



(22) Data do Depósito: 10/11/2008

(43) Data da Publicação Nacional: 04/08/2020

República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(54) Título: CONVERSÃO TÉRMICA RÁPIDA DA BIOMASSA

(51) Int. Cl.: C10B 53/02; C10B 9/00.

(30) Prioridade Unionista: 20/11/2007 US 11/943.329.

(71) Depositante(es): ENSYN GROUP, INC..

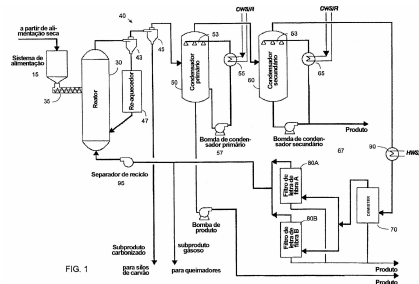
(72) Inventor(es): BARRY A. FREEL.

(86) Pedido PCT: PCT US2008083040 de 10/11/2008

(87) Publicação PCT: WO 2009/067350 de 28/05/2009

(85) Data da Fase Nacional: 19/05/2010

(57) Resumo: CONVERSÃO TÉRMICA RÁPIDA DA BIOMASSA A presente invenção fornece os processos melhorados de conversão térmica rápida ara eficientemente converter madeira, outros materiais de biomassa, e outras cargas de alimentação carbonadas (incluindo hidrocarbonetos) em altas produções do produto líquido valioso, por exemplo, bio-óleo, em uma produção de grande escala. Em uma modalidade, o material de biomassa, por exemplo, madeira, é alimentado por um sistema de conversão onde o material de biomassa é misturado com uma corrente ascendente de veículos térmicos escaldantes, por exemplo, areia, que termicamente converte a biomassa em uma corrente de vapor quente. A corrente de vapor quente é rapidamente temperada com meio de têmpera em uma ou mais câmaras de condensação localizadas a jusante do sistema de conversão. A têmpera rápida condensa a corrente de vapor em produto líquido, que é coletado das câmaras de condensação como um produto líquido valioso. Em uma modalidade, o produto líquido propriamente dito é usado como o meio de têmpera.



“CONVERSÃO TÉRMICA RÁPIDA DA BIOMASSA”

Campo da Invenção

O presente inventar se refere à conversão térmica rápida da madeira e/ ou outra biomassa em altas produções do produto líquido valioso, por exemplo, bio-óleo.

5 Antecedentes da Invenção

A biomassa foi a principal fonte de energia durante a maior parte da história humana. Durante os anos de 1800 e 1900 a proporção da energia do mundo originada da biomassa caiu nitidamente, conforme o desenvolvimento econômico dos combustíveis fósseis ocorreu, e os mercados para produtos de petróleo e carvão assumiram. No entanto, cerca
10 de 15% da energia do mundo continua a ser originada da biomassa, e no mundo em desenvolvimento, a contribuição da biomassa para o fornecimento de energia é perto de 38%.

A biomassa sólida, tipicamente de madeira e resíduos de madeira, é convertida em produtos úteis, por exemplo, combustíveis ou produtos químicos, pela aplicação de calor. O exemplo mais comum de conversão térmica é a combustão, em que o ar é adicionado e
15 todo o material de alimentação de biomassa é queimado para produzir gases quentes de combustão para a produção de calor e vapor. Um segundo exemplo é a gasificação, em que uma pequena parte da carga de alimentação da biomassa é combustada com o ar a fim de converter o restante da biomassa em um gás combustível inflamável. O gás inflamável, conhecido como gás produtor, agindo como gás natural, mas tipicamente tem entre 10 e 30%
20 do conteúdo energético do gás natural. Um último exemplo de conversão térmica é a pirólise em que a biomassa sólida é convertida em líquido e carvão animal, juntamente com um subproduto gasoso, essencialmente na ausência de ar.

Em um sentido genérico, a pirólise é a conversão da biomassa em um líquido e/ ou carvão animal pela ação do calor, normalmente sem empregar a combustão direta em uma
25 unidade de conversão. Uma pequena quantidade de gás inflamável é também um típico subproduto. Historicamente, a pirólise foi um processo relativamente lento em que o produto líquido resultante foi um alcatrão viscoso e um licor "pirolenhoso". A pirólise convencional lenta tem ocorrido tipicamente em temperaturas abaixo de 400 °C e em tempos de processamento variando de alguns segundos a minutos. Os tempos de processamento podem ser
30 medidos em horas para alguns processos lentos de pirólise empregados à produção de carvão vegetal.

Uma forma mais moderna de pirólise, chamada pirólise rápida, foi descrita no final de 1970 quando os pesquisadores notaram que uma produção extremamente alta de um líquido claro vertível foi possível a partir da biomassa. De fato, as produções de líquido que
35 se aproximam de 80% do peso do material de biomassa de madeira de consumo seriam possíveis se as temperaturas de pirólise fossem moderadamente aumentadas e a conversão fosse permitida ocorrer durante um período muito curto de tempo, tipicamente menos do

que 5 segundos.

