



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

(11) PI 0717650-3 B1

(22) Data do Depósito: 16/10/2007

(45) Data de Concessão: 18/04/2017



(54) Título: "PROCESSO PARA PRODUÇÃO DE UM GAS DE PRODUTO RICO EM HIDROGÊNIO".

(51) Int.Cl.: C10J 3/64; C10B 47/44

(30) Prioridade Unionista: 06/02/2007 DE 10 2007 005 799.9, 18/10/2006 DE 10 2006 049 701.5

(73) Titular(es): HEINZ-JÜRGEN MÜHLEN

(72) Inventor(es): HEINZ-JÜRGEN MÜHLEN

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**PROCESSO PARA PRODUÇÃO DE UM GÁS DE PRODUTO RICO EM HIDROGÊNIO**".

A presente invenção refere-se a um processo para produção de um gás de produto rico em hidrogênio, com alto valor de aquecimento de um material básico na forma de substâncias orgânicas ou misturas de substâncias, no qual o material básico é dissociado em uma zona de pirólise, por pirólise, em um resíduo sólido, que contém carbono, e gás de pirólise como fase volátil, e os gases de pirólise são misturados com vapor de água como meio de reação e reaquecidos em uma zona de reação, de tal modo que é formado um gás de produto com alto valor de aquecimento, sendo que o calor necessário para a pirólise e o reaquecimento origina-se, pelo menos na maior parte, da combustão dos resíduos sólidos, que contém carbono, da pirólise, e que é alimentado à instalação por um material de carga, conduzido em circuito, que serve como meio de transferência de calor, que é aquecido em uma zona de aquecimento com gases de fumo da combustão dos resíduos que contém carbono, subsequentemente é posto em contato com a mistura de gás de pirólise e vapor de água, depois, pelo menos uma parte de seu calor perceptível é introduzida na zona de pirólise e, subsequentemente, é reconduzida por meio de um transportador de material de carga ao início do circuito de meio de transferência de calor.

Um processo desses é conhecido, por exemplo, do documento EP 1 226 222 B1. Nesse processo, o material de carga usado como meio de transferência de calor chega, na zona de pirólise, ao contato direto com o material básico introduzido em pedaços ou pedaços finos e, subsequentemente, precisa ser separado mecanicamente ou mecanicamente, em fluido (separação a ar) do coque de pirólise formado na pirólise. Essa etapa pode ser difícil pela constituição do coque produzido, mas, também é dificultada, em geral, pela condição de que ela precisa dar-se a cerca de 550°C. A essa temperatura relativamente alta, o coque de pirólise é uma substância extremamente suscetível à ignição e combustão. Uma outra desvantagem desse processo reside no fato de que o material de carga com 550°C, que serve como meio de transferência de calor, precisa ser reconduzido novamente à

zona de aquecimento. O manuseio de um material de carga de tal modo quente é complexo. Uma outra desvantagem consiste no fato de que por essa temperatura relativamente alta, é definida a temperatura da base do processo. Correntes de calor abaixo dessa temperatura não são mais úteis diretamente no processo, porque são de valor energético baixo demais. Uma
5 outra desvantagem consiste no fato de que a temperatura do gás de produto situa-se em 950°C na saída do processo, de modo que, além da purificação normalmente necessária do gás, também precisa ser realizado um resfriamento dessa temperatura muito alta.

10 De acordo com o estado da técnica, são conhecidos aparelhos de pirólise aquecidos indiretamente (comp. a Usina Contherm da Central Elétrica de RWE Hamm-Uentrop, construída pela empresa Technip GmbH). Esses aparelhos de pirólise aquecidos indiretamente evitam a desvantagem da separação, de outro modo necessária, de coque de pirólise e meio de transferência de calor.
15

Além disso, como "Pyrator-Vergaser" (publicação da empresa NRP Natur-Rohstoff-Pyrolyse GmbH, à Aitrangerstr. 7, 87847 Unterthingau, Alemanha) são conhecidos gaseificadores de vapor de água, que em uma etapa pode converter a substância orgânica a ser gaseificada em um tubo de
20 pirólise, aquecido, por exemplo, com gás de produto, em coque de pirólise e, depois, reagir o gás de pirólise com o coque em uma outra reação de gaseificação, para, desse modo, obter um gás de produto rico em hidrogênio. Nesse caso, o material básico é transportado com uma rosca sem fim transportadora pelo tubo de pirólise e, dessa maneira, posto em contato com a
25 parede de tubo aquecida.

