



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

**(11) PI 0603010-6 B1**

**(22) Data do Depósito:** 27/07/2006

**(45) Data de Concessão:** 14/06/2016



\* B R F I O 6 0 3 0 1 0 B 1 \*

---

**(54) Título:** PROCESSO PARA GASEIFICAÇÃO ENDOTÉRMICA DE CARBONO

**(51) Int.Cl.:** C10J 3/46

**(30) Prioridade Unionista:** 28/07/2005 DE 102005035921.3

**(73) Titular(es):** LINDE AG.

**(72) Inventor(es):** DIETMAR RÜGER, OLAF SCHULZE, JONAS KAPPELLER, BURKHARD MÖLLER,  
BODO MAX WOLF

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"PROCESSO PARA GASEIFICAÇÃO ENDOTÉRMICA DE CARBONO"**.

[001] A presente invenção refere-se a um processo para gaseificação de carbono sólido com gases quentes da oxidação parcial de combustíveis gasosos, líquidos e sólidos, particularmente de carvão, biomassa e materiais residuais orgânicos, por exemplo, da preparação de rejeitos no fluxo aéreo.

[002] O campo de emprego da invenção é a preparação de gás combustível, gás de síntese, e gás de redução desses combustíveis.

[003] A gaseificação de carbono sólido com gases quentes é conhecida desde a introdução dos processos para substituição de gás por oxidação parcial em leito fixo e na camada turbilhonada.

[004] Na gaseificação em leito fixo o gás quente contendo dióxido de carbono é gerado por queima de carbono sólido na direção do fluxo do agente de gaseificação para uma denominada zona de redução. O gás porta o agente de gaseificação dióxido de carbono e a entalpia requisitada para a gaseificação endotérmica de carbono em monóxido de carbono para a zona de redução. A oxidação parcial e gaseificação endotérmica de carbono na gaseificação em leito fixo transcorrem assim uma após a outra, separadamente no local e em diferentes temperaturas.

[005] A especificidade da gaseificação dos combustíveis na camada turbilhonada estacionária ou circulante, ao contrário, é que oxidação parcial e gaseificação endotérmica de carbono sólido correm praticamente concomitantemente, no mesmo local e aproximadamente isotermicamente.

[006] Com a patente PCT/EP 95/00443 conheceu-se também um método para gaseificação endotérmica de carbono sólido com gás quente da oxidação parcial no fluxo aéreo, na prática denominada resfriamento brusco químico.

[007] O princípio básico desse processo é que carbono sólido, na forma de carvão ou coque, proveniente da expulsão de gases combustíveis, é misturado em um fluxo gasoso da oxidação parcial contendo dióxido de carbono e vapor d'água a uma temperatura maior do que 1200°C. O carbono reage com os componentes gasosos dióxido de carbono e vapor d'água sob formação de monóxido de carbono, ou monóxido de carbono e hidrogênio, sob utilização da entalpia física do gás quente, isto é, uma parte da temperatura elevada de entalpia física do gás é transformada por reações químicas endotérmicas novamente em entalpia química. Através dessas medidas o valor térmico do gás aumenta, com o que o grau de eficácia de transformação é aperfeiçoado comparado com tais processos que utilizam a entalpia física do gás apenas fisicamente.

[008] No emprego da patente PCT/EP 95/00443 mostrou-se que a eficácia da gaseificação endotérmica de carbono sólido é visivelmente dependente do modo de funcionamento das etapas de processo anteriormente e posteriormente acionadas, da carga do gás quente com carbono sólido e da velocidade relativa entre gás e carbono.

[009] Na etapa de preparação térmica do combustível, de preferência biomassa, relativo à patente DE 198 07 988 e dispositivos semelhantes em um gás de degaseificação contendo alcatrão e em um coque livre de alcatrão, se precipita uma quantidade limitada de coque, previamente determinada pelo teor de constituintes voláteis do combustível e pela necessidade térmica do processo de preparação térmica. Esse coque é triturado em um pó combustível pneumaticamente extraível com uma granulação de preferência < 100 µm.

[0010] O gás de degaseificação contendo alcatrão é parcialmente queimado em uma câmara de combustão de acordo com o dispositivo DE 197 47 324 para realização da patente PCT/EP 95/00443 juntamente com o coque residual existente na eliminação do gás de gasei-

ficação, acima do ponto de fusão, com um agente de gaseificação contendo oxigênio, de modo que se origine um agente de gaseificação, livre de alcatrão, contendo, além de CO e H<sub>2</sub>, também CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O. As cinzas de combustível contidas no coque residual são assim derretidas.

[0011] O agente de gaseificação quente flui da câmara combustível juntamente com a escória líquida relativa a DE 197 47 324 na forma de um jato de imersão na parte inferior da câmara combustível disposta no reator de fluxo aéreo, no qual as reações endotérmicas ocorrem, a seguir denominado reator de fluxo aéreo endotérmico.

