



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

(11) PI 0819705-9 B1

(22) Data do Depósito: 17/10/2008

(45) Data de Concessão: 12/12/2017



(54) Título: PROCESSO E DISPOSITIVO DE TORREFAÇÃO E DE MOAGEM EM CAMADA FLUIDIZADA DE UMA CARGA DE BIOMASSA, VISANDO UMA GASEIFICAÇÃO OU DE UMA COMBUSTÃO POSTERIOR

(51) Int.Cl.: C10B 49/10; C10J 3/50; B01J 8/24; F26B 3/08

(30) Prioridade Unionista: 30/11/2007 FR 07/08.377

(73) Titular(es): IFP

(72) Inventor(es): MATTHIEU ROLLAND; SYLVAIN LOURET

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**PROCESSO E DISPOSITIVO DE TORREFAÇÃO E DE MOAGEM EM CAMADA FLUIDIZADA DE UMA CARGA DE BIOMASSA, VISANDO UMA GASEIFICAÇÃO OU DE UMA COMBUSTÃO POSTERIOR**".

5 Domínio da Invenção

A presente invenção refere-se a um processo de preparo de uma carga que contém a matéria fibrosa lignocelulósica, sozinha ou em mistura com uma parte hidrocarbonada, visando alimentar uma unidade de gaseificação ou um sistema de combustão. A invenção permite também o preparo de aparas de madeira, visando a sua utilização no domínio dos processos de vinificação.

Uma aplicação importante do dispositivo, de acordo com a invenção, é o preparo de uma carga de tipo biomassa lignocelulósica, visando a produção de carburantes ditos "biocarburantes".

15 A cadeia de produção destes biocarburantes comporta uma etapa de gaseificação alimentada pela carga de biomassa colocada sob a forma de pequenas partículas de tamanho geralmente inferior a 1 mm, e apresentando um teor em água geralmente inferior a 10% em peso.

A etapa de gaseificação leva a um gás contendo essencialmente monóxido de carbono e hidrogênio, conhecido do técnico pelo nome de gás de síntese denominado também "Syngas". O gás de síntese permite em seguida recompor um conjunto de partes hidrocarbonetos, notadamente uma parte gasolina e uma parte óleo combustível por meio da síntese Fischer Tropsch. O gás de síntese pode também ser utilizado como vetor, visando a produção de energia, ou como matéria-prima para produção de bases para a química e a petroquímica.

A presente invenção não está ligada a uma utilização específica da biomassa preparada nas condições de granulometria e de teor em água desejadas.

30 A unidade, segundo a presente invenção, pode, por exemplo, ser utilizada para produzir partículas de biomassa secas e calibradas com uma dimensão inferior ao mm que podem ser utilizadas em um processo de

combustão (caldeira ou forno) ou de vinificação.

Podem-se citar, como exemplos de partículas de biomassa utilizáveis no âmbito da presente invenção, os dejetos de diversas espécies de madeira, notadamente os resinosos, os dejetos de tipo palha ou bagaço de cana-de-açúcar, ou qualquer outro tipo de resíduos lígneos.

Na sequência do texto, utilizaremos como exemplo típico de carga lignocelulósica aparas de madeira resultantes de um retalhamento prévio. A etapa de retalhamento não faz parte da presente invenção, mas pode, em caso de necessidade, lhe ser acrescentada a montante.

Estas lascas de madeira são geralmente entregues sob a forma de partículas de maior dimensão compreendida entre 2 cm e 5 cm, a menor dimensão sendo inferior a 1 cm, geralmente denominadas plaquetas florestais, e podendo conter até 40% de água.

Na sequência do texto, por simplificação, caracteriza-se as partículas que constituem a carga biomassa por sua maior dimensão, sabendo-se que as outras dimensões são inferiores e que a menor dimensão é inferior a 1 cm.

A presente invenção permite otimizar o acondicionamento da matéria-prima lignocelulósica, visando notadamente o seu tratamento posterior em uma unidade de gaseificação, mais particularmente uma unidade de gaseificação em camada arrastada que necessita de um tamanho de partículas na entrada geralmente inferior a 1 mm, e preferencialmente inferior a 0,5 mm. Este acondicionamento compreende geralmente uma etapa de redução do teor em água (ou secagem) das partículas a um nível inferior a 10% em peso, seguida de uma etapa de redução de tamanho das partículas até atingir a faixa de tamanho conveniente ao tratamento em uma unidade de gaseificação em camada arrastada.

Na técnica anterior, a etapa de redução de tamanho é geralmente facilitada pela etapa a montante de torrefação à medida que a torrefação é acompanhada não somente de uma secagem, mas também de uma desestruturação parcial da matéria lignocelulósica. A torrefação pode se definir como uma pirólise à temperatura moderada e tempo de permanência contro-

lado. As condições operacionais típicas da torrefação correspondem a uma temperatura compreendida entre 230 e 300°C na ausência de ar.

