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

(21) PI 0720461-2 A2

(22) Data de Depósito: 11/12/2007
(43) Data da Publicação: 14/01/2014
(RPI 2245)

(51) Int.Cl.:
C10J 3/58
C10J 3/20

(54) Título: PROCESSO E EQUIPAMENTO PARA PRODUZIR GÁS DE SÍNTESE A PARTIR DE BIOMASSA

(57) Resumo:

(30) Prioridade Unionista: 14/12/2006 SE 0602488-9

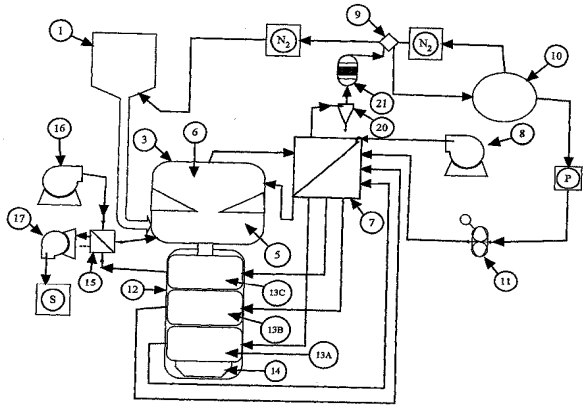
(73) Titular(es): Cortus AB

(72) Inventor(es): Rolf Ljunggren

(74) Procurador(es): Magnus Aspeby e Claudio Szabas

(86) Pedido Internacional: PCT SE2007001096 de 11/12/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2008/073021de 19/06/2008



"PROCESSO E EQUIPAMENTO PARA PRODUZIR GÁS DE SÍNTESE A PARTIR DE BIOMASSA"

CAMPO TÉCNICO DA INVENÇÃO

A presente invenção se refere a um processo para produzir gás de síntese a partir de biomassa, dito processo compreendendo as etapas de secagem da biomassa e gaseificação da biomassa. A presente invenção também se refere a um equipamento para realizar o processo de acordo com a presente invenção.

Este novo processo para gaseificação de biomassa baseado em geradores de gás, purificação de gás e aquecimento regenerativo será mais eficiente que qualquer solução conhecida e possível de usar desde uma escala média (comunidade) até uma grande (indústria).

TÉCNICA ANTERIOR

A gaseificação de biomassa é uma importante fonte de energia "verde". Isto é principalmente devido a sua capacidade de tanto ser renovável como não adicionar dióxido de carbono à atmosfera. É também a fonte de gases de síntese para a segunda geração de produção de biocombustível líquido.

Encontrar o processo mais eficiente para a gaseificação de biomassa (madeira) é um negócio em andamento em todo o mundo. A maioria das iniciativas para a gaseificação vem de caldeiras onde vapor e eletricidade são proporcionados em paralelo à gaseificação. Este processo é focado na geração e reciclagem de calor sem formação de vapor.

A partir do documento JP 4096995 é previamente conhecido um processo para a produção de gás de alta energia, dita produção partindo de uma mistura de gás de forno de coque e gás de conversão. O gás oxigênio é adicionado à mistura. Em uma fase subseqüente é produzido gás metano. Em uma fase final da produção de gás de alta energia, o gás nitrogênio presente é removido por separação criogênica.

OBJETOS E CARACTERÍSTICAS DA INVENÇÃO

O objeto primário da presente invenção é apresentar um processo para produzir um gás de síntese que tem um alto poder calorífico.

Um objeto adicional da presente invenção é eliminar o nitrogênio dos gases de combustão.

Ainda um objeto adicional da presente invenção é reduzir o gás purificado, isto é, o gás a partir do qual o nitrogênio foi removido.

Inclusive um objeto adicional da presente invenção é realizar várias etapas de troca de calor durante o processo.

Pelo menos o objeto primário da presente invenção é realizado por um processo ao qual foi dado as características caracterizantes da reivindicação independente 1 adjunta. Modalidades preferidas da invenção são definidas nas reivindicações dependentes.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

Uma modalidade preferida da invenção será descrita abaixo, sendo feita referência aos desenhos adjuntos, onde:

A figura 1 mostra um diagrama de fluxo de um processo preferido de acordo com a presente invenção, dito diagrama mostrando também esquematicamente unidades que formam um equipamento para realizar o processo;

A figura 2 mostra um diagrama de fluxo de um processo de purificação de gás preferido de acordo com a presente invenção, dito diagrama mostrando também esquematicamente unidades que formam um equipamento para realizar o processo de purificação; e

A figura 3 mostra um diagrama de fluxo de uma modalidade alternativa da presente invenção onde queimadores de radiação com troca de calor interna e possivelmente reatores catalíticos são usados para aquecer indiretamente a etapa de redução.

DESCRIÇÃO DETALHADA DE UMA MODALIDADE PREFERIDA DA INVENÇÃO

Na figura 1 várias unidades que formam o equipamento para realizar o processo são esquematicamente mostradas. Os condutos, tubos, etc. que conectam as unidades do equipamento não são descritos ou mostrados em detalhes. Os condutos, tubos, etc. são de desenho adequado para realizar sua função, isto é, transportar gases e sólidos entre as unidades do equipamento.

O equipamento compreende uma unidade de armazenamento de suprimento 1 para a biomassa. A biomassa é usualmente tanto madeira como plantações que são plantadas e colhidas especialmente para este propósito ou subprodutos de polpa e papel ou outras indústrias. A unidade de armazenamento de suprimento 1 é projetada para permitir que uma corrente de nitrogênio aquecido passe através da unidade de armazenamento para secar a biomassa. A biomassa possui

alguns inconvenientes como combustível porque é colhida com um nível de água bastante alto (umidade), o que diminui seu poder calorífico e requer uma secagem antes do uso da mesma. Muitos dos subprodutos são aglomerados para facilitar o manuseio (antes e depois da secagem). Também existe uma possibilidade de coquear a madeira e ter uma fonte de energia mais pura.

