

C10B 47/44 (2006.01) **B01J 6/00** (2006.01)
C10B 7/10 (2006.01) **C10B 53/07** (2006.01)
C10B 57/02 (2006.01) **C10G 1/10** (2006.01)
F23G 5/027 (2006.01)

(12) **FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO**

(22) Data de pedido: **2023.09.22**

(30) Prioridade(s):

(43) Data de publicação do pedido: **2024.09.09**

(45) Data e BPI da concessão: **2024.11.29**
235/2024

(73) Titular(es):

ITERUM NOVUS LIMITED
FLOOR 2 HERITAGE BUSINESS PARK -
BESSBORO ROAD - BLACKROCK T12P1HX,
CORK

IE

(72) Inventor(es):

GERMANO ARAÚJO CARREIRA
DAVID WAYNE FOWLER

PT
US

(74) Mandatário:

TIAGO ANDRÉ DELGADO REIS NOBRE
ALAMEDA DOS OCEANOS, 41K-21 1990-207 PARQUE DAS
NAÇÕES

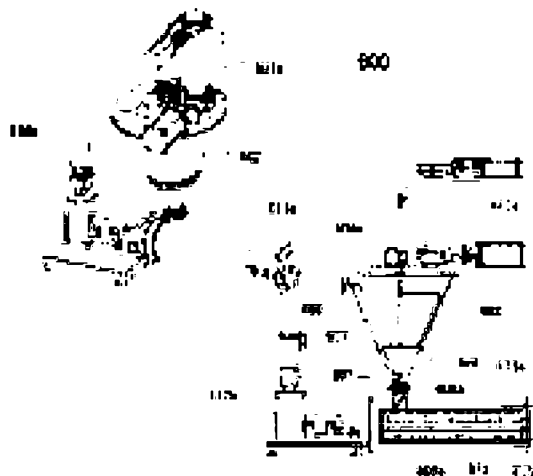
PT

(54) Epígrafe: **SUBSISTEMA DE ALIMENTAÇÃO DE PAREDE DE CISALHAMENTO**

(57) Resumo:

UM SUBSISTEMA DE ALIMENTAÇÃO DE PAREDE DE CISALHAMENTO(600) COMPREENDENDO UMA CÂMARA DE PURGA DE ENTRADA PARA MATERIAIS (601A), UMA TREMONHA (602), SENSORES (606), UM PARAFUSO VERTICAL (603), UM BRAÇO DISJUNTOR (605), UMA COMPORTA DESLIZANTE (607), UM ORIFÍCIO DE ENTRADA (608A), UMA ZONA TUBULAR COM UM TRANSPORTADOR DE PARAFUSO SEM-FIM (609A) COM BARRAS DE CISALHAMENTO (612) CIRCUNDADA POR UMA CÂMARA EXTERNA (613A), SUBSISTEMAS DE ACIONAMENTO (604A,610A) E UMA

SAÍDA (615A); SENDO FORMADA UMA FOLGA ENTRE UM FUSO DO TRANSPORTADOR DE PARAFUSO SEM-FIM E A SUPERFÍCIE DE TOPO DA BARRA DE CISALHAMENTO NUMA SECÇÃO TRANSVERSAL DA ZONA TUBULAR COM UM TRANSPORTADOR DE PARAFUSO SEM-FIM (609A). O SUBSISTEMA DE ALIMENTAÇÃO DE PAREDE DE CISALHAMENTO (600) SOLUCIONA OS PROBLEMAS DOS ALIMENTADORES DE MATERIAL DE BASE AO INCORPORAR BARRAS DE CISALHAMENTO (612), AS QUAIS EVITAM A FUSÃO DE MATERIAIS DE BASE SÓLIDOS E A SUA ADERÊNCIA AO TRANSPORTADOR DE PARAFUSO SEM-FIM.



RESUMO

"SUBSISTEMA DE ALIMENTAÇÃO DE PAREDE DE CISALHAMENTO"

Um subsistema de alimentação de parede de cisalhamento (600) compreendendo uma câmara de purga de entrada para materiais (601a), uma tremonha (602), sensores (606), um parafuso vertical (603), um braço disjuntor (605), uma comporta deslizante (607), um orifício de entrada (608a), uma zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (609a) com barras de cisalhamento (612) circundada por uma câmara externa (613a), subsistemas de acionamento (604a, 610a) e uma saída (615a); sendo formada uma folga entre um fuso do transportador de parafuso sem-fim e a superfície de topo da barra de cisalhamento numa secção transversal da zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (609a).

O subsistema de alimentação de parede de cisalhamento (600) soluciona os problemas dos alimentadores de material de base ao incorporar barras de cisalhamento (612), as quais evitam a fusão de materiais de base sólidos e a sua aderência ao transportador de parafuso sem-fim.

DESCRIÇÃO

"SUBSISTEMA DE ALIMENTAÇÃO DE PAREDE DE CISALHAMENTO"

Campo da Técnica

O presente pedido divulga um subsistema de alimentação de parede de cisalhamento que é preferencialmente adequado para ser ligado a uma zona de pirólise de um sistema de reator de pirólise para efetuar uma reação de pirólise, em que plásticos ou outros materiais adequados são convertidos num combustível líquido de pirólise, gás de pirólise e em outros produtos.

Antecedentes da Técnica

A pirólise é um processo de conversão de materiais residuais, por exemplo de plástico, em produtos combustíveis com valor comercial pelo aquecimento do material na ausência de oxigénio. Reatores de pirólise que compreendem transportadores de parafuso sem-fim são utilizados para realizar esse processo. O sistema transportador de parafuso sem-fim consiste num parafuso rotativo em espiral, que move o material residual de plástico ao longo de um tambor ou cilindro aquecido. O calor faz com que o plástico se decomponha em moléculas mais pequenas, que são vaporizadas e condensadas para obter produtos combustíveis.

Existem vários tipos de materiais de base de plástico que podem ser utilizados no processo de pirólise. Estes incluem Polietileno (PE), que é o plástico mais utilizado no mundo e pode ser facilmente convertido em produtos combustíveis por pirólise; Polipropileno (PP), em que este plástico é comumente utilizado em embalagens e pode ser convertido em combustíveis