



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

(11) PI 0412082-5 B1

(22) Data do Depósito: 28/06/2004

(45) Data de Concessão: 03/04/2018



(54) Título: PROCESSO PARA RECUPERAÇÃO DE ENERGIA TÉRMICA DE UMA CORRENTE DE GÁS DE SAÍDA

(51) Int.Cl.: F01K 25/08; C07C 51/265

(30) Prioridade Unionista: 10/07/2003 US 10/617,878

(73) Titular(es): GRUPO PETROTEMEX, S.A. DE C.V.

(72) Inventor(es): ROBERT LIN

“PROCESSO PARA RECUPERAÇÃO DE ENERGIA TÉRMICA DE UMA CORRENTE DE GÁS DE SAÍDA”

CAMPO DA INVENÇÃO

[0001] Essa invenção se refere a um processo para a fabricação de uma corrente rica em ácido carboxílico aromático pela oxidação em fase líquida exotérmica de uma carga de alimentação aromática. Mais particularmente, essa invenção se refere a recuperação eficaz da energia da exotermia produzida pela oxidação em fase líquida de uma carga de alimentação aromática.

FUNDAMENTO DA INVENÇÃO

[0002] Ácidos carboxílicos aromáticos, tais como ácido tereftálico, ácido isoftálico, e ácido naftaleno dicarboxílico são compostos químicos úteis e são matérias-primas na produção de poliésteres. No caso de ácido tereftálico, uma instalação para fabricação única pode produzir mais que 100.000.000 kg por ano como carga de alimentação para uma instalação de tereftalato de polietileno (PET).

[0003] Ácido tereftálico (TPA) pode ser produzido por alta pressão, oxidação exotérmica de uma carga de alimentação aromática adequada tal como para-xileno. Tipicamente, essas oxidações são realizadas em uma fase líquida usando ar ou fontes alternadas de oxigênio molecular na presença de um catalisador de metal ou composto (s) promotor. Métodos para oxidar para-xileno e outros compostos aromáticos tais como m-xileno e dimetilnaftaleno são bem conhecidos na técnica. Essas reações de oxidação irão tipicamente produzir gases de reação geralmente compreendendo produtos de reação da oxidação tais como monóxido de carbono, dióxido de carbono, e brometo de metila. Adicionalmente, se ar é usado como a fonte de oxigênio, os gases da reação podem também conter nitrogênio e excesso de oxigênio.

[0004] Maioria dos processos para a produção de TPA também

empregam um ácido carboxílico de baixo peso molecular, tal como ácido acético, como parte do solvente de reação. Adicionalmente, certa quantidade de água está também presente no solvente de oxidação assim como sendo formada como um subproduto de oxidação.

[0005] Oxidações desse tipo são geralmente altamente exotérmicas, e embora existam vários meios para controlar a temperatura dessas reações, um método comum e conveniente é remover o calor deixando uma parte do solvente vaporizar durante a reação. A combinação dos gases de reação e o solvente vaporizado é referida como uma mistura gasosa. A mistura gasosa contém uma quantidade considerável de energia.

[0006] Porque água é formada como um subproduto de oxidação, pelo menos uma parte da mistura gasosa ou como vapor ou condensado é usualmente direcionada para um dispositivo de separação, tipicamente uma coluna de destilação, para separar a água do solvente principal (por exemplo, ácido acético) de modo que a concentração de água no reator não seja deixada formar.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[0007] Um objetivo dessa invenção é fornecer um método para recuperação eficaz e econômica da energia que é gerada como um resultado de uma reação de oxidação altamente exotérmica produzindo um ácido carboxílico aromático. Outro objetivo dessa invenção é fornecer a recuperação da energia enquanto simultaneamente realiza uma separação química entre um solvente de ácido carboxílico de baixo peso molecular e água.

[0008] Em uma modalidade dessa invenção, um processo para recuperação de energia térmica de uma corrente de gás de saída é fornecido, o processo que compreende as seguintes etapas:

a) oxidar uma carga de alimentação aromática com uma mistura de reação em fase líquida em uma zona de reação para formar uma

corrente rica em ácido carboxílico aromático e uma mistura gasosa;

b) remover em uma zona de separação uma parte substancial de um solvente da mistura gasosa para formar a corrente de gás de saída e uma corrente rica em solvente; e

c) recuperar a energia térmica de pelo menos uma parte da corrente de gás de saída em uma zona de recuperação de calor; segundo a qual uma parte da corrente de gás de saída é condensada para formar uma mistura condensada; segundo a qual a mistura condensada é opcionalmente reciclada de volta para a zona de separação; segundo a qual a parte da energia térmica é recuperada em um fluido de trabalho; e segundo a qual uma parte da entalpia no fluido de trabalho é recuperada em um ciclo de energia; segundo a qual o fluido de trabalho é um composto ou mistura de compostos que têm um ponto de ebulição normal entre cerca de -100°C a cerca de 90°C .

[0009] Em outra modalidade dessa invenção, um processo para a recuperação de energia térmica de uma corrente de gás de saída é fornecido, o processo compreende as seguintes etapas:

a) remover em uma zona de separação uma parte substancial de um solvente de oxidação de uma mistura gasosa para formar uma corrente de gás de saída; e

b) opcionalmente, recuperar energia térmica de uma parte da corrente de gás de saída em um primeiro dispositivo de recuperação de calor para produzir uma corrente de baixa pressão;

c) recuperar energia térmica de uma parte da corrente de gás de saída em um segundo dispositivo de recuperação de calor utilizando um fluido de trabalho em um ciclo de energia; segundo o qual uma parte da entalpia no fluido de trabalho é recuperada em um ciclo de energia; segundo o qual o fluido de trabalho é um composto ou mistura de compostos que têm um ponto de ebulição entre cerca de -100°C a cerca de 90°C ; e

d) opcionalmente, recuperar energia térmica de uma parte da

corrente de gás de saída em um terceiro dispositivo de recuperação de calor.

