



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

**(11) PI 0722330-7 B1**

**(22) Data do Depósito: 12/12/2007**

**(45) Data de Concessão: 20/06/2017**



---

**(54) Título:** PROCESSO E INSTALAÇÃO PARA PRODUZIR CARVÃO E GÁS COMBUSTÍVEL

**(51) Int.Cl.:** C10J 3/46; C10B 49/10

**(73) Titular(es):** OUTOTEC OYJ

**(72) Inventor(es):** ANDREAS ORTH

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**PROCESSO E INSTALAÇÃO PARA PRODUZIR CARVÃO E GÁS COMBUSTÍVEL**".

**Campo da Técnica**

5 A presente invenção refere-se a um processo de produzir carvão e gás combustível, no qual um material carbonífero do tipo hulha é desgaseificado por gases contendo oxigênio, num reator de leito fluidizado, em presença de vapor a uma temperatura acima de 1.000°C e a uma pressão que varia entre cerca de 0,1 mpA (1 bar) e cerca de 4 mpA (40 bar), bem como a um instalação correspondente.

10 Através da referência EP 0 062 363 A1, conhece-se processo e instalação de produzir gás combustível e processar calor de materiais carboníferos. Nesse processo, a hulha ou similar reage com oxigênio portador de gases, em presença de vapor, num reator de leito fluidizado. A desgaseificação é levada a cabo a uma pressão de até 0,5 mpA (5 bar) e a  
15 uma temperatura de 800°C a 1.100°C. Para maximizar as quantidades de combustível e calor que podem ser obtidos a partir de tal processo, os parâmetros do reator de leito fluidizado se ajustam de modo a que 40% a 80% do carbono do material inicial sofram reação no reator de leito fluidizado. Um processo semelhante é conhecido através de US 4.474.583 e  
20 JP 2003105351.

Muitos processos metalúrgicos, como o de reduzir a fusão de minérios de ferro num recipiente de redução a fusão (Hismelt-SRV), ou a redução de ilmenita em um forno rotativo requerem material do tipo pó de coque, carvão, antracito ou carvão de usina elétrica. Entretanto, os  
25 processos conhecidos nos quais uma quantidade máxima de combustível e calor é produzida não são apropriados para se obter suficiente carvão ou similar para uso nesses processos metalúrgicos. Ademais, é preferível um baixo conteúdo volátil do carvão, já que leva à poupança de energia e a um aumento produtivo dos processos metalúrgicos.

30 **Descrição do invento**

É, pois, objeto do presente invento fornecer um processo e um instalação produtores de carvão e gás combustível, com otimização do uso

do carbono, para fornecer o calor necessário ao processo carbonizador e, assim, gerar uma quantidade máxima de carvão com simultânea geração de gás combustível.

De acordo com o presente invento, esse objetivo é conseguido por um processo caracterizado pelo fato de que o suprimento de oxigênio dentro do reator é ajustado ou regulado de maneira a recuperar mais de 60% do carbono fixo do material carbonífero no carvão produzido. Assim, o invento combina a produção de carvão quente e gás combustível de um modo que somente uma quantidade mínima de carbono é usada para fornecer o calor necessário ao processo carbonizador. Em conseqüência, é produzido gás combustível altamente calórico enquanto, ao mesmo tempo, se recupera, no produto sólido, a maior parte do carbono, que pode ser usado em ulteriores processos metalúrgicos. O carvão, de acordo com o invento, é material carbonífero submetido ao calor, contendo principalmente carbono e cinza, com baixo conteúdo de alguns remanescentes, na maioria hidrogênio e oxigênio.

De acordo com uma das modalidades preferidas do invento, o suprimento de oxigênio dentro do reator é ajustado ou regulado de um modo que a disponibilidade de oxigênio na região inferior ou no fundo do reator seja menor, em comparação com uma região superior do reator. É preferencial que o suprimento de oxigênio dentro do reator seja ajustado ou regulado de tal modo que a disponibilidade de oxigênio em uma região inferior ou no fundo do reator seja menor que 50%, de preferência menor que 80% da disponibilidade de oxigênio na região superior do reator. Por exemplo, a disponibilidade de oxigênio na região inferior ou no fundo pode ser 90% menor que a disponibilidade de oxigênio em uma região superior do reator. Fazendo-se assim, o reator fica teoricamente separado em duas seções: a inferior é baixa em suprimento livre de oxigênio e, portanto, menos carbono fixo entra em combustão, resultando em rendimento mais alto de carbono, especialmente na produção de partícula bruta que se almeja.