O produto líquido homogêneo de pirólise rápida, que tem a aparência de café expresso, desde então se tornou conhecido como bio-óleo. O bio-óleo é adequado como combustível para combustão limpa, controlada em caldeiras, e para uso em turbinas a diesel e estacionárias. Isto está em contraste com a pirólise lenta, que produz uma mistura aquosa de alcatrão de duas fases de baixa qualidade espessa em produções muito baixas.

Na prática, a pirólise rápida de biomassa sólida faz com que a maior parte de seu material orgânico seja instantaneamente transformada em uma fase de vapor. Esta fase de vapor contém ambos os gases não condensáveis (incluindo metano, hidrogênio, monóxido de carbono, dióxido de carbono e olefinas) e vapores condensáveis. É o vapor condensável que constitui o produto de bio-óleo líquido final e a produção e valor deste produto de bio-óleo é uma função forte do método e eficiência do sistema de recuperação e captura a jusante. Os vapores condensáveis produzidos durante a pirólise rápida continuam a reagir na fase de vapor, e, portanto devem ser rapidamente resfriados ou "temperados" no processo a jusante antes de poder deteriorar em produtos gasosos e líquidos menos valiosos. O equipamento de pirólise rápida é graduado em operações comerciais, atenção particular deve ser dada a estratégia e meios de resfriamento rápido, têmpera e recuperação do produto de bio-óleo líquido.

Sumário

A presente invenção fornece processos melhorados de conversão térmica rápida da biomassa efetuando-se a recuperação eficiente de altas produções do produto líquido valioso (por exemplo, bio- óleo) da fase de vapor, em uma produção de grande escala.

Em uma modalidade, o material de biomassa, por exemplo, madeira, é alimentado por um sistema de conversão onde o material de biomassa material é misturado com uma corrente ascendente de veículos térmicos escaldantes, por exemplo, areia, em um ambiente substancialmente sem oxigênio em uma faixa de temperatura de conversão térmica entre 350 e 600 °C. Os veículos térmicos escaldantes contatam o material de biomassa termicamente convertendo a biomassa em uma corrente de vapor quente, que é resfriada, condensada, e recuperada à jusante como um produto líquido. Em uma modalidade preferida, a conversão térmica ocorre em uma temperatura de cerca de 500 °C com um tempo de permanência menor do que 5 segundos, e mais preferivelmente menor do que 2 segundos.

A corrente de vapor quente está direcionada a uma câmara de condensação, ou múltiplas câmaras de condensação, onde a corrente de vapor quente é rapidamente resfriada de uma temperatura de conversão de aproximadamente 350 °C a 600 °C a uma temperatura menor do que 100 °C em menos de 1 s, mais preferivelmente a uma temperatura de menos do que 50 °C em menos do que 100 ms, e mais preferivelmente a uma temperatura de menos do que 50 °C em menos do que 20 ms. Em uma modalidade preferida, a corrente

de vapor de fluxo ascendente é resfriada rapidamente pela temperatura da corrente de vapor com um fluxo descendente de meio de temperatura. Esta temperatura ou resfriamento rápido e íntimo por um fluxo descendente de meio de temperatura condensa a corrente de vapor no produto líquido. Em uma modalidade preferida, a parte do produto líquido condensado é retirada da câmara de condensação, ou câmaras, resfriada e circulada de volta para a câmara de condensação, ou câmaras, para fornecer o meio de temperatura. O produto líquido usado para o meio de temperatura pode ser resfriado a uma temperatura dentre 30 °C e 50 °C antes de ser circulado de volta para a câmara de condensação. Preferivelmente, o meio de temperatura é despejado em uma taxa de pelo menos 10 gpm/sq. ft (galão por minuto/sq. ft) da área transversal da câmara de condensação, e mais preferivelmente em uma taxa de pelo menos 50 a 100 gpm/sq. ft. O produto líquido na câmara é coletado como um produto líquido valioso, por exemplo, bio-óleo, que pode ser usado, por exemplo, para combustível e/ ou outros usos comerciais. Os processos da invenção são capazes de produzir produções elevadas do produto líquido valioso, por exemplo, aproximadamente 75% ou mais do material de biomassa de consumo.

Em uma modalidade, uma segunda câmara de condensação localizada a jusante da primeira câmara de condensação é usada para condensar o vapor que evade condensação na primeira câmara de condensação para aumentar a produção do produto líquido. A segunda câmara de condensação pode usar o mesmo ou diferente meio de temperatura como a primeira câmara de condensação.

Em uma modalidade, um desembacador e um filtro são associados com a primeira e/ ou segunda câmara de condensação para remover as partículas finas da corrente de gás que sai das câmaras de condensação e coletar produto líquido adicional da corrente de gás.

Preferivelmente, o processo de conversão e coleta é realizado em ou próximo da pressão atmosférica, que torna a alimentação, conversão e a coleta da biomassa do produto líquido mais fácil e mais segura. Isto também permite que a biomassa seja continuamente alimentada pelo sistema de conversão em uma taxa elevada facilitando a produção industrial em grande escala do produto líquido.

As vantagens acima e outras das modalidades desta invenção serão evidentes a partir da seguinte descrição mais detalhada quando tomada em conjunto com os desenhos que seguem.

Breve Descrição dos Desenhos

FIG. 1 mostra um diagrama de um sistema de coleta de produto líquido e conversão térmica de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção.