[00010] Em ainda outra modalidade dessa invenção um processo para recuperação de energia térmica de uma corrente de gás de saída é fornecido. O processo compreende as seguintes etapas:

a) oxidar uma carga de alimentação aromática com uma mistura de reação em fase líquida em uma zona de reação para formar uma corrente de ácido carboxílico aromático e uma mistura gasosa;

b) remover em uma zona de separação uma parte substancial de um solvente da mistura gasosa para formar uma corrente de gás de saída; e

c) opcionalmente, recuperar energia térmica de uma parte da corrente de gás de saída em um primeiro dispositivo para produzir uma corrente de baixa pressão;

d) recuperar energia térmica de uma parte da corrente de gás de saída em um segundo dispositivo de recuperação de calor utilizando um fluido de trabalho em um ciclo de energia; segundo o qual uma parte da entalpia no fluido de trabalho é recuperada em um ciclo de energia; segundo o qual o fluido de trabalho é um composto ou mistura de compostos que têm um ponto de ebulição entre cerca de -100°C a cerca de 90°C ; e

e) opcionalmente, recuperar energia térmica de uma parte da corrente de gás de saída em um terceiro dispositivo de recuperação de calor.

[00011] Em já outra modalidade dessa invenção um processo para a recuperação de energia térmica de uma corrente de gás de saída é fornecido, o processo compreende as seguintes etapas em ordem de chamada:

a) oxidar uma carga de alimentação aromática com uma mistura de reação em fase líquida em uma zona de reação para formar uma corrente rica em ácido carboxílico aromático e uma mistura gasosa;

b) remover em uma zona de separação uma parte substancial de um solvente da mistura gasosa para formar a corrente de gás de saída;

c) recuperar energia térmica de uma parte da corrente de gás

de saída em um primeiro dispositivo de recuperação de calor para produzir uma corrente de baixa pressão;

d) recuperar energia térmica de uma parte da corrente de gás de saída em um segundo dispositivo de recuperação de calor utilizando um fluido de trabalho em um ciclo de energia; segundo o qual o fluido de trabalho é um composto ou mistura de compostos que têm um ponto de ebulição entre cerca de -100°C a cerca de 90°C ; e

e) recuperar energia térmica de uma parte da corrente de gás de saída em um terceiro dispositivo de recuperação de calor.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[00012] Figura 1 ilustra modalidades diferentes da invenção onde um processo para produzir energia térmica de uma corrente de gás de saída é fornecido.

[00013] Figura 2 ilustra modalidades diferentes da invenção onde um processo para produzir energia térmica de uma corrente de gás de saída é fornecido através do uso de pelo menos um dispositivo.

[00014] Figura 3 mostra uma “curva de condensação” típica a qual descreve o ciclo do calor de um condensador ou condensador parcial como uma função de temperatura.

[00015] Figura 4 mostra um exemplo de um sistema de recuperação de energia.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

[00016] Na primeira modalidade dessa invenção, um processo para recuperação de energia térmica de uma corrente de gás de saída **145** é fornecido na Figura 1. O processo compreende as seguintes etapas.

[00017] Etapa (a) compreende oxidar uma carga de alimentação aromática **105** com uma mistura de reação em fase líquida **110** em uma zona de reação **115** para formar uma corrente rica em ácido carboxílico **120** e uma mistura gasosa **125**.

[00018] A mistura de reação em fase líquida **110** compreende água, um solvente, um catalisador de oxidação de metal e uma fonte de oxigênio molecular. A zona de reação **115** compreende pelo menos um reator de oxidação. A oxidação é completada sob condições de reação as quais produzem a corrente rica em ácido carboxílico **120** e a mistura gasosa **125**. Tipicamente, a corrente rica em ácido carboxílico **120** é uma suspensão de ácido tereftálico bruta.

[00019] Ácido tereftálico bruto é convencionalmente produzido por meio da oxidação à ar em fase líquida de paraxileno na presença de um catalisador de oxidação de metal pesado. Catalisadores adequados incluem, mas não são limitados aos compostos cobalto, magnésio e brometo, os quais são solúveis no solvente selecionado. Solventes adequados incluem, mas não são limitados a ácidos monocarboxílicos alifáticos, de preferência contendo 2 a 6 átomos de carbono, ou ácido benzóico e suas misturas e misturas desses compostos com água. De preferência o solvente é ácido acético misturado com água, em uma relação de cerca de 5:1 a cerca de 25:1, de preferência entre cerca de 10:1 e cerca de 15:1. Entretanto, deveria ser observado que outros solventes adequados, tais como aqueles revelados aqui, podem também ser utilizados. Conduto **125** contém uma mistura gasosa a qual compreende solvente vaporizado, subprodutos gasosos, nitrogênio e oxigênio não reagido gerado como um resultado de uma reação de oxidação em fase líquida exotérmica de um aromático para um ácido carboxílico aromático. Patentes revelando a produção de ácido tereftálico tais como patente US nº 4.158.738 e nº 3.996.271 são por meio desta incorporados por referência.

[00020] Etapa (b) compreende remover em uma zona de separação **130** uma parte substancial de um solvente da mistura gasosa **125** para formar uma corrente de gás de saída **135** e uma corrente rica em solvente **140**.

[00021] A corrente de gás de saída **135** compreende água, subprodutos gasosos, e pequenas quantidades de solvente. Quando o solvente é um

solvente de ácido carboxílico de baixo peso molecular, a relação de água para solvente de ácido carboxílico de baixo peso molecular está na faixa de cerca de 80:20 a cerca de 99,99:0,01 em massa. Os subprodutos gasosos compreendem oxigênio, subprodutos da oxidação, tais como, monóxido de carbono e monóxido de carbono, e no caso quando o ar é usado como uma fonte de oxigênio, nitrogênio. Pelo menos uma parte da corrente de gás de saída **135** ou toda a corrente de gás de saída **135** é enviada para uma zona de recuperação de calor por meio de conduto **145**.