A maior parte da energia para o processo é disponibilizada na parte superior do reator, onde os voláteis e as partículas finas de hulha

entram em combustão, por exemplo, com oxigênio injetado com alta concentração de partículas e, portanto, boa transferência de calor, que impedindo aglomeração de partículas, que ocorre facilmente em sistemas de reatores em que a zona de combustão é diluída, como nos leitos fluidizados borbulhantes. Além disso, a circulação de partículas dentro do reator assegura uma boa transferência de calor, que é também crucial nas bordas soltas e diluídas de reatores de leito fluidizado ou fixo, convencionais e estacionários. Como os voláteis não são carbono fixo e as partículas finas se perderiam com a corrente efluente gasosa, as unidades de carbono em combustão não efetuam a produção de carbono fixo significativamente. Entretanto, por meio da separação do reator, e tendo uma zona dedicada à geração de energia, altos níveis de carbono fixo (>60%) podem ser atingidos num reator de leito fluidizado, mesmo a altas temperaturas na faixa de 1000°C e acima, evitando a geração de quantidades significativas de alcatrão.

A taxa de mais de 60% de carbono fixo, de preferência mais de 70% no produto pode ser conseguida usando-se um reator de leito fluidizado circulante, no qual gás ou ar com um teor de oxigênio menor que 5% é introduzido na parte inferior ou fundo do reator como gás fluidizado, e no qual gás ou ar enriquecido com oxigênio, contendo oxigênio entre 50% e cerca de 100%, de preferência entre 90% e 99%, em especial contendo oxigênio a pelo menos 95%, é introduzido na parte superior do reator de leito fluidizado como gás secundário.

De acordo com uma das modalidades preferidas do invento, a temperatura da reação no leito fluidizado circulante do reator de leito fluidizado fica entre cerca de 1.000°C e cerca de 1.100°C. Embora a temperatura possa ficar dentro de uma faixa de 950°C a 1.150°C, especialmente entre 980°C e 1.100°C, uma temperatura da reação acima de 1000°C é preferida, preferivelmente acima de 1.050°C. A pressão da reação no processo inventivo pode ficar entre 0,1 MPa (1 bar) e 4 MPa (40 bar), preferivelmente entre 0,11 MPa (1,1 bar) e 3 MPa (30 bar). Prefere-se, entretanto, que a pressão no reator de leito fluidizado seja acima de cerca de

0,5 MPa (5 bar) e abaixo de 2 MPa (20 bar).

Em adição ou como alternativa para o acima, uma mistura de vapor e gás ou ar ou misturas desses gases são introduzidas no leito fluidizado circulante do reator de leito fluidizado como gás fluidizante primário. Além disso, pode ser usado gás reciclado. A quantidade e a razão de gases introduzidos e seus conteúdos de O<sub>2</sub> e outros componentes podem ser ajustadas.

O processo inventivo é ajustado de modo que em adição ao carvão um gás combustível altamente calórico seja produzido. O gás combustível produzido por desgaseificação de material carbonífero no reator de leito fluidizado tem, de preferência, um valor de aquecimento mínimo de 9 MJ/m<sup>3</sup> STP. Esse gás combustível tem, de preferência, baixo teor de alcatrão.

Para assegurar a reutilização de energia térmica e gás combustível dentro do processo inventivo, pode-se instalar um sistema de fluxo de gás em circuito fechado, com o efluente gasoso (*offgas*) do reator de leito fluidizado sendo introduzido numa caldeira recuperadora de calor perdido para produzir vapor, e sendo introduzido ao menos parcialmente como gás fluidizante no reator de leito fluidizado. Essa quantidade pode ser controlada e ajustada. O gás que deixa a caldeira recuperadora de calor perdido pode ser parcialmente desempoadado num multiclone ou qualquer outro tipo de sistema removedor de pó, por exemplo, como um pano ou filtro de metal ou cerâmica, ou um precipitador eletrostático, e introduzido numa unidade purificadora de gás de processamento para mais limpeza e resfriamento antes de introduzir o gás combustível no reator de leito fluidizado. Além disso, o conteúdo do gás circulante pode ser controlado adicionando-se ou removendo-se componentes como H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, poluentes ou impurezas. Antes de usar o gás combustível ou gás reciclado, é também possível reaquecer o gás, por exemplo, através de transferência de calor ou combustão parcial, e usar energia do processo de reaquecimento.

Vantajosamente, o sólido produzido no reator de leito fluidizado,

isto é, carvão quente, é transferido para dentro de um instalação como alto-forno ou forno rotativo a uma temperatura acima de por volta de 750°C, preferivelmente entre 950°C e 1.100°C. Assim, a energia térmica do carvão quente produzida no reator de leito fluidizado pode ser reutilizada em ulterior  
5 processo metalúrgico.