[0012] O pó de coque finamente triturado é pneumaticamente insuflado sobre lanças e injetores no jato de imersão e leva conseqüentemente com resfriamento brusco químico, a um resfriamento do gás e à elevação da fração de hidrogênio e monóxido de carbono.

[0013] Na extremidade de baixo do reator de fluxo aéreo endotérmico o gás muda de direção e deixa o aparelho juntamente com a parte não reagida do coque, em seguida é indiretamente resfriado por condução térmica e conduzido às etapas de processo subsequentes.

[0014] Para evitar a separação de coque do fluxo gasoso, a velocidade do gás, particularmente no local da mudança de direção do gás no reator e eventualmente na parte que flui para frente, deve ser sempre maior do que a velocidade da partícula de coque em suspensão.

[0015] Nesta condução do processo e no tamanho do grão menor do pó de coque a velocidade relativa entre o coque e o gás é pequena e o tempo de residência do coque é o mais amplamente determinado pelo tempo de residência do gás, que por sua vez depende do tamanho do reator endotérmico.

[0016] A gaseificação endotérmica de carbono sólido com vapor d'água e dióxido de carbono é um processo influenciado pela cinética da reação. A velocidade de conversão do carbono sólido diminui com

a redução da temperatura e de partes crescentes de monóxido de carbono formado e água.

[0017] Como causa para a conversão do carbono ainda muito reduzida são vistos, portanto, em primeira linha, a velocidade relativa muito baixa entre o carbono sólido e gás e o tempo de residência muito pequeno do carbono e do gás no reator.

[0018] Devido ao reduzido tamanho do grão e à reduzida velocidade relativa entre o carbono sólido e o gás, o tempo de residência da condução do processo, indicada segundo a patente DE 197 47 324, é não regulável e prolongável apenas por aumento do reator.

[0019] Em uma gaseificação estacionária o agente de gaseificação flui contra a força de gravitação de baixo para cima. O corte transversal do reator é dimensionado de tal forma, que a velocidade do gás situa-se abaixo da velocidade de suspensão da granulação do combustível a ser empregado. Com isso no reator, na proporção do agente de gaseificação empregado em relação ao combustível reagido, há sempre um excesso de combustível que garante uma elevada conversão do combustível.

[0020] Na camada turbilhonada não estacionária a velocidade do gás situa-se acima da velocidade de flutuação do grânulo combustível. Aqui, através do refluxo da parte não reagida do combustível na zona de reação do reator, objetiva-se a conversão requisitada do combustível.

[0021] Na gaseificação da camada turbilhonada estacionária e não estacionária de combustíveis com frações voláteis, devido aos processos que ocorrem paralelamente no reator, como secagem, degaseificação e gaseificação, sempre estão contidos alcatrão e grandes frações de metano e outros hidrocarbonetos em gás.

[0022] O alcatrão deve ser removido do gás em sínteses, mas também na utilização energética do gás preparado, por exemplo, em

motores movidos a gás, antes da utilização. Isto leva a grandes dispendios na purificação do gás e a um processo de gás - água.

[0023] Outros hidrocarbonetos como, por exemplo, metano, não são constituintes sintetizáveis. Eles são, portanto, lastro no gás e reduzem o grau de eficácia da síntese.

[0024] O objetivo da invenção é o posterior aperfeiçoamento da utilização do combustível.

[0025] Disto resulta a tarefa técnica da oxidação parcial no gás presente na câmara de combustão através de reações químicas endotérmicas entre gás e carbono sólido perante o estado da técnica a ser posteriormente resfriado, e assim de elevar a introdução de entalpia química do processo de gaseificação, que combina as etapas e processo da oxidação parcial do combustível com oxigênio, ou ar em gás bruto livre de alcatrão quente, em uma câmara de combustão e gaseificação endotérmica de carbono sólido com gás cru quente em uma etapa de processo respectivamente subsequente PCT/EP 95/00443.

[0026] De acordo com a invenção a tarefa técnica é solucionada, pelo fato de que o gás quente, da câmara combustível, que flui para frente no processo com separação da escória líquida, muda de direção, e a etapa do processo de gaseificação endotérmica de carbono sólido, que trabalha com fluxo gasoso ascendente, sob adição de carbono sólido, de preferência é conduzido a partir de uma combustão incompleta interna de processo e com um diâmetro de grão de até 20 mm, sendo que a velocidade na alimentação de carbono situa-se acima e ao final da etapa de processo de gaseificação endotérmica abaixo da velocidade de suspensão das partículas reativas de carbono.

