

(11) *Número de Publicação:* PT 101825 B

(51) *Classificação Internacional:* (Ed. 6)
C10B053/00 A

(12) *FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO*

(22) <i>Data de depósito:</i> 1996.02.06	(73) <i>Títular(es):</i> INETI-INST.NAC.ENGENH.E.TECNOL.INDUSTRIAL AZINHAGA DOS LAMEIROS 1699 (EST. PAÇO DO LUMIAR) 1100 LISBOA PT
(30) <i>Prioridade:</i>	
(43) <i>Data de publicação do pedido:</i> 1997.09.30	(72) <i>Inventor(es):</i> I. GULYURTLU PT ISABEL CABRITA PT
(45) <i>Data e BPI da concessão:</i> 12/98 1998.12.22	(74) <i>Mandatário(s):</i> JORGE BARBOSA PEREIRA DA CRUZ RUA DE VÍTOR CORDON 10-A 3/AND. 1200 LISBOA PT

(54) *Epígrafe:* REACTOR DO TIPO DE FLUXO EM SUSPENSÃO

(57) *Resumo:*

REACTOR; FLUXO; SUSPENSÃO; RESÍDUOS; PLÁSTICOS



INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

DIRECÇÃO DE SERVIÇOS DE PATENTES

CAMPO DAS CEBOLAS, 1100 LISBOA
TEL. 888 51 51 / 2 / 3 TELEX: 18356 INPI
TELEFAX: 87 53 08

FOLHA DO RESUMO

Modalidade e n.º (11)

T D

Data do pedido: (22)

Classificação Internacional (51)

101 828

1995/02/06

Requerente (71): INETI-INSTITUTO NACIONAL DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA INDUSTRIAL, portuguesa, Instituição de Utilidade Pública, com sede na Azinhaga dos Lameiros à Estrada do Lumiar, Lisboa

Inventores (72): IBRAHIM GULYURTLU e ISABEL CABRITA, residentes em Portugal

Reivindicação de prioridade(s) (30)

Data do pedido

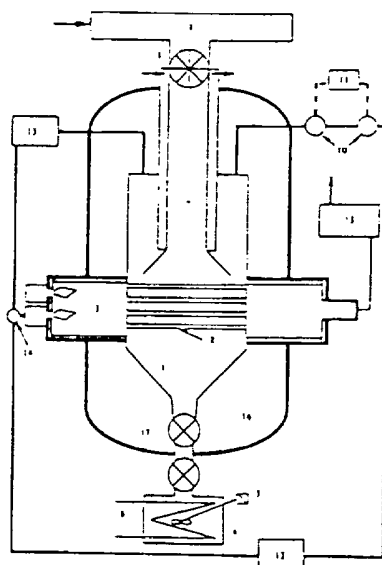
País de Origem

N.º de pedido

Epigrafe: (54)

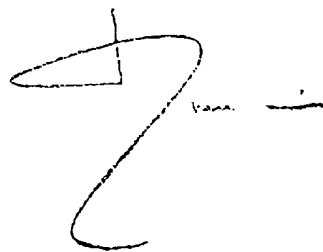
"REACTOR DO TIPO DE
FLUXO EM SUSPENSÃO "

Figura (para interpretação do resumo)



Resumo: (máx. 150 palavras) (57)

O presente invento diz respeito a um reactor do tipo de fluxo em suspensão e é destinado ao processamento de resíduos plásticos pelo processo de pirólise. Trata-se de um reactor (1) que é essencialmente constituído por um corpo cilíndrico hermético (16), um permutador de calor tubular (2), uma câmara de combustão de gases (3), um sistema de ignição para o arranque (14), um sistema de insuflação para a circulação de gases (12), silos de armazenagem e respectivo sistema de alimentação (9) e (8), sistema de extracção de líquidos (17), compressor (13), sistema de limpeza de gases e remoção de cloro, sistema de controlo da operação automática do reactor e restante equipamento (10) e turbina de gás (11).