Numa outra modalidade preferida do invento, o carvão quente produzido é transferido um sistema de injeção pneumática e/ou de transporte a um instalação de processamento metalúrgico como redução de ferro a fusão ou redução de ilmenita. Como alternativa, o carvão quente não  
10 é diretamente conduzido ao instalação metalúrgico, mas pode ser coletado num recipiente de armazenamento intermediário, de onde é introduzido em reatores a fusão ou redução ou similares. Assim, o carvão produzido pode ser estocado ou guardado em recipientes de trem em silo fechado, para transporte. É também possível usar o carvão para quaisquer outros  
15 processos convenientes, como em forma de suplemento de sinterização, pelotagem, extração elétrica de metais, como também para processos não metalúrgicos como usinas de energia elétrica ou a produção de fósforo elementar.

Prefere-se que o carvão úmido, como material alimentador carbonífero, seja pré-secado e britado até um tamanho de partícula abaixo  
20 de 10 mm antes de se introduzir o carvão no reator de leito fluidizado. O carvão úmido avança de um estoque com sistema de transporte para um recipiente de carvão úmido. Esse recipiente de carvão úmido pode ter capacidade de armazenagem para quinze horas de operação. O carvão  
25 recebido é britado e simultaneamente secado para remover umidade da superfície, de preferência ao máximo possível. Depois disso, o carvão pode ser armazenado num recipiente para carvão seco e/ou ser transportado continuamente por sistema de dosagem e condução pneumática no reator de leito fluidizado. Como material alimentador carbonífero podem ser usados  
30 antracito e hulha tratados a vapor de conteúdo úmido reduzido a menos de 5% e/ou linhitas e carvões marrons de conteúdo úmido na superfície abaixo de 17%. O conteúdo de água da hulha pré-secada pode ser controlado de

acordo com as necessidades do processo desejado. O gás efluente da secagem da hulha pode ser removido do outro gás e pode ser tratado num instalação especial, por exemplo, de acordo com o documento AU 2005 237 179, ou reutilizado no processo, por exemplo, como vapor contendo gás  
5 depois de aquecimento para injeção na parte superior do reator ou como parte do gás fluidizante e/ou gás reciclado. A hulha pré-secada pode ser aquecida, e uma parte da matéria volátil pode ser removida durante esse aquecimento. Essa corrente de gás pode ser operada separadamente, também, por exemplo, como gás de processamento ou para combustão.

10 Para uso em processos metalúrgicos, prefere-se um baixo conteúdo volátil de carvão, pois isso promove economia de energia e aumento na produção. Assim, de acordo com uma das modalidades preferidas do invento, o conteúdo volátil do carvão produzido no reator de leito fluidizado fica abaixo de 10% em peso, preferivelmente abaixo de 4%  
15 em peso.

Um instalação, de acordo com o invento, especialmente adequado para o desempenho do processo acima descrito de produção de carvão e gás combustível compreende um reator de leito fluidizado, de preferência com leito fluidizado circulante ou um reator de leito fluidizado  
20 tubular, como em DE 102 60 734 com circulação interna, um reator para processamento metalúrgico adicional e uma injeção pneumática e/ou de transporte entre o reator de leito fluidizado e o reator adicional. O reator de leito fluidizado é guarnecido de uma entrada para um gás fluidizante primário situada na região inferior do reator e conectada a um suprimento de vapor e  
25 gás ou ar ou misturas desses gases, uma entrada para um gás secundário situada acima da dita entrada para o gás fluidizante primário e conectada a um suprimento de gás ou ar enriquecido com oxigênio ou misturas desses gases e uma entrada para sólidos conectada a um suprimento de hulha ou material carbonífero similar secado e britado. De acordo com o presente  
30 invento, a entrada para o gás fluidizante primário é conectada ao primeiro suprimento de gás, ou ar contendo um teor de oxigênio, que é menor comparado ao teor de oxigênio do segundo suprimento de gás ou ar

enriquecido com oxigênio ao qual a entrada para o gás secundário é conectada. Isso assegura que a região inferior do reator tenha menos oxigênio livre e, portanto, que menos carbono fixe em combustão, resultando em produção maior de carbono, especialmente no produto de partículas brutas almejado. Neste caso, a maior parte da energia do processo fica na parte superior do reator, onde os voláteis e as partículas finas de hulha entram em combustão, por exemplo com oxigênio injetado na zona com alta concentração de partículas sem movimento e, portanto, boa transferência de calor, impedindo aglomeração das partículas. Deve-se notar que, de acordo com o presente invento, o instalação pode ser configurado de maneira que o carvão produzido no reator de leito fluidizado possa ser empilhado ou introduzido em recipientes de trem em silo fechado, para transporte, em vez de, ou antes, da transferência do carvão quente para outro reator para novo processamento metalúrgico.