O equipamento também compreende uma unidade de reator 3 que por sua vez compreende uma câmara de pirólise 5 e uma câmara de combustão 6, ambas de ditas câmaras normalmente sendo equipadas com um revestimento interno cerâmico. O equipamento também compreende uma primeira montagem de regenerador 7 que está conectado à câmara de combustão 6 da unidade de reator 3. O propósito da primeira montagem de regenerador 7 é efetuar a troca de calor a temperaturas extremamente altas, isto é, na magnitude de 1500-1600ºC. Normalmente um regenerador compreende material cerâmico. A primeira montagem de regenerador 7 está também conectada a um primeiro permutador de calor 9 que está incluído no equipamento da presente invenção. A primeira montagem de regenerador 7 e o primeiro permutador de calor 9 juntos formam primeiros meios de troca de calor. O primeiro permutador de calor 9 está conectado a uma unidade de purificação de gás 10 que também forma uma parte do equipamento de acordo com a presente invenção. A unidade de purificação de gás 10 será descrita em mais detalhe abaixo.

Um primeiro ventilador de ar 8 está conectado à primeira montagem de regenerador 7, dito primeiro ventilador de ar 8 formando uma parte do equipamento de acordo com a presente invenção. A primeira montagem de regenerador 7 também está conectada à câmera de combustão 6

para permitir que o ar do primeiro ventilador de ar 8 seja fornecido à câmera de combustão 6.

Entre a unidade de purificação de gás 10 e a primeira montagem de regenerador 7 um soprador rotatório 11 é proporcionado, dito soprador rotatório 11 sendo uma parte do equipamento de acordo com a presente invenção. Portanto, a unidade de purificação de gás 10 está conectada ao soprador rotatório 11 e o soprador rotatório 11 por sua vez está conectado à primeira montagem de regenerador 7.

O equipamento de acordo com a presente invenção também compreende uma coluna de redução 12 que está conectada à câmera de pirólise 5 da unidade de reator 3. A coluna de redução 12 está dividida em vários compartimentos 13A-13C, cada compartimento 13A-13C levando a cabo uma etapa de redução. Uma válvula cerâmica (não mostrada) controlará o transporte de combustível de coque da câmara de pirólise 5 à coluna de redução 12. No fundo da coluna de redução 12 existe um receptáculo de recolhimento de pó 14, no qual a cinza e o pó restantes são recolhidos.

Adjacente à unidade de reator 3 e a coluna de redução 12 existem segundos meios de troca de calor na forma de um segundo regenerador 15 que está conectado tanto a câmera de pirólise 5 como a coluna de redução 12. O segundo regenerador 15 está incluído no equipamento de acordo com a presente invenção. O segundo regenerador 15 também está conectado a um segundo ventilador de ar 16 e um terceiro ventilador de ar 17, ditos ventiladores de ar 16, 17 estando incluídos no equipamento de acordo com a presente invenção. O segundo ventilador de ar 16 está soprando ar no segundo regenerador 15 enquanto o terceiro ventilador

de ar 17 está sugando gás de síntese S do segundo regenerador 15.

Na figura 2 a unidade de purificação de gás 10 é mostrada mais em detalhe. A unidade de purificação 10 compreende um ciclone 20 que está conectado a um reator catalítico 21 que também está incluído na unidade de purificação 10. O reator catalítico 21 está conectado ao primeiro permutador de calor 9 que também está conectado a um primeiro filtro 28 que preferivelmente constitui um precipitador eletrostático, dito primeiro filtro 28 estando incluído na unidade de purificação 10. O primeiro filtro 28 está conectado a um depurador de gás 29 que está incluído na unidade de purificação 10. O depurador de gás 29 está conectado a um soprador 22 que está incluído na unidade de purificação 10, dito soprador 22 estando conectado a um segundo filtro 23 que está incluído na unidade de purificação 10. O segundo filtro 23 é preferivelmente um filtro mecânico. O segundo filtro 23 está conectado a um tanque 24 que é parte da unidade de purificação 10. O tanque 24 é adequado para manter uma pressão positiva, dita pressão positiva normalmente sendo da magnitude de aproximadamente 7-11 bar. O tanque 24 está conectado a uma membrana 25 que é parte da unidade de purificação 10. Na membrana 25 o gás de saída é dividido em gás de processo P (H_2O/CO_2) e gás nitrogênio N_2. A membrana 25 está conectada a uma turbina 26 que é energizada pelo gás nitrogênio N_2. A coluna de saída 27 da turbina 26 é preferivelmente usado para dirigir o soprador rotatório 11.

Na figura 1 o processo da presente invenção é ilustrado por meio de um diagrama de fluxo. A idéia da invenção é gaseificar a biomassa para criar um gás de

síntese S (H_2/CO) com um alto poder calorífico, onde o nitrogênio é eliminado antes da redução dos produtos de combustão a gás de síntese S (H_2/CO). O diagrama de fluxo do processo da figura 1 ilustra um estado quando o processo de acordo com a presente invenção funciona continuamente. Entretanto, na prática é necessário dar partida ao processo a partir de um estado frio tanto da biomassa como do equipamento para realizar o processo da presente invenção. Isto é feito preferivelmente pela utilização de um queimador a gás. Este queimador pré-aquecerá e armazenará energia no revestimento interno cerâmico da câmara de pirólise 5, bem como na coluna de redução 12. Este pré-aquecimento será levado a cabo até que as temperaturas estabelecidas sejam alcançadas (acima de 1000ºC) e o processo satisfaça sua própria demanda de energia. O combustível para o pré-aquecimento será preferivelmente gasoso. Realmente qualquer combustível fará com que possa pré-aquecer o equipamento suficientemente.

O processo contínuo de acordo com a presente invenção será descrito abaixo, sendo feita referência aos diagramas de fluxo das figuras 1 e 2.

