor de baixa pressão, vapor de pressão médio, vapor de pressão médio superaquecido, ou vapor de alta pressão. A segunda porção do efluente de amônia pode ser recuperada por meio do fio

234. Por exemplo, uma usina de 1.100 MTPD pode recuperar cerca de 4,6 Gcal/hr de função de calor da segunda porção do efluente de amônia. Em uma ou mais modalidades, a função de calor recuperada pode variar dependendo do tamanho e capacidade da usina.

[00037] Em uma ou mais modalidades, cerca de 60% do calor do resíduo do processo disponível do efluente de amônia pode ser recuperado na forma de vapor de alta pressão por meio dos fios 174 e 232. Em uma ou mais modalidades, o calor do resíduo do processo recuperado do efluente de amônia usado para fornecer vapor de alta pressão e/ou vapor de pressão médio superaquecido pode variar de uma baixa de cerca de 10%, cerca de 20%, cerca de 30%, ou cerca de 40%, a uma baixa de cerca de 50%, cerca de 60%, cerca de 65%, ou cerca de 70%. Em uma ou mais modalidades, o calor de resíduo remanescente pode ser utilizado para pré-aquecimento de BFW ou para gerar graus inferiores de vapor, tais como vapor de pressão baixo e vapor de pressão médio.

[00038] A segunda porção do efluente de amônia no fio 234 pode ser introduzida no trocador de calor 206. Calor pode ser transferido da segunda porção do efluente de amônia para um meio de transferência de calor, por exemplo, BFW, introduzido por meio do fio 236 no trocador de calor 206. O trocador de calor 206 pode pré-aquecer o BFW, que pode ser recuperado por meio do fio 238. A segunda porção do efluente de amônia pode ser recuperada do pré-aquecedor BFW 206 por meio do fio 240.

[00039] Em uma ou mais modalidades, a primeira porção do efluente de amônia por meio do fio 164 pode ser misturada com a segunda porção do efluente de amônia no fio 240 para fornecer um efluente de amônia misturado ou de alguma forma recombinação no fio 242. O efluente de amônia no fio 242 pode ser introduzido no pré-aquecedor 202. O calor do efluente de amônia pode ser indiretamente transferido para o gás de alimentação introduzido por meio do fio 212 no pré-aquecedor 202.

[00040] Em uma ou mais modalidades, um efluente de amônia resfriado pode ser recuperado do pré-aquecedor 202 por meio do fio 244 e ainda processado à jusante. O efluente de amônia resfriado no fio 244 pode ser separado para fornecer um produto de amônia e a alimentação de recirculação. Em uma ou mais modalidades, o efluente de amônia resfriado no fio 244 pode ser ainda resfriado antes da separação no produto de amônia e a alimentação de recirculação. Embora não mostrado, o gás de alimentação de recirculação pode ser recirculado no fio 212, que pode ser introduzido no conversor de amônia 100 para conversão a amônia além de constituir o gás de alimentação. A constituição do gás de síntese pode ser gás de síntese recém preparado ou outro gás de alimentação contendo hidrogênio e nitrogênio adequado para a síntese de amônia.

[00041] Em uma ou mais modalidades, os trocadores de calor 202, 204, e 206 podem ser ou incluir qualquer sistema ou dispositivo adequado para indiretamente transferir calor de um fluido para um outro fluido. Por exemplo, os trocadores de calor podem ser ou incluir um ou mais trocadores de calor no estilo casca-e-tubo, placa e armação, enrolado em espiral, tubo-U e/ou baioneta. Os trocadores de calor podem ser classificados e fabricados de acordo com as especificações do processo da usina.

[00042] Figura 3 apresenta um esquema de um outro sistema para produzir amônia ilustrativo, de acordo com uma ou mais modalidades descritas. Em uma ou mais modalidades, o sistema para produzir amônia pode ser o mesmo da forma discutida ou descrita anteriormente com referência às figuras 1 e 2. O sistema para produzir amônia pode incluir um ou mais conversores secundários de amônia 300. Em uma ou mais modalidades, o efluente de amônia recuperado por meio do fio 170 pode ser introduzido em um ou mais conversores secundários de amônia 300 (um é mostrado). O conversor secundário de amônia 300 pode converter hidrogênio e nitrogênio sem reagir no efluente de amônia recuperado para fornecer amônia adicional.