A presente invenção descreve uma unidade que permite realizar simultaneamente e no mesmo compartimento a etapa de torrefação e a etapa de moagem. Resulta daí uma sinergia entre as condições operacionais da torrefação que permitem otimizar as condições de funcionamento do moedor. Além disto, a unidade funcionando em camada fluidizada, é muito fácil tratar em mistura com as partículas de biomassa de outras partículas sólidas, tais como coque de petróleo, ou partículas de carvão. O dispositivo, segundo a presente invenção, pode, com efeito, tratar em mistura partículas de biomassa e partículas de coque ou de carvão com a única condição que estas tenham um tamanho inferior às partículas de biomassa.

Exame da Técnica Anterior

É conhecido do técnico tratar por termólise ou por pirólise, a temperaturas compreendidas entre 200 e 280°C, e tempos de permanência da ordem de alguns minutos, uma carga de tipo biomassa lignocelulósica, a fim de enviá-la em seguida em um processo em camada fluidizada ou arrastada, e notadamente uma unidade de gaseificação com camada arrastada. É também conhecido que uma termólise suave, denominada torrefação, modifica a estrutura da biomassa de tal maneira que as operações posteriores de moagem se acham aí facilitadas, assim como a forma final das partículas sólidas obtidas que aproximam-se de partículas esféricas. Ao contrário, praticamente nenhuma informação é fornecida sobre a tecnologia aplicada para realizar essa torrefação.

A patente FR 2 678 850 da requerente descreve um forno de pirólise adaptado ao tratamento dos dejetos de lixo caseiro. Este forno de pirólise não recorre a uma camada fluidizada.

A patente US 4.787.917 descreve um processo de torrefação de madeira a uma temperatura compreendida entre 250°C e 280°C, de maneira a liberar bastonetes de comprimento compreendido entre 5 e 20 mm. Este processo de torrefação não recorre a uma camada fluidizada.

De maneira geral, encontra-se na técnica anterior de processo

de torrefação e de moagem, operando em camada fluidizada aplicado a partículas que têm massas volúmicas compreendidas entre 300 e 800 kg/m³, e dimensões da ordem de alguns centímetros.

Breve Descrição das Figuras

5 A figura 1 representa uma vista lateral da unidade de torrefação e de moagem em camada fluidizada, segundo a invenção. A figura 1 representa uma unidade que funciona à pressão atmosférica.

 A figura 2 representa uma vista de topo da unidade de torrefação e de moagem, de acordo com a invenção.

10 A figura 3 representa uma vista em perspectiva da unidade de torrefação e de moagem, de acordo com a invenção.

 A figura 4 representa, de forma mais detalhada, o moedor com suas protrusões que fazem parte integrante da unidade, segundo a invenção.

15 Breve Descrição da Invenção

 A presente invenção refere-se a um processo de torrefação e de moagem em camada fluidizada de uma carga contendo essencialmente matéria lignocelulósica, visando notadamente seu tratamento posterior em uma unidade de gaseificação. A presente invenção define também uma unidade
20 que permite realizar este processo.

 A matéria-prima é constituída de dejetos vegetais de tipo lignocelulósicos, tais como as lascas de diversas essências de madeira. Esta matéria-prima será suposta disponível no estado de lascas de dimensão típica compreendida entre 2 cm e 5 cm, com um teor em água compreendido entre
25 10% e 40% em peso.

 A unidade, de acordo com a invenção, permite realizar uma pirólise suave, denominada torrefação, operada a uma temperatura compreendida entre 230°C e 300°C, de preferência compreendida entre 250°C e 280°C, na ausência de ar, permitindo chegar a um teor em água da biomassa inferior a 5% em peso, e preferencialmente, compreendido entre 2 e 4%
30 em peso.

 Permite-se simultaneamente realizar uma redução do tamanho

das partículas introduzidas na unidade com um tamanho inferior a 1 mm, e preferencialmente inferior a 500 microns.

O tamanho das partículas na saída da unidade, de acordo com a invenção, pode ser escolhido por intermédio da velocidade de fluidização
5 conforme será explicado depois.

Quando é dito que as partículas na saída da unidade têm um tamanho, por exemplo, inferior a 1 mm, isto significa precisamente que 95% em peso de uma amostra retirada na saída da unidade são constituídos de partículas que têm um tamanho inferior a 1 mm.

10 O processo de torrefação de matéria de tipo biomassa lignocelulósica, segundo a presente invenção, supõe que a biomassa esteja disponível em lascas de tamanho compreendido entre 2 e 5 cm. Geralmente, estas lascas têm uma forma de paralelepípedo, e caracteriza-se seu tamanho pela noção de maior dimensão.

15 Em caso de necessidade, uma etapa de moagem primária, denominada também retalhamento, será necessária para atingir este tamanho de lascas, mas ela não faz parte integrante da presente invenção.

A unidade de torrefação e de moagem, de acordo com a invenção, funciona a uma temperatura compreendida entre 200 e 350°C, preferencialmente entre 250 e 280°C, com um tempo de permanência para as
20 partículas mais grossas, compreendido entre 10 e 40 minutos, preferencialmente compreendido entre 15 e 30 minutos. Entende-se por "mais grossas partículas", no contexto da invenção, partículas de tamanho superior a 2 mm.