DESCRIÇÃO

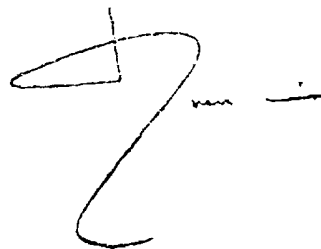
"REACTOR DO TIPO DE FLUXO EM SUSPENSÃO"

O presente invento diz respeito a um reactor do tipo de fluxo em suspensão e é destinado ao processamento de resíduos plásticos pelo processo de pirólise. Trata-se de um reactor que é essencialmente constituído por um corpo cilíndrico hermético, um permutador de calor tubular, uma câmara de combustão de gases, um sistema de ignição para o arranque, um sistema de insuflação para a circulação de gases, silos de armazenagem e respectivo sistema de alimentação, sistema de extracção de líquidos, compressor, sistema de limpeza de gases e remoção de cloro, sistema de controlo da operação automática do reactor e restante equipamento, e uma turbina de gás.

Antecedentes do invento

São já conhecidos reactores de pirólise destinados ao processamento de resíduos. Ente eles de referir o reactor da patente US 5411714, Sistema de reactores de pirólise de conversão térmica.

Esta patente diz respeito a um sistema de reactores de pirólise de conversão térmica (10) próprios para proporcionar uma reacção de pirólise do tipo de fluxo contínuo para a conversão de materiais de admissão carbonizáveis ("MW") (12). O sistema de reactores (10) utiliza um material de difusão ("MD") que é pré-aquecido e misturado com o MD (12), a fim de facilitar a pirólise e catalisar parcialmente reacções. É proporcionada a existência de uns sub-sistemas próprios para receber descargas de fase gasosa (30), líquida (32) e sólida (32). O sistema de reactores (10) inclui ainda outros sub-sistemas de componentes para a admissão (22) de materiais de desperdício MW, admissão (26) de MD, câmara de

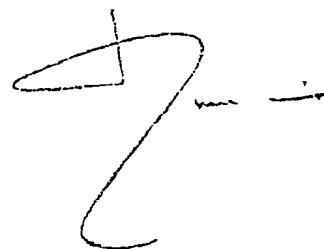


reacção (24) e aquecimento (28). O MD (14) é pré-aquecido ao ser transportado através da câmara de reacção (64) antes da mistura com o MW (12) e ainda pelos gases de exaustão (94) provenientes do espaço da fornalha (88) que são obrigados a passar através de um permutador de calor (126). O sistema (10) promove a reciclagem de MD (14) e é substancialmente auto-suficiente em termos energéticos em consequência da utilização de gases de hidrocarboneto combustíveis produzidos pela reacção de pirólise como combustível para queimadores (72). Os materiais de admissão são expurgados do oxigénio e no interior da câmara de reacção (66) é mantida uma pressão interna positiva, a fim de facilitar ao máximo uma pirólise isenta de oxigénio. O sistema (10) é particularmente adequado para ser utilizado com materiais de admissão constituídos por fragmentos de pneus, desperdícios médicos e desperdícios industriais formados por materiais plásticos. Os materiais MD (14) preferidos são o negro de carvão e os materiais metálicos e de liga peletizados (isto é, sob a forma de pequenas esferas).

Entre o reactor do objecto do invento e o reactor da patente americana referida, muito embora envolvam ambos um processo de pirólise, apresentam diferenças significativas. Entre elas, é de realçar o facto do reactor objecto do pedido de patente em estudo ser do tipo de fluxo de suspensão e não do tipo de fluxo contínuo como na patente americana. Por outro lado destina-se exclusivamente à pirólise de plásticos, não incluindo portanto todos os tipos de materiais carbonizáveis.

São de realçar ainda as seguintes diferenças:

- na alimentação e no transporte de plásticos ao reactor,
- na instalação de aquecimento do reactor de pirólise. isto porque no caso do pedido de patente o gás que é produzido durante o processo de pirólise é logo queimado numa câmara de combustão auxiliar para fornecimento de calor à



pirólise, não existindo sistema de pré-aquecimento como no caso da patente Americana,

- no interior do reactor, apenas existem superfícies de permuta de calor no interior das quais circulam os gases quentes provenientes da câmara combustão auxiliar,

- no reactor de pirólise que funciona a alta pressão, e não a pressão positiva como é o caso da patente Americana,

- na concepção do reactor, que no caso do pedido de patente é do tipo de fluxo em suspensão, diferente do caso da patente Americana,

- o sistema do pedido de patente não permite a presença de partículas sólidas como carbono ou outras,

- na forma como é pressurizado o reactor do pedido de patente, em que se utiliza o gás produzido pela pirólise,

- na forma como se faz o contacto dos plásticos com as superfícies aquecidas, processo muito diferente da patente Americana,

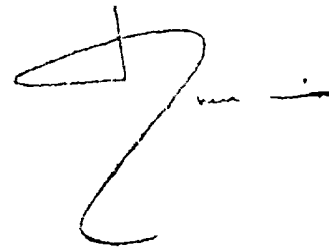
- no que respeita aos gases provenientes da pirólise, estes não são imediatamente despressurizados no caso do pedido de patente,

- no forno que é usado na patente Americana. que é parte integrante do reactor, o que não acontece no caso do pedido de patente.

