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

(11) PI 0814701-9 B1

(22) Data do Depósito: 29/04/2008

(45) Data de Concessão: 04/04/2017

(54) Título: REATOR DE LEITO FLUIDIZADO PARA O TRATAMENTO QUÍMICO E/OU FÍSICO DE SUBSTÂNCIAS FLUIDIZÁVEIS

(51) Int.Cl.: B01J 8/18; B01J 8/24

(30) Prioridade Unionista: 09/07/2007 DE 10 2007 032 085.1

(73) Titular(es): OUTOTEC OYJ

(72) Inventor(es): JÜRGEN EMMEL; JEAN-CLAUDE HEIN; MAX-DIETER LAUMANN; FRANZ REISSER

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"REATOR DE LEITO FLUIDIZADO PARA O TRATAMENTO QUÍMICO E/OU FÍSICO DE SUBSTÂNCIAS FLUIDIZÁVEIS".**

A presente invenção refere-se a um reator de leito fluidizado para o tratamento químico e/ou físico de substâncias fluidizáveis no interior de um reator, compreendendo pelo menos um tubo central para introdução de um gás de processo no interior do reator, e uma soleira ventaneira para introdução de gás fluidizante no interior do reator, onde na posição de montagem abaixo do tubo central é provido um recipiente, no qual se abre um primeiro conduto para fornecimento do gás de processo, e onde na posição de montagem abaixo da soleira ventaneira um espaço anular circundando o tubo central é provido, para o qual se abre um conduto para fornecimento do gás fluidizante. Ainda, a presente invenção refere-se a um processo para o tratamento químico e/ou físico de substâncias fluidizáveis em tal reator.

Reatores de leito fluidizado conforme acima mencionado são conhecidos da técnica anterior, onde o espaço anular circundando o tubo central é ligado ao tubo central a uma distância do recipiente. As paredes do tubo central são principalmente feitas de um aço inoxidável resistente à alta temperatura, a fim de serem capazes de suportar as temperaturas altas de frequentemente acima de 1000º C, que acontecem durante o tratamento de substâncias fluidizáveis. Ainda, um esfriamento do tubo central é frequentemente provido, e para este propósito uma saída estreita geralmente é criada em torno do tubo central, o qual está parcialmente localizado dentro do espaço anular para fornecimento do gás fluidizante, e através do qual, por exemplo, ar de temperatura ambiente é passado.

Apesar do esfriamento e do uso de aço inoxidável resistente à alta temperatura ser comparativamente dispendioso, não apenas as temperaturas altas dentro do tubo central podem ser em parte controladas com grande dificuldade, mas em tais reatores toda a construção é também considerada como merecedora de aperfeiçoamento, em particular em termos de sua rigidez e resistência à fadiga, especialmente no caso de uma

sobre o tubo central, há também cargas mecânicas como um resultado do espaço anular para fornecimento do gás fluidizante, que se apoia no dito tubo central.

Quando usando tais reatores, a eficiência energética também é considerada merecedora de aperfeiçoamento, uma vez que o esfriamento do tubo central, através do qual gás de processo aquecido é fornecido, leva a um esfriamento do gás de processo e então a uma deterioração da eficiência.

Deste modo, é o objetivo da presente invenção criar um reator e um processo conforme acima mencionado, onde uma eficiência energética aperfeiçoada do processo pode ser conseguida sem prejuízo da segurança operacional da construção.

De acordo com a invenção, este objetivo é substancialmente atingido pelo fato de que em um reator conforme acima mencionado as paredes metálicas do tubo central, do recipiente e do espaço anular são providas com um revestimento de isolamento térmico, onde pelo menos porções da parede externa do espaço anular formam uma unidade contínua com a parede do recipiente. O revestimento das paredes metálicas do tubo central, do recipiente e do espaço anular provê redução considerável das cargas térmicas que agem sobre essas paredes, em particular no caso de processos com temperaturas mais altas do gás de processo e/ou gás fluidizante. Ao mesmo tempo, uma distribuição de temperatura substancialmente uniforme é obtida nas paredes do recipiente e do espaço anular, de modo que quaisquer estresses térmicos são gerados na região de transição entre esses componentes. Devido ao fato da parede externa do espaço anular formar uma unidade com a parede do recipiente, as cargas mecânicas que agem sobre o tubo central também são consideravelmente reduzidas. Devido à configuração da presente invenção do reator de leito fluidizado, uma construção mais simples e consideravelmente mais forte então é obtida, que melhor do que reatores conhecidos pode também suportar cargas térmicas e/ou mecânicas maiores. De acordo com a presente invenção o termo unidade define que a parede externa do espaço anular se une à parede do recipiente