15                Numa das modalidades preferidas do invento, um ciclone e um multiclone, ou ambos, são instalados a jusante do reator de leito fluidizado para separar carvão e pó do gás combustível com uma saída do ciclone e do multiclone, ou de ambos, que se conecta a um conduto para introdução de gás combustível como gás fluidizado no reator de leito fluidizado e/ou num refrigerante de leito fluidizado a jusante do reator de leito fluidizado. Alternativamente, pode ser usado qualquer outro sistema de remoção de pó, como, por exemplo, um pano ou filtro de cerâmica, ou um precipitador eletrostático. Assim, pode haver um sistema de fluxo de gás em circuito fechado para reciclar e reutilizar ao menos uma parte do gás de processamento produzido para fluidização.

25                Vantajosamente, o carvão é transferido para um outro reator para novo processamento, preferivelmente um reator de processamento metalúrgico, como alto-forno para redução por fusão de ferro, ou forno rotativo para redução de ilmenita, ou fornalha elétrica para extração de metais. Antes de transferir o carvão para o outro reator, o carvão pode ser refrigerado e/ou misturado com pó num reator de leito fluidizado.

30                Outra opção preferida para refrigerar o produto de carvão é



combinar o resfriamento de sólidos com o pré-aquecimento de água de alimentação de caldeira e a condução para uma altura desejada do instalação. Para tanto, é usado preferivelmente um processo com sistema de reator de leito fluidizado tubular combinado com um reator de transporte pneumático como em DE 102 60 738. Preferivelmente, são inseridos feixes refrigerantes no anel do leito fluidizado para transferir calor a um economizador da caldeira de aquecimento de resíduo no trem de efluente gasoso.

Podem ser examinados os aperfeiçoamentos, vantagens e possibilidades de aplicação do presente invento também a partir da seguinte descrição das modalidades e a partir dos desenhos. Todas as características descritas e/ou ilustradas por si só ou em combinação formam a matéria de que trata o invento, independente de sua inclusão nas reivindicações ou de suas referências.

#### 15 **Breve descrição dos desenhos**

A fig. 1 mostra um diagrama de processo de um processo e de um instalação de acordo com uma primeira modalidade do presente invento e

A fig. 2 mostra um diagrama de processo de um processo e de um instalação de acordo com uma segunda modalidade do presente invento.

#### **Descrição detalhada das modalidades preferidas**

O instalação representado na Fig. 1 compreende um reator de leito fluidizado 1 que tem um leito fluidizado circulante e um ciclone 2 que fica a jusante do reator de leito fluidizado circulante 1 (reator CFB). Há, no reator de leito fluidizado 1, uma primeira entrada 3 para introduzir gás fluidizado primário, uma segunda entrada 4 para introduzir gás secundário e uma terceira entrada 5 para introduzir sólidos. A primeira entrada 3 é conectada a um suprimento de vapor e gás ou ar, ou misturas desses gases. A segunda entrada 4 é conectada a um suprimento de gás enriquecido com oxigênio, ou ar, ou misturas desses gases. Assim, a disponibilidade de oxigênio é significativamente mais alta na região superior do reator 1 no qual gás ou ar enriquecido com oxigênio é introduzido através da segunda

entrada 4, em comparação com a região inferior do reator 1, em que se localiza a primeira entrada 3. A terceira entrada 5 pode ser parte de um sistema de transporte pneumático, não mostrado na Fig. 1, para introduzir carvão seco ou material carbonífero similar no reator de leito fluidizado 1.

5 Alternativamente, a hulha poderia ser introduzida no reator CFB usando-se um sistema de alimentador munido de comporta e transportador volumétrico e mecânico, como, por exemplo, válvulas rotativas ou transportadores helicoidais.

10 A montante do reator de leito fluidizado 1 pode ficar uma estocagem a partir da qual é introduzida hulha, com um sistema de transporte, em um recipiente de hulha úmida que pode ter capacidade de armazenamento para quinze horas de operação. Além disso, pode-se instalar um sistema de britagem e secagem da hulha, no qual a hulha recebida é britada em partículas de tamanho abaixo de 10 mm e  
15 simultaneamente secada para remover ao máximo a umidade da superfície. A hulha pode ser armazenada num recipiente para hulha seca, antes de continuamente introduzida por um sistema de dosagem e de transportador pneumático no reator de leito fluidizado 1.

20 Para atingir velocidade uniforme do gás ao longo de toda a altura do reator de leito fluidizado 1, a seção transversal do reator tem forma cônica na zona inferior (não mostrado na Fig. 1). Conforme representado na Fig. 2, pode ser introduzido gás reciclado como gás de fluidização através de uma grade de bocal. Devido à alta velocidade do gás, os sólidos ficam aprisionados em toda a altura do reator de leito fluidizado 1, de modo que os  
25 sólidos suspensos ficam em constante movimento. Os sólidos ou deixam o reator na corrente de gás e são reciclados via ciclone 2 (circulação externa) ou fluem de volta pelas paredes para reentrarem em suspensão no gás fluidizado no fundo do reator (circulação interna). Esse intenso comportamento misturador de sólidos e gás é característico de sistemas  
30 com leito fluidizado circulante e assegura excelente transferência de calor e massa, bem como uma quase uniforme distribuição de temperatura no reator de leito fluidizado 1.