25 A unidade, de acordo com a invenção, pode funcionar, segundo as necessidades até uma pressão de 3 MPa (30 bar), o que é uma vantagem, em particular em caso de utilização posterior em uma unidade de gaseificação. Com efeito, esta unidade de gaseificação em camada arrastada funciona geralmente a uma pressão compreendida entre 2 e 4 MPa (20 e 40
30 bar). Pode-se, portanto, transferir diretamente as partículas de biomassa na saída da presente unidade, para uma unidade de gaseificação situada a jusante.

A unidade de torrefação e de moagem em camada fluidizada, de acordo com a invenção, é constituída de um envoltório limitado por duas paredes sensivelmente verticais P1, P2, e apresentando pelo menos uma parede inclinada P3, que define de baixo acima três zonas:

- 5 - uma zona inferior 1, munida de um meio de fluidização adaptado à fluidização de partículas de tamanho compreendido entre 2 mm e 5 mm, e equipada com um moedor instalado no fundo desta zona;
- uma zona intermediária 2, munida de um meio de fluidização adaptado à fluidização de partículas de tamanho compreendido entre 1 e 2
10 mm;
- uma zona superior 3 munida de um meio de fluidização adaptado à fluidização das partículas de tamanho inferior a 1 mm.

A tubulação de introdução 11 das partículas a tratar mergulha no interior da unidade preferencialmente no nível da zona intermediária 2, e o
15 ângulo α da parede inclinada P3 em relação à vertical está geralmente compreendido entre 30° e 60°, e preferencialmente compreendido entre 35° e 45°.

Não há problema particular na forma das paredes P1, P2, mas mais frequentemente por razões de simplicidade de construção, as paredes
20 P1, P2 diferentes da parede inclinada, são de forma plana.

Assim, de acordo com uma variante preferida, a unidade de torrefação e de moagem de partículas de biomassa em camada fluidizada, de acordo com a invenção, tem a forma geral de um setor, o ângulo β das paredes sensivelmente verticais P1 e P2, que delimitam este setor, estando
25 compreendido entre 30° e 360°, e preferencialmente compreendido entre 45° e 360°.

O caso particular de um ângulo de 360° corresponde a uma unidade que teria uma forma cilíndrica e, neste caso, as paredes P1 e P2 vêm se confundir. Esta unidade de ângulo β igual a 360° permanece perfeitamente
30 no âmbito da presente invenção.

A unidade de torrefação e de moagem, de acordo com a invenção, pode funcionar à pressão atmosférica ou até níveis de pressão de apro-

ximadamente 5 MPa (50 bar).

No caso de uma unidade que funciona à pressão atmosférica, a parte superior da unidade pode ser constituída de um simples derramadouro 6, o nível da camada fluidizada 7 na parte superior que se estabelece naturalmente a um nível permitindo o derramamento contínuo das partículas tratadas.

No caso de uma unidade que funciona a uma pressão de algumas dezenas de bárias, a parte superior da unidade é fechada e apresenta uma tubulação de saída situada na parte superior desta unidade.

10 A configuração da parte superior da unidade e, em particular, do elemento de evacuação das partículas tratadas não é uma característica essencial da unidade, segundo a presente invenção, e pode ter qualquer forma bem-conhecida do técnico e ser eventualmente equipada com um elemento de separação entre as partículas mais finas e o gás de fluidização, 15 de maneira a reintroduzir na unidade estas partículas mais finas que seriam eventualmente arrastadas acima da zona superior da unidade.

A unidade de torrefação e de moagem de partículas de biomassa, de acordo com a invenção, funciona em camada fluidizada. Os elementos de fluidização de cada uma das três zonas que constituem a unidade são 20 calculados, de maneira a realizar uma perda de carga que é, segundo a prática comum do técnico, levada ao peso da camada de partículas a fluidizar em cada uma destas zonas.

Assim, o elemento de fluidização 3 da zona inferior 1 gera uma perda de carga geralmente compreendida entre 0,2 e 1,5 vez o peso da camada de partículas levada até a seção dessa zona inferior 1 e, preferencialmente, compreendido entre 0,3 e 1,0 o peso da camada de partícula levada 25 à seção desta zona inferior.

O elemento de fluidização 4 da zona intermediária 2 gera uma perda de carga geralmente compreendida entre 0,2 e 1,5 vez o peso da camada de partículas levada à seção desta zona intermediária 2, e, preferencialmente, compreendido entre 0,3 e 1,0 o peso da camada de partículas le- 30 vada à seção desta zona intermediária.

E o elemento de fluidização 5 da zona superior 3 gera uma perda de carga geralmente compreendida entre 0,2 e 1,5 vezes o peso da camada de partículas levada à seção dessa zona superior 3 e, preferencialmente, compreendido entre 0,3 e 1,0 o peso da camada de partículas levado à seção desta zona superior.

Os elementos de fluidização de cada uma das zonas 1, 2 e 3 não são necessariamente idênticos.