[00043] A temperatura do efluente de amônia introduzido por meio do fio 170 no conversor secundário de amônia 300 pode depender do projeto particular do conversor secundário de amônia 300. A temperatura do efluente de amônia introduzido por meio do fio 170 no conversor secundário de amônia 300 pode ser ajustada ou controlada resfriando o efluente de amônia no primeiro trocador de calor 168 a uma temperatura adequada. Por exemplo, o efluente de amônia pode ser introduzido por meio do fio 170 no conversor secundário de amônia 300 em uma temperatura que varia de uma baixa de cerca de 315 °C, cerca de 325°C, ou cerca de 335°C a alta de cerca de 365°C, cerca de 370 °C, ou cerca de 375 °C.

[00044] Em uma ou mais modalidades, o efluente de amônia introduzido em um ou mais conversores secundários de amônia 300 pode ser recuperado por meio do fio 302. O efluente de amônia no fio 302 pode ser distribuído em uma primeira porção por meio do fio 162 e uma segunda porção por meio do fio 228. Em uma ou mais modalidades, a primeira porção do efluente de amônia no fio 162 pode variar de uma baixa de cerca de 35% em volume, cerca de 40% em volume, ou cerca de 45% em volume a uma baixa de cerca de 50% em volume, cerca de 55% em volume, ou cerca de 60% em volume do efluente de amônia total no fio 170.

[00045] Em uma ou mais modalidades, a segunda porção do efluente de amônia no fio 228 pode ser o equilíbrio do efluente de amônia total no fio 170.

[00046] Em uma ou mais modalidades, a primeira porção do efluente de amônia por meio do fio 162 pode ser usada para aquecer a segunda porção do gás de alimentação no fio 116, da forma discutida ou descrita anteriormente na referência à figuras 1 e 2. Em uma ou mais modalidades, a segunda porção do efluente de amônia no fio 228 pode ser usada para fornecer vapor de alta pressão no fio 232 e BFW pré-aquecido no fio 238 da forma discutida ou descrita anteriormente com referência à figura 2. A primeira porção do

efluente de amônia por meio do fio 164 pode ser introduzida na segunda porção do efluente de amônia no fio 240 para fornecer o efluente de amônia combinado ou de outra forma misturado no fio 242. O efluente de amônia no fio 242 pode ser introduzido no gás de alimentação pré-aquecedor 202 para fornecer o gás de alimentação pré-aquecido no fio 214 e o efluente de amônia resfriado no fio 244.

[00047] Certas modalidades e características são descritas usando um conjunto de limites superiores numéricos e um conjunto de limites inferiores numéricos. Deve-se perceber que faixas de qualquer limite inferior a qualquer limite superior são contempladas, a menos que de outra forma indicado. Certos limites inferiores, limites superiores e faixas aparecem em uma ou mais reivindicações a seguir. Todos os valores numéricos são “cerca de” ou “aproximadamente” o valor indicado e levam em consideração erros e variações experimentais que devem ser esperados por um versado na tecnologia.

[00048] Vários termos foram definidos anteriormente. Na medida em que um termo usado em uma reivindicação não é definido anteriormente, versados na tecnologia devem dar a definição mais ampla pertinente refletida em pelo menos um pedido de patente ou patente impressos. Além disso, todas as patentes, procedimentos de teste e outros documentos aqui citados estão completamente incorporados pela referência, uma vez que tal discussão não é inconsistente com este pedido de patente e para todas as jurisdições em que tal incorporação é permitida.

[00049] Embora o exposto anteriormente seja direcionado às modalidades da presente invenção, outras modalidades e modalidades adicionais da invenção podem ser planejadas sem fugir do escopo básico desta e o escopo desta é determinado pelas reivindicações que se seguem.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema para produzir amônia, caracterizado pelo fato de que compreende:

um reator (100) compreendendo:

uma primeira casca (108) tendo dois ou mais leitos de catalisadores discretos (134, 136, 138, 140) dispostos nela;

uma segunda casca (106) disposta sobre a primeira casca; e,

um primeiro caminho de fluxo (124) disposto na primeira casca, em que os dois ou mais leitos de catalisadores discretos dentro da primeira casca são dispostos próximos ao caminho de fluxo;