[00022] Tipicamente, a condições de temperatura e pressão da corrente de gás de saída **145** estão na faixa de cerca de 130 a 220°C e cerca de 3,5 a cerca de 18 bar manométrico. De preferência, a condições de temperatura e pressão da corrente de gás de saída **145** estão na faixa de cerca de 90 a cerca de 200°C e cerca de 4 a 15 bar manométrico. Mais preferivelmente, a temperatura e condições de pressão da corrente de gás de saída **145** estão na faixa de cerca de 130 a cerca de 180°C e cerca de 4 a cerca de 10 bar manométrico.

[00023] A mistura gasosa no conduto **125** é direcionada para a zona de separação **130**. Tipicamente, a zona de separação **130** compreende uma coluna de destilação de alta pressão tendo entre cerca de 20 e cerca de 50 estágios teóricos e um condensador ou pluralidade de condensadores. Na zona de separação **130**, a corrente rica em solvente é recuperada por meio de conduto **140**. O propósito da zona de separação **130** é realizar uma separação por meio da qual pelo menos uma parte do solvente é recuperada e excesso de água é removido. Em geral, para os propósitos de recuperação da energia otimizada, deve haver uma redução mínima da pressão entre os conteúdos do conduto **125** e conduto **135** e **145** desde que isso represente uma perda de energia potencialmente recuperável. Portanto, a zona de separação **130** deve operar em condições de temperatura e pressão em ou próximo daquelas da mistura gasosa do conduto **125**. Pelo menos uma parte ou toda a corrente de

gás de saída **135** é enviada a uma zona de recuperação de calor por meio do conduto **145**, e o resto da corrente de gás de saída **137** pode ser utilizado em qualquer lugar dentro do processo para produzir o ácido carboxílico aromático.

[00024] Etapa (c) compreende recuperar a energia térmica de pelo menos uma parte da corrente de gás de saída **145** em uma zona de recuperação de calor **150**. Na zona de recuperação de calor **150**, uma parte da corrente de gás de saída **145** é condensada para formar uma mistura condensada **155**; e a mistura condensada **155** pode ser opcionalmente reciclada de volta para a zona de separação. Um fluido de trabalho é utilizado para recuperar a energia térmica. Geralmente o fluido de trabalho é um composto ou mistura de compostos que têm um ponto de ebulição normal entre cerca de -100°C a cerca de 90°C .

[00025] A recuperação da energia térmica da corrente de gás de saída **145** em uma zona de recuperação de calor **150** pode ser realizada por qualquer meio conhecido na técnica. Entretanto, geralmente um ciclo de energia é usado. Ciclos de energia são bem conhecidos na técnica. Um ciclo de energia é um ciclo que toma o calor e o usa para fazer o trabalho nos arredores. Existem numerosos ciclos de energia que são bem conhecidos na técnica. Exemplos de ciclo de energia incluem, mas não são limitados a um ciclo de Rankine orgânico (ORC), um ciclo de Kalina, ou um ciclo de energia como descrito em WO 02/063141 aqui incorporado por referência.

[00026] Outros exemplos de ciclos de energia que podem ser usados são revelados em “A Review of Organic Rankine Cycles (ORCs) for the Recovery of Low-Grade Waste Heat” Energy, Vol. 22, nº 7, pp 661 a 667, 1997, Elsevier Science Ltd, Great Britian and Absorption Power Cycles”, Energy, Vol 21, nº 1, pp 21 a 27, 1996, Elsevier Science Ltd, Great Britain, são aqui incorporados por referência.

[00027] Uma característica comum entre esses exemplos é o uso de

fluidos de trabalho em evaporação em baixa temperatura. Tipicamente, fluidos de trabalho em evaporação em baixa temperatura são usados em ciclos de energia para recuperar energia térmica em temperaturas relativamente baixas (por exemplo, em temperaturas geralmente abaixo de 150°C) em vez de água ou vapor devido as maiores eficiências na recuperação de energia. Um tal ciclo é um ciclo de rankine que é caracterizado por um processo de condensação/ebulição isotérmica. Plantas de turbina à vapor usualmente quase se aproximam de um processo de ciclo rankine segundo o qual o fluido de trabalho é substancialmente água. Entretanto, como comumente aceito, recuperação da energia por ciclo rankine usando água/vapor em baixas temperaturas (por exemplo, em temperaturas geralmente abaixo de 150°C) são geralmente ineficazes.

[00028] O fluido de trabalho pode ser qualquer fluido contanto que ele seja substancialmente livre de água segundo o qual substancialmente livre é aproximadamente menos que 20% em peso. Em outra modalidade da invenção segundo a qual o fluido de trabalho é um composto ou mistura de compostos que têm um ponto de ebulição normal entre cerca de - 100°C a cerca de 90°C. Outra variação é o fluido de trabalho pode ser um composto ou mistura de compostos que têm um ponto de ebulição normal entre cerca de - 100°C a cerca de 60°C.

[00029] Em outra modalidade da invenção o fluido de trabalho é selecionado do grupo que consiste de propano, isopropano, isobutano, butano, isopentano, n-pentano, amônia, R134a, R11, R12, e suas misturas. R134a, R11, R12 são conhecidos na técnica e são comumente disponíveis comercialmente como refrigerantes.

[00030] Em uma segunda modalidade da invenção, um processo para recuperação de energia térmica de pelo menos uma parte de uma corrente de gás de saída **235** por meio de conduto **245** é fornecido na Figura 2. O processo compreende as seguintes etapas.

[00031] Etapa (a) remover em uma zona de separação **230** uma parte substancial de um solvente da mistura gasosa **225** para formar a corrente de gás de saída **235** e uma corrente rica em solvente **240**.