No primeiro estágio a biomassa é seca pela saída de gás nitrogênio N_2 aquecido a uma pressão elevada. O gás nitrogênio N_2 é criado em uma etapa de purificação de membrana do processo que será descrito abaixo. A biomassa seca desce à câmera de pirólise 5 da unidade de reator 3. Isto é ilustrado pela seta A na figura 1. Gás nitrogênio N_2 de uma etapa de purificação de membrana é virtualmente livre da umidade por água e tem uma alta capacidade para secagem da biomassa. A umidade por água é coletada e usada

em uma etapa de redução do processo que será descrito abaixo.

O segundo estágio é efetuado na unidade de reator 3 onde em primeiro lugar a pirólise e então a combustão (oxidação) são feitas nas câmaras isoladas de cerâmica 5 e 6. O ar pré-aquecido, do segundo ventilador de ar 16 e o segundo regenerador 15, em primeiro lugar aquece o combustível para dirigir a pirólise, dirige os voláteis para fora e queima parcialmente o combustível resultante em um coque restante (usado para o terceiro estágio) e gases inflamáveis. Os inflamáveis leves são pirolizados em primeiro lugar com ar quente e combustão incompleta até que somente carbono (coque) seja deixado. Uma segunda injeção de ar pré-aquecido, do primeiro ventilador de ar 8 e da primeira montagem de regenerador 7, completa a combustão dos gases em uma câmara de combustão 6, onde o ar superaquecido queima completamente todos os gasosos e voláteis. O ar é pré-aquecido de uma maneira regenerativa a partir dos gases de saída de síntese S e parcialmente dos gases da combustão (CO_2, N_2 e H_2O). O processo de combustão é controlado mantendo o oxigênio de saída em um nível fixo e temperatura a 1500-1600ºC. Esta combustão de dois estágios deixa a principal parte do carbono fora da reação até ir para o terceiro estágio. Os componentes pesados (alcatrão) e os componentes complexos (aromáticos) podem ser destruídos na alta temperatura na câmara de combustão 6 e trazidos na fase gasosa como CO_2 e H_2O elementares.

Os gases de saída (CO_2, N_2 e H_2O) da câmara de combustão 6 preferivelmente têm uma temperatura acima de 1600ºC. Ditos gases de saída passam através da primeira

montagem de regenerador 7 onde uma troca de calor toma lugar, isto é, os gases de saída são esfriados, preferivelmente até 250-300ºC, enquanto o gás de processo P da unidade de purificação de gás 10 é aquecido, preferivelmente até aproximadamente 1500ºC. O tratamento do gás de processo P será descrito em mais detalhe abaixo.

Os gases de saída (CO_2, N_2 e H_2O) esfriados agora passam a um primeiro permutador de calor 9 onde um esfriamento adicional toma lugar, preferivelmente até aproximadamente 40ºC, e a partir do primeiro permutador de calor 9 os gases de saída (CO_2, N_2 e H_2O) fluem até a unidade de purificação de gás 10. É necessário esfriar os gases de saída (CO_2, N_2 e H_2O) antes deles entrarem na unidade de purificação de gás 10.

Na unidade de purificação de gás 10 os gases de saída (CO_2, N_2 e H_2O) são divididos em um gás de processo P e gás nitrogênio N_2. Com referência a figura 2 a etapa de purificação será descrita agora em mais detalhe abaixo.

Antes dos gases de saída (CO_2, N_2 e H_2O) da primeira montagem de regenerador 7 entrarem na unidade de purificação de gás 10 eles fluem através do ciclone 20 para separar o material grosso dos gases de saída (CO_2, N_2 e H_2O). Então os gases de saída (CO_2, N_2 e H_2O) passam através do reator catalítico 21, através do primeiro permutador de calor 9, através do primeiro filtro / precipitador eletrostático 28 e através do depurador de gás 29. O reator catalítico capturará todo o NO_x da combustão. Isto é necessário para manter a temperatura ao redor de 250ºC e para adicionar amônia (NH_4) para dirigir a reação

catalítica. Ao completar a redução de NO_x somente nitrogênio puro e vapor de água serão deixados. O precipitador eletrostático 28 capturará todas as partículas da combustão. O depurador de gás 29 eliminará por lavagem os compostos de enxofre tais como SO_2 e H_2S do gás de processo. Isto é normalmente feito por um líquido cáustico em um fluxo contra a corrente.

Então os gases de saída (CO_2, N_2 e H_2O) alcançam o soprador 22 que pressuriza os gases de saída (CO_2, N_2 e H_2O) e eles passam através do segundo, filtro mecânico 23 antes deles entrarem no tanque 24, no qual uma pressão positiva adequada está presente. Os gases de saída (CO_2, N_2 e H_2O) comprimidos fluem do tanque 24 através da membrana 25 onde os gases de saída (CO_2, N_2 e H_2O) são divididos em um gás purificado de processo P e gás nitrogênio N_2 seco a alta pressão. O gás nitrogênio N_2 pode ser usado para dirigir a turbina 26 que por sua vez dirige o soprador rotatório 11. O gás nitrogênio N_2 constitui aproximadamente 70% dos gases de saída (CO_2, N_2 e H_2O) enquanto que o gás de processo P constitui aproximadamente 30 % dos gases de saída (CO_2, N_2 e H_2O).

O gás nitrogênio N_2 que deixa a unidade de purificação 10 tem uma temperatura de preferivelmente aproximadamente 40ºC. O gás nitrogênio N_2 é alimentado ao primeiro permutador de calor 9 onde o gás nitrogênio N_2 é aquecido, preferivelmente até aproximadamente 200ºC. Este gás nitrogênio N_2 aquecido é usado para secar a biomassa na unidade de armazenamento de suprimento 1. Após ter efetuado a secagem o gás nitrogênio N_2 que deixa a unidade de armazenamento de suprimento 1 é úmido devido à absorção de água.

O gás de processo P que deixa a unidade de purificação 10 é alimentado a um soprador rotatório 11 e então pelo soprador rotatório 11 forçado a passar através da primeira montagem de regenerador 7 onde a temperatura do gás de processo P é extensivamente aumentada, preferivelmente até um nível de aproximadamente 1500ºC. O gás de processo P aquecido então será submetido à redução na coluna de redução 12. A redução é efetuada em diversos estágios onde cada estágio de redução é levado a cabo em um compartimento de redução 13A-13C.