O gás combustível produzido no reator de leito fluidizado 1 e os sólidos lá aprisionados são descarregados no ciclone 2 para separação de carvão e pó do gás combustível, que pode ser descarregado através do conduto 6. Grande parte das partículas aprisionadas no gás que deixam o reator de leito fluidizado 1 são separadas do gás de processamento no ciclone de reciclagem 2 e retornam via conduto 7 ao leito fluidizado circulante através de um bujão de vedação que forma o circuito de circulação externa. Material do bujão de vedação e também da parte inferior do reator de leito fluidizado 1 via conduto 7a é descarregado por meio de dispositivos de descarga refrigerados a água em um grau em que uma pressão diferencial constante é mantida na altura do reator, o que é uma medida para o inventário do reator.

Sólidos como pó e carvão descarregados do ciclone 2 via conduto 7, ou descarregados de uma saída do reator de leito fluidizado 1 via conduto 7a podem ser introduzidos num outro reator 8, como alto-forno ou redução a fusão de ferro ou um forno rotativo para redução de ilmenita. Carvão quente e similares podem ser transferidos do conduto 7 para o reator 8 via injeção pneumática e sistema de transporte 9 indicado por setas na Fig. 1.

Reportando-se agora à Fig. 2, a instalação é dotada de reator de leito fluidizado 1 e ciclone 2, conforme descrito acima.

A montante do reator de leito fluidizado 1 pode haver um recipiente de armazenamento de hulha úmida, um sistema de britagem e secagem de hulha, um recipiente de armazenamento de hulha seca e/ou um transporte pneumático para hulha seca (não mostrados nos desenhos).

O carvão quente descarregado do ciclone 2 via conduto 7 e/ou do reator de leito fluidizado 1 é introduzido num refrigerante de leito fluidizado 10. O carvão pode então ser introduzido num vaso transmissor 11 e/ou transferido para um outro reator 8 via o sistema de injeção e transporte 9, que é um sistema transportador quente.

O refrigerante de leito fluidizado 10 é moderadamente fluidizado, atingindo baixas velocidades de gás, suficiente apenas para manter os

sólidos em movimento e permitir a mistura das partículas finas com as brutas. Por injeção de água ou controle da temperatura através de outros meios (por exemplo, feixes refrigerantes), a temperatura final do material é ajustada para suportar a temperatura máxima de transporte de 850°C. O efluente gasoso (gás combustível) que deixa o refrigerante de leito fluidizado 10 pode ser injetado num sistema de gás de processamento antes do purificador do gás de processamento. Supõe-se um conteúdo volátil de menos de 3% em peso no carvão descarregado.

O gás combustível que deixa o ciclone 2 via conduto 6 é introduzido a cerca de 1.000°C numa caldeira de aquecimento de resíduo 12, na qual é produzido vapor aquecendo-se água de alimentação de caldeira. Depois de ser refrigerado na caldeira de aquecimento de resíduo 12, o gás combustível é, ao menos em parte, desempoeirado em um multiclone 13 que se situa a jusante da caldeira de aquecimento de resíduo 12. O pó descarregado do multiclone 13 pode ser misturado com o carvão descarregado do leito fluidizado circulante e transferido para o refrigerante de leito fluidizado 10, ou para o vaso transmissor 11.

O gás combustível que deixa o multiclone 13 a cerca de 400°C pode ser submetido a ulterior limpeza e/ou resfriamento a cerca de 30°C numa unidade de purificação de gás de processamento (não mostrada). A energia do gás combustível produzido pode ser usada, por exemplo, para pré-secar e/ou pré-aquecer o material carbonífero e/ou pré-aquecer outros materiais de processamento. A água de processamento do purificador é tratada em um clarificador, e um depósito rico em carbono é produzido. O excesso do clarificador é reciclado para o purificador. O depósito rico em carbono pode ser reciclado para o instalação de britagem e de secagem de hulha ou pode ser reciclado diretamente no forno de processamento, talvez, por exemplo, aglomeração ou compactação.

Em um sistema de fluxo de gás em circuito fechado, o gás combustível refrigerado e limpo pode então ser descarregado via conduto 14, ou ao menos parcialmente, reintroduzido no processamento via conduto 15. Essas quantidades podem ser controladas e/ou ajustadas. Conforme

mostrado na Fig. 2, o gás combustível pode ser introduzido no refrigerante de leito fluidizado. Antes de usar o gás combustível ou o gás reciclado, o conteúdo do gás pode ser controlado e/ou ajustado por adição ou remoção de componentes como vapor, CO<sub>2</sub> ou H<sub>2</sub>S.