um primeiro trocador de calor (168) disposto externo ao reator e em comunicação fluídica com a primeira casca; e

um segundo trocador de calor (104) disposto externo ao reator e em comunicação fluídica com a primeira casca e a segunda casca, em que um segundo caminho de fluxo (116) conecta de forma fluídica a segunda casca ao segundo trocador de calor e um terceiro caminho de fluxo (118) conecta de forma fluídica o segundo trocador de calor à primeira casca, de modo que um fluido a partir da segunda casca flua através do segundo caminho de fluxo, no segundo trocador de calor, e através do terceiro caminho de fluxo na primeira casca.

2. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a primeira e segunda cascas (108, 106) são concêntricas uma com a outra.

3. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a primeira casca, a segunda casca, e o caminho de fluxo são concêntricos um com o outro.

4. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a primeira casca (108) e a segunda casca (106) cada uma compreendem uma primeira seção e segunda seção, em que a primeira seção tem uma seção transversal maior que uma seção transversal da segunda seção.

5. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que:

uma primeira porção (222) de gás de alimentação é introduzida (122) na primeira casca (108) e uma segunda porção (220) do gás de alimentação é introduzido (112) na segunda casca (106);

os dois ou mais leitos catalíticos discretos (134, 136, 138, 140) são adaptados para alcançar a primeira porção do gás de alimentação para prover um efluente de amônia (166);

o primeiro trocador de calor (168) é adaptado para trocar pelo menos uma parte do calor de reação do efluente de amônia (166) para produzir vapor;

o segundo trocador de calor (104) é adaptado para trocar pelo menos uma parte do calor de reação do efluente de amônia para a segunda porção do gás de alimentação (116) de modo que a segunda porção aquecida (118) do gás de alimentação é introduzida na primeira casca (108); e

a segunda porção aquecida do gás de alimentação é reagido na presença de dois ou mais leitos catalíticos discretos (134, 136, 138, 140).

6. Método para produzir amônia, caracterizado pelo fato de que compreende:

distribuir um gás de alimentação compreendendo nitrogênio e hidrogênio a um conversor de amônia (100), o conversor compreendendo:

uma primeira casca (108) tendo dois ou mais leitos de catalisadores discretos (134, 136, 138, 140) dispostos nela;

uma segunda casca (106) disposta sobre a primeira casca;

um primeiro trocador de calor (168) disposto externo à primeira casca e em comunicação fluídica entre eles;

um segundo trocador de calor (104) disposto externo à segunda casca e em comunicação fluídica entre eles; e

um caminho de fluxo (124) disposto na primeira casca, em

que os dois ou mais leitos de catalisadores discretos na primeira casca são dispostos próximos ao caminho de fluxo, em que uma primeira porção (122, 222) do gás de alimentação é introduzida na primeira casca (108) e uma segunda porção (112, 220) do gás de alimentação é introduzida na segunda casca (106);

reagir a primeira porção do gás de alimentação na presença do catalisador para fornecer um efluente de amônia (166);

trocar pelo menos uma porção do calor da reação do efluente de amônia (166) para produzir vapor no primeiro trocador de calor (168);

trocar pelo menos uma porção do calor da reação do efluente de amônia para a segunda porção do gás de alimentação no segundo trocador de calor (104);

introduzir a segunda porção aquecida (118) do gás de alimentação na primeira casca (108); e

reagir a segunda porção aquecida do gás de alimentação na presença do catalisador.

7. Método de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que o vapor é em uma pressão na faixa de 10.300 kPa a 12.500 kPa.

8. Método de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que o efluente de amônia está em uma temperatura na faixa de 440°C a 465°C.

9. Método de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que o efluente de amônia está em uma pressão na faixa de 13.500 kPa a 19.000 kPa.

10. Método de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que o efluente de amônia é resfriado no segundo trocador de calor a uma temperatura na faixa de 335°C a 385°C.

11. Método de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que a primeira porção compreende de 40% em volume a 52% em volume do gás de alimentação.

12. Método de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que de 45% em volume a 55% em volume do efluente de amônia é usado para aquecer a segunda porção do gás de alimentação.

13. Método de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que a segunda porção na segunda casca está em uma temperatura na faixa de 120°C a 160°C.