Portanto, o gás de processo P aquecido é reduzido em um primeiro estágio de redução no primeiro compartimento de redução 13A, dito compartimento sendo o compartimento mais baixo na coluna de redução 12. No primeiro compartimento de redução 13A o gás de processo P reage com o combustível coqueado da câmara de pirólise 5, dito combustível coqueado desce a coluna de redução 12. Neste sentido, deve ser notado que uma vez que o combustível coqueado tenha passado através de todos os compartimentos de redução acima, se esgota o combustível coqueado durante sua passagem através dos compartimentos de redução 13C-13A da coluna de redução 12. Entretanto, uma vez que os conteúdos dos gases CO_2 e H_2O são relativamente altos no gás de processo P que vem da unidade de purificação 10 o combustível coqueado na câmara de redução 13A gerenciará para realizar uma redução apropriada do gás de processo P, isto é, o resultado da redução será um gás de síntese S parcialmente reduzido.

Quando o gás de processo P tenha sido tratado na primeira etapa de redução, isto é, passado através da câmara de redução 13A, o gás de síntese S parcialmente

reduzido será alimentado de novo à primeira montagem de regenerador 7. Quando o gás de síntese S parcialmente reduzido passa de novo através da primeira montagem de regenerador 7 a temperatura do gás de síntese S parcialmente reduzido é aumentada até um nível de aproximadamente 1500ºC. O gás de síntese S parcialmente reduzido aquecido será submetido de novo à redução, esta sendo efetuada tendo o gás de síntese S parcialmente reduzido que passar através da segunda câmara de redução 13B onde uma redução similar toma lugar como descrito em relação à primeira câmara de redução 13A. Uma vez que o combustível coqueado está menos esgotado no segundo compartimento de redução 13B, em comparação com o compartimento de redução 13A, uma redução apropriada será levada a cabo no segundo compartimento de redução 13B inclusive se os conteúdos dos gases CO_2 e H_2O no gás de síntese S parcialmente reduzido são menores que durante a primeira etapa de redução. O gás de síntese S parcialmente reduzido que deixa a segunda câmara de redução 13B retornará à primeira montagem de regenerador 7. O gás de síntese S parcialmente reduzido será submetido de novo a uma temperatura aumentada quando o gás de síntese S parcialmente reduzido passa através da primeira montagem de regenerador 7, preferivelmente até aproximadamente 1500ºC.

O procedimento de redução agora continua por uma etapa de redução adicional. O equipamento mostrado na figura 1 tem mais uma câmara de redução 13C. Isto significa que uma etapa de redução adicional é realizada de uma maneira similar como descrito acima.

Devido ao superaquecimento do gás de síntese S parcialmente reduzido entre cada etapa de redução a força de direção para a reação é suficiente e quase todo o CO_2 e H_2O serão reduzidos a CO e H_2.

Quando o gás de síntese S parcialmente reduzido haja sido submetido à última etapa de redução o gás de síntese S parcialmente reduzido foi desenvolvido a um gás de síntese S totalmente reduzido que é sugado pelo segundo ventilador 17 ao segundo regenerador 15 onde gás de síntese S é esfriado. O gás de síntese S constitui um mistura de CO e H_2. Este gás pode ser refinado adicionalmente em biocombustível líquido, por exemplo, por processo de Fischer Tropsch ou similar.

A diluição entre os estágios é necessária para manter tão baixo quanto possível para manter o processo efetivo. Se o nitrogênio é transportado da secagem para a combustão haverá mais nitrogênio para purificar na unidade de separação de gás. Se os gases de combustão são transportados ao estágio de redução sem ser purificados em primeiro lugar haverá uma diluição de nitrogênio e uma diminuição do poder calorífico do produto de saída por isto. Isto requer um controle de gases e pressões para alcançar a capacidade total do processo e o controle da pressão é a chave para isto.

A pressão no sistema é usada para minimizar a diluição entre os três estágios de secagem, combustão e redução. Isto também é necessário quando a transferência de massa de sólidos é aberta entre os três estágios. Para esta razão a pressão nas câmaras de combustão (estágio dois) é a mais baixa seguida pela câmara de redução para minimizar o transporte de gases entre estes dois estágios. A secagem

terá uma pressão mais alta que ambos os outros estágios para evitar que os gases quentes sigam por um caminho errado.

Na figura 3 um processo alternativo é ajustado com base nos queimadores regeneradores com troca de calor interna e superaquecimento do ar de combustão que entra e aquecimento indireto da etapa de redução. Números de referência correspondentes nas figuras 1 e 3 designam componentes correspondentes.

O equipamento compreende uma unidade de armazenamento de suprimento 1 para a biomassa. A biomassa é usualmente ou madeira ou plantações que são especialmente plantadas e colhidas para este propósito ou subprodutos de polpa e papel ou outras indústrias. A unidade de armazenamento de suprimento 1 é designado para permitir uma corrente de nitrogênio aquecida para passar através da unidade de armazenamento para secar a biomassa. A biomassa possui alguns inconvenientes como combustível porque é colhida um nível de água bastante alto (umidade) o que diminui seu poder calorífico e requer uma secagem antes do uso da mesma. Muitos dos subprodutos são aglomerados para facilitar o manuseio (antes e depois da secagem). Também existe uma possibilidade de coquear a madeira e ter uma fonte de energia mais pura.