Mais frequentemente, os elementos de fluidização são constituídos de grades perfuradas, a dimensão e a densidade dos orifícios sendo determinadas pelo valor de perda de carga retida para cada uma das zonas.

Todavia, a unidade, segundo a presente invenção, pode recorrer a outros tipos de elemento de fluidização que as grades, e é compatível com todos os sistemas de fluidização desenvolvidos pelo técnico.

A determinação das velocidades de fluidização de cada zona da unidade é feita de maneira a realizar a fluidização das mais grossas partículas na zona inferior da unidade, a fluidização das partículas de tamanho intermediário nesta zona intermediária e a fluidização das partículas menores que deixam a unidade nesta zona superior da unidade.

Assim, a velocidade de fluidização na zona inferior 1 desta unidade está geralmente compreendida entre 1,3 e 2,5 vezes a velocidade mínima de fluidização das partículas, cujo diâmetro está compreendido entre 1 e 2 mm.

A velocidade de fluidização na zona intermediária 2 desta unidade está geralmente compreendida entre 1,3 e 2 vezes a velocidade mínima de fluidização das partículas, cujo diâmetro está compreendido entre 1 e 2 mm.

A velocidade de fluidização na zona superior 3 da unidade está geralmente compreendida entre 1,3 e 1,5 vez a velocidade mínima de fluidização das partículas, cujo diâmetro é inferior a 1 mm.

A unidade de torrefação e de moagem, segundo a presente invenção, permite realizar um tempo de permanência médio das partículas de biomassa mais grossas geralmente compreendido entre 10 e 40 minutos, e

preferencialmente compreendido entre 15 e 30 minutos.

De maneira geral, a temperatura no interior desta unidade é determinada, de maneira a atingir as condições da torrefação, seja a uma temperatura geralmente compreendida entre 230 e 300°C, e preferencialmente
5 compreendida entre 250 e 280°C.

De acordo com uma característica preferida da unidade, de acordo com a invenção, o moedor (12) que equipa a zona inferior da unidade, de acordo com a invenção, é instalado no fundo desta zona, de tal maneira que a distância entre as extremidades deste moedor e a parede da zona inferior
10 inferior 1 a mais próxima esteja compreendida entre 0,5 e 2 vezes o diâmetro das mais grossas partículas presentes na unidade.

De acordo com uma outra característica preferida da unidade, segundo a invenção, o moedor 12 instalado na zona inferior da unidade, de acordo com a invenção, possui protrusões contundentes sobre o estator 8 e
15 protrusões contundentes correspondentes sobre o rotor 10 de maneira que o entreferro entre essas protrusões esteja geralmente compreendido entre 1,0 e 1,5 vez o tamanho das partículas a serem obtidas na saída de unidade.

Descrição Detalhada Invenção

A unidade de torrefação e de moagem em camada fluidizada, objeto da presente invenção, é descrita abaixo por meio das figuras 1, 2 e 3
20 e 4. Sobre cada uma destas figuras, os elementos que são correspondentes são marcados pelo mesmo número.

Na sequência do texto, por simplificação, denominam-se grossas partículas de tamanho superior a 5 mm, partículas intermediárias, as partículas de tamanho compreendido entre 2 mm e 5 mm, e denominam-se partículas
25 menores as partículas de tamanho inferior a 1 mm.

A unidade é concebida de maneira a organizar uma gradação da velocidade de fluidização, a partir da parte inferior da unidade (zona inferior 1) adaptada para fluidização das grossas partículas, a zona intermediária
30 (zona 2) adaptada à fluidização das partículas intermediárias, até o topo da unidade (zona superior 3) adaptada à fluidização das partículas menores.

Não é preciso entender essas zonas como compartimentos es-

tanques. Em virtude do caráter agitado da fluidização, as partículas circulam de uma zona à outra, mas encontram-se majoritariamente em cada zona as partículas correspondentes à velocidade de fluidização desta zona. Entende-se majoritariamente uma percentagem de presença das partículas na zona correspondente à sua velocidade de fluidização, de pelo menos 50%, e preferencialmente de pelo menos 70%. A realização deste objetivo depende da escolha das velocidades de fluidização em cada uma das zonas.

As partículas de biomassa a tratar são introduzidas pelo topo da unidade, geralmente por gravidade, por meio de um conduto anotado 11 que desemboca no meio da camada de partículas, preferencialmente na zona intermediária 2.

A evacuação das partículas que têm o tamanho desejado (inferior a 1 mm) é realizada na parte superior da unidade por meio de um conduto 6, ou eventualmente por um simples derramadouro. As partículas mais grossas situam-se principalmente na zona inferior 1 onde são fluidizadas pela presença de partículas intermediárias, e permitem desta forma a colocação em fluidização das partículas introduzidas pelo conduto 11.

As partículas introduzidas na unidade têm maior dimensão compreendida entre 2 cm e 5 cm e não são em princípio fluidizáveis como tais. Elas são colocadas em fluidização por sua mistura com as partículas fluidizáveis que se acham na zona intermediária 2 e na zona inferior 1. As partículas a tratar colocadas em fluidização encontram o moedor instalado na zona inferior 1.