FIG. 2 mostra um sistema de alimentação para alimentar a carga de alimentação da biomassa pelo sistema de conversão térmica de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção.

FIG. 3 mostra o re-aquecedor para re-aquecer os veículos térmicos de acordo com uma modalidade da presente invenção.

FIG. 4 é uma tabela mostrando os resultados para processos exemplares de conversão térmica de acordo com as modalidades da presente invenção.

5 Descrição Detalhada

Figura 1 mostra um sistema de conversão térmica rápida 10 para converter biomassa, por exemplo, madeira, em altas produções de produto líquido de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção.

Sistema de Alimentação

10 O sistema de alimentação 15 é usado para fornecer um fluxo regulado de carga de alimentação da biomassa sólida para o sistema de conversão 10. Preferivelmente, a carga de alimentação da biomassa é uma carga de alimentação da madeira seca, que pode estar na forma de serragem, porém materiais de biomassa de fase de vapor (fase de gás) e líquido podem ser eficazmente processados no sistema de conversão térmica rápida usando um

15 sistema de alimentação de fase de vapor ou líquido alternativo. Os materiais de carga de alimentação da biomassa que podem ser usados incluem, porém não estão limitados a, madeira-de-lei, madeira mole, casca de árvore, resíduos agrícolas e silviculturais, e outras matérias-primas de alimentação de biomassa carbonadas. As modalidades da invenção também podem ser aplicadas à conversão de outras matérias-primas de alimentação carbonadas in-

20 cluindo, porém não limitado a, plástico, polímeros, hidrocarbonetos, petróleo, carvão, e matérias-primas de alimentação de refinaria. Uma vez que o sistema de conversão opera ligeiramente acima da pressão atmosférica (isto é, pressão suficiente para superar a pressão de retorno do equipamento de corrente descendente), o sistema de alimentação 15 deveria fornecer material ao sistema de conversão 10 sob pressão leve (1,2 atmosferas) ao mesmo

25 tempo em que aceitando o material de carga de alimentação de, por exemplo, um silo de armazenamento de madeira, que está em pressão atmosférica. Para obter um fornecimento contínuo de carga de alimentação desta maneira um sistema de *lock-hopper* é utilizado, que é mostrado em maiores detalhes na Figura 2.

O sistema de alimentação 10 compreende uma caixa de compensação de carga de

30 alimentação 17, uma caixa de alimentação 20, e uma válvula de transferência 22, por exemplo, válvula de abertura de corte, entre a caixa de compensação 17 e caixa de alimentação 20. A válvula 22 fornece isolamento da caixa de compensação 17 da caixa de alimentação 20, e preferivelmente compreende um assento de elastômero para garantir um selo pressionado a gás. A válvula 22 permite encher a caixa de compensação 17 com carga de alimen-

35 tação sob condições atmosféricas ao mesmo tempo em que mantendo um selo na caixa de alimentação 20 de modo que a caixa de alimentação 20 possa operar acima da pressão atmosférica.

A caixa de compensação da carga de alimentação 17 é preferivelmente um recipiente cilíndrico construído de aço ao carbono e tem uma capacidade que é suficiente para manter bastante carga de alimentação, por exemplo, durante aproximadamente 30 minutos de transferência de carga de alimentação antes do reabastecimento. A caixa de compensação 17 é equipada com um sistema de alimentação nivelado e dispositivo de rompimento de ponte interno usado para desalojar o material de biomassa preso. Os exemplos de dispositivos de rompimento de ponte incluem um *sweep-arm* com ou sem projeções de dedo, dispositivos de vibração, cadeias de oscilação, e similares. A taxa de descarga de carga de alimentação da caixa de compensação 17 pode ser fixa e um ciclo de transferência completo em aproximadamente 10 minutos. Três sensores de nível (comutador de nível elevado, comutador de nível baixo, e comutador de nível baixo-baixo) podem ser usados para ativar a transferência de carga de alimentação, além disso, o monitoramento contínuo do nível do material de carga de alimentação caixa de compensação 17 pode ser obtido com um transmissor de nível. Quando o nível do material na caixa de compensação 17 cai para ativar o comutador de nível baixo, o material de carga de alimentação automaticamente será transferido do sistema de armazenamento de carga de alimentação (não mostrado) para a caixa de compensação 17. O comutador de nível elevado é usado para indicar quando a caixa de compensação está cheia e a transferência do material do sistema de armazenamento de carga de alimentação é terminada. O comutador baixo-baixo é um comutador de refluxo para indicar que a caixa está vazia quando o comutador de nível baixo não está ativado. Isto pode ocorrer, por exemplo, quando o material se prende no comutador de nível baixo dando uma falsa leitura. A válvula 22 é resfriada quando a caixa de compensação está sendo cheia.