[00032] Etapa (a) na segunda modalidade é substancialmente a mesma como na etapa (b) na primeira modalidade da invenção. No caso onde a zona de separação compreende uma coluna de destilação, a corrente de gás de saída **245** sai do topo da coluna de destilação através de condutos **245** e **237**. A corrente de gás de saída **245** compreende subprodutos de reação gasosa, nitrogênio, oxigênio não reagido. O solvente, tipicamente ácido acético e água estão também presentes em quantidades em ou próximas as condições de saturação. A relação de água para ácido acético está aproximadamente na faixa de 80:20 a 99,99:0,01 em massa, de preferência na faixa de 99,5:0,5 a 98,5 a 1,5 em massa. Uma parte dessa corrente de gás de saída, representada pelos conteúdos do conduto **245**, pode ser passada através de uma série de zonas de recuperação de calor, **260**, **270**, e **280**. Uma parte da corrente de gás de saída **145** é condensada e direcionada por meio de conduto **255** ou como fluxo de refluxo para a coluna de destilação na zona de separação **230** por meio de conduto **255** ou como fluido destilado por meio de conduto **285**.

[00033] De uma perspectiva de destilação, a função de **260**, **270**, e **280** é condensar bastante material da corrente de gás de saída superior **245** para fornecer a coluna de destilação na zona de separação **230** com refluxo adequado para conduzir a separação de solvente e água. Entretanto, o ciclo de calor necessário para realizar a condensação também serve para remover calor gerado pela reação de oxidação de carga de alimentação aromática para o ácido carboxílico aromático.

[00034] Seria útil e eficaz recuperar a energia. Uma barreira à recuperação eficaz da energia é devido a presença de gases não condensáveis nos condutos **245** e **237**. Os gases não condensáveis, por exemplo, nitrogênio, oxigênio, monóxido de carbono, e dióxido de carbono, elevam uma curva de

calor da condensação que não é amenizável para produzir vapor.

[00035] Isso é ilustrado pelo exemplo na Figura 3. Figura 3 mostra uma “curva de condensação” típica a qual descreve o ciclo de calor de um condensador ou condensador parcial como uma função de temperatura. Nesse caso, o condensador é um condensador parcial com uma temperatura de entrada do vapor de cerca de 139°C e uma temperatura de saída de cerca de 45°C.

[00036] É desejável produzir cerca de vapor a 103,4 kPa ou cerca de 1 bar manométrico em uma unidade condensadora parcial única, então Figura 3 indica que somente 55% do ciclo total do condensador pode ser usada para produzir vapor a 103,4 kPa. Isso é porque vapor a 103,4 kPa tem uma temperatura de saturação de cerca de 121°C. Nesse exemplo de um condensador parcial somente 55% do ciclo total pode ser transferido para o vapor em temperaturas a ou acima de 121°C. Isso ilustra o que é comumente conhecido em tecnologia de transferência de calor como uma “restrição” da temperatura e representa uma limitação termodinâmica no sistema.

[00037] É possível recuperar mais calor se a pressão (e temperatura) do vapor gerado estiver baixa. Entretanto, isso é de valor limitado porque de modo a utilizar o vapor para propósitos de aquecimento em qualquer lugar sem o processo de produção de ácido carboxílico, o vapor pode ser de temperatura suficiente.

[00038] Etapa (b) compreende opcionalmente recuperar energia térmica de uma parte da corrente de gás de saída **245** em uma primeira zona de recuperação de calor **260** para produzir um vapor de baixa pressão.

[00039] Etapa (c) compreende recuperar energia térmica de uma parte da corrente de gás de saída **245** em uma segunda zona de recuperação de calor **270** usando um fluido de trabalho através de um ciclo de energia; segundo o qual dito fluido de energia é um composto ou mistura de compostos que têm um ponto de ebulição normal entre cerca de – 100°C a cerca de 90°C.

[00040] Etapa (d) compreende recuperar energia térmica de uma parte da corrente de gás de saída 245 em uma terceira zona de recuperação de calor **280**.

[00041] O propósito da etapa (b), etapa (c) e etapa (d) é para a recuperação eficaz da energia térmica. As zonas de recuperação de calor **260**, **270** e **280** compreendem pelo menos um dispositivo segundo o qual energia térmica da corrente de gás de saída **145**, é recuperada. A primeira zona de recuperação de calor **260** compreende um dispositivo ou pluralidade de dispositivos de recuperação de calor segundo o qual a transferência de calor é realizada em uma temperatura maior que cerca de 121°C. A segunda zona de recuperação de calor **270** compreende um dispositivo ou pluralidade de dispositivos de recuperação de calor segundo o qual a transferência de calor é realizada em uma temperatura maior que cerca de 90°C. A terceira zona de recuperação de calor **280** compreende um dispositivo ou pluralidade de dispositivos de recuperação de calor segundo o qual a transferência de calor é realizada em uma temperatura maior que cerca de 25°C. Os dispositivos de recuperação de calor podem ser qualquer dispositivo conhecido na técnica.

[00042] A relevância das temperaturas de recuperação de calor é evidente na eficácia e proveito de calor recuperado naquelas temperaturas. Para temperaturas maiores que cerca de 121°C, é possível produzir cerca de 103,4 kPa (cerca de 1 bar manométrico) de vapor saturado que é útil em aplicações industriais, tal como a fabricação de ácidos carboxílicos aromáticos, como um meio de calor. Embora seja possível produzir quantidades maiores de vapor em temperaturas mais baixas, o proveito de tal vapor é limitado. Ainda, utilização do vapor como um meio de aquecimento para transferir calor para um fluido de temperatura mais baixa, é extremamente eficaz termodinamicamente.

[00043] A primeira zona de recuperação de calor **260** tipicamente compreende, mas não é limitada a um condensador parcial.