É tarefa da presente invenção desenvolver o processo da espécie citada inicialmente no sentido de que, por um lado, seja aproveitada vantagem da introdução de calor com ajuda do circuito do meio de transmissão de calor, isto é, seja obtida uma troca de calor mais intensiva, a superfícies
30 de aquecimento sempre limpas, mas do qual, por outro lado, seja evitada a separação problemática de meio de transmissão de calor (material de carga) e coque de pirólise. Além disso, no novo processo, deve ser extraído do gás

de produto tanto calor quanto possível, a uma remoção, pelo menos parcial, de alcatrão eventualmente existente no gás de produto. Finalmente, o processo deve ser aperfeiçoado em termos de tecnologia térmica, isto é, maiores quantidades de calor de escapamento devem ser injetados e tornadas aproveitáveis tanto quanto possível no processo.

Para solução dessa tarefa, a invenção propõe que, partindo do processo da espécie citada inicialmente, esteja prevista no circuito do meio de transmissão de calor uma zona de aquecimento prévio, antes da zona de aquecimento, na qual o material de carga é aquecido previamente com o gás de produto quente vindo da zona de reação e, nesse caso, absorve a maior parte do calor do mesmo, e que a transmissão de calor do material de carga para o material básico se dê na zona de pirólise, indiretamente e sem contato direto com o material de carga.

O processo de acordo com a invenção é processado, como de costume, com um circuito de meio de transferência de calor de material de carga. O circuito de meio de transferência de calor, porém, diferentemente do estado da técnica de acordo com o documento EP 1 226 222 B1, é ampliado por uma zona de preaquecimento, disposta a montante da zona de aquecimento, na qual, por um lado, o gás de produto é resfriado e, por outro lado, o material de carga, que serve como meio de transferência de calor, é preaquecido. O resfriamento do gás de produto nessa zona de preaquecimento vai até o ponto de que já uma grande parte dos alcatrões de alta ebulição é separada do gás de produto. Ao mesmo tempo, o gás de produto é liberado de uma grande parte do pó arrastado. Particularmente, por essa medida, uma grande parte do calor contido inicialmente no gás de produto permanece no circuito de meio de transferência de calor e, desse modo, é mantida para o processo. Uma outra vantagem fundamental do processo de acordo com a invenção em relação ao estado da técnica de acordo com o documento EP 1 226 222 B1 consiste no fato de que o material de carga, que serve como meio de transferência de calor, não entra mais em contato diretamente com o material básico na zona de pirólise. Isso tem, por um lado, a vantagem de que o material de carga, que serve como meio de transfe-

rência de calor não precisa mais ser separado dos produtos de pirólise sólidos, que ficam para trás na pirólise. Por outro lado, com essa etapa de processo é perfeitamente possível resfriar consideravelmente mais o meio de transferência de calor, por exemplo, para uma temperatura de base de 220°C ou menos. A uma temperatura de base de tal modo baixa, a reexpe-

5 dição do material de carga, que serve como meio de transferência de calor, ao início do circuito de meio de transferência de calor fica consideravelmente mais simples. Além disso, as perdas de calor na região do transportador de material de carga podem ser consideravelmente reduzidas.

10 A pirólise do material básico é realizada, convenientemente, em um âmbito de temperatura de 500°C a 700°C, preferivelmente, em um âmbito de temperatura de 550°C a 650°C. Esse âmbito de temperatura pode ser ajustado e mantido de modo particularmente exato no processo de acordo com a invenção.

15 Além disso, está previsto que a mistura de gás de pirólise e vapor de água é aquecida na zona de reação para 750°C a 1000°C, preferivelmente, para 900°C a 1000°C. Na observação desses âmbitos de temperatura, é obtido o melhor rendimento de hidrogênio.

20 Para aperfeiçoar adicionalmente a reação, também designada como reforma, na zona de reação, a mesma pode ser realizada na presença de um catalisador.

25 Nesse caso, um catalisador, que acelera a reação, é adicionado ao material de carga, que serve como meio de transferência de calor, e conduzido em circuito com o mesmo. Isso é perfeitamente possível, uma vez que no processo de acordo com a invenção, o material de carga, que serve como meio de transferência de calor, e o catalisador adicionado ao mesmo não entram diretamente em contato com o material básico. Pela mesma razão, além disso, o consumo de material catalisador é mínimo.