Supõe-se que uma partícula de 2 cm introduzida pelo conduto 11 encontra o moedor que a fragmenta em um certo número de partículas menores, determinadas tendo o tamanho requerido na saída da unidade, outras tendo um tamanho superior ao tamanho requerido. Essas partículas não tendo o tamanho requerido, por exemplo, exemplo 5 mm, vão permanecer nas proximidades do moedor no estado fluidizado, e acabarão por ser de novo moídas, pois a agitação inerente ao meio fluidizado levará estatisticamente ao contato com o moedor.

Ao cabo de um certo número de passes no moedor, as partícu-

las introduzidas na unidade atingem o tamanho requerido (inferior a 1 mm, e preferencialmente inferior a 500 microns), e são então arrastadas para a zona superior 3 da unidade onde é estabelecida a velocidade de fluidização que lhe corresponde. Com efeito, no nível da zona 1, adaptada à fluidização de partículas compreendida entre 2 e 5 mm, as partículas inferiores a 1 mm sofrem uma velocidade superior a sua velocidade de fluidização própria. Elas são, portanto, arrastadas para a zona superior 3. As partículas de tamanho superior a 5 mm são levadas para o moedor em virtude da existência de pelo menos uma parede inclinada. Foi mostrado que uma única parede de forma inclinada é suficiente para favorecer o movimento descendente das grossas partículas.

O ângulo α da parede inclinada está geralmente compreendido entre 30° e 60° em relação à vertical, e, preferencialmente, compreendido entre 35° e 45°.

Estabelece-se, portanto, ao longo da parede inclinada P3 que estende-se zona inferior 1 da unidade à zona superior 3, uma corrente descendente das partículas mais grossas, superiores a 5 mm, que são assim levadas para o moedor instalado na zona inferior 1.

A forma inclinada da parede P3 facilita o movimento descendente das partículas as mais grossas, mas qualquer forma seguindo aproximadamente uma linha inclinada que une a zona inferior 1 e a zona superior 3 da unidade permanece naturalmente no âmbito da invenção.

Em particular, uma forma em parte curvilínea, ou, mais geralmente, uma forma que alterna partes curvilíneas e partes retilíneas, de maneira que a linha que une o ponto o mais baixo da zona inferior ao ponto o mais alto da zona superior da unidade, apresenta globalmente um ângulo de inclinação α compreendido entre 30° e 60°, permanece no âmbito da presente invenção.

O gás de fluidização pode ser qualquer gás inerte, tal como o nitrogênio ou o CO₂, ao qual pode se acrescentar eventualmente uma parte dos gases oriundos da torrefação, após separação das partículas sólidas.

O elemento de fluidização pelo qual o gás de fluidização é intro-

duzido ao longo da parede inclinada P3 pode ser constituído de uma simples grade perfurada, os orifícios tendo um diâmetro e uma densidade calculados de maneira a satisfazer o valor desejado da perda de carga na travessia destes orifícios e a satisfazer as condições de fluidização própria à zona
5 considerada.

Toma-se a título de exemplo a zona intermediária 2 que realiza a fluidização das partículas de um diâmetro compreendido entre 1 e 2 mm. A velocidade de fluidização nesta zona é escolhida de maneira a estar compreendida entre 1,3 e 2,0 vezes a velocidade mínima de fluidização das par-
10 tículas "médias" desta zona, isto é, de partículas que têm um diâmetro típico de 1,5 mm e uma massa volúmica de 500 kg/m^3 .

A velocidade de fluidização é definida com a relação da vazão de gás introduzido na zona considerada sobre a seção desta zona. A vazão de gás sendo fixada pela velocidade de fluidização a realizar na zona consi-
15 derada, o diâmetro e a densidade dos orifícios resultam do cálculo da perda de carga na travessia do elemento de fluidização.

O critério geralmente admitido pelo técnico é de realizar uma perda de carga na travessia do elemento de fluidização compreendida entre 0,3 e 1,5 vez o peso da camada fluidizada levada à seção da zona conside-
20 rada, em função da maior ou menor dificuldade a fluidizar as partículas consideradas.

De maneira preferida, conserva-se o diâmetro dos orifícios constante sobre o conjunto do elemento de fluidização, e se faz variar a densidade dos orifícios, segundo a zona para atingir a vazão de fluidização desejada
25 em cada zona. Todavia, pode-se também fazer variar o diâmetro dos orifícios segundo cada uma das zonas, como isto é mostrado a título de ilustração nas figuras 1 e 2, para melhor fazer sobressair a diferenciação das zonas inferior, intermediária e superior.

O método de dimensionamento do elemento de fluidização será
30 ilustrado nos exemplos que seguem a presente descrição.

O moedor 12 situado na zona inferior da unidade, de acordo com a invenção, apresenta um estator equipado com protruções contundentes 8

e um rotor equipado de protrusões 10 correspondentes às protrusões 8. Entende-se por protrusões correspondentes 8 e 10 das protrusões, cujas formas são correspondentes, de maneira que as partículas de tamanho inferior a 1,5 mm passarão entre elas. Esta condição é conseguida por uma regulação do entreferro que separa duas protrusões correspondentes.