#### Exemplo

[0027] A tarefa técnica deste exemplo é o resfriamento do gás quente da câmara de combustão, que foi preparado por gaseificação de gás de pirólise contendo alcatrão e coque residual do despoeira-

mento do gás cru, com oxigênio a uma temperatura de cerca de 1400 °C, por resfriamento brusco químico com o carbono e coque do próprio processo de degaseificação do gás da pirólise. A descrição do exemplo ocorre com o auxílio da figura 1, que apresenta um dispositivo apropriado para a realização do processo de acordo com a invenção.

[0028] O gás de degaseificação 1 contendo alcatrão, o pó de coque residual 2 do despoejamento de gás cru e oxigênio 3, são conduzidos através de canais separados de um queimador com torção 4 até a câmara de combustão 5. O gás de degaseificação e o coque residual reagem na câmara de combustão com o oxigênio em um gás de gasificação, que além de CO e H<sub>2</sub> também contém CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O e cuja temperatura situa-se acima da temperatura das cinzas de fusão. Através da elevada temperatura as cinzas do coque residual são fundidas e aceleradas através da torção do queimador na parede de combustão, na qual a escória líquida corre no sentido da saída do gás 6 da câmara de combustão.

[0029] Abaixo da câmara de combustão está disposta uma câmara de deflexão 7, que possui lateralmente uma saída horizontal de gás 8 na direção de um duto de transporte 9. Na extremidade inferior da câmara de deflexão 7 está disposta uma abertura de descarga de escória 10 com um banho de escória 11 preenchido com água.

[0030] O gás quente da câmara de combustão é desviado fortemente na câmara de deflexão na direção da tubulação de transição. Através das forças centrífugas que ocorrem assim, também as gotículas finas de escória contidas no fluxo gasoso são separadas do fluxo gasoso, e juntamente com as grandes partículas de escória, que gotejam da parede da saída gasosa 6, são aceleradas contra a parede da câmara de deflexão. De lá a escória líquida escorre pela abertura 10 no banho de escória 11 preenchido com água, onde ela endurece para

formar um granulado sólido, que é descarregado descontinuamente através da comporta 12 do reator.

[0031] O gás defletido flui pela tubulação de transporte 9 até uma outra câmara de deflexão 13, lá é desviado em 90° e chega por uma abertura 14 no reator de fluxo aéreo endotérmico 15 disposto sobre a câmara. O carbono de coque 16 da pirólise do combustível com uma fração de grão áspero até 20 mm é transportado através de um transportador helicoidal 17 até o reator de fluxo aéreo endotérmico.

[0032] O reator de fluxo aéreo tem um corte lateral ampliado no sentido para cima, que é de tal forma dimensionado que a velocidade na extremidade inferior do reator situa-se acima da velocidade da suspensão das partículas de coque mais grosseiras, de modo que nenhum coque possa cair na direção da câmara de deflexão 13, e a velocidade do gás na extremidade superior do reator situa-se abaixo da velocidade de suspensão das menores partículas de coque reativas, de modo que apenas as partículas menores escoam do reator com o fluxo gasoso.

[0033] As partículas de coque mais grosseiras são carregadas primeiramente mais para cima com o fluxo gasoso, até que a velocidade do gás caia abaixo da velocidade de suspensão em consequência do aumento da seção transversal do reator, e depois caiam de volta para baixo até que elas sejam novamente transportadas para cima pelo gás.

[0034] Através da forma do reator e da estrutura do grão do coque escolhido tem-se uma misturação intensa com movimentos relativos entre coque e gás e um enriquecimento de coque no reator até se atingir um estado quase estacionário, que se apresenta como um excesso de coque em relação a uma proporção original de coque - gás após a pirólise, isto é, com a invenção é possível elevar a proporção de carbono sólido para gás de aproximadamente 0,1 até maior do que

1.

[0035] O excesso de coque e os grandes movimentos relativos entre carbono sólido e gás aperfeiçoam a cinética da gaseificação endotérmica do carbono de coque com  $\text{CO}_2$  e o vapor d'água do gás quente para formar CO e hidrogênio, e levam a uma conversão de carbono mais elevada e assim estão ligados a um resfriamento mais forte do gás do que em processos comparáveis, nos quais carbono sólido e gás têm aproximadamente o mesmo tempo de residência, como por exemplo, de acordo com a patente DE 197 47 324.