[00044] A segunda zona de recuperação de calor **270** tipicamente compreende, mas não é limitada a um dispositivo de transferência de calor tal como um condensador ou condensador parcial transferindo calor a um “fluido de trabalho”, usualmente um composto refrigerante ou um hidrocarboneto ou mistura de hidrocarbonetos. Para recuperação de energia e calor em temperaturas próximas ou maiores que 90°C, vários métodos são conhecidos na técnica.

[00045] O fluido de trabalho pode ser qualquer fluido contanto que ele seja substancialmente livre de água segundo a qual substancialmente livre é aproximadamente menos que 20% em peso. Em outra modalidade da invenção segundo a qual o fluido de trabalho é um composto ou mistura de compostos que têm um ponto de ebulição normal entre cerca de - 100°C a cerca de 90°C. Outra variação é o fluido de trabalho pode ser um composto ou misturas de compostos que têm um ponto de ebulição normal entre cerca de - 100°C a cerca de 60°C.

[00046] Em outra modalidade da invenção o fluido de trabalho é selecionado do grupo que consiste de propano, isopropano, isobutano, butano, isopentano, n-pentano, amônia, R134a, R11, R12, e suas misturas. R134a, R11, R12 são conhecidos na técnica e comumente disponíveis comercialmente como refrigerantes.

[00047] Exemplos de ciclos de energia incluem, mas não são limitados para um ciclo de rankine orgânico, um ciclo de Kalina, ou um ciclo de energia conforme descrito no WO 02/063141.

[00048] O ciclo de rankine orgânico (ORC) o qual tem sido mostrado ser eficaz e econômico para recuperação de trabalho mecânico e/ou eletricidade de calor residual industrial. De modo prático, devido a irreversibilidade de sistemas termodinâmicos, é impossível converter toda a energia térmica disponível em trabalho útil. Entretanto, devido ao proveito limitado do vapor de pressão baixa, é muito mais vantajoso economicamente recuperar a energia

por alguns outros meios do que aumentar o vapor.

[00049] Existem vários exemplos de processo industriais que utilizam um sistema de ORC para recuperação da energia. A principal vantagem do ORC é sua capacidade superior em recuperar calor residual com temperatura baixa a média. Para sistemas ORC onde recuperação de energia na faixa de 90 a 120°C, o sistema tem eficiência na faixa de 3 a 20%. Eficiência do sistema é definida como o trabalho total derivado do sistema ORC dividido pelo calor residual total na entrada. Os fatores principais na determinação da eficiência do sistema são as temperaturas de trabalho para a corrente de calor residual, a temperatura do condensador e as propriedades termodinâmicas do fluido de trabalho.

[00050] Alternativamente, a segunda zona de recuperação de calor **270** pode servir para transferir calor a um sistema de bombeamento de calor. Um grande número de sistema de bombeamento de calor é conhecido na técnica. Portanto, qualquer sistema capaz de recuperação eficaz de energia de calor de baixo temperatura é aplicável.

[00051] A terceira zona de recuperação de calor **280** compreende um dispositivo ou pluralidade de dispositivos de recuperação de calor segundo o qual a transferência de calor é realizada em ou próximo a temperatura maior que 25°C. Tipicamente, a terceira zona de recuperação de calor **280** compreende um condensador ou condensador parcial resfriado a ar ou água.

[00052] Em uma terceira modalidade da invenção, um processo para recuperação da energia térmica de uma corrente de gás de saída **235** é fornecido na Figura 2. O processo compreende as seguintes etapas.

[00053] Etapa (a) compreende oxidar uma carga de alimentação aromática **205** com uma mistura de reação em fase líquida **210** em uma zona de reação **215** para formar uma corrente rica em ácido carboxílico **220** e uma mistura gasosa **225**.

[00054] Etapa (a) na terceira modalidade dessa invenção é a mesma como

na etapa (a) na primeira modalidade.

[00055] Etapa (b) compreende remover em uma zona de separação **230** uma parte substancial de um solvente da mistura gasosa **225** para formar a corrente de gás de saída **235** e uma corrente rica em solvente **240**.

[00056] Etapa (b) na terceira modalidade invenção é substancialmente a mesma como na etapa (b) na primeira modalidade.

[00057] Etapa (c) compreende recuperar energia térmica de uma parte da corrente de gás de saída **245** em uma primeira zona de recuperação de calor **260** para produzir uma corrente de baixa pressão.

[00058] Etapa (d) compreende recuperar energia térmica de uma parte da corrente de gás de saída **245** em uma segunda zona de recuperação de calor **270** usando um fluido de trabalho em um ciclo de energia; segundo o qual dito fluido de trabalho é um composto ou mistura de compostos que tem um ponto de ebulição normal entre - 100°C a cerca de 90°C.

[00059] Etapa (e) compreende recuperar energia térmica de pelo menos uma parte da corrente de gás de saída **245** em uma terceira zona de recuperação de calor **280**.

[00060] Etapa (c), Etapa (d) e Etapa (e) na terceira modalidade da invenção é substancialmente a mesma como na Etapa (b), Etapa (c) e Etapa (d) respectivamente na segunda modalidade dessa invenção.

EXEMPLO

[00061] Essa invenção pode ser ainda ilustrada pelo seguinte exemplo de suas modalidades preferidas, embora será entendido que esse exemplo é incluído somente para propósitos de ilustração e não são intencionados para limitar o escopo da invenção a menos de outra forma especificamente indicado.

[00062] Figura 4 mostra um exemplo de um sistema de recuperação de energia. A temperatura e pressões são consistentes com uma produção de ácido tereftálico. Nesse sistema, o fluido de trabalho para o sistema de ciclo

de rankine orgânico é n-pentano. Resultados baseados em simulação por computador ASPEN Plus® são mostrados na Tabela 2. Detalhes específicos sobre o uso do equipamento no modelo são mostrados na Tabela 1. Observe que nesse exemplo cerca de 55% do ciclo total é usado para produzir vapor a 103,4 kPa. Um adicional de 38% do ciclo total emprega um sistema ORC para recuperação da energia aumentada. A eficiência térmica total do sistema ORC é aproximadamente cerca de 7,3%. É presumido que melhoramentos significantes podem ser feitos otimizando a escolha de “fluido de trabalho” e otimizando condições de operação de temperatura e pressão do sistema ORC.