O equipamento também compreende uma câmara de pirólise 5 e uma câmara de combustão 6, ambas ditas câmaras normalmente sendo equipadas com um revestimento interno cerâmico. Na câmara de combustão 6 vários queimadores regeneradores 4 são proporcionados, ditos queimadores regeneradores 4 tendo meios de troca de calor internos. O equipamento também compreende uma primeira montagem de

regenerador 7 que está conectado à câmera de combustão 6. O propósito da primeira montagem de regenerador 7 é efetuar troca de calor a altas temperaturas. Normalmente um regenerador compreende material cerâmico. A primeira montagem de regenerador 7 também está conectada a um primeiro permutador de calor 9 que está incluído no equipamento da presente invenção. A primeira montagem de regenerador 7 e o primeiro permutador de calor 9 juntos formam primeiros meios de troca de calor. A primeira montagem de regenerador 7 também está conectada à câmera de combustão 6 para permitir que o gás de processo P seja fornecido à câmera de combustão 6. O primeiro permutador de calor 9 está conectado a uma unidade de purificação de gás 10 que também forma uma parte do equipamento de acordo com a presente invenção. A unidade de purificação de gás 10 corresponde à unidade de purificação de gás de figura 1 e é descrita em mais detalhe na figura 2.

Um primeiro ventilador de ar 8 está conectado aos queimadores regeneradores 4, via um segundo regenerador 15, dito primeiro ventilador de ar 8 formando uma parte do equipamento de acordo com a presente invenção. O segundo regenerador 15 também está conectado à unidade de armazenamento de suprimento 1, um reator catalítico 21 estando integrado no segundo regenerador 15.

Entre a unidade de purificação de gás 10 e a primeira montagem de regenerador 7 um soprador rotatório 11 é proporcionado, dito soprador rotatório 11 sendo uma parte do equipamento de acordo com a presente invenção. Portanto, a unidade de purificação de gás 10 está conectado ao soprador rotatório 11 e o soprador rotatório 11 por sua vez está conectado à primeira montagem de regenerador 7.

O equipamento de acordo com a presente invenção também compreende uma coluna de redução 12 que está conectada à câmera de pirólise 5. A coluna de redução 12 compreende um compartimento 13, que leva a cabo a etapa de redução pelo calor proporcionado a partir dos queimadores regeneradores 4. A válvula cerâmica (não mostrada) controlará o transporte de carvão da câmara de pirólise 5 à coluna de redução 12, isto sendo indicado pela seta C. No fundo da coluna de redução 12 existe um receptáculo de recolhimento de pó 14, no qual a cinza e o pó restante são recolhidos.

O gás eliminado dos queimadores regeneradores 4 é usado para aquecer adicionalmente o secador 1.

Quando se compara o processo levado a cabo pelo equipamento de acordo com a figura 1 e o equipamento de acordo com a figura 3 a principal diferença é de como a etapa de redução é levada a cabo. O equipamento de acordo com a figura 1 leva a cabo a etapa de redução em diversos estágios enquanto que o equipamento de acordo com a figura 3 leva a cabo a etapa de redução em um estágio. Os queimadores regeneradores 4 que são incluídos no equipamento de acordo com a figura 3 torna possível realizar a etapa de redução em um estágio. O gás de pirólise que vem da câmara de pirólise 5 é submetido a uma combustão nos queimadores regeneradores 4 da câmara de combustão 6. Um primeiro ventilador de ar 8 fornece ar de combustão aos queimadores regeneradores 4, dito ar de combustão sendo superaquecido pelos queimadores regeneradores 4. Os gases eliminados da combustão passam através do segundo regenerador 15 onde os gases eliminados são esfriados e o ar de combustão que entra é pré-aquecido. Uma vez que os queimadores regeneradores 4 são localizados

no compartimento de redução 13 um aquecimento indireto dos queimadores regeneradores 4 é incluído na etapa de redução do gás de processo P, dita etapa de redução sendo levada a cabo no compartimento de redução 13. O resultado da etapa de redução é um gás de síntese S que é descarregado do compartimento de redução 13. O gás de síntese S aquece a câmara de pirólise 5 no seu caminho ao primeiro regenerador 7. O gás de síntese S é então alimentado ao primeiro regenerador 7 e o primeiro permutador de calor 9 para emitir calor.

A fim de enfatizar a eficiência do processo de acordo com a presente invenção em comparação com um gerador de gás de gasogênio clássico, referência é feita à tabela abaixo: Tabela 1, dados para um gerador de gás de gasogênio clássico em comparação com a presente invenção.

	Clássico (gás de gasogênio)	Presente invenção (gás de síntese)
H_2	4%	48%
CO	28%	44%
CO_2	8%	<1%
N_2	60%	<7%
Poder calorífico (MJ/m3)	3,92	10,65

MODIFICAÇÕES FACTÍVEIS DA INVENÇÃO

Pela adição de oxigênio e enriquecimento na etapa de pós-combustão um refinamento adicional do processo poderia ser possível. Seria necessário equilibrar a carga aquecida do gás de saída até o aquecimento necessário na etapa de redução. Uma concentração mais alta de CO_2 poderia ser o

resultado na purificação de gás e deste modo uma purificação algo mais simples e mais eficiente de energia, antes da redução.

Na modalidade do equipamento que é mostrado na figura 1 três câmaras de redução estão presentes. Entretanto, dentro do escopo da presente invenção o número de câmaras de redução pode ser mais ou menos de três. Normalmente o número de câmaras de redução não deve ser menor de duas e não mais de cinco.

No processo e equipamento descritos acima uma técnica de membrana é usada para purificar os gases de saída. Entretanto, dentro do escopo da presente invenção outras técnicas de separação de gás são factíveis.

A rota clássica para a extração de CO_2 é solução em monoetanol amina (MEA). No processo de MEA o CO_2 é capturado no líquido e é separado separação por calor. Este ciclo de calor também regenera o MEA. Desta maneira nenhum Nitrogênio estaria presente nos gases liberados de saída.

Adsorção por modulação da pressão (PSA - do inglês *Pressure Swing Adosrption*) é uma rota alternativa onde gases pressurizados saturam zeólitas e carvão ativado para separar Nitrogênio das correntes de gás. A purificação de gás por ambas estas rotas demanda que a água seja separada antes da purificação e neste processo será necessário levar esta água de volta ao processo para o estágio de redução.

Como uma alternativa ao primeiro filtro / precipitador eletrostático 28 da unidade de purificação 10 a poeira recolhida pode ser alimentada de volta à câmera de pirólise 5.