30 O meio de transferência de calor, conduzido no circuito como material de carga, consiste, preferivelmente, em substâncias à prova de fogo, tais como areia, saibro, brita, silicato de alumínio, corúndio, grauvaque, quartzita ou cordierita. Todas essas substâncias são suficientemente estáveis

mecanicamente, à prova de fogo e inertes em relação às outras substâncias presentes, de modo que podem permanecer pro longo tempo nesse circuito.

Alternativamente, os meios de transferência de calor também podem consistir em corpos moldados cerâmicos, sendo que a mistura cerâmica é escolhida de tal modo que a cerâmica calcinada com a mesma satisfaz, de modo ótimo, as exigências acima.

Convenientemente, o transporte do meio de transferência de calor no circuito de meio de transferência de calor até a região do transportador de material de carga dá-se, exclusivamente, por força de gravidade. Tal como já explicado acima, a temperatura do material de carga, conduzido no circuito, pode ser baixada na região do transportador de material de carga para uma temperatura de base de menos de 220°C, de modo que, ali, o transportador de material de carga pode operar sem problemas. Em todas as outras regiões o transporta ocorre por força de gravidade, o que tem a vantagem especial de que não são necessários meios mecânicos, com os quais o material de carga é posto em movimento.

Uma modalidade preferida do processo de acordo com a invenção prevê que a transmissão de calor indireta do meio de transferência de calor para o material básico na zona de pirólise se dê através de um meio de aquecimento gasoso, intermediário, que é aquecido em uma zona de resfriamento do circuito de meio de transferência de calor e, subsequentemente, transfere uma parte do calor absorvido, através do invólucro de aquecimento de um aparelho de pirólise para o material básico a ser aquecido, sendo que o circuito de meio de transferência de calor é resfriado intensivamente na zona de resfriamento, antes da entrada no transportador de material de carga. O uso desse meio de aquecimento gasoso, intermediário, torna possível, por um lado, ajustar de modo controlado para os valores necessários a temperatura de base citada acima, no final do circuito de meio de transferência de calor, e, por outro lado, a temperatura necessária para a pirólise.

Opcionalmente, a zona de resfriamento do circuito de meio de transferência de calor, por um lado, e o invólucro de aquecimento do aparelho de pirólise, por outro lado, podem ser reunidos em uma carcaça para um

agregado unitário. Esse agregado é passado pelo meio de aquecimento intermediário, citado acima, que, por um lado, resfria do material de carga usado como meio de transferência de calor em, por outro lado, o material de base, que passa pelo aparelho de pirólise.

5 Para que não se perca calor, está previsto, ainda, de que o calor residual que permanece no meio de aquecimento gasoso, atrás da zona de pirólise, seja usado para produção do valor de água necessário para o processo.

10 Além disso, para evitar perdas de calor, está previsto que o gás de fumo que deixa a zona de aquecimento do circuito de meio de transferência de calor seja usado para o preaquecimento do ar de combustão para a combustão dos resíduos, sólidos, que contêm carbono, da pirólise.

Dois exemplos de modalidade da invenção são explicados mais detalhadamente, a seguir, por meio do desenho. Mostram:

15 Figura 1 esquematicamente, a sequência do processo em uma primeira modalidade;

Figura 2 a mesma sequência de processo, com um aparelho de pirólise modificado.

20 A linha principal do processo consiste na adição do material básico 1 na forma de substâncias ou misturas de substâncias orgânicas, à zona de pirólise 2, com o invólucro de aquecimento 2a, a zona de reação 3, também chamada de reformadora, na qual o gás de pirólise, junto com o vapor, adicionado no ponto de alimentação 9, dentro da zona de pirólise 2 como meio de reação, é aquecido adicionalmente, depois, a zona de preaquecimento 4 adicional, prevista de acordo com a invenção, na qual o gás de produto da zona de reação 3 é resfriado e purificado parcialmente, de modo
25 que é produzido um gás de produto 5, relativamente pobre em pó e alcatrão, como produto do processo. O meio de reação vapor é produzido em uma caldeira de vapor saturado 8 de água 8a alimentada. Pela configuração da
30 caldeira 8 e a escolha dos parâmetros do vapor (vapor saturado de abaixo de 20 bar), as exigências feitas à qualidade da água 8a usada são bastante pequenas.