Tabela 1

Item	Descrição	Explicação
321	Gerador de vapor a 103,4 kPa	Ciclo ~ 549,3 x 10 ⁶ cal/h
322	Evaporador de Pentano	Ciclo ~ 385,5 x 10 ⁶ cal/h
323	Trocador de Calor	Ciclo ~ 60,4 x 10 ⁶ cal/h
500	Turbina	Trabalho Gerado ~ 44 hp
510	Condensador	Ciclo ~ 355,3 x 10 ⁶ cal/h
520	Bomba	Trabalho exigido ~ 1,4 hp

Tabela 2

Nome do Vapor	304	305	306	307	308	309	310	501	502	503	504
Fluxo de Massa lb (0,454 kg)/h											
Nitrogênio	5919	5908	11	5886	33	0	33	0	0	0	0
Oxigênio	270	269	1	267	3	0	3	0	0	0	0
Água	3764	1551	2213	322	3342	0	3442	0	0	0	0
HOAC	47	19	28	6	41	0	41	0	0	0	0
Pentano	0	0	0	0	0	0	0	8400	8400	8400	8400
Fluxo Total em lb (0,454 kg)/h	10000	7748	2252	6481	3519	0	3519	8400	8400	8400	8400
Temperatura em °C	150,0	130,0	130,0	90,0	90,0		50,0	35,0	73,2	52,7	34,6
Pressão em psig (6,89 kPa)	145,2	144,2	144,2	143,2	143,2	141,2	141,2	44,3	43,3	15,0	14,0
Vapor Frac	1	1	0	0	0		0	0	1	1	0
Liquido Frac	0	0	1	1	1		1	1	0	0	1

REIVINDICAÇÕES

1. Processo para recuperação da energia térmica de uma corrente de gás de saída, caracterizado pelo fato de que compreendendo as seguintes etapas:

a) oxidar uma carga de alimentação aromática (205) com uma mistura de reação em fase líquida (210) em uma zona de reação (215) para formar uma corrente de ácido carboxílico aromático (220) e uma mistura gasosa (225);

b) remover em uma zona de separação (230) uma parte substancial de um solvente de dita mistura gasosa (225) para formar dita corrente de gás de saída (235) e uma corrente rica em solvente (240); e

c) opcionalmente, recuperar energia térmica de uma parte de dita corrente de gás de saída (245) em uma primeira zona de recuperação de calor (260) para produzir uma corrente de baixa pressão;

d) recuperar energia térmica de uma parte de dita corrente de gás de saída (245) em uma segunda zona de recuperação de calor (270) utilizando um fluido de trabalho em um ciclo de energia; segundo o qual o fluido de trabalho é um composto ou mistura de compostos que têm um ponto de ebulição entre -100°C a 90°C ; e

e) opcionalmente, recuperar energia térmica de uma parte de dita corrente de gás de saída (245) em uma terceira zona de recuperação de calor (280).

2. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende as seguintes etapas na ordem a seguir:

a) oxidar uma carga de alimentação aromática (205) com uma mistura de reação em fase líquida (210) em uma zona de reação (215) para formar uma corrente de ácido carboxílico aromático (220) e uma mistura gasosa (225);

b) remover em uma zona de separação (230) uma parte

substancial de um solvente de dita mistura gasosa (225) para formar dita corrente de gás de saída (235) e uma corrente rica em solvente (240); e

c) recuperar energia térmica de uma parte de dita corrente de gás de saída (245) em uma primeira zona de recuperação de calor (260) para produzir uma corrente de baixa pressão;

d) recuperar energia térmica de uma parte de dita corrente de gás de saída (245) em uma segunda zona de recuperação de calor (270) utilizando um fluido de trabalho em um ciclo de energia; segundo o qual o fluido de trabalho é um composto ou mistura de compostos que têm um ponto de ebulição entre -100°C a 90°C ; e

e) recuperar energia térmica de uma parte de dita corrente de gás de saída (245) em uma terceira zona de recuperação de calor (280).

3. Processo de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que dito ciclo de energia é um ciclo de Rankine orgânico ou um ciclo de Kalina.

4. Processo de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que dito fluido de trabalho é selecionado do grupo que consiste de propano, isopropano, isobutano, butano, isopentano, n-pentano, amônia, R134a, R11, R12, e suas misturas.

5. Processo de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que dita primeira zona de recuperação de calor (260) compreende um dispositivo de recuperação de calor operado em uma temperatura de 100°C a 160°C .

6. Processo de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que dita segunda zona de recuperação de calor (270) compreende um dispositivo de recuperação de calor operado em uma temperatura de 80°C a 120°C .

7. Processo de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que dita terceira zona de recuperação de calor (280) compreende

um dispositivo de recuperação de calor operado em uma temperatura de 20°C a 100°C.

8. Processo de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que dita primeira zona de recuperação de calor (260) compreende um condensador parcial.

9. Processo de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que dita segunda zona de recuperação de calor (270) compreende um dispositivo de recuperação de calor selecionado do grupo que consiste de um condensador e um condensador parcial.

10. Processo de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que dita terceira zona de recuperação de calor (280) compreende um dispositivo de recuperação de calor selecionado do grupo que consiste de um resfriador a água e um resfriador a ar.