5 O instalação pode ser operado sob condições de pressão ambiente ou, preferivelmente, a uma pressão acima de 5 bar. Entretanto, devido a perdas de pressão ou carga de material, a pressão resultante será mais alta. Assim, pode ser providenciado um compressor de gás reciclado que faça a recompressão do fluxo de gás de processamento, para  
10 compensar pela perda de pressão do instalação. A água de processamento e água de resfriamento da maquinaria é refrigerada em torres de resfriamento e reciclada de volta.

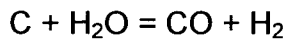
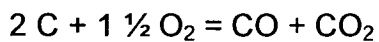
#### **Exemplo 1 (produção de carvão e gás combustível)**

Num instalação conforme representado na Fig. 2, são  
15 produzidos carvão e gás combustível, usando-se 385 t/h de hulha sub-betuminosa úmida como material carbonífero que é britado e secado para reduzir o teor de umidade até 14% em peso, e é então introduzido via entrada 5 no leito fluidizado circulante do reator de leito fluidizado 1. A composição da hulha introduzida é a seguinte: 77% em peso (daf = seco e  
20 isento de cinza) C; 4,1% em peso (daf) H; 16,91% em peso (daf) O; 0,65% em peso (daf) S; 1,34% em peso (daf) N e 9,1% em peso de cinza. O conteúdo volátil é de 35,3% em peso (d.b. = base seca) e o teor de carbono fixo é de 55,6% em peso (d.b.).

A hulha é parcialmente gaseificada e posta em combustão no  
25 leito fluidizado circulante usando-se 62.000 Nm<sup>3</sup>/h de oxigênio (95% O<sub>2</sub>) e 5 t/h de vapor a baixa pressão (900 kPaq) que são introduzidos no reator via entradas 4 como gás secundário. O reator é fluidizado usando-se 90.000 m<sup>3</sup>/h (STP) de gás reciclado com 39,3% CO, 13,1% CO<sub>2</sub>, 37,6% N<sub>2</sub>, 1,4% H<sub>2</sub>O, 2,4% CH<sub>4</sub>, 0,4% H<sub>2</sub>S, 5,8% N<sub>2</sub> que é introduzido via entradas 3. A  
30 temperatura no leito fluidizado circulante é maior que 1.000°C e a pressão é de 500 kPaq.

A combustão e gaseificação parciais do carbono são feitas de

acordo com a seguinte reação:



5 Uma razão CO/CO<sub>2</sub> de 2,90 é presumida para o gás de processamento que deixa o reator de leito fluidizado 1. 274.000 m<sup>3</sup>/h (STP) de gás combustível é produzido com a seguinte composição: 12,7% em volume CO<sub>2</sub>; 6,0% em volume N<sub>2</sub>; 0% em volume O<sub>2</sub>; 40,1% em volume CO; 38,6% em volume H<sub>2</sub> e 2,5% em volume CH<sub>4</sub>; 0,1% em volume H<sub>2</sub>O; 50 ppmv H<sub>2</sub>S.

10 Além disso, produzem-se 152 t/h de carvão com um teor de carbono de 80% em peso e 2% em peso de voláteis (cinza remanescente). Esse produto sólido, que consiste em carbono e cinza, pode ser descarregado tanto na linha de reciclagem depois do ciclone de reciclagem 2 quanto a partir do fundo do reator de leito fluidizado 1. O pó gerado que é  
15 fino demais para ser descarregado no ciclone de reciclagem 2 é descarregado no multiclone 13 com o carvão do reator de leito fluidizado 1, sendo o pó do multiclone 13 misturado num reator de leito fluidizado 10, que é também usado para refrigerar os produtos a uma temperatura de menos de 850°C Como alternativa, a corrente de pó do multiclone pode ser  
20 combinada com o produto refrigerado do refrigerante de leito fluidizado 10.

O reator de leito fluidizado 10 usa gás de reciclagem frio para fluidização e resfriamento. Além disso, pode ser injetada água no reator de leito fluidizado 10 para posterior resfriamento caso seja apropriado. Como alternativa, pode-se usar um refrigerante indireto.

25 O produto do reator de leito fluidizado 10 é transferido para um vaso de injeção 11 de onde é transportado para um reator adicional 8, por exemplo um vaso de redução a fusão usando sistema transportador quente. Como alternativa, o produto pode ser estocado ou introduzido em recipientes de trem em silo fechado para transporte.

30 O gás combustível que deixa o ciclone 2 a jusante do reator de leito fluidizado 1 é refrigerado em caldeira recuperadora de calor perdido 12 a uma temperatura abaixo de 450°C antes de introduzir o gás combustível

no multiclone 13. Ultrafinas, que não puderam ser descarregadas no multiclone, podem ser descarregadas como depósito de um purificador de tipo Venturi (não mostrado). O depósito pode então ser transportado para um clarificador. Presume-se que 10% em peso do carvão produzido sejam coletados como depósito. Num instalação integrado esse depósito pode ser reciclado através da unidade de britagem e secagem da hulha (não mostrada) a montante do reator de leito fluidizado 1.