Quando o nível na caixa de alimentação 20 alcança o comutador de nível mais baixo, material de carga de alimentação é automaticamente transferido da caixa de compensação 17 para a caixa de alimentação 20. Antes de abrir a válvula 22, a pressão da caixa de compensação 17 é equalizada com a caixa de alimentação 20. O material de carga de alimentação pode ser transferido da caixa de compensação 17 para a caixa de alimentação 20 por transferência direta quando a caixa de compensação 17 está localizada diretamente acima da caixa de alimentação 20 e a válvula 22 é aberta. Alternativamente, se as caixas são desligadas, então um sistema alimentador de verruma ou parafuso (não mostrado) pode ser usado para transferir o material da caixa de compensação 17 para a caixa de alimentação 20. A verruma ou parafuso podem ser horizontais ou inclinados dependendo da orientação relativa das duas caixas. A caixa de alimentação 17 é preferivelmente construída de aço ao carbono e é equipada com um alimentador de nível volumétrico. O alimentador volumétrico fornece um fluxo dosado do material para um transportador helicoidal de consumo de conversão de velocidade constante 35, que transfere o material para o sistema de conver-

são 10. O operador pode ajustar o fluxo desejado do material ajustando-se a velocidade do transportador helicoidal 35. Para fornecer condicionamento de carga de alimentação, um sistema de rompimento de ponte interno é incorporado.

O transportador helicoidal de velocidade constante 35 é construído de aço inoxidável e é fornecido com suportes e selos de temperatura elevada. O transportador 35 pode operar em uma velocidade constante e é capaz de descarregar o material no sistema de conversão 10 em uma taxa mais elevada do que a que está sendo fornecida pelo alimentador volumétrico. Isto garante um fluxo homogêneo, disperso do material. Para segurança, a saída do parafuso 35 é ajustada com uma válvula de corte e sistema de têmpera de água.

Sistema de Conversão Térmica

O sistema de conversão térmica 10 inclui um reator 30 que mistura a carga de alimentação com uma corrente de fluxo ascendente de veículos térmicos escaldantes, por exemplo, areia, em uma zona de mistura. O reator é essencialmente livre de oxigênio. A carga de alimentação entra no reator 30 exatamente abaixo da zona de mistura e é contatado pela corrente de fluxo ascendente de veículos térmicos escaldantes (areia) e seu fluido de transporte (gás de reciclo). O resultado é a mistura completa e rápida e transferência de calor condutor (incluindo ablação) dos veículos térmicos para a carga de alimentação. Os veículos térmicos escaldantes instantaneamente estimulam a carga de alimentação em um vapor quente, que é resfriado, condensado, e recuperado à jusante como um produto líquido.

A conversão térmica da carga de alimentação é iniciada na zona de mistura sob temperaturas moderadas, por exemplo, aproximadamente 500°C (aproximadamente 930°F) e continua através do sistema de separação 40 localizado a jusante do reator 30. O tempo de permanência no reator é preferivelmente menor do que 5 segundos, e mais preferivelmente menor do que 2 segundos. Os veículos térmicos sólidos juntamente com carvão animal como subproduto são removidos da corrente de vapor do produto no sistema de separação 40. Preferivelmente, o sistema de separação é cheio com revestimento resistente a alta abrasão para minimizar a probabilidade de falha prematura. A corrente de vapor do produto que passa através do sistema de separação 40 é direcionada para o sistema de recuperação de produto líquido a jusante 50.

Na modalidade mostrada na Figura 1, o sistema de separação 40 compreende dois separadores ciclônicos 43 e 45. O primeiro separador ciclônico 43 separa os veículos térmicos sólidos e carvão animal como subproduto da corrente do produto. Os sólidos que foram removidos no primeiro separador 43 são direcionados para uma unidade re-aquecedora 47. O segundo separador 45 remove o carvão animal que não é removido no primeiro separador 43. A unidade re-aquecedora 47 é mostrada em maiores detalhes na Figura 3.

Na unidade re-aquecedora 47, o carvão animal como subproduto é convertido pela

adição de ar aos gases de combustão e térmicos. Tipicamente, há mais do que suficiente calor gerado pela combustão de carvão animal como subproduto e gás para satisfazer os requerimentos de calor do processo de conversão térmica (combustíveis externos, tais como gás natural, são raramente usados e tipicamente para início de sistema apenas). O calor em excesso do re-aquecedor pode ser produtivamente usado para outros propósitos, incluindo secagem de biomassa, geração de vapor, aquecimento de espaço, geração de força, etc. O calor gerado no re-aquecedor eleva a temperatura dos veículos térmicos sólidos, que podem então ser transferidos para o material de carga de alimentação no reator 30 para obter as temperaturas de reação necessárias.