Na descrição acima o processo da presente invenção é relatado como um processo que funciona principalmente sob

pressão ambiente. Quando se constrói uma unidade maior pode e será possível aumentar a pressão e deste modo ter uma densidade mais alta para todo o processo. Na prática isto significa menos aço e refratário por unidade de produção, isto é, menos investimento por unidade produzida de gás de síntese.

As mudanças principais do equipamento serão que os ventiladores e sopradores deverão ser compressores e turbinas. A unidade de reator 3 constituirá um vaso de pressão. Toda a tubulação terá que ser ajustada para a pressão real. Os regeneradores terão que ser à prova de pressão a um grau mais alto e o equipamento de limpeza de gás será modificado.

Com respeito à modalidade alternativa revelada na figura 3 os queimadores regeneradores 4 e o regenerador 15 são componentes separados do equipamento. Entretanto, dentro do escopo da presente invenção é factível que o regenerador 15 constitua uma parte integrada dos queimadores regeneradores 4. O regenerador 15 é então um conjunto múltiplo de permutadores de calor internos nos queimadores regeneradores 4. Uma vez que o regenerador 15 é uma parte integrante dos queimadores regeneradores 4 também o reator catalítico 21 constituirá uma parte integrante dos queimadores regeneradores 4.

REIVINDICAÇÕES

1. Processo para produzir gás de síntese (S) a partir de biomassa, dito processo compreendendo uma etapa de secagem, uma etapa de pirólise e uma etapa de combustão, **caracterizado** pelas etapas adicionais de submissão dos gases de saída (CO_2, N_2 e H_2O) da etapa de combustão a uma primeira troca de calor, onde os gases de saída (CO_2, N_2 e H_2O) são esfriados, purificação dos gases de saída (CO_2, N_2 e H_2O) para conseguir um gás de processo (P), dita purificação sendo efetuada pela eliminação do nitrogênio (N_2) dos gases de saída (CO_2, N_2 e H_2O), submissão do gás de processo (P) a troca de calor, onde o gás de processo (P) é aquecido, redução do gás de processo (P) a gás de síntese (S), submissão do gás de síntese (S) a troca de calor, onde o gás de síntese (S) é esfriado.

2. Processo, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo** fato de que o esfriamento dos gases de saída (CO_2, N_2 e H_2O) e o aquecimento do gás de processo (P) são efetuados em uma etapa de troca de calor comum.

3. Processo, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **caracterizado pelo** fato de que o esfriamento dos gases de saída (CO_2, N_2 e H_2O) por troca de calor é efetuado em duas etapas separadas.

4. Processo, de acordo com quaisquer das reivindicações anteriores, **caracterizado pelo** fato de que na etapa de purificação é gerado gás nitrogênio (N_2), e que dito gás nitrogênio (N_2) é usado para secar a biomassa.

5. Processo, de acordo com quaisquer das reivindicações anteriores, **caracterizado pelo** fato de que a redução do gás de processo (P) a gás de síntese (S) é efetuada em pelo menos duas etapas.

6. Processo, de acordo com a reivindicação 5, **caracterizado pelo** fato de que na primeira etapa de redução do gás de síntese (S) uma reação com combustível coqueado da gaseificação é iniciada, e que dito combustível coqueado participou em etapas de redução prévias.

7. Processo, de acordo com quaisquer das reivindicações 1-4, **caracterizado pelo** fato de que a redução do gás de processo (P) a gás de síntese (S) é efetuada em uma etapa única.

8. Equipamento para realizar um processo para produzir gás de síntese (S) a partir de biomassa, dito equipamento compreendendo uma unidade de armazenamento (1) para a biomassa e meios (3; 5, 6) para realizar a pirólise e combustão da biomassa, **caracterizado pelo** fato de que o equipamento também compreende primeiros ou segundos meios de troca de calor (7, 9; 15) para receber os gases de saída (CO_2, N_2 e H_2O) dos meios (3; 5, 6) para realizar a pirólise e combustão da biomassa, uma unidade de purificação de gás (10) para receber os gases de saída (CO_2, N_2 e H_2O) que são esfriados nos primeiros ou segundos meios de troca de calor (7, 9; 15), meios (11) para fornecer um gás de processo (P) da unidade de purificação de gás (10) aos primeiros meios de troca de calor (7, 9), e uma coluna de redução (12) para

realizar a redução do gás de processo (P) descarregado dos primeiros meios de troca de calor (7, 9).

9. Equipamento, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado pelo** fato de que os primeiros meios de troca de calor compreendem uma primeira montagem de regenerador (7).

10. Equipamento, de acordo com a reivindicação 8 ou 9, **caracterizado pelo** fato de que os segundos meios de troca de calor constituem um segundo regenerador (15).

11. Equipamento, de acordo com quaisquer das reivindicações 8-10, **caracterizado pelo** fato de que a coluna de redução (12) compreende pelo menos dois compartimentos de redução (13A-13C).

12. Equipamento, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado pelo** fato de que a coluna de redução (12) compreende um único compartimento de redução (13), e que queimadores regeneradores (4) são proporcionados no compartimento de redução (13).