Fig. 1

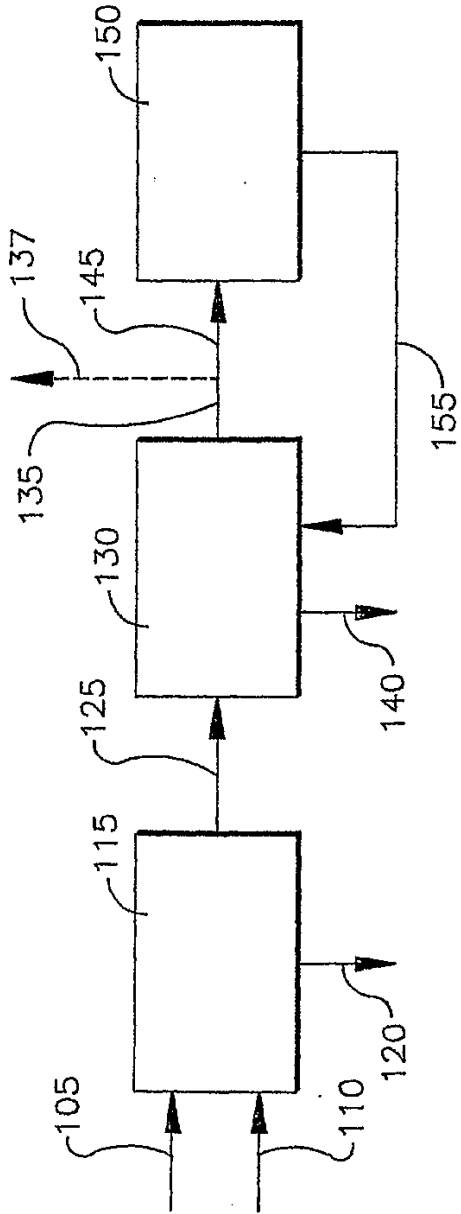
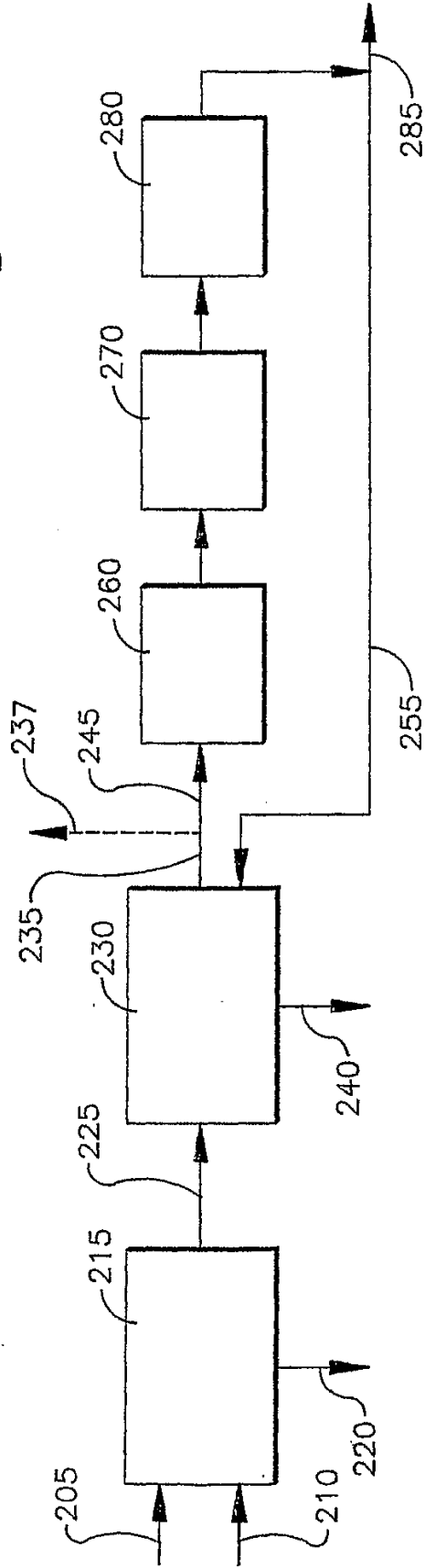