10 Sistema de Coleta de Produto Líquido

A corrente de produto de vapor quente do sistema de separação sólido 40 é direcionada através de um canal isolado para uma coluna de coleta primária ou câmara de condensação 50. Preferivelmente, a corrente de vapor quente é levada de uma temperatura de conversão de aproximadamente 350 °C a 600 °C, a menos do que 100 °C em menos de 1s. Mais preferivelmente, a corrente de vapor quente é reduzida para menos do que 50°C em menos do que 0,1s (100 ms), e mais preferivelmente a uma temperatura de menos do que 50 °C em menos do que 20 ms. A coluna de coleta primária 50 é equipada com um distribuidor de líquido 53 localizado na parte superior da coluna 50. O produto líquido resfriado ou outro meio de tempera apropriado (por exemplo, água, diesel, outro líquido com base em petróleo, polissorbato, etc) é circulado através do distribuidor 53 e permitido "chover" na corrente de vapor de entrada. Vários tipos de sistemas distribuidores podem ser empregados. Os exemplos incluem, porém não estão limitados a, ventoinha, cano, chaminé, distribuidor de dedo, cabeça de pulverização, desenho de bocal, bandejas, pacotes, etc. Preferivelmente, pelo menos 10 gpm/sq. ft (galões por minuto/ sq. ft) de diâmetro transversal de coluna de líquido temperado são circulados através da coluna de coleta. Mais preferivelmente, pelo menos 50 a 100 gpm/sq. ft de diâmetro transversal de coluna de líquido temperado são circulados através da coluna de coleta. A corrente densa de líquido da chuva da coluna não somente serve para imediatamente resfriar e temperar o vapor de entrada, porém também fornece sítios de nucleação para a coleta do produto líquido. Tipicamente, o vapor quente entra na coluna de coleta 50 exatamente acima do nível de operação normal do líquido de coleta na coluna 50. O vapor não coletado na coluna de coleta primária 50 juntamente com o gás não condensável sai da coluna 50 através do orifício de saída de topo 55. Este modo de operação é contra-corrente. Em outro modo de operação no qual é desejado minimizar o comprimento da tubulação de vapor quente, o vapor quente entra através da parte superior da coluna 50 e o vapor não coletado na coluna 50 juntamente com o gás não condensável sai através de um orifício situado na parte inferior da coluna (exatamente acima do nível de líquido normal). Este modo de operação é co-corrente. A coluna 50 pode ser equipada com

um demister na seção de saída de gás da coluna para reduzir o arraste de gotas líquidas na segunda coluna de coleta 60.

O líquido condensado que se associou com a corrente de têmpera atomizada de fluxo descendente se acumula na parte inferior da coluna 50. Além disso, as gotas condensadas pesadas caem para a parte inferior da coluna 50 devido à sedimentação gravitacional. Os transmissores de nível na coluna 50 são usados para monitorar e manter os níveis de líquido desejados. Em uma modalidade, a parte do produto líquido   retirada da coluna 50 e bombeada por uma bomba condensadora 57 através de um permutador de calor 58 para resfriar o produto líquido para, por exemplo, 30 a 50  C. O meio de resfriamento para o permutador de calor 58 pode ser  gua. Outros meios de resfriamento podem ser empregados incluindo um sistema de glicol, um resfriador de ar, ou similares. O produto líquido resfriado   circulado de volta para o sistema de distribuição de coluna 53 para fornecer o meio de têmpera para a corrente de vapor de entrada.

O produto líquido na coluna de coleta é bombeado para produzir tanques de armazenamento (não mostrado) para manter o nível de líquido desejado. O produto líquido coletado fornece um produto líquido valioso, bio-óleo, que pode ser usado, por exemplo, para combustível e/ ou outros usos comerciais.

O vapor é rapidamente temperado por que o vapor e o produto líquido são termicamente lábeis (quimicamente reagem em temperaturas mais elevadas). Ao usar uma taxa elevada de têmpera/recirculação de líquido, o vapor de entrada é rapidamente temperado, que evita reações químicas indesejáveis tais como polimerização que ocorre em temperaturas mais elevadas. Além disso, a taxa de recirculação elevada do produto líquido usado para os meios de têmpera previne os meios de têmpera de alcançar temperaturas indesejavelmente elevadas.

O vapor não coletado na coluna de coleta primária 50 ou recipiente é direcionado para uma coluna de coleta secundária 60 (coluna de condensaa  o secundária). Novamente como foi o caso para a coluna de condensaa  o primária 50 o produto líquido coletado é usado como um meio de têmpera através de um sistema de distribuição suspenso 63. Preferivelmente, pelo menos 24,45 m³/h.sq m (10 gpm/sq Ft) de diâmetro transversal de coluna de líquido são circulados através da coluna 60. Mais preferivelmente, pelo menos 122,22 a 244,45 m³/h.sq m (50 a 100 gpm/sq Ft) de diâmetro transversal de coluna de líquido temperado são circulados através da coluna 60. A coluna 60 pode ser equipada com um demister na seção de saída de gás da coluna 60 para reduzir o arraste de gotas líquidas, poeira ou aerossóis nos sistemas de filtração ou demister a jusante. O diâmetro transversal desta coluna 60 pode ser o mesmo como a coluna de coleta primária 50. Entretanto, é tipicamente menor em diâmetro uma vez que velocidades de gás superficial facilitarão a remoção das gotículas finas ou aerossóis na seção de demister da coluna 60.

Poeira, aerossóis e gás não condensável que saem da coluna de coleta secundária 60 são direcionados para um sistema de demister separado 70. Se a coluna de coleta secundária 60 for equipada com uma unidade de demister interno, então o demister separado a jusante pode não ser requerido. O sistema de demister 70 preferivelmente remove as gotículas de poeira que são maiores do que 3 microns. Essas gotículas tendem a ser capturadas no demister por impacção por inércia. As partículas, que estão se deslocando na corrente de gás, são incapazes de abruptamente mudar a direção juntamente com o gás quando o fluxo vai através do sistema de demister 70 devido ao seu peso. Como um resultado, elas impactam as fibras do demister e são subsequentemente capturadas. As partículas de poeira que entram em contato com as fibras do demister aderem por forças de Van Der Waals fracas. As gotículas de poeira de impacção por acúmulo tendem a se unir uma as outras para formar gotículas únicas maiores que finalmente caem para a parte inferior do recipiente do demister devido à sedimentação gravitacional.