Além disso, o gás de processamento (gás combustível) descarregado do multiclone 13 pode ser ulteriormente refrigerado num refrigerante a gás de processamento (não mostrado) e pode então ser transferido para um limite de bateria (não mostrado) para uso posterior. Uma parte do gás de processamento é reciclado via conduto 15 e serve como gás de fluidização para o leito fluidizado circulante ou reator de leito fluidizado 1 e refrigerante de leito fluidizado 10. Ademais, certa quantidade do gás de processamento é usada como gás combustível para a secagem da hulha.

**Referências numéricas:**

- 1 reator de leito fluidizado circulante
- 2 ciclone
- 3 primeira entrada (gás)
- 20 4 segunda entrada (gás)
- 5 terceira entrada (sólidos)
- 6 conduto
- 7, 7a condutos
- 8 reator adicional
- 25 9 sistema de injeção e transporte
- 10 refrigerante de leito fluidizado
- 11 vaso
- 12 caldeira de recuperação de calor perdido
- 13 multiclone
- 30 14 conduto
- 15 conduto

## REIVINDICAÇÕES

1. Processo para produzir carvão e gás combustível no qual material combustível do tipo hulha é desgaseificado através de gases contendo oxigênio num reator de leito fluidizado (1) a uma temperatura de mais de 1.000°C e a uma pressão entre 0,1 MPa (1 bar) e 4 MPa (40 bar), em que o suprimento de oxigênio dentro do reator é regulado de maneira que mais de 60% do carbono fixo do material carbonífero é recuperado no carvão produzido, **caracterizado** pelo fato de que o suprimento de oxigênio dentro do reator é ajustado ou regulado de modo que a disponibilidade de oxigênio na região inferior ou fundo do reator (1) fique abaixo de 80% da disponibilidade de oxigênio na região superior do reator (1).

2. Processo, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o suprimento de oxigênio dentro do reator é ajustado ou regulado de modo que a disponibilidade de oxigênio na região inferior ou fundo do reator (1) fique abaixo de 50% da disponibilidade de oxigênio na região superior do reator (1).

3. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 2, **caracterizado** pelo fato de que o gás ou ar contendo oxigênio a menos de 5% é introduzido na parte inferior ou fundo do reator (1) como gás fluidizado.

4. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, **caracterizado** pelo fato de que o gás ou ar enriquecido com oxigênio, contendo oxigênio entre 50% e 100%, é introduzido na parte superior do reator de leito fluidizado (1) como gás secundário.

5. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, **caracterizado** pelo fato de que a temperatura da reação no reator de leito fluidizado (1) fica entre 1.000°C e 1.100°C.

6. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, **caracterizado** pelo fato de que a pressão da reação no reator de leito fluidizado (1) fica acima de 0,5 MPa (5 bar).

7. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, **caracterizado** pelo fato de que uma mistura de vapor e gás ou ar é in-



introduzida no reator de leito fluidizado (1) como gás fluidizado primário.

8. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, **caracterizado** pelo fato de que gás combustível com valor de aquecimento mínimo de 9 MJN/m<sup>3</sup> (STP) é produzido por desgaseificação de material carbonífero no reator de leito fluidizado (1).

9. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8, **caracterizado** pelo fato de que ao menos uma parte do gás combustível produzido é reciclado e reutilizado como gás fluidizado no reator de leito fluidizado (1).

10. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9, **caracterizado** pelo fato de que o carvão produzido é transferido a uma instalação (8) como alto-forno ou forno rotativo a uma temperatura entre 750°C e 1.100°C.

11. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 10, **caracterizado** pelo fato de que o carvão quente produzido é transferido um sistema de injeção pneumática e/ou de transporte (9) para uma instalação (8) para um processamento metalúrgico do tipo redução por fusão de ferro, extração elétrica de metais ou redução de ilmenita.

12. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 11, **caracterizado** pelo fato de que o carvão produzido é transportado até uma altura desejada da instalação e simultaneamente refrigerado usando a energia térmica para pré-aquecer a água de alimentação da caldeira.

13. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 12, **caracterizado** pelo fato de que o conteúdo volátil do carvão produzido no reator de leito fluidizado (1) fica abaixo de 10% em peso.