e que as ditas duas paredes são preferivelmente fixas ou ligadas uma à outra, por exemplo, através de ligação ou similar. No entanto, isto não exclui que as duas paredes possam ser separadas uma da outra, por exemplo, para substituição devido a desgaste ou similar.

De acordo com uma modalidade preferida da invenção, o revestimento de isolamento térmico é formado por um revestimento com concreto refratário. O revestimento de isolamento pode também incluir pelo menos uma camada de tijolo refratário e/ou concreto refratário e/ou uma camada de tijolo refratário de peso leve e/ou concreto de isolamento. Como uma regra, uma estrutura multicamada é usada.

Por meio da construção da presente invenção do reator de leito fluidizado, que realiza uma redução das cargas térmicas e mecânicas como um resultado de expansão térmica, é possível fabricar as paredes metálicas do tubo central, do recipiente e/ou do espaço anular de um aço inoxidável resistente a calor. O mesmo é muito mais econômico do que o aço inoxidável resistente à alta temperatura geralmente usado, de modo que os custos de fabricação do reator de leito fluidizado da invenção possam ser mantidos baixos.

Quando pelo menos porções da parede externa do espaço anular se apoiam na parede do recipiente, um alívio mecânico particularmente eficaz do tubo central pode ser conseguido. A rigidez do reator de leito fluidizado é então aperfeiçoada mais. Isto também provê uma introdução lateral do gás de processo quente com uma alta pressão de, por exemplo, 60 kPa no recipiente, sem ter que temer um dano ao reator por picos de estresse.

De acordo com uma modalidade preferida da invenção, pelo menos um elemento compensador é disposto no tubo central na posição de montagem logo abaixo da soleira ventaneira para compensação de mudanças relacionadas com temperatura no comprimento do tubo central. É recomendável, por exemplo, prover o elemento compensador na posição de montagem entre a soleira ventaneira e o segundo conduto para fornecimento do gás fluidizante. Então o elemento compensador é disposto dentro do tubo central de modo a ser facilmente acessível. Um buraco em vizinhança direta

do elemento compensador também pode contribuir, além disso. Ao compensar as mudanças no comprimento relacionadas à temperatura, o elemento compensador em si reduz os estresses causados então dentro do tubo central. Isto também contribui para uma redução das cargas que agem sobre o reator de acordo com a invenção.

Em operação, não pode ser excluído que pó e/ou substâncias fluidizáveis entrem no recipiente e/ou no espaço anular através do tubo central ou através da soleira ventaneira. Isto pode levar a um prejuízo considerável do fluxo de gás. De acordo com a invenção, pelo menos uma abertura para descarga de pó e/ou substâncias fluidizáveis é então provida no recipiente e/ou no espaço anular, em particular na região inferior de cada um na posição de montagem. Deste modo, entupimento do tubo central ou da soleira ventaneira ou do recipiente ou espaço anular provido abaixo pode ser eficazmente evitado, sem isto envolver um esforço para limpeza aumentado.