Fig. 1

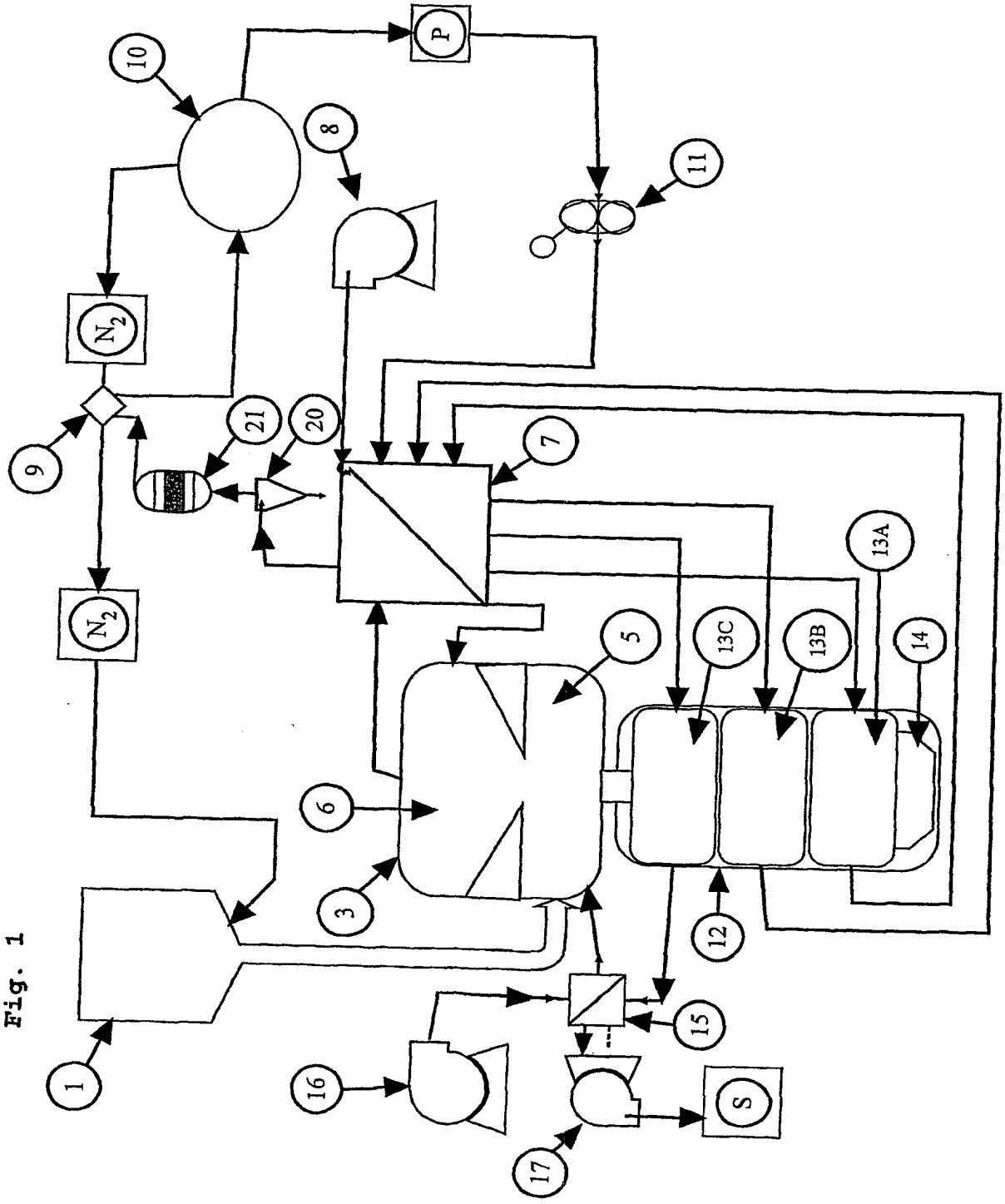
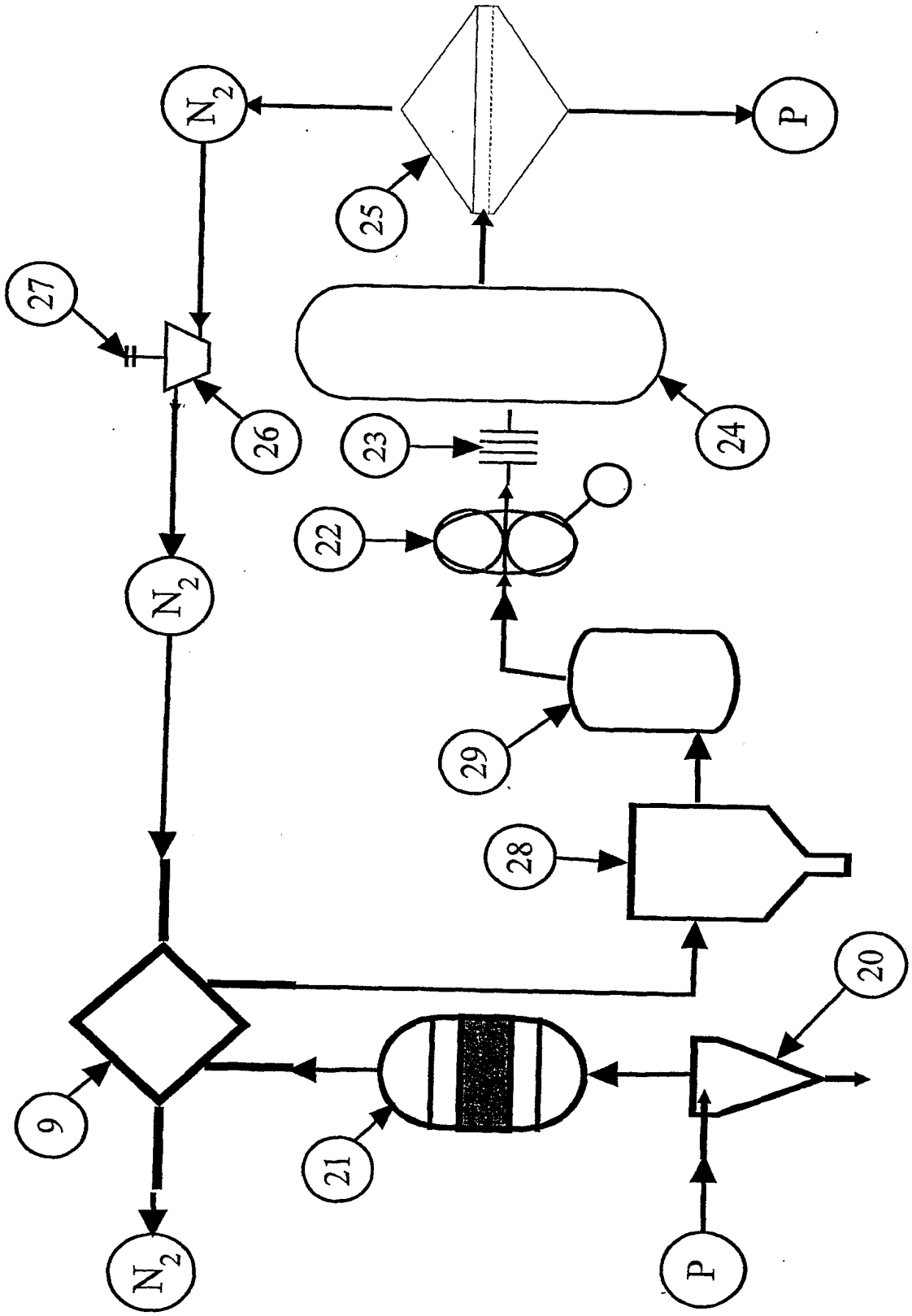