Descrição pormenorizada de uma execução preferida do invento

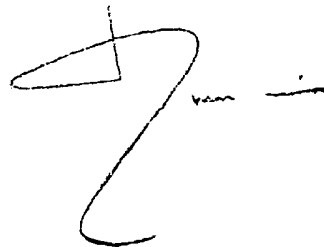
Para mais fácil compreensão do invento apresenta-se a título meramente exemplificativo uma folha de desenhos em que se representa na figura única um esquema do referido reactor.

Conforme se pode observar o sistema global é constituído pelos seguintes componentes:



- i) Reactor de fluxo em suspensão (1),
- ii) Câmara de combustão para os gases (3),
- iii) Permutador de calor (2),
- iv) Silos de armazenagem dos plásticos e respectivo sistema de alimentação (9) (8),
- v) Sistema de ignição para o arranque (14),
- vi) Sistema de extracção dos líquidos (17),
- vii) Sistema de insuflação (12),
- viii) Compressor (13),
- ix) Sistema de controlo de operação automática do reactor.

O reactor (1) é de secção transversal rectangular e o seu dimensionamento depende da capacidade pretendida. As paredes do reactor são em aço inoxidável com uma espessura de 6-8 mm. O reactor é colocado no interior de recipiente sob pressão (16), capaz de suportar pressões até 10 bar. A altura do reactor é de cerca de 2,5 m. O fundo do reactor é inclinado com um ângulo de 25° em relação ao plano horizontal, por forma a facilitar o escoamento de líquidos à saída do reactor. O calor necessário às reacções de pirólise é fornecido através de tubos colocados no interior do reactor a uma altura do fundo de 0,5 a 1,5m. O número de tubos depende da capacidade do reactor e são colocados ao longo da menor distância da secção transversal rectangular do reactor. Existem 8 filas de tubos com diâmetro externo de 15mm. Os tubos são espaçados entre eles de 125mm. Estes tubos são aquecidos pelos gases quentes que passam no seu interior, procedendo-se ao respectivo controlo de temperatura dos gases quentes, por forma a assegurar o estabelecimento e a ocorrência das reacções. Os tubos são ligados à câmara de combustão (3) numa das suas extremidades, onde parte dos gases produzidos pelas reacções de pirólise são queimados gerando calor a ser fornecido para essas mesmas reacções. A câmara de combustão (3) é isolada termicamente na sua face externa usando-se fibra

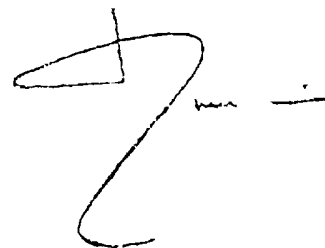


cerâmica. O material plástico ao tocar os tubos quentes sofre rapidamente cracking térmico, levando subsequentemente à formação de produtos líquidos. O tempo de residência é curto, por forma a que não se dê qualquer quebra subsequente das ligações moleculares dos produtos líquidos que, eventualmente, levariam à produção de maior quantidade de produtos gasosos.

O reactor (1) é colocado no interior de recipiente pressurizado (16) cujas dimensões dependem das do reactor. A espessura da parede do recipiente sob pressão é de 10mm. A pressurização do recipiente faz-se utilizando azoto gasoso na fase de início de operação e na fase final de terminus de operação. É usado um compressor (13) industrial para alimentação dos gases de pirólise ao reactor para pressurização. Os gases à saída do reactor sob pressão alimentam uma turbina a gás (11), onde são queimados para geração de electricidade. Parte desta energia é consumida no próprio sistema para as necessidades do processo de pirólise. Existe também uma porta de acesso ao reactor, através do recipiente de pressurização exterior, dimensionada com 1000mm de altura e 500mm de largura. Esta é devidamente vedada para eliminar quaisquer fugas.

No interior do reactor são colocados dois termopares e é colocado outro à saída do reactor. Além disso são colocadas sondas para tomadas de pressão em vários pontos, tendo-se em vista a monitorização das variações de pressão.