O objetivo em que se baseia a invenção, então é atingido através de um processo para o tratamento químico e/ou físico de substâncias fluidizáveis em um reator, por exemplo, em um reator de leito fluidizado conforme acima mencionado, onde gás de processo com uma temperatura de mais de 400°C, preferivelmente mais de 600°C, particularmente e preferivelmente mais de 800°C é introduzido no interior do reator através de um tubo central, e gás fluidizante com uma temperatura de preferivelmente mais de 100°C é introduzido no interior do reator através de uma soleira ventaneira. De acordo com a invenção, o gás fluidizante é fornecido através de um espaço anular disposto abaixo da soleira ventaneira na posição de montagem e circundando o tubo central, para o qual se abre um conduto para fornecimento do gás fluidizante, sem as paredes do tubo central serem esfriadas adicionalmente. Em outras palavras, o processo da invenção é planejado de modo que o gás fluidizante já pode ser introduzido no interior do reator com uma temperatura comparativamente alta. Junto com a temperatura da mesma maneira comparativamente alta do gás de processo introduzido no interior do reator, a eficiência energética do processo pode ser distintamente então aperfeiçoada. Preferivelmente, gás de retorno preaquecido é usado

aqui como gás fluidizante.

A eficiência energética do processo da invenção é aperfeiçoada mais através da omissão de um resfriamento adicional do tubo central, uma vez que o tubo central e então também o gás de processo preaquecido que passou pelo mesmo não é esfriado pelo esfriamento adicional.

De acordo com uma modalidade preferida do processo da invenção, o gás de processo é introduzido no interior do reator com uma temperatura de mais do que 1000°C, em particular com uma temperatura de mais do que 1150°C. Ainda, a pressão do gás de processo pode estar acima de 30 kPa, preferivelmente acima de 45 kPa, em particular acima de 60 kPa. Ainda, a temperatura do gás fluidizante introduzido no interior do reator preferivelmente está acima de 200°C, em particular acima de 300°C.

A temperatura no reator pode ser ainda maior do que a temperatura dos gases introduzidos, por exemplo, através de combustão interna. Isto pode ser conseguido através da introdução de combustível, por exemplo, com uma perfuração, no reator ou mistura dos gases introduzidos com combustíveis gasosos antes da entrada no reator. Ainda em seguida queima dos gases introduzidos e/ou queima do pó contido nos gases no reator de leito fluidizado é possível.

O processo da invenção e o reator de leito fluidizado da invenção podem ser usados em particular para a calcinação de ilmenita, por exemplo, redução, ou substâncias fluidizáveis similares, mas também calcinação de hidróxido de alumínio, para preaquecimento de outras substâncias, por exemplo, minérios contendo ferro, ou para a combustão de substâncias no reator de leito fluidizado.

Outro exemplo do processo da invenção consiste no fato de que em um reator de calcinação gases de refugo quentes, que também são contaminados com sólidos, são introduzidos no reator através do tubo central. Dentro do reator, uma temperatura menor é obtida, a qual depende da reação acontecer no reator e do fluxo de massa de sólidos no reator. Preferivelmente, este tipo de reator é utilizado para processos onde uma combustão do combustível dentro do reator não pode ser realizada devido à tempe-

ratura do reator baixa ou pode ser apenas realizada por combustíveis de queima baixa, caros, tal como butano. Para a calcinação de argila, por exemplo, uma temperatura do reator de 650° C é desejável, a qual é atingida através do fornecimento de gás de refugo quente até 1200°C. Dependendo das necessidades do produto final, o gás quente pode ser gerado através da combustão de combustíveis queimando sem resíduo, tal como gás natural ou similar, ou através da combustão de combustíveis contendo cinza, tal como carvão, biomassa ou similar, em uma câmara de combustão antes do reator, possivelmente em conjunto com limpeza de gás.

A invenção será subsequentemente explicada em detalhes por meio de uma modalidade e com referência ao desenho. Todas as características descritas e/ou ilustradas formam a matéria objeto da invenção *per se* ou em qualquer combinação, independente de sua inclusão nas reivindicações ou sua referência anterior.

A única Figura mostra esquematicamente uma vista seccional de uma seção de um reator de leito fluidizado de acordo com a invenção em uma modalidade particularmente preferida. A região inferior do reator de leito fluidizado esquematicamente indicado 1 na posição de montagem conforme mostrado na Figura mostra o interior de um reator 2, onde substâncias fluidizáveis, tal como ilmenita, são submetidas a um tratamento químico e/ou físico, por exemplo, térmico, em particular para uma calcinação com redução.