O sistema demister 70 pode compreender uma série de unidades eliminadoras de poeira. A primeira unidade é um eliminador de poeira de palheta que pode remover cerca de 99% da poeira tão baixa quanto 10 microns. Em seguida, é uma almofada de malha de arame de aço inoxidável tendo uma densidade de cerca de $0,08 \text{ g/cm}^3$ (5 lb/ft^3) e um diâmetro de arame de $0,02794 \text{ cm}$ ($0,011$ polegadas) (área de superfície de $1,48 \text{ cm}^2$ ($45 \text{ ft}^2/\text{ft}^3$), e 99,0% de vácuos). Outros materiais podem ser usados além do aço, incluindo vidro, liga 20, Teflon, polipropileno, ou similares. Isto é seguido por uma almofada de malha de arame de aço inoxidável de $0,144 \text{ g/cm}^3$ (9 lb/ft^3), novamente $0,02794 \text{ cm}$ ($0,011$ polegadas) de diâmetro (área de superfície de $2,79 \text{ cm}^2$ ($85 \text{ ft}^2/\text{ft}^3$), e 98,0 % de vácuo). A unidade eliminadora de poeira final é um estilo de tecido tricotado compreendendo uma construção de arame de metal com fibras de vidro. A almofada é $0,144 \text{ g/cm}^3$ (9 lb/ft^3) com um diâmetro de arame de $0,0009144 \text{ cm}$ ($0,00036$ polegada) (área de superfície de $122,21 \text{ cm}^2$ ($3725 \text{ ft}^2/\text{ft}^3$), e 99,0 % de vácuo).

Os aerossóis finos (isto é, menores do que aproximadamente 3 microns), partículas condensadas de mais do que 3 microns que evadiram o sistema de demister 70, e o gás não condensável da coluna de condensação secundária 60 ou sistema de demister 70 passam por um sistema de filtragem final 80. O sistema de filtro 80 pode compreender dois leitos de fibra 80A e 80B configurados em paralelo, como mostrado na Figura 1. Novamente, como foi o caso com o sistema de demister 70, as partículas maiores do que 3 microns são capturadas por impacção por inércia. As partículas condensadas entre 1 e 3 microns tendem a ser capturadas através de intercepção na qual as partículas seguem a linha de corrente de gás não condensável que surge em cerca de um raio de partícula da superfície de uma fibra. As partículas menores do que 1 micron são capturadas através de difusão ou movimento de Brownian no qual as partículas têm uma tendência a se prenderem às fibras do filtro 80 de-

vido ao seu movimento aleatório. Novamente, as partículas capturadas tendem a ligarem-se uma a outra para formar gotas líquidas maiores. Entretanto, a queda de pressão através do filtro 80 pode exceder limites predeterminados antes de uma quantidade suficiente de material ter sido drenado para a seção inferior do recipiente de filtro. Além disso, a re-captura do material coletado pode ocorrer quando o carregamento localizado de líquido aumenta a área transversal aberta eficaz do filtro diminui desse modo aumentando o fluxo de gás através das áreas abertas restantes. Este aumento de fluxo de gás leva a velocidades aumentadas que podem levar a quedas de pressão mais elevadas do que o desejado e possivelmente a re-captura, e perda de líquido capturado. Portanto, o sistema de filtragem 80 pode consistir em mais do que uma unidade de filtro que pode ser configurada em paralelo ou em séries como requerido. Tipicamente duas unidades de filtro são empregadas 80A e 80B em paralelo nas quais uma unidade de filtro está on-line a qualquer momento. Uma unidade de filtro pode permanecer on-line durante um período de cerca de 8 a 24 horas (tipicamente 12 horas). Quando a unidade de filtro é comutada off-line é permitido drenar. A queda de pressão através da unidade de filtro pode também ditar o período de tempo que a unidade é permitida permanecer on-line. As quedas de pressão que excedem os limites predeterminados (tipicamente 254 cm (100 polegadas) de coluna de água) podem levar às falhas dos elementos dos filtros (isto é, buracos rasgados podem se desenvolver no tecido) da unidade de filtro.

Uma vez que a poeira e líquido de aerossol coletados podem tender a serem relativamente viscosos em condições ambiente um permutador de re-aquecimento 90 pode ser empregado entre a coluna condensadora secundária 60 e o demister 70 e os filtros de leito de fibra 80A e 80B. Alternativamente, se o demister é incorporado na coluna de condensador secundária 60, o permutador de re-aquecimento será instalado a montante dos filtros de leito de fibra 80A e 80B somente. Este permutador de re-aquecimento 90 é usado para ligeiramente elevar a temperatura da corrente de vapor (até cerca de 60 - 65 °C) e permite uma redução de viscosidade suficiente dos capturados nos sistemas a jusante 70 e 80 para permitir drenagem adequada.

O gás filtrado através do sistema de filtro 80 é reciclado de volta para o reator 30 por insufladores de reator 95. O gás reciclado fornece o fluido de transporte para o fluxo ascendente de veículos térmicos na zona de mistura do reator 30.