Fig. 2



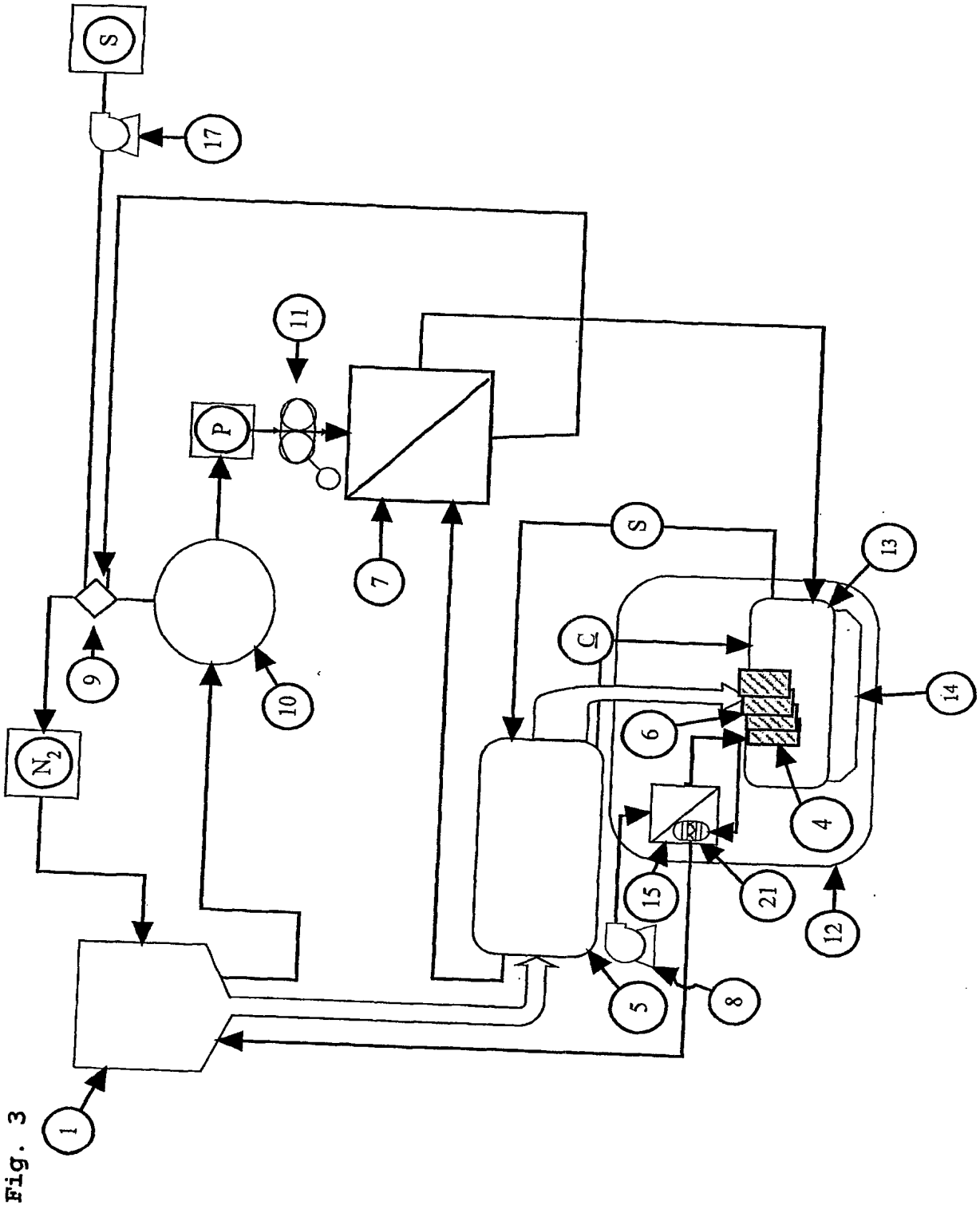


Fig. 3

RESUMO

"PROCESSO E EQUIPAMENTO PARA PRODUZIR GÁS DE SÍNTESE A PARTIR DE BIOMASSA"

A presente invenção se refere a um processo para produzir gás de síntese (S) a partir de biomassa, dito processo compreendendo as etapas de secagem da biomassa e gaseificação da biomassa. A invenção também se refere a um equipamento para realizar o processo de acordo com a presente invenção. É significante da presente invenção que o processo compreende as etapas adicionais: submissão dos gases de saída (CO_2, N_2 e H_2O) da etapa de gaseificação a uma primeira troca de calor, onde os gases de saída (CO_2, N_2 e H_2O) são esfriados, purificação dos gases de saída (CO_2, N_2 e H_2O) para conseguir um gás de processo (P), dita purificação sendo efetuada pela eliminação nitrogênio (N_2) dos gases de saída (CO_2, N_2 e H_2O), submissão do gás de processo (P) a troca de calor, onde o gás de processo (P) é aquecido, redução do gás de processo (P) a gás de síntese (S), submissão do gás de síntese (S) a troca de calor, onde o gás de síntese (S) é esfriado e o ar fornecido à gaseificação é aquecido.