Um tubo central 3, que na Figura se projeta para cima no interior do reator 2, se abre para o interior do reator 2. Na posição de montagem, e para baixo no desenho, um recipiente 4 com um diâmetro aumentado comparado com o tubo central 3 se une ao tubo central 3. Um primeiro conduto 5, através do qual gás de processo quente é introduzido com uma temperatura de, por exemplo, cerca de 1250° C, se abre para este recipiente 4, gás de processo que então flui através do recipiente 4 e do tubo central 3 para o interior do reator 2.

Ambos o tubo central 3 e o recipiente 4 são feitos substancialmente de um aço inoxidável resistente ao calor, que no lado é alinhado com uma camada 6 de um concreto refratário. Este isolamento interno do tubo

central 3 e do recipiente 4 faz com que um esfriamento adicional do tubo central 3, por exemplo, por meio de ar ambiente, possa ser completamente omitido. Na modalidade particularmente preferida da Figura, a parte superior do tubo central 3 é feita de aço inoxidável resistente à alta temperatura, preferivelmente sem tal revestimento.

Em outra modalidade, esta parte superior pode ser completamente omitida, de modo que o tubo central termina diretamente no nível da soleira ventaneira. Nesta modalidade especial é preferido que a soleira ventaneira seja disposta em um ângulo e/ou os bocais sejam omitidos, de modo que a soleira seja apenas uma placa possivelmente alinhada com tijolos refratários.

Partes da soleira do interior do reator 2 circundando o tubo central 3 constituem preferivelmente uma soleira ventaneira 7 com uma pluralidade de bocais se abrindo para o interior do reator 2. Diferente para a Figura, a soleira pode ser configurada em um ângulo e não precisa ser equipada com bocais. Na posição de montagem abaixo da soleira ventaneira 7, um espaço anular 9 é formado por uma parede 8, que circunda o tubo central 3. A parede 8 do espaço anular 9 esse apoia sobre a parede superior do recipiente 4 como visto na Figura. Então, o tubo central 3 é substancialmente liberado de cargas mecânicas pelo espaço anular 9, e a construção do reator 1 fica mais firme no geral. Ao mesmo tempo, uma distribuição aproximadamente constante de calor é conseguida substancialmente ao longo de todo o comprimento do tubo central 3 através da inclusão do tubo central 3 no espaço anular 9, de modo que não há quaisquer picos de carga locais como um resultado de expansões térmicas diferentes.

A parede 8 pode ser também feita de um aço de carbono resistente ao calor e ser alinhada com uma camada de isolamento 10, por exemplo, de um concreto refratário sobre a lateral interna faceando o tubo central 3.

As camadas de isolamento 6 e 10 resultam que apesar das temperaturas diferentes dos gases fornecidos através do espaço anular 9 e do tubo central 3 uma temperatura pelo menos aproximadamente igual é obtida

dentro das paredes metálicas do tubo central 3, do recipiente 4 e da parede 8, com o que estresses térmicos podem ser consideravelmente reduzidos.

Um segundo conduto 11, através do qual gás fluidizante é introduzido no espaço anular 9 e pelo mesmo através da soleira ventaneira 7 para o interior do reator 2, preferivelmente se abre para o espaço anular 9. As substâncias fluidizáveis presentes no interior do reator 2 são então fluidizadas. Como gás fluidizante, é preferivelmente usado gás preaquecido para, por exemplo, cerca de 350°C, possivelmente gás de retorno.

Em princípio, é também possível não apenas fornecer completamente o espaço anular 9 com gás fluidizante, mas apenas separar uma parte do mesmo e fornecer o mesmo com gás. Em uma modalidade adicional é possível também manter parcialmente o espaço anular aberto e/ou não introduzir ou passar nenhum gás por ele.