14. Método de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que o catalisador compreende magnetita, um ou mais metais do grupo de platina, derivados destes ou combinações destes.

15. Método para retroalimentar um sistema para produzir amônia, caracterizado pelo fato de que o sistema compreende um conversor de amônia (100) tendo um intercambiador interno para aquecer gás de alimentação de amônia, um intercambiador para transferir calor de um produto de amônia para um vapor do processo de resíduo, o método compreendendo:

remover o intercambiador interno do conversor (100);

transferir calor do produto de amônia (166) para produzir vapor de alta pressão (174) em um primeiro trocador de calor (168) externo ao conversor;

transferir calor do produto de amônia (166) para o gás de alimentação de amônia (118) em um segundo trocador de calor (104) externo ao conversor; e

retornar o gás de alimentação de amônia aquecido ao conversor (100).

16. Método de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que o vapor de alta pressão está em uma pressão na faixa de 10.300 kPa a 12.500 kPa.

17. Método de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que o produto de amônia está em uma temperatura na faixa de 440°C a 465°C.

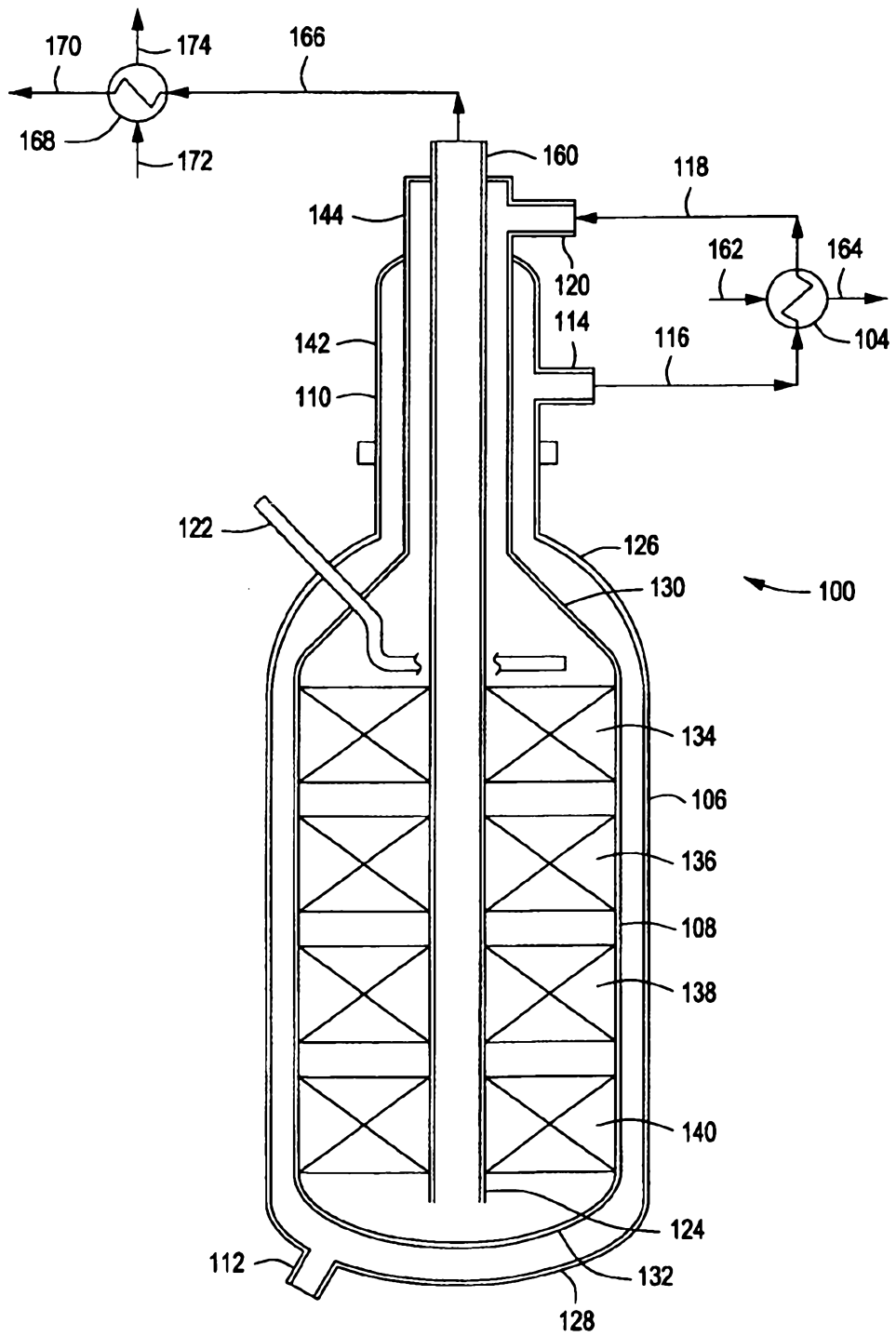


FIG. 1

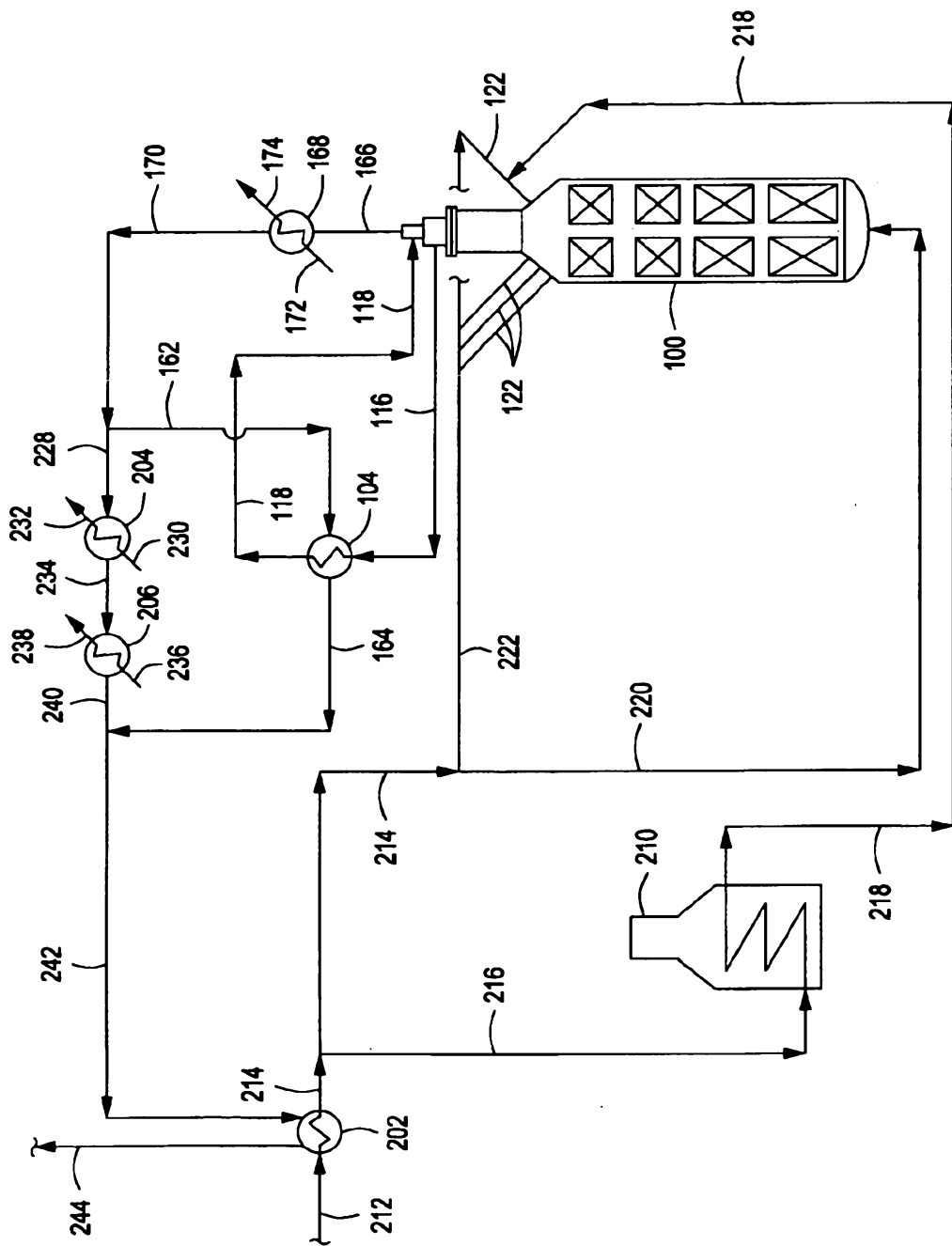


FIG. 2

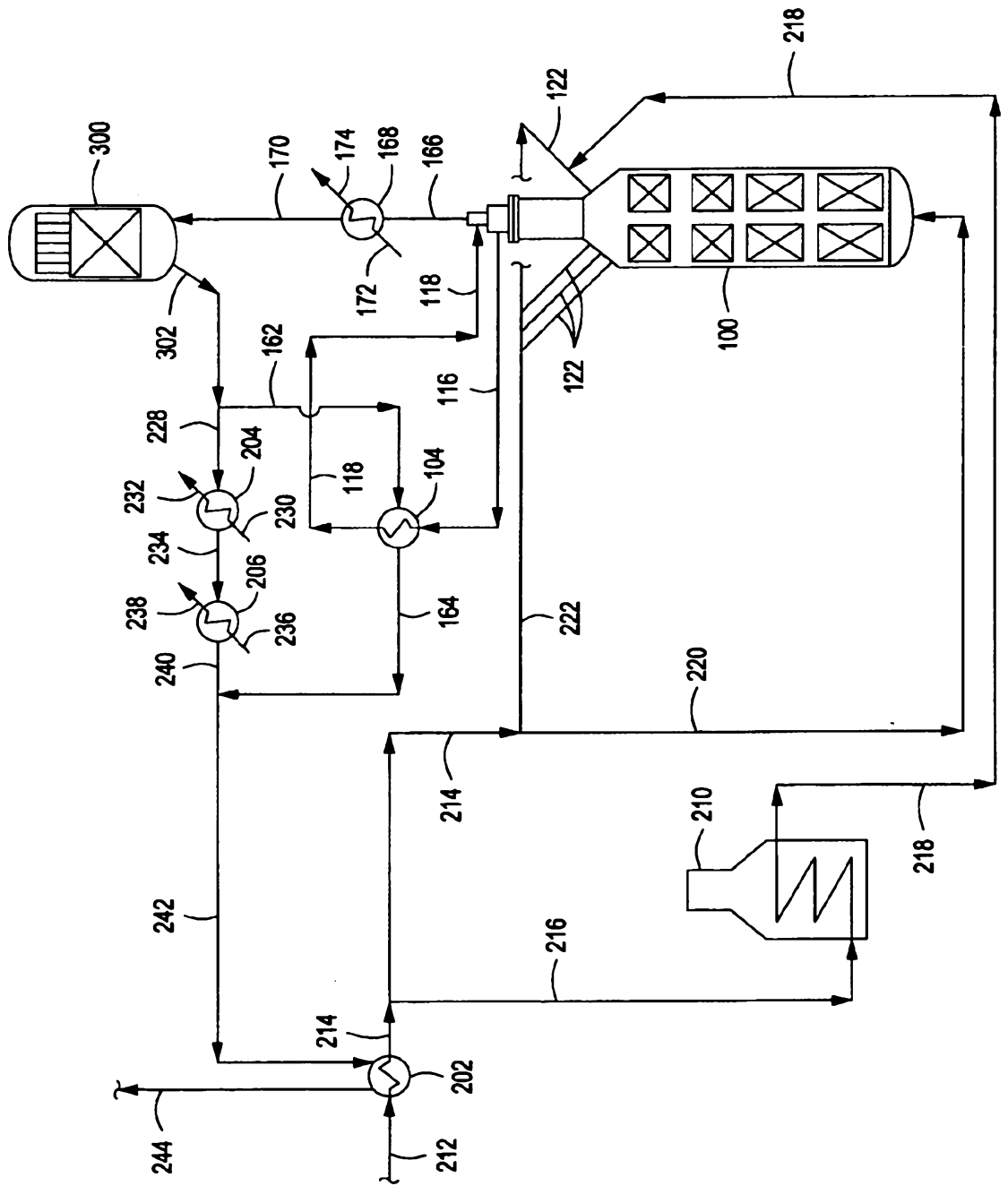


FIG. 3