Os resultados para processos exemplares de conversão térmica de acordo com modalidades da presente invenção agora será descritos. Nesses exemplos, as colunas de coleta primária e secundária tiveram, cada uma, um diâmetro de aproximadamente 121,92 cm (4 pés). A taxa de alimentação do material de biomassa no sistema de conversão variou entre aproximadamente 333,89 a 428,39 g/s (2650 a 3400 lb/hr). A temperatura do vapor de entrada foi aproximadamente 500 °C com uma taxa de fluxo de aproximadamente 31,15

m³/min (1100 pés cúbicos padrão por minuto (scfm)). Nesses exemplos, uma parte do produto líquido em cada coluna de coleta foi resfriada e circulada de volta para a coluna de coleta para fornecer o meio de têmpera. A Tabela 1 abaixo mostra temperaturas de têmpera e taxas de recirculação para nove parâmetros de processo exemplares. A temperatura de têmpera é a temperatura do produto líquido resfriado antes da injeção de volta para a coluna de coleta, e a taxa de recirculação é a taxa de fluxo do produto líquido no topo da coluna de coleta.

Tabela 1: Temperaturas de Têmpera e Taxas de Recirculação

Exemplo	Temperatura de Têmpera do Bio-Óleo	Taxa de Re-circulação do Bio-Óleo
1	36	750
2	30	760
3	41	715
4	36	670
5	30	675
6	41	675
7	36	625
8	30	625
9	41	625

Os resultados para os nove exemplos são mostrados na Tabela 2 na Figura 4. Cada processo exemplar foi conduzido durante um período de aproximadamente 12 horas. Tabela 2 mostra o percentual de distribuição de bio-óleo coletado nas colunas de coleta primária e secundária ou condensadores, nas quais a coleta na coluna de coleta secundária incluiu a coleta de bio-óleo do demister e filtros de leito de fibra. A Tabela 2 também mostra propriedades do bio-óleo coletado das colunas de coleta primária e secundária.

Embora a presente invenção tenha sido descrita em termos das modalidades no momento preferidas, deve ser entendido que a descrição não deve ser interpretada como limitante. Várias alterações e modificações sem dúvida serão evidentes para aqueles versados na técnica após ter lido esta descrição. Consequentemente, é entendido que as reivindicações anexas sejam interpretadas com cobrindo todas alterações e modificações quando incluídas no espírito e escopo da invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para converter carga de alimentação biomássica ou não-biomássica em produto líquido, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

misturar a carga de alimentação com veículos térmicos sólidos em um reator para converter termicamente a carga de alimentação em uma corrente de vapor a uma temperatura de conversão dentre 350 e 600 °C;

separar os veículos térmicos sólidos da corrente de vapor;

temperar rapidamente a corrente de vapor com um meio de têmpera a uma temperatura menor do que 100 °C em menos do que 1 segundo em uma câmara de condensação para condensar a corrente de vapor em produto líquido; e

coletar o produto líquido da câmara de condensação.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a carga de alimentação compreende a carga de alimentação biomássica.

3. Método, de acordo com a reivindicação 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a carga de alimentação biomássica compreende essencialmente madeira.

4. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a carga de alimentação compreende carga de alimentação carbonada não-biomássica.

5. Método, de acordo com a reivindicação 4, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a carga de alimentação carbonada não-biomássica compreende plástico, polímeros, hidrocarbonetos, petróleo, carvão, ou carga de alimentação de refinaria.

6. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende adicionalmente:

bombear o produto líquido para fora da câmara de condensação;

resfriar o produto líquido bombeado a uma temperatura de aproximadamente 30 a

50 °C; e

circular o produto líquido resfriado de volta para a câmara de condensação para fornecer o meio de têmpera.

7. Método, de acordo com a reivindicação 6, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o meio de têmpera é derramado na corrente de vapor a uma taxa de fluxo de pelo menos 10 galões por minuto (gpm) por pés quadrado de uma área transversal da câmara de condensação.

8. Método, de acordo com a reivindicação 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o meio de têmpera é derramado na corrente de vapor a uma taxa de fluxo de pelo menos 50 gpm por pés quadrado da área transversal da câmara de condensação.

9. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a corrente de vapor é temperada a uma temperatura menor do que 50 °C em menos do que 0,1 segundo.

10. Método, de acordo com a reivindicação 9, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a corrente de vapor é temperada a uma temperatura menor do que 50 °C em menos do que 0,02 segundos.

5 11. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os veículos térmicos sólidos essencialmente compreendem areia.

12. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a conversão térmica produz o carvão animal como subproduto, também compreendendo:

introduzir o carvão animal como subproduto e os veículos térmicos separados da corrente de vapor em uma unidade re-aquecedora;

10 realizar a combustão do carvão animal como subproduto na unidade re-aquecedora para re-aquecer os veículos térmicos; e

introduzir os veículos térmicos re-aquecidos de volta ao reator para termicamente converter a carga de alimentação de entrada.

15 13. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende adicionalmente:

direcionar uma parte da corrente de vapor que não sofre condensação na câmara de condensação através de um sistema de demister e de filtro;

coletar produto líquido adicional no sistema de demister e de filtro; e

20 direcionar o gás saído do sistema de demister e de filtro para o reator para fornecer um fluxo dos veículos térmicos no reator.

14. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende adicionalmente:

direcionar uma parte da corrente de vapor que não sofre condensação na câmara de condensação para uma câmara de condensação secundária;

25 temperar rapidamente a corrente de vapor direcionada com o meio de têmpera na câmara de condensação secundária; e

coletar o produto líquido adicional da câmara condensadora secundária.

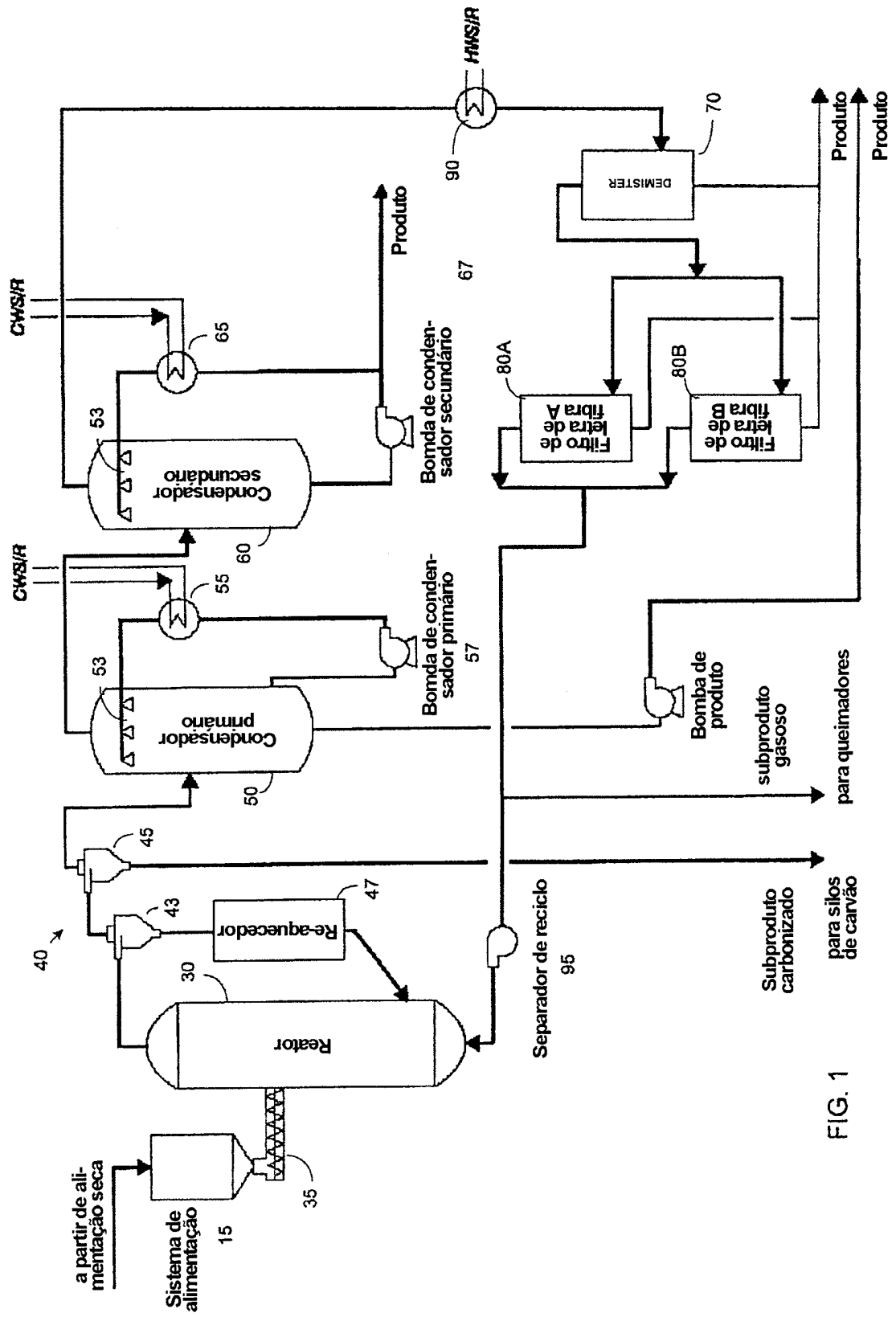


FIG. 1

RESUMO

“CONVERSÃO TÉRMICA RÁPIDA DA BIOMASSA”

A presente invenção fornece os processos melhorados de conversão térmica rápida
ara eficientemente converter madeira, outros materiais de biomassa, e outras cargas de ali-
5 mentação carbonadas (incluindo hidrocarbonetos) em altas produções do produto líquido
valioso, por exemplo, bio-óleo, em uma produção de grande escala. Em uma modalidade, o
material de biomassa, por exemplo, madeira, é alimentado por um sistema de conversão
onde o material de biomassa é misturado com uma corrente ascendente de veículos térmi-
cos esquentantes, por exemplo, areia, que termicamente converte a biomassa em uma cor-
10 rente de vapor quente. A corrente de vapor quente é rapidamente temperada com meio de
têmpera em uma ou mais câmaras de condensação localizadas a jusante do sistema de
conversão. A têmpera rápida condensa a corrente de vapor em produto líquido, que é cole-
tado das câmaras de condensação como um produto líquido valioso. Em uma modalidade, o
produto líquido propriamente dito é usado como o meio de têmpera.