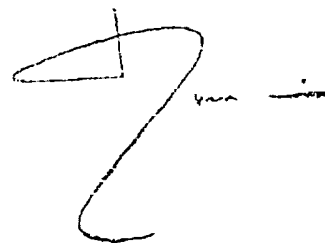
A alimentação dos plásticos faz-se a partir de um silo (9) colocado no topo do reactor, cujas partículas sólidas caem no seu interior por acção da gravidade. O sistema de alimentação é do tipo de válvula rotativa (8) e o silo é pressurizado a fim de compensar a atmosfera existente no interior do reactor. A conduta de alimentação (7) é arrefecida a água evitando o processo de pirólise durante a descida dos sólidos. O comprimento deste tubo depende da altura do



reactor de pirólise, posicionando-se o seu terminal a 200mm acima dos tubos quentes colocados no interior do reactor. O tubo de alimentação (7) é mais largo no seu terminal para proporcionar uma distribuição uniforme de matéria plástica através da sua secção transversal.

Existe uma câmara de combustão para os gases (3), externa, a qual é ligada ao reactor de pirólise, aonde os gases produzidos durante a pirólise dos plásticos são queimados fornecendo o calor necessário ao processo. Os gases quentes que saem da câmara de combustão passam através dos tubos do permutador de calor (2) colocados no interior do reactor de pirólise a uma altura do fundo entre 0,5 e 1,5m. O número de tubos depende da capacidade do reactor e encontram-se colocados ao longo da menor distância da secção transversal de forma rectangular. Existem 8 filas de tubos com diâmetro externo de 15mm. Os tubos são espaçados uns dos outros de uma distância de 125mm. A temperatura dos gases quentes é controlada por forma a garantir que o valor requerido seja efectivamente assegurado para que as reacções ocorram. A câmara de combustão tem paredes em material refractário e é envolvida por uma cobertura constituída em aço macio, cuja parede tem uma espessura de 2mm. Esta cobertura é ainda isolada termicamente no seu exterior, usando-se fibra cerâmica. Existem pontos de alimentação adicionais para admissão de ar fresco, o que é usado para controlar a temperatura no interior dos tubos que atravessam o reactor. O queimador (14) é instalado na extremidade da câmara de combustão e a sua potência depende do calor necessário fornecer ao reactor de pirólise.

O calor necessário ao estabelecimento das reacções de pirólise é fornecido através das superfícies de permuta do permutador de calor (2) que se oferecem com os tubos colocados no interior do reactor a uma altura de 0,5m a 1,5m do fundo do mesmo. O número de tubos depende da capacidade do reactor e são posicionados ao longo da menor distância da secção transversal rectangular



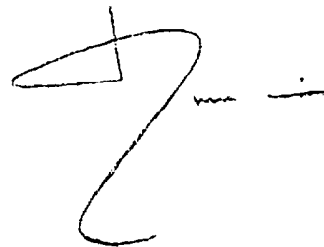
do reactor. Conforme se referiu existem 8 filas de tubos com um diâmetro exterior de 15mm. Os tubos são espaçados entre si de uma distância de 125mm.

A alimentação dos plásticos é garantida por um silo para armazenagem (9) diária dos plásticos cuja dimensão depende da capacidade de alimentação que se requer para o reactor de pirólise. O silo é construído em aço macio de 10mm de espessura de forma a aguentar pressões da ordem dos 10 bar. É incorporado um sistema de agitação por forma a evitar a acumulação de partículas nas paredes e garantir a sua saída de forma o mais eficaz possível. As paredes do lado do fundo do silo são bastante inclinadas de forma a promover a descarga. No topo do silo existe uma abertura para alimentação, de forma circular, com um diâmetro de 250 mm. A abertura é flangeada para evitar fugas.

O enchimento dos silos faz-se usando um sistema com baldes, o qual alimenta a matéria plástica pelo seu topo.

Do lado do fundo do silo é incorporada válvula rotativa (8) para controlo da velocidade de descarga do silo para o reactor.

O arranque do reactor de pirólise é levado a cabo aquecendo o sistema de permuta de calor (2) até uma temperatura de 600°C, através do fluxo de gases quentes no interior dos tubos do permutador. A combustão no arranque é feita usando gás propano, o qual é fornecido a um queimador existente em "stand-by" só para o período de arranque. Assim que se atinja o valor de temperatura previamente estipulado, dá-se o corte da alimentação do propano, procedendo-se ao arranque do queimador que usa os gases produtos da pirólise. A potência térmica do queimador a propano é a mesma do queimador que usa como combustível os gases da pirólise.