Conforme mostrado na Figura, ambos na extremidade inferior do recipiente 4 na posição de montagem e na extremidade inferior do espaço anular na posição de montagem, aberturas 12 e 13, respectivamente, são formadas na parede 8. O tamanho das aberturas 12 e 13 é dimensionado, de modo que pó aprisionado pelo do processo ou gás de fluidização e/ou substâncias fluidizáveis que cai através da soleira ventaneira 7 ou do tubo central 3 no espaço anular 9 ou no recipiente 4 pode ser descarregado do espaço anular 9 ou do recipiente 4, a fim de então prevenir entupimento ou tamponamento das passagens de fornecimento para o gás de processo ou fluidizante.

O tamanho do recipiente 4 é preferivelmente projetado de modo que este recipiente pode receber completamente o material que volta para o tubo central no caso de um desligamento inesperado do reator, sem o conduto de fornecimento 5 ser entupido. Da mesma maneira, o espaço anular 9 é preferivelmente configurado de modo que o material que volta não entope o conduto de fornecimento 11 no caso de um desligamento repentino.

Na região superior do tubo central 3, um elemento compensador 14 é provido, o qual na modalidade ilustrada é disposto logo abaixo da soleira ventaneira e é facilmente acessível, por exemplo, através de um furo 15

através do espaço anular 9. O elemento compensador 14 é adequado para absorção, por exemplo, mudanças relacionadas com temperatura no comprimento do tubo central 3. Então, ele pode diminuir mais as cargas que agem sobre o tubo central 3.

Lista de Numerais de Referência:

1	reator de leito fluidizado
2	interior do reator
3	tubo central
4	recipiente
5	primeiro conduto (gás de processo)
6	revestimento de isolamento
7	soleira ventaneira
8	parede
9	espaço anular
10	revestimento de isolamento
11	segundo conduto (gás fluidizante)
12	abertura no recipiente 4
13	abertura na parede 8
14	elemento compensador
15	furo

REIVINDICAÇÕES

1. Reator de leito fluidizado para o tratamento químico e/ou físico de substâncias fluidizáveis no interior de um reator (2) compreendendo pelo menos um tubo central (3) para introdução de gás de processo no interior do reator (2) e uma soleira,

em que na posição de montagem abaixo do tubo central (3) um recipiente (4) é provido, no qual se abre um conduto (5) para fornecimento do gás de processo, onde um espaço anular (9) circundando o tubo central (3) é provido,

caracterizado pelo fato de que as paredes metálicas do tubo central (3), do recipiente (4) e do espaço anular (9) são providas com um revestimento de isolamento térmico (6,10),

em que pelo menos porções da parede externa (8) do espaço anular (9) formam uma unidade com a parede do recipiente (4), e

em que o recipiente (4) provido abaixo do tubo central (3) é aumentado em diâmetro com relação ao tubo central (3).

2. Reator de leito fluidizado de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** a soleira é uma soleira ventaneira (7) para introdução de gás fluidizante no interior do reator (2).

3. Reator de leito fluidizado de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado pelo fato de que** na posição de montagem abaixo da soleira ventaneira (7) um espaço anular (9) circundando o tubo central (3) é provido, no qual se abre um segundo conduto (11) para fornecimento de gás fluidizante.

4. Reator de leito fluidizado de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, **caracterizado pelo fato de que** o revestimento de isolamento (6, 10) é formado por pelo menos uma camada ou revestimento feito de um concreto refratário.

5. Reator de leito fluidizado de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, **caracterizado pelo fato de que** as paredes metálicas do tubo central (3), do recipiente (4) e/ou do espaço anular (9) são feitas de um aço carbono resistente ao calor.

6. Reator de leito fluidizado de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, **caracterizado pelo fato de que** pelo menos porções da parede externa (8) do espaço anular (9) se apóiam na parede do recipiente (4).

7. Reator de leito fluidizado de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, **caracterizado pelo fato de que** no tubo central (3) na posição de montagem logo abaixo da soleira ventaneira (7), preferivelmente na posição de montagem acima do segundo conduto (11) para fornecimento do gás fluidizante, pelo menos um elemento compensador (14) é disposto para compensar mudanças relacionadas com temperatura no comprimento do tubo central (3).