Pela escolha dos parâmetros de processo, i.e., pressão de sistema atmosférica, temperatura de até 700°C no final da zona de pirólise 2 e 950°C, no lado do gás bruto, no final da zona de reação 3, bem como a quantidade de vapor, que leva a concentrações de vapor de água de acima de 30% em vol. no gás de produto não resfriado, é obtido que a concentração de hidrogênio, com acima de 35% em vol. e o valor de aquecimento, com, tipicamente, mais de 9 MJ/Nm³ sejam muito altas. Complementarmente, com relação à pressão de sistema atmosférica, deve ser observado que, sobretudo pro razões de segurança, a instalação deve ser operada, em geral, com uma ligeira sobrepressão, preferivelmente, com até 200 hPa, mas que, praticamente, não tem nenhum efeito sobre a cinética do processo descrito.

Essa linha de processo principal é aquecida por um circuito de meio de transferência de calor, com um transportador de material de carga 6, que se estende verticalmente para cima, e seções de trajeto 6a a 6i subsequentes. De preferência, o transporte do meio de transferência de calor nas seções 6a a 6i dá-se, exclusivamente, por força de gravidade. Apenas na região do transportador de material de carga 6, que leva verticalmente para cima, o transporte é feito com força mecânica.

No circuito de meio de transferência de calor estão, ainda, dispostas passagens 7a a 7d, tecnicamente herméticas a gás, porque nos aparelhos que passam do material de carga, na sequência zona de preaquecimento 4 – zona de aquecimento 13 – zona de reação 3 – zona de resfriamento 19, predominam atmosferas diferentes, dependendo do gás que está passando pelo respectivo aparelho. Como meios de transferência de calor são de interesse todos os materiais minerais e resistentes a mudanças de temperatura, como materiais de carga granulados, da mesma maneira como no documento EP 1 226 222 B1: areia, saibro, brita, silicato de alumínio, materiais cerâmicos, oxidicos, em geral, entre outros.

O curso da temperatura do circuito de meio de transferência de calor apresenta-se do seguinte modo: quando se ajusta por baixo perdas de calor muito pequenas no transportador de material de carga, então, as tem-

peraturas nos pontos 6a e 6i marcam a base de temperatura, que é definida por um gás de aquecimento 17 intermediário, introduzido mais em baixo, e pode até mesmo estar próximo à temperatura ambiente, mas, preferivelmente, no âmbito de temperatura, de temperatura ambiente até 200°C. Isso é um

5 ponto obrigatório no processo. Por outro lado, o nível de temperatura nos pontos 6c e 6d não está determinado a priori, mas depende, substancialmente, da quantidade e qualidade do gás de produto formado no processo. Esse nível de temperatura dever variar no âmbito de 550 a 900°C. Por outro lado, o nível de temperatura nos pontos 6e e 6ff é novamente um ponto obri-

10 gatório, que pode ser ajustado com bastante exatidão pela temperatura do gás de escapamento da combustão 11 com gás de fumo 12 e se situa, preferivelmente, no âmbito de 105°C a 1100°C. A temperatura dos pontos 6g e 6h depende, por outro lado, do desenvolvimento da pirólise e, portanto, não está determinada a priori. A temperatura de pirólise situa-se, preferivelmen-

15 te, no âmbito de 550°C a 700°C, de modo que a temperatura do meio de transferência de calor está situada um pouco mais alta, preferivelmente, até 100 °K mais alta, sendo que a meta ideal fica a 0°K de distância da temperatura de pirólise.

A quantidade de calor essencial necessária para a realização do

20 processo é injetada no circuito de meio de transferência de calor, tal como no estado da técnica, na zona de aquecimento 13 para um nível de temperatura alto, preferivelmente, 1050°C a 1100 °C. Isso ocorre por transferência de calor direta de um gás de fumo 12, que por combustão do coque de pirólise 10, produzido no aparelho de pirólise 2, na combustão 11, para as parti-

25 culas de material de carga na passagem da carga de meio de transferência de calor, que se encontra na zona de aquecimento 13. Depois, o calor residual, ainda contido no gás de fumo, ainda é usado em um trocador de calor 14, para aquecimento do ar de combustão 16 necessário na combustão 11, antes de ser transmitido a uma purificação subsequente ou – caso possível -

30 ao meio ambiente como gás de fumo 15 resfriado.