Os produtos líquidos formados fluem, por efeito da gravidade, para o fundo do reactor. Estes são removidos do reactor em intervalos de 2 minutos por um sistema de extracção de líquidos. No tubo de remoção dos líquidos existem duas válvulas de regulação da velocidade de escoamento (17). O espaçamento entre as duas válvulas é também utilizado para despressurização dos líquidos. Os produtos líquidos fluem a seguir para um permutador de calor (4) (6), onde são arrefecidos até à temperatura ambiente. No interior do permutador de calor é incorporado um sistema de agitação dos líquidos (5) por forma a evitar a ocorrência de sedimentação.

É utilizado um sistema de insuflação de gases (12) para a circulação dos gases libertados durante as reacções de pirólise, parte para ser queimado e parte para ser mantido no reactor para pressurização. O sistema consiste fundamentalmente de um ventilador do tipo centrífugo resistente a temperaturas até 300°C.

Para manter o gás à pressão é utilizado um compressor (13). Este equipamento é usado para pressurizar o gás à pressão para ocorrência das reacções. A pressão máxima de operação é de 10 bar.

O sistema de controlo de operações permite ao reactor funcionar com controlo remoto, levando a uma operação automatizada com um mínimo de supervisão. Os parâmetros principais para controlo do processo são: a temperatura, a pressão, o caudal de alimentação dos plásticos e o tempo de residência dos produtos líquidos no reactor.

O sistema de alimentação dos plásticos é motorizado com velocidade variável e as variações de velocidade do motor determinam o caudal dos plásticos, sendo permanentemente alvo do registo.

O silo apoia-se numa célula de carga que determina o seu peso em qualquer momento e está equipado com um sistema de alarme que funciona quando o peso total dos plásticos dentro do silo desce abaixo do necessário para 5 horas de fornecimento ao reactor.

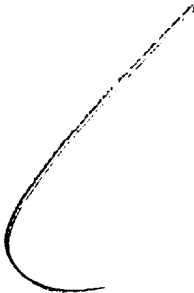
Todas as variáveis do processo alimentam um sistema de aquisição de dados. Este sistema, ligado a um computador, tem entradas analógicas e digitais e uma saída digital. O "software" é concebido de maneira a permitir que o processo seja permanentemente monitorizado através do computador.

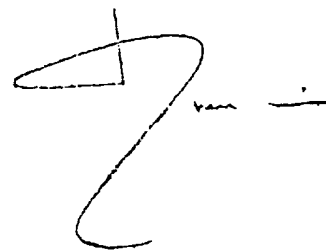
Como será evidente aos peritos da técnica são possíveis alterações de pormenor na concepção geral que se acabou de descrever. Estas alterações deverão contudo ser consideradas dentro do espírito das seguintes reivindicações.

Lisboa, 6 de Fevereiro de 1996



ROSÁRIO CRUZ GARCIA
Agente Oficial da Propriedade Industrial
RUA VICTOR CORDON, 14
1200 LISBOA



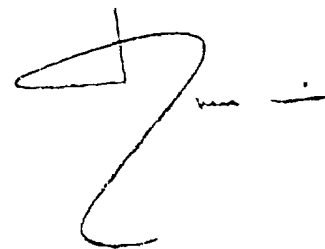


REIVINDICAÇÕES

1. Reactor do tipo de fluxo de suspensão para o processamento de resíduos plásticos pelo processo de pirólise, caracterizado por não aceitar qualquer material de difusão como negro de fumo nem partículas metálicas ou de qualquer tipo de liga metálica, por o aquecimento da matéria plástica ocorrer somente à superfície de um permutador de calor colocado no interior do reactor, não existindo nenhum outro meio de aquecimento, permutador esse que, devido à sua superfície metálica não aceita partículas metálicas nem ligas no material de alimentação facto que evita depósitos e incrustações nas superfícies de permuta de calor, por não ser efectuado qualquer pré-aquecimento dos resíduos de plástico fora do reactor, resíduos esses que ao serem alimentados sofrem o aquecimento do interior do reactor, até que atingem as superfícies de permuta de calor e por o único componente produzido durante a pirólise, o gás libertado, ser parcialmente recirculado para manter a pressão e a atmosfera inerte.