14. Instalação para realizar um processo de produção de carvão e gás combustível conforme definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 13, compreendendo:

- um reator de leito fluidizado 1 com
- uma entrada (3) para um gás fluidizante primário situada na região inferior do reator,
- uma entrada (4) para um gás secundário situada acima da entrada (3) para

um gás fluidizante primário

- e uma entrada (5) para sólidos em um suprimento de hulha britada e seca-da,

- um reator adicional (8) para processo adicional e

- 5 - um sistema de injeção pneumática e/ou de transporte que se situa entre o reator de leito fluidizado (1) e o reator adicional (8), **caracterizada** pelo fato de que a entrada (3) de gás fluidizante primário é conectada a um primeiro suprimento de gás ou ar com um teor de oxigênio menor comparada a um teor de oxigênio de um segundo suprimento de gás ou ar enriquecido com
- 10 oxigênio, ao qual a entrada (4) de um gás secundário é conectada, e pelo fato de que o reator de leito fluidizado (1) é diretamente conectado, via con-  
duto (7a), ao reator adicional (8).

- 15 15. Instalação de acordo com a reivindicação (14), **caracteriza-  
da** pelo fato de que um ciclone (2) e/ou um multiclone (13) situa-se a jusante  
do reator de leito fluidizado (1), para separar carvão e pó do gás combustível  
com uma saída do ciclone (2) e/ou do multiclone (13) sendo conectada a um  
conduto (15), para introduzir gás combustível como gás fluidizante no reator  
de leito fluidizado (1) e/ou num refrigerante de leito fluidizado (10), situando-  
se a jusante do reator de leito fluidizado (1).

- 20 16. Instalação, de acordo com qualquer uma das reivindicações  
14 ou 15, **caracterizada** pelo fato de que o reator adicional (8) de processo  
adicional é um reator de processamento metalúrgico.

- 25 17. Instalação, de acordo com qualquer uma das reivindicações  
14 a 16, **caracterizada** pelo fato de que o reator adicional (8) para proces-  
samento metalúrgico adicional é um alto-forno de redução de ferro a fusão,  
ou forno rotativo de redução de ilmenita, ou forno elétrico de extração de  
metais.

- 30 18. Instalação, de acordo com quaisquer das reivindicações 14 a  
17, **caracterizada** pelo fato de que o reator de leito fluidizado é um reator de  
leito fluidizado de circulação ou um reator de leito fluidizado tubular.

Fig. 1

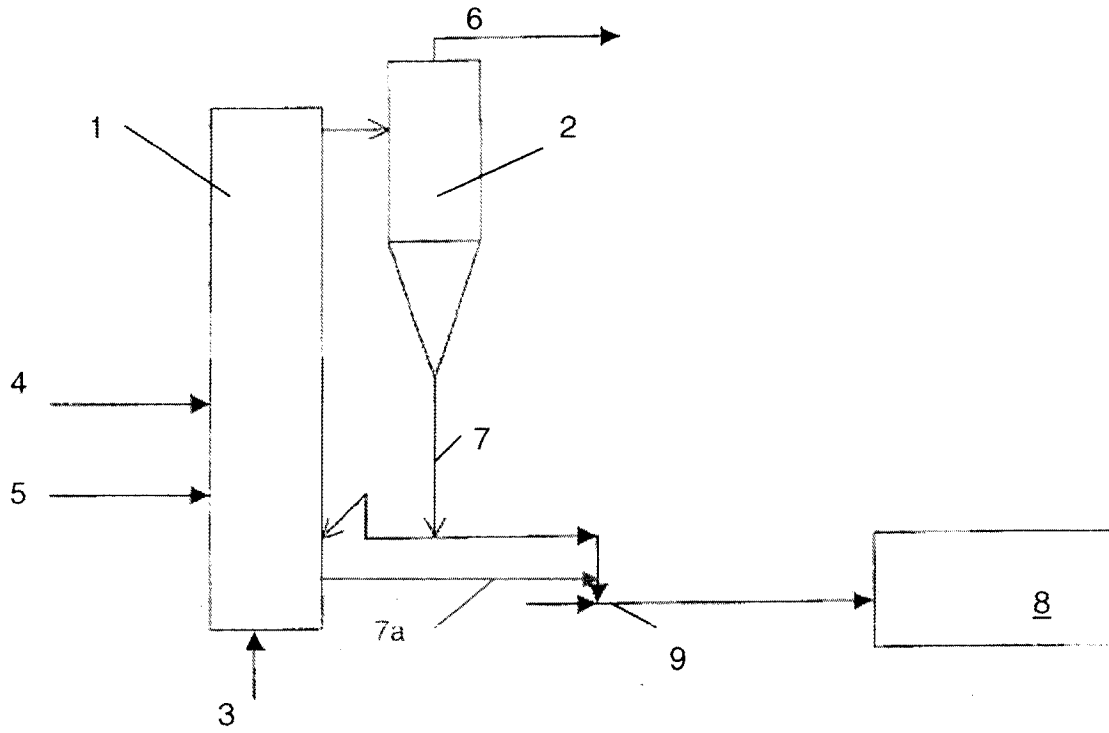


Fig. 2