Tal como já observado acima, o meio de aquecimento gasoso 17, intermediário, com cuja ajuda o circuito de meio de transferência de calor

é resfriado em seu final, após o que o meio de aquecimento gasoso, aquecido desse modo, aquece a pirólise em si, representa uma parte essencial da invenção, que, junto com a zona de preaquecimento 4, torna o processo aqui descrito um processo novo, bem diferenciado em relação ao estado da técnica.

5
10
15
20
Esse meio de aquecimento 17 gasoso, intermediário, pode ser um gás de fumo ou então também ar do ambiente. O primeiro tem a vantagem de que, desse modo, ainda podem ser usados no processo calores residuais pequenos. Em todo o caso, o meio 17 gasoso, intermediário, não deve ser mais quente do que 200°C, uma vez que a temperatura do mesmo, depois da passagem por um condensador 18, define a temperatura de base, fortemente reduzida em relação ao atual estado da técnica, que é aplicada ao circuito de meio de transferência, em uma zona de resfriamento 19 pertencente à zona de pirólise. Nessa zona de esfriamento 19, o meio de aquecimento 17 gasoso, intermediário, é aquecido aproximadamente para a temperatura que o circuito de meio de transferência de calor apresenta depois de deixar a zona de reação 3, portanto, em geral, 600°C a 800°C. No invólucro de aquecimento 2a do aparelho de pirólise 2 o meio de aquecimento 17 intermediário transfere uma grande parte de seu calor. Depois, ele é usado em uma caldeira 8, para produzir o vapor de processo necessário para o processo. Nesse caso, a caldeira é passada no lado do gás (8b) pelo meio de aquecimento intermediário. Depois, o meio de aquecimento intermediário deixa a instalação como corrente de substância 20.

25 Em princípio, é possível retirar calor adicional da corrente de substância 20 ou conduzir a mesma no circuito.

30 De acordo com uma configuração alternativa, o processo de acordo com a invenção também pode estar equipado com um aparelho de pirólise compacto, tal como mostrado na fig. 2. Aqui, a zona de resfriamento, realizada como aparelho compacto de pirólise, está designada com o número de referência 119, e apresenta uma rosca sem fim de pirólise 102, na qual o material básico entra e da qual os produtos de pirólise 101 saem. Na zona de resfriamento 119 o meio de aquecimento 118 intermediário é introduzido

através de um anel de distribuição 119a, para, desse modo, passar uniformemente pela carga de meio de transferência de calor, que se encontra na zona de resfriamento e, nesse caso, resfriar a mesma.

5 Depois, o meio de aquecimento 118 intermediário é conduzido pela entrada 102b a um invólucro de aquecimento 102a de uma rosca sem fim de pirólise, situada dentro do aparelho compacto. O meio de aquecimento intermediário resfriado deixa, depois, o invólucro de aquecimento através da saída 102c. A corrente de meio de transferência de calor 106h que está entrando pode, nesse caso, preencher completamente a zona de resfriamento 10 119, tal como indicado na fig. 2. A corrente de meio de transferência de calor 106l resfriada deixa, nesse caso, o aparelho com a temperatura do meio de aquecimento 118 intermediário que está entrando. Um ponto possível para a alimentação de vapor na pirólise está indicado com o número de referência 109. Mas, essa disposição não é obrigatória; o vapor também pode ser introduzido em um ponto situada antes daquele. 15

Uma outra modalidade vantajosa também está indicada na fig. 2. Com a corrente de substância 121, ar pode ser introduzido em pequenas quantidades na pirólise, com o que o rendimento de gás na pirólise pode ser significativamente aumentado. Isso é significativo, porque o rendimento mais 20 alto de gás frio, causado pela condução de calor especial, só pode ser obtido quando a quantidade de coque é tão pequena que a capacidade da combustão de processo 11 na fig., 1 pode ser controlada através da variável da condução de gás de produto. Por outro lado, um excesso de coque seria apenas queimado na combustão 11, sem aproveitamento adicional.

25 Como exemplo, esse modo de ação pode ser explicado tal como se segue:

É usada uma biomassa do tipo madeira com uma umidade residual de 20%, que em estado secado apresenta um teor de cinzas de 2,7%. A quantidade deve importar em 573 kg/h brutos, correspondente à potência 30 térmica de combustão de 2,254 MW. A biomassa pode ser convertida na pirólise em 95%, isto é 5% do material usado, sem a parte de água, deve passar para o gás de produto, de modo que é formado um coque flutuante,

com 54% de partes de cinzas, sendo que 46% do material remanescente, combustível, consistem em 92% em carbono. São formados 870 Nm³h de um gás de produto, com 46,5% de hidrogênio e um poder calorífico de 11,7 MJU/Nm³, sendo que concentração de hidrogênio e poder calorífico estão referidos, em cada caso, ao gás de produto secado, que, no restante, contém 30% em vol. de vapor de água. Com isso, é obtido um rendimento de gás frio de 87,6%. Nesse caso, foi presumida uma perda de 50 KW por irradiação de calor, bem como uma perda residual de 129 KW no gás de produto, que é fornecido com 220°C. Na mesma estação contidos 110 KW de calor de condensação da parte de vapor de água contida no gás de produto bruto.

LISTA DE NÚMEROS DE REFERÊNCIA

	1	material básico
	2	zona de pirólise
	2a	invólucro de aquecimento
15	3	zona de reação
	4	zona de preaquecimento
	5	gás de produto
	6	transportador de material de carga
	7	passagem
20	8	caldeira de vapor saturado
	9	fornecimento de vapor
	10	coque de pirólise
	11	combustão
	12	gás de fumo
25	13	zona de aquecimento
	14	trocador de calor
	15	gás de fumo (resfriado)
	16	ar de combustão
	17	gás de aquecimento intermediário
30	18	condensador
	19	zona de resfriamento
	20	corrente de substância

	100	material básico
	101	produtos de pirólise
	102	rosca sem fim de pirólise
	102a	invólucro de aquecimento
5	102b	entrada
	102c	saída
	106h	corrente de meio de transferência de calor que está entrando
	106i	corrente de meio de transferência de calor resfriada
	109	alimentação de vapor
10	118	meio de aquecimento intermediário
	119	zona de resfriamento
	119a	anel de distribuição
	122	corrente de substância (ar)

REIVINDICAÇÕES

1. Processo para produção de um gás de produto rico em hidrogênio, com alto valor de aquecimento, de um material básico na forma de materiais orgânicos ou misturas de materiais, no qual o material básico é dissociado em uma zona de pirólise (2) por pirólise, em um resíduo sólido, que contém carbono, e gás de pirólise como fase volátil, e os gases de pirólise são misturados com vapor de água como agente de reação e reaquecidos em uma zona de reação (3), de tal modo que resulta um gás de produto com alto valor de aquecimento, sendo que o calor necessário para a pirólise e o reaquecimento origina-se, pelo menos em sua maior parte, da combustão dos resíduos sólidos, que contém carbono, e é alimentado à instalação por um material de carga, conduzido em circuito, que serve como meio de transferência de calor, que é aquecido em uma zona de aquecimento (13) com gases de aquecimento da combustão dos resíduos que contém carbono, subsequentemente, é posto em contato na zona de reação (3) com a mistura de gás de pirólise e vapor de água, depois, introduz pelo menos uma parte de seu calor perceptível na zona de pirólise (2) e, subsequentemente, é reconduzido por meio de um transportador de material de carga (6) ao início do circuito de transferência de calor, caracterizado pelo fato de que no circuito do meio de transferência de calor está prevista, antes da zona de aquecimento (13), uma zona de preaquecimento, na qual o material de carga é preaquecido com o gás de produto quente, vindo da zona de reação (3), e, nesse caso, absorve a maior parte do calor do mesmo e que a transferência de calor do circuito de meio de transferência de calor para o material básico dá-se indiretamente na zona de pirólise (2), sem contato direto com o material de carga.

2. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a pirólise do material básico é realizada em um âmbito de temperatura de 500°C a 700°C, nesse caso, de preferência, em um âmbito de temperatura de 550°C a 650.C.

3. Processo de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que a mistura de gás de pirólise e vapor de água na zona de

reação (3) é aquecida para 750°C a 1000°C, de preferência, também, para 900°C a 1000°C.

4. Processo de acordo com uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que a reação na zona de reação (3) é realizada na presença de um catalisador.

5. Processo de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que um catalisador que acelera a reação é adicionado ao meio de transferência de calor, conduzido em circuito, e conduzido com o mesmo no circuito.

6. Processo de acordo com uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que o meio de transferência de calor conduzido no circuito consiste em materiais à prova de fogo, tais como areia, saibro, brita, de aluminos silicato, corúndio, grauvaque, quartzito ou cordierita.

7. Processo de acordo com uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que o meio de transferência de calor conduzido em circuito consiste em corpos moldados de cerâmica.