As formas das protrusões 8 e 10 podem ser muito diversas. Na figura 4, foram representadas a título de exemplo as protrusões 10 em forma de flecha, e as protrusões correspondentes 8 em forma de entalhe que recebe a ponta da flecha.

O acionamento do moedor é geralmente realizado por meio de um motor elétrico situado no exterior do presente reator.

A zona inferior 1, na qual fica situado o moedor, é fluidizada a uma velocidade que corresponde à fluidização das partículas de tamanho compreendido entre 2 e 5 mm. A fluidização das partículas de tamanho compreendidas entre 2 mm e 5 mm induz a fluidização das partículas de tamanho maior, por exemplo, de tamanho de 1 a 5 cm introduzidas na unidade.

Trata-se no caso de uma propriedade das camadas fluidizadas de comunicar o estado fluidizado a partículas que não seriam fluidizáveis sozinhas, mas a tornam em mistura com partículas fluidizáveis.

A fluidização é realizada por meio de uma grade que responde aos mesmos critérios de perda de carga que os outros elementos de fluidização. A fluidização permite também evitar o acúmulo de partículas nas proximidades do moedor e facilita a passagem repetida das partículas no interior deste moedor.

Desde que as partículas tenham atingido um tamanho inferior a 1 mm, elas são arrastadas para a zona superior da unidade 3, de onde são evacuadas pela tubulação de evacuação 6.

O tempo de permanência médio de uma partícula, a partir de sua introdução na unidade pelo conduto de fornecimento 11 até sua saída pela tubulação de evacuação 6 é geralmente inferior a 30 minutos, e preferencialmente inferior a 20 minutos.

A temperatura da unidade em qualquer ponto está geralmente compreendida entre 230°C e 300°C, e preferencialmente compreendida entre 250°C e 280°C.

5 A pressão da unidade está geralmente compreendida entre a pressão atmosférica e 3 MPa (30 bar).

A escolha da pressão depende da pressão operacional da unidade de gaseificação instalada a jusante.

10 A presente unidade permite realizar um acoplamento estreito e uma verdadeira sinergia entre o processo de torrefação e a moagem. Com efeito, é conhecido do técnico que a torrefação é acompanhada de uma fragilização da estrutura lignocelulósica e facilita a moagem posterior.

15 A implantação na unidade de um moedor que funciona no meio de uma camada fluidizada operada nas condições operacionais da torrefação permite otimizar o funcionamento deste moedor que recebe uma maioria de partículas torradas, isto é, mais precisamente, uma maioria de partículas tendo permanecido nas condições da torrefação.

20 Além disto, a diferenciação das velocidades de fluidização entre a zona inferior 1 e a zona superior da unidade 3 permite liberar a zona inferior das partículas finas, isto é, aquelas que atingiram um tamanho inferior a 1 mm, o que não seria o caso na ausência de uma fluidização diferenciada que poderia deixar permanecer as partículas finas formadas nas proximidades do moedor.

Exemplos

25 O primeiro exemplo refere-se a uma unidade segundo a invenção que trabalha à pressão atmosférica e que trata partículas de biomassa sob a forma de plaquetas florestais de dimensão 2c*3cm*5cm* com um teor em água de 35% em peso, visando obter partículas de tamanho inferior a 500 microns e de teor em água inferior a 5% em peso.

30 A vazão de carga biomassa a tratar é de: 20000 toneladas / ano, seja 2,31 toneladas / hora.

A unidade de torrefação e de moagem, de acordo com a invenção, corresponde a um setor cônico de ângulo com vértice β de 90° e tem as

seguintes dimensões:

Altura total: 2,5 m

Diâmetro máximo (em zona superior): 4,6 m

Diâmetro do moedor: (zona inferior): 0,5 m

5 Diâmetro zona intermediária: de 0,5 a 3,6 m

Diâmetro zona superior: de 3,6 a 4,6 m

Ângulo α da parede inclinada / vertical: 43°

Velocidade de fluidização em zona 1 e 2: 27,3 cm/s

Velocidade de fluidização em zona 3: 6,3 cm/s

10 Fração vazia média da camada fluidizada: 0,47

Tempo de permanência médio das partículas: 20 minutos

Vazão de gás em zona 1 e 2: 1305 Nm³/hora

Vazão de gás extraído em zona 3: 190 Nm³/hora

15 O dimensionamento dos elementos de fluidização para as zonas inferior, intermediária e superior é feito a partir do critério de perda de carga na travessia deste elemento escolhido igual a 0,5 vez o peso da camada levada à seção da zona considerada, e pesquisando velocidades de gás na saída de cada orifício compreendidas entre 40 m/s e 70 m/s. Escolhe-se uma simples grade perfurada de orifícios.