8. Reator de leito fluidizado de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, **caracterizado pelo fato de que** no recipiente (4) e/ou no espaço anular (9), em particular na região inferior de cada um na posição de montagem, pelo menos uma abertura (12, 13) é provida para descarga de pó e/ou substâncias fluidizáveis.

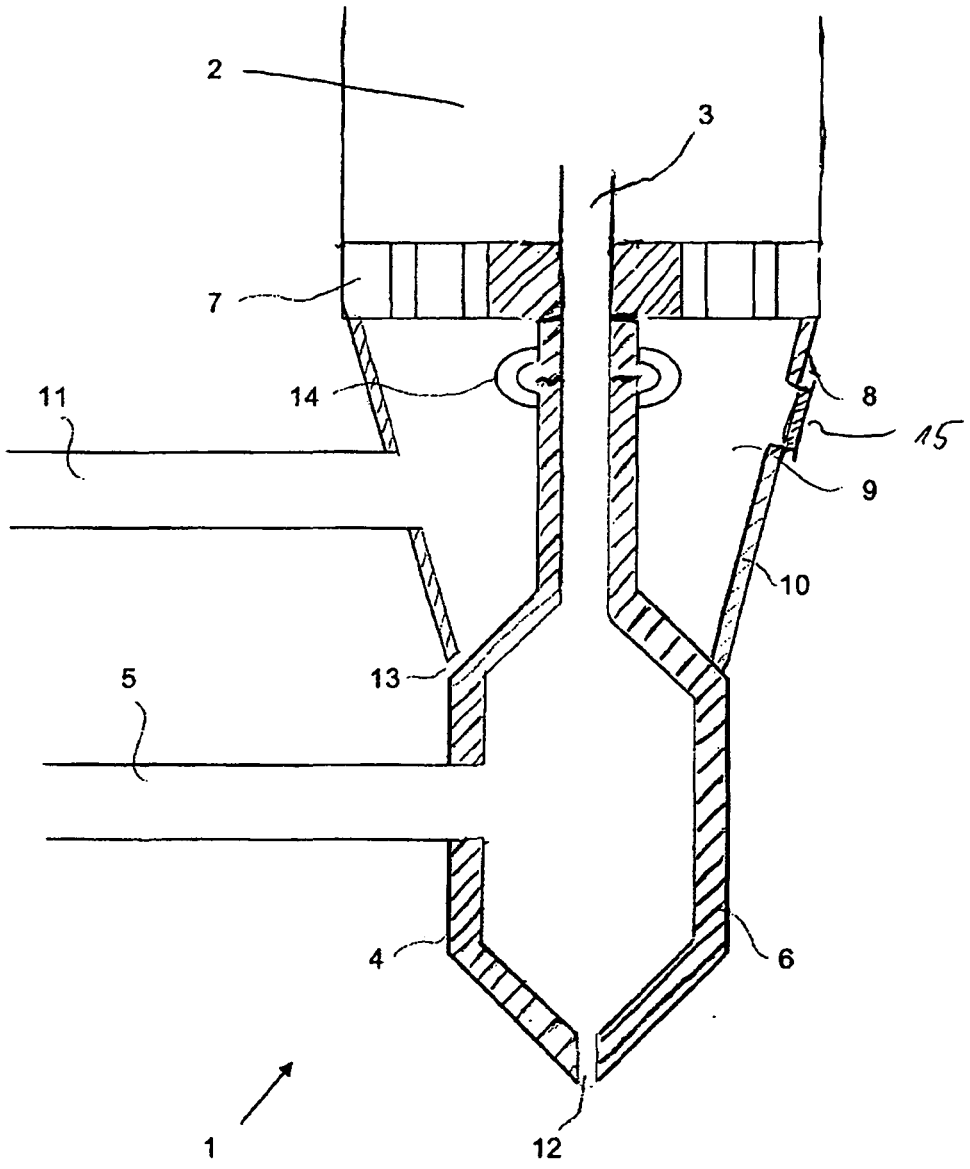


Fig.1