8. Processo de acordo com uma das reivindicações 1 a 7, caracterizado pelo fato de que o transporte do meio de transferência de calor até a região do transportador de material de carga (6) dá-se exclusivamente por gravidade.

9. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a transferência de calor indireta do meio de transferência de calor para o material básico na zona de pirólise (2) dá-se através de um meio de aquecimento (17) gasoso, intermediário, que é aquecido em uma zona de resfriamento (19) do circuito do meio de transferência de calor e, subsequentemente, transfere uma parte do calor recebido na zona de pirólise (2), através da camisa de aquecimento de um aparelho de pirólise, para o material básico a ser pirolisado, sendo que o circuito de meio de transferência de calor é intensivamente resfriado na zona de resfriamento (19), antes da entrada no transportador de material de carga (6).

10. Processo de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que a zona de resfriamento (119) do circuito do meio de transfe-

rência de calor e a camisa de aquecimento (102 a) do aparelho de pirólise (102) estão reunidos em uma carcaça em um agregado unitário.

5 11. Processo de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que o calor residual remanescente no meio de aquecimento (18) gasoso, intermediário, depois da zona de hidrólise (2), é usado para o vapor de água necessário para o processo.

10 12. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o gás de fumaça (12), que deixa a zona de aquecimento (13), é usado para o preaquecimento do ar de combustão (16) para a combustão do resíduo sólido, que contém carbono, da pirólise.