Fig. 2



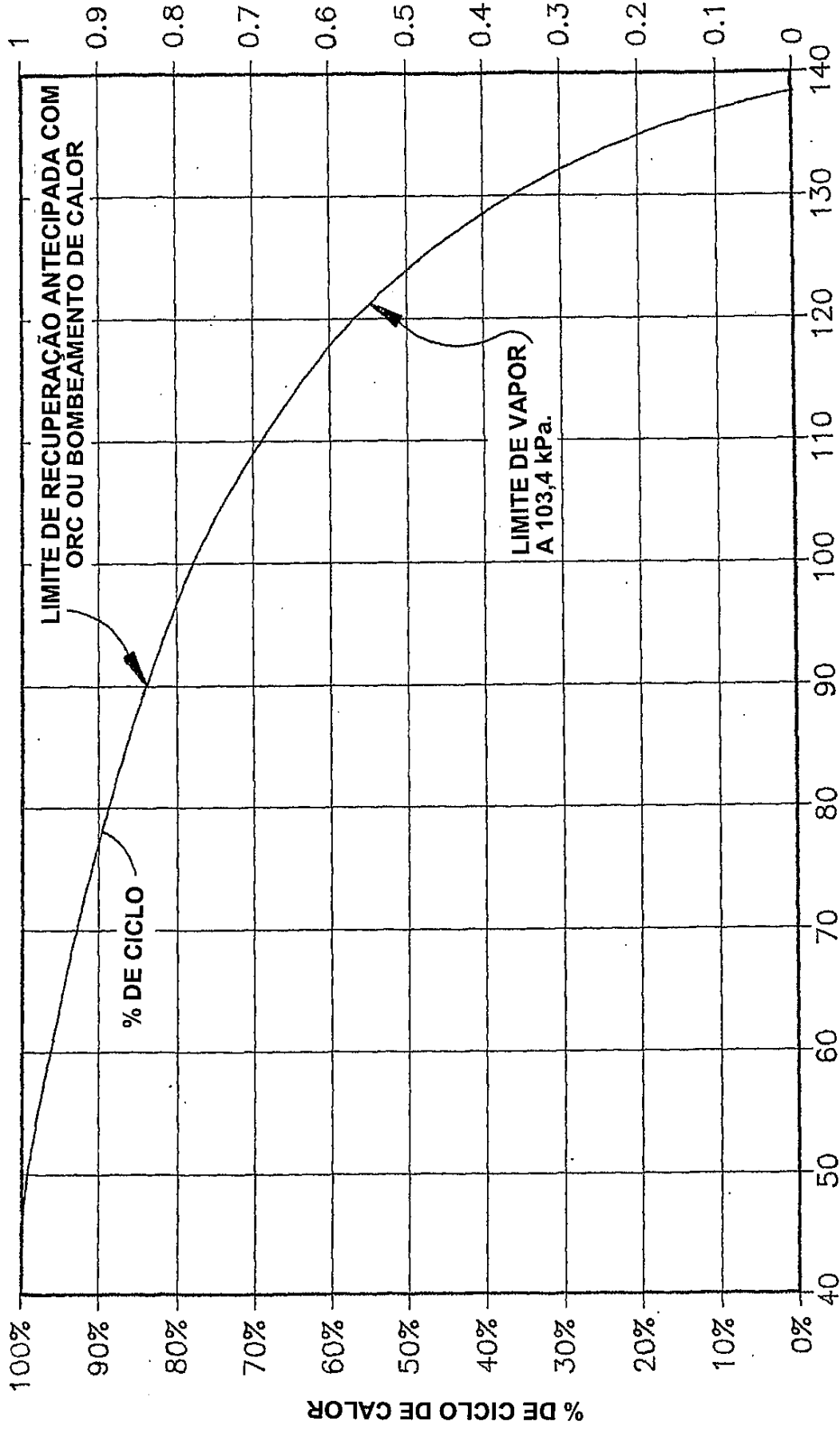


Fig. 3

TEMPERATURA (EM °C)
CURVA DE CONDENSACÃO

% DE CICLO DE CALOR

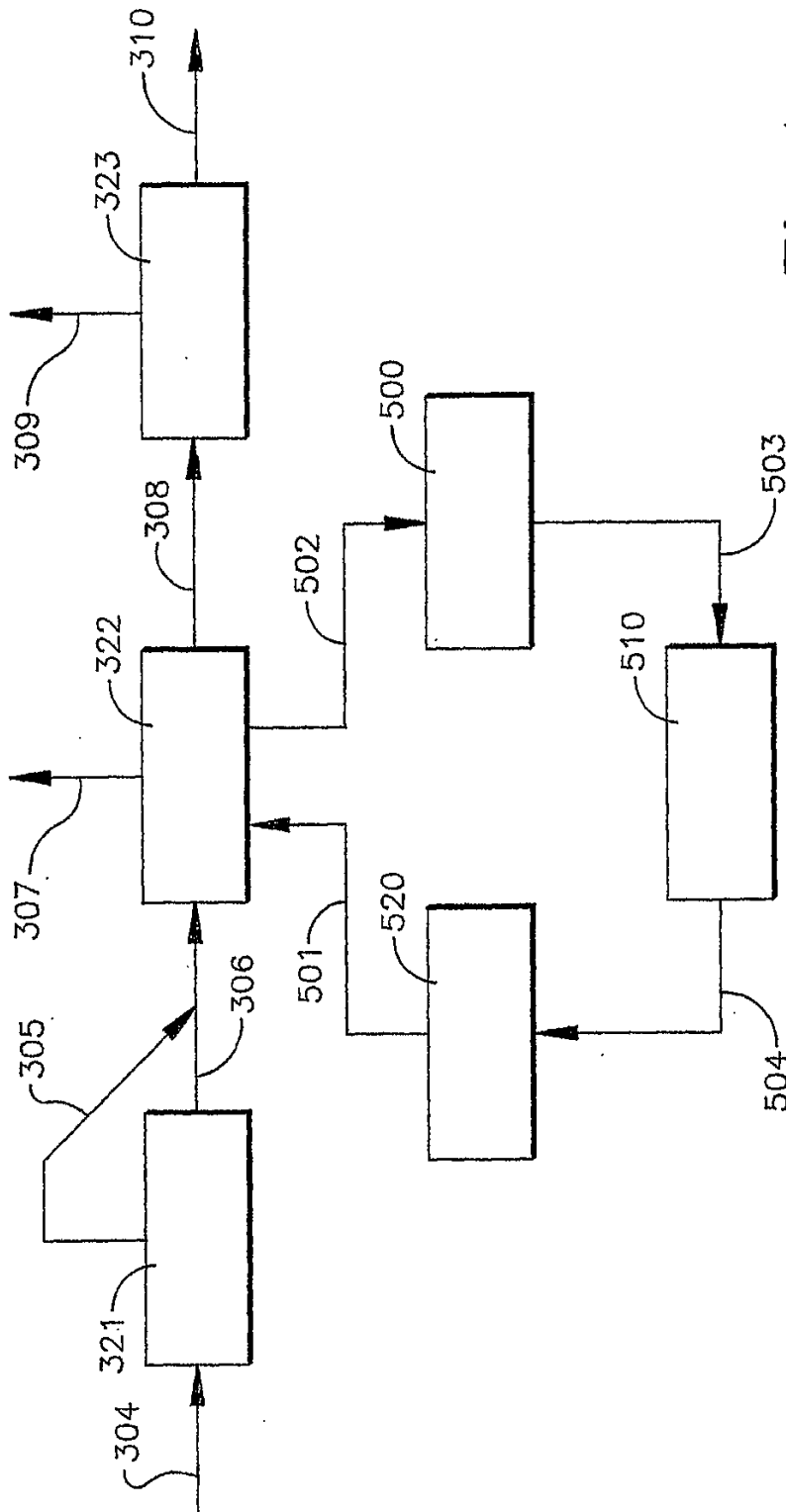


Fig. 4