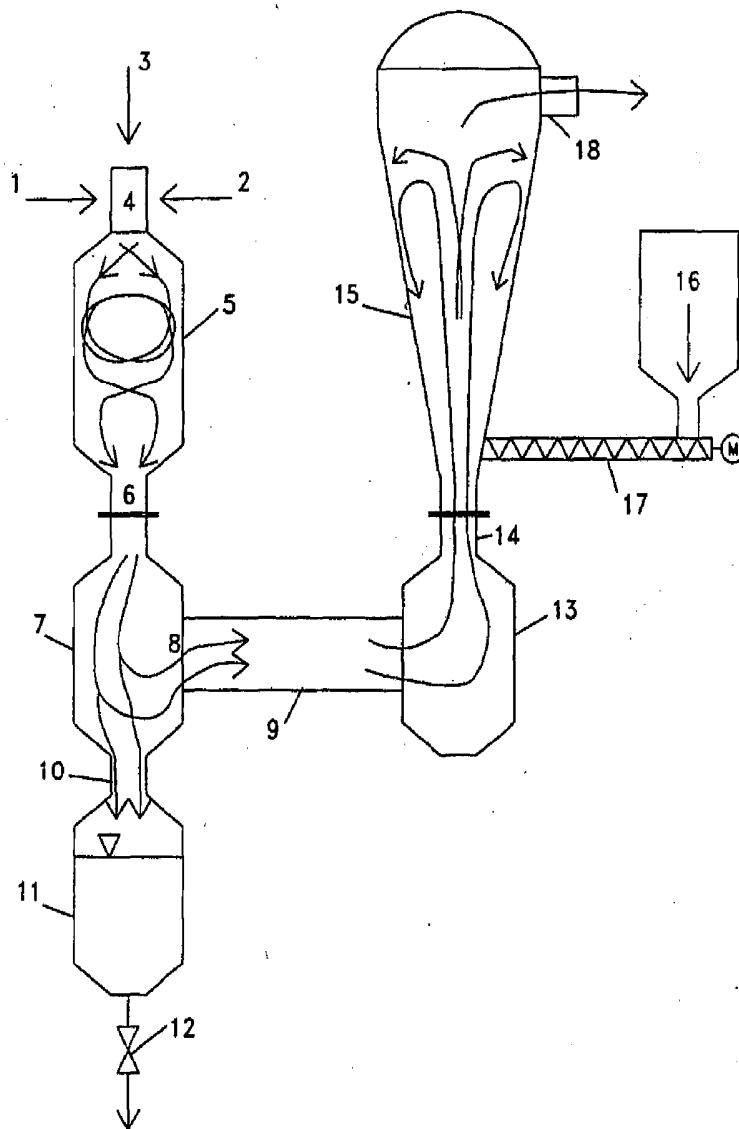
[0036] O gás bruto carregado com coque residual não reagido deixa o reator pela saída de gás 18 e é resfriado e desempoeirado antes da própria utilização. O coque residual 2 precipitado no despoeiramento, é conduzido de volta à câmara de combustão 5, conforme acima descrito.

## REIVINDICAÇÃO

1. Processo para gaseificação endotérmica de carbono sólido no fluxo aéreo com gás quente da oxidação parcial de uma combinação de processo, consistindo nas etapas de processo de oxidação parcial de combustíveis e gaseificação endotérmica de carbono sólido, caracterizado pelo fato de que o gás quente da câmara de combustão (5), que no processo flui para baixo, é desviado com separação das escórias líquidas e adicionado à etapa do processo de gaseificação endotérmica de carbono sólido, que trabalha com fluxo de gás ascendente, com adição de carbono de coque (16) de um processo de síntese de uma combustão incompleta e com um diâmetro de até 20 mm, sendo que a velocidade na alimentação de carbono situa-se acima, e ao término da etapa de processo de gaseificação endotérmica situa-se abaixo da velocidade de suspensão das partículas reativas de carbono.

2. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que à gaseificação endotérmica de carbono sólido é de tal forma instalada anteriormente uma combustão incompleta, que o gás de combustão incompleta da oxidação parcial e o coque de combustão incompleta são introduzidos na gaseificação endotérmica.

Fig. 1



## RESUMO

Patente de Invenção: **"PROCESSO PARA GASEIFICAÇÃO ENDOTÉRMICA DE CARBONO"**.

A presente invenção refere-se a um processo para gaseificação endotérmica de carbono sólido em fluxo aéreo com gás quente da oxidação parcial de uma combinação de processo, consistindo nas etapas de processo da oxidação parcial de combustível e gaseificação endotérmica de carbono sólido, que opcionalmente é de tal modo instalado anteriormente a uma combustão incompleta que o gás da combustão incompleta da oxidação parcial e o coque da oxidação incompleta da gaseificação endotérmica são alimentados, sendo que o gás quente de acordo com a invenção, que flui para trás da câmara de combustão (5) é desviado, com separação das escórias líquidas, e a etapa do processo de gaseificação de carbono sólido, que trabalha com fluxo gasoso ascendente, com adição de carbono sólido (16), de preferência coque de carbono com um diâmetro de grão de até 20 mm é alimentado a um processo interno de combustão incompleta, sendo que a velocidade do gás na alimentação de carbono situa-se acima e ao final da etapa de processo de gaseificação endotérmica abaixo da velocidade de suspensão das partículas reativas de carbono.