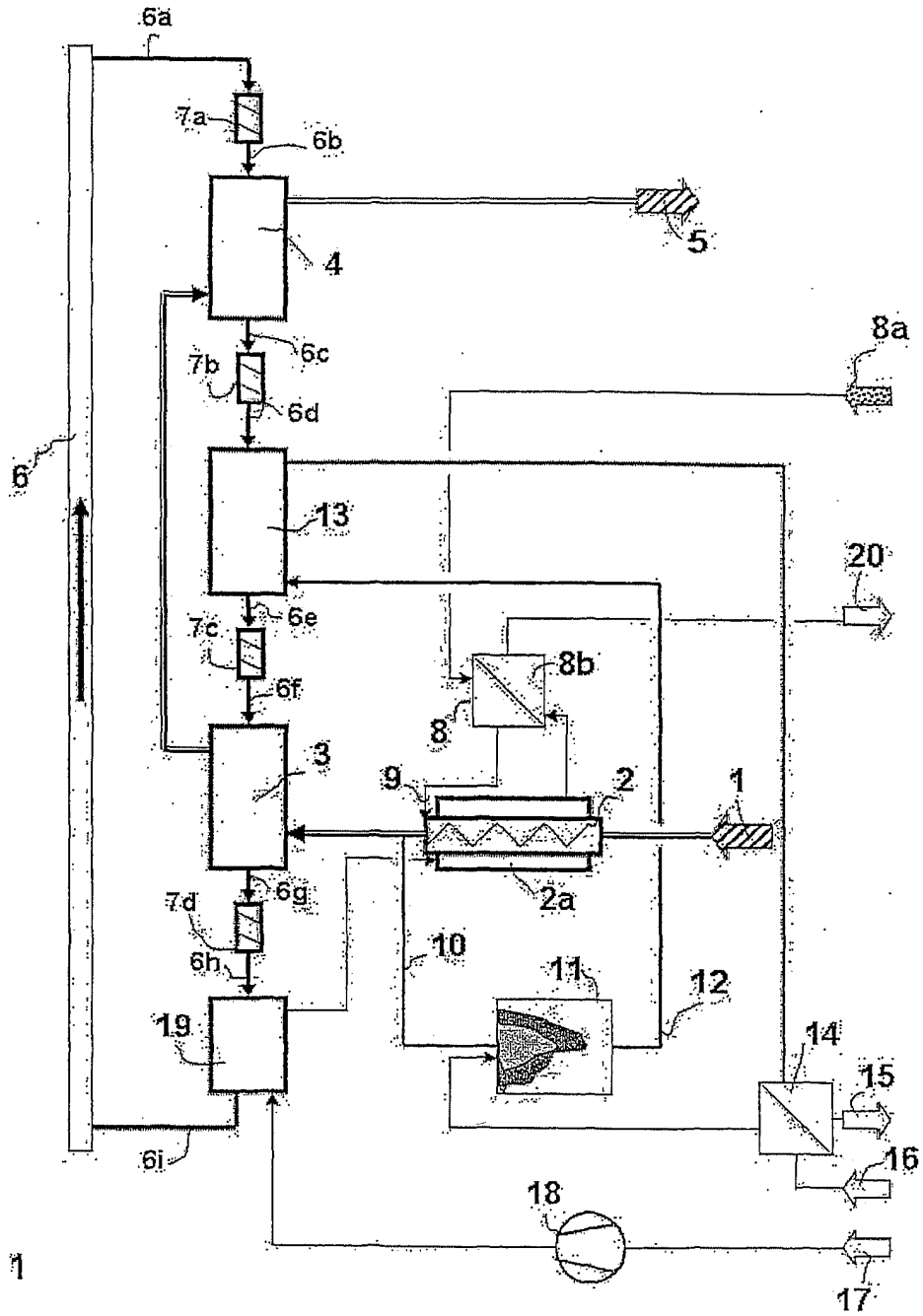


Fig. 1

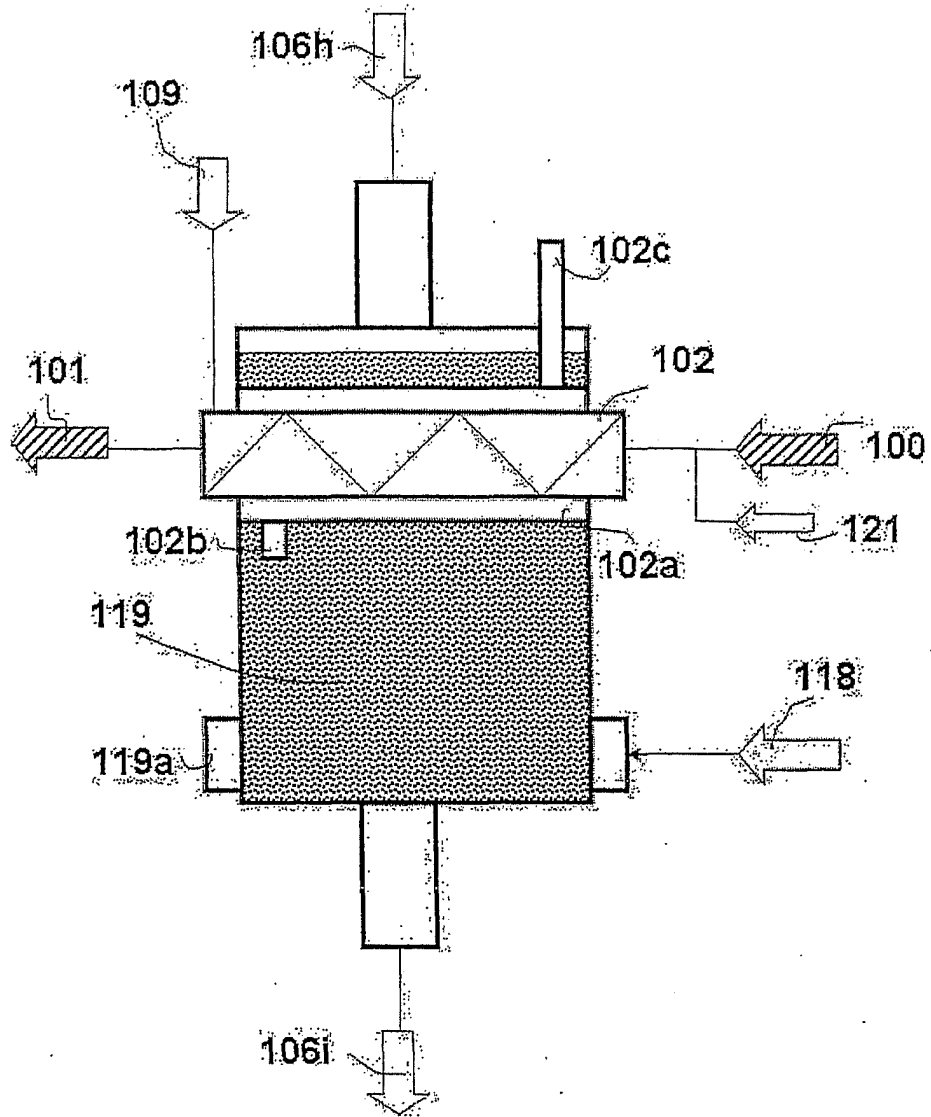


Fig. 2