2. Reactor do tipo de fluxo de suspensão para o processamento de resíduos plásticos pelo processo de pirólise, de acordo com a reivindicação 1 caracterizado por ser constituído por um corpo cilíndrico hermético, um permutador de calor tubular, uma câmara de combustão de gases, um sistema de ignição para o arranque, um sistema de insuflação para a circulação de gases, silos de armazenagem e respectivo sistema de alimentação, sistema de extracção de líquidos, compressor, sistema de limpeza de gases e remoção de cloro, sistema de controlo da operação automática do reactor e restante equipamento, e turbina de gás, funcionando o referido reactor pressurizado sendo a pressurização assegurada pela introdução de parte do gás produzido.

3. Reactor do tipo de fluxo de suspensão, de acordo com as reivindicações anteriores, caracterizado por estar contido num corpo hermético



que pode ser pressurizado ou que pode funcionar sob vácuo.

4. Reactor do tipo de fluxo de suspensão, de acordo com as reivindicações anteriores, caracterizado por no seu interior conter um permutador de calor tubular de andares independentes, de modo a otimizar a quantidade de energia necessária às reacções de pirólise.

5. Reactor do tipo de fluxo de suspensão, de acordo com as reivindicações anteriores, caracterizado por o permutador de calor estar ligado a uma câmara de combustão que lhe fornece o calor proveniente da queima dos próprios gases produzidos no reactor.

6. Reactor do tipo de fluxo de suspensão, de acordo com as reivindicações anteriores, caracterizado por possuir uma câmara de combustão de gases construída em material refractário, envolvido por um aço macio e ainda isolada termicamente do exterior por uma camada de fibra cerâmica.

7. Reactor do tipo de fluxo de suspensão, de acordo com as reivindicações anteriores, caracterizado por possuir um queimador a gás propano de igual potência térmica aos queimadores dos gases de pirólise e que é utilizado somente para o arranque do sistema.

8. Reactor do tipo de fluxo de suspensão, de acordo com as reivindicações anteriores, caracterizado por possuir um sistema de recirculação e distribuição dos gases produzidos durante as reacções de pirólise, parte para ser queimado, parte para alimentar a turbina a gás e parte utilizado na pressurização, bem como na obtenção da atmosfera reaccional ideal ao processo de pirólise.

9. Reactor do tipo de fluxo de suspensão, de acordo com as

reivindicações anteriores, caracterizado por possuir uma conduta de alimentação arrefecida pela circulação de água, de modo a evitar o processo de pirólise prematuro, durante a queda dos sólidos.

10. Reactor do tipo de fluxo de suspensão, de acordo com as reivindicações anteriores, caracterizado por possuir à entrada, um sistema duplo de válvulas, de modo a garantir as pressões necessárias ao processo de pirólise.

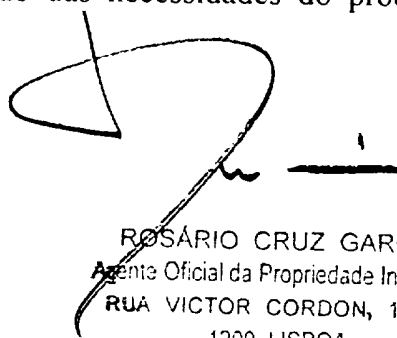
11. Reactor do tipo de fluxo de suspensão, de acordo com as reivindicações anteriores, caracterizado por possuir à saída um sistema de extracção de líquidos com agitação e pressurizado (sistema duplo de válvulas), de modo a garantir as pressões de trabalho durante as descargas de produto.

12. Reactor de fluxo de suspensão, de acordo com as reivindicações anteriores, caracterizado por possuir acoplado ao sistema de recirculação de gases um compressor que introduz os gases no seu interior mantendo as pressões de trabalho necessárias ao processo de pirólise.

13. Reactor do tipo de fluxo de suspensão, de acordo com as reivindicações anteriores, caracterizado por possuir acoplado ao sistema de recirculação de gases um sistema de limpeza de gases e de remoção de cloro.

14. Reactor do tipo de fluxo de suspensão, de acordo com as reivindicações anteriores, caracterizado por possuir à saída e em paralelo com o sistema de recirculação de gases uma turbina para a produção de energia eléctrica, que irá ser consumida em função das necessidades do processo de pirólise.

Lisboa, 6 de Fevereiro de 1996



ROSÁRIO CRUZ GARCIA
Agente Oficial da Propriedade Industrial
RUA VICTOR CORDON, 14
1200 LISBOA