20 O que dá para as zonas inferior e intermediária:

- diâmetro de orifício: 5,6 mm e 590 orifícios por m² de seção de grade e para a zona superior:

- diâmetro de orifício 4,0 mm e 410 orifícios por m² de seção de grade.

25 O segundo exemplo refere-se a uma unidade, de acordo com a invenção, que trabalha sob uma pressão de 3 MPa (30 bar) e que trata partículas de biomassa sob a forma de plaquetas florestais de dimensão 2cm*3cm*5Cm, tendo um teor em água de 40% em peso, visando obter partículas de tamanho inferior a 500 microns e teor em água inferior a 5% em peso.

30

A vazão de carga biomassa a tratar é de 40.000 toneladas / ano, seja 4,62 toneladas / hora.

A unidade de torrefação e de moagem, de acordo com a invenção, corresponde a um setor cônico de ângulo com vértice β de 90° e tem as seguintes dimensões:

Altura total: 3,4 m

- 5 Diâmetro máximo (em zona superior): 5,0 m
Diâmetro do moedor: (zona inferior): 0,6 m
Diâmetro zona intermediária: de 0,5 a 4,2 m
Diâmetro zona superior: de 4,2 a 5,0 m
Ângulo α da parede inclinada / vertical: 36°
- 10 Velocidade de fluidização em zona 1 e 2: 12,0 cm/s
Velocidade de fluidização em zona 3: 4,3 cm/s
Fração vazia média da camada fluidizada: 0,47
Tempo de permanência médio das partículas: 15 minutos
Vazão de gás em zona 1 e 2: 24430 Nm³/hora
- 15 Vazão de gás extraído em zona 3: 3500 Nm³/hora

O dimensionamento dos elementos de fluidização para as zonas inferior, intermediária e superior é feito a partir do critério de perda de carga na travessia deste elemento escolhido igual a 0,5 vez o peso da camada levada à seção da zona considerada e pesquisando velocidades de gás na saída de cada orifício compreendidas entre 40 m/s e 70 m/s.

Escolhe-se uma simples grade perfurada de orifícios.

O que dá para as zonas inferior e intermediária:

- diâmetro de orifício: 6,0 mm e 695 orifícios por m² de seção de grade e para a zona superior:

- 25 - diâmetro de orifício 3,0 mm e 215 orifícios por m² de seção de grade.

REIVINDICAÇÕES

1. Unidade de torrefação e de moagem em camada fluidizada, de partículas de biomassa de maior dimensão compreendida entre 2 e 5 cm, caracterizada por ser constituída de um envoltório que tem a forma geral de
- 5 um setor que apresenta a) duas paredes sensivelmente verticais P1, P2, o ângulo β das paredes P1 e P2 que delimita este setor estando compreendido entre 30° e 360° e preferencialmente compreendido entre 45° e 360°, e b) pelo menos uma parede inclinada P3, que define de baixo acima três zonas:
- uma zona inferior 1, munida de um meio de fluidização adaptado à fluidização de partículas de tamanho compreendido entre 2 mm e 5
 - 10 mm, e equipada com um moedor instalado no fundo desta zona;
 - uma zona intermediária 2, munida de um meio de fluidização adaptado à fluidização de partículas de tamanho compreendido entre 1 e 2 mm;
 - 15 - uma zona superior 3 munida de um meio de fluidização adaptado à fluidização das partículas de tamanho inferior a 1 mm,
- a tubulação de introdução 11 das partículas a tratar mergulhando no interior da unidade no nível da zona intermediária 2, e o ângulo α da parede inclinada P3 em relação à vertical estando compreendido entre 30 e 60°.
- 20 2. Unidade de torrefação e de moagem de partículas de biomassa em camada fluidizada, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o ângulo α da parede inclinada em relação à vertical está compreendido entre 35° e 45°.
3. Unidade de torrefação e de moagem de partículas de biomassa em camada fluidizada, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracteriza-
- 25 da pelo fato de que o diâmetro do moedor é tal que a distância entre as extremidades deste moedor e a parede da zona inferior 1 mais próxima, está compreendida entre 0,5 e 2 vezes o diâmetro das mais grossas partículas presentes na zona inferior 1 da unidade.
- 30 4. Unidade de torrefação e de moagem de partículas de biomassa em camada fluidizada, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizada pelo fato de que o elemento de fluidização 3 da zona infe-

rior 1, o elemento de fluidização 4 da zona intermediária 2 e o elemento de fluidização 5 da zona superior 3 geram uma perda de carga compreendida entre 0,2 e 1,5 vez o peso da camada de partículas levada à seção da zona considerada, e preferencialmente compreendida entre 0,3 e 1,0 vez o peso da camada de partículas levada à seção da zona considerada.

5 5. Unidade de torrefação e de moagem de partículas de biomassa em camada fluidizada, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizada pelo fato de que o moedor possui protrusões contundentes sobre o estator 8 e protrusões contundentes correspondentes sobre o rotor 10, de maneira que o entreferro entre estas protrusões esteja compreendido entre 1,0 e 1,5 vez o tamanho das partículas a serem conseguidas na saída da unidade.

15 6. Processo de torrefação e de moagem de partículas de biomassa em camada fluidizada, caracterizado por utilizar a unidade, como definida nas reivindicações 1 a 5, no qual a temperatura no interior desta unidade está compreendida entre 230° e 300°C, e preferencialmente compreendida entre 250° e 280°C; e

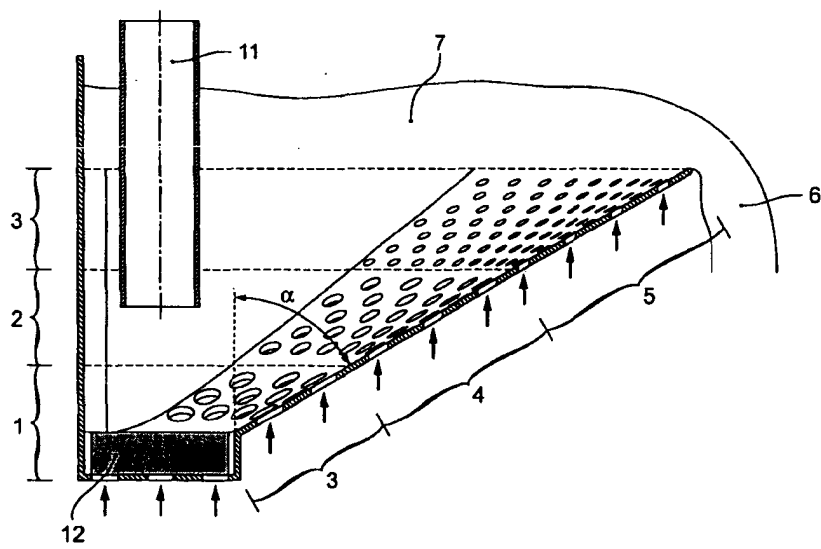
20 - a velocidade de fluidização na zona inferior 1 desta unidade está compreendida entre 1,3 e 2,5 vezes a velocidade mínima de fluidização das partículas, cujo diâmetro está compreendido entre 1 e 2 mm; e

 - a velocidade de fluidização na zona intermediária 2 desta unidade está compreendida entre 1,3 e 2,0 vezes a velocidade mínima de fluidização das partículas, cujo diâmetro está compreendido entre 1 e 2 mm; e

25 - a velocidade de fluidização na zona superior 3 desta unidade está compreendida entre 1,3 e 1,5 vez a velocidade mínima de fluidização das partículas, cujo diâmetro é inferior a 1 mm.

30 7. Processo de torrefação e de moagem de partículas de biomassa em camada fluidizada, utilizando a unidade como definida nas reivindicações 1 a 5, caracterizada pelo fato de que o tempo de permanência médio das partículas de biomassa mais grossas presentes nesta unidade está compreendido entre 10 e 40 minutos, e preferencialmente compreendido entre 15 e 30 minutos.

Fig 1



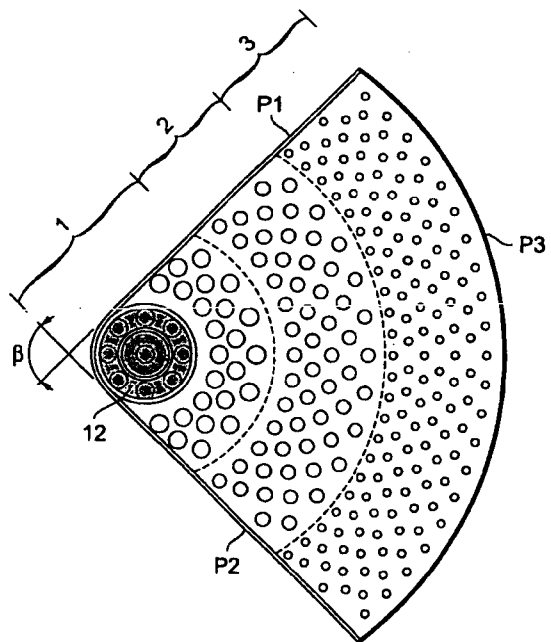


Fig 2

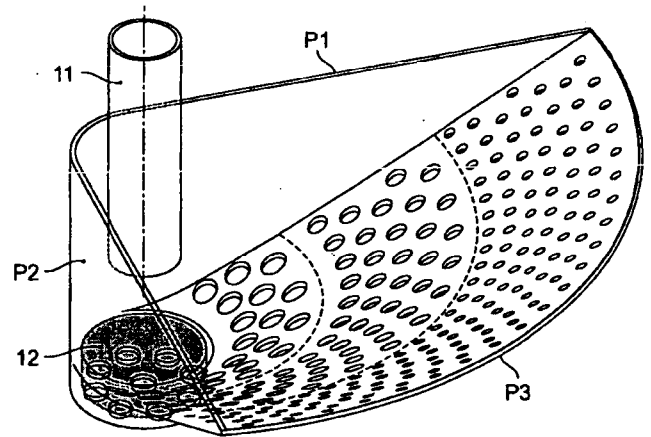


Fig 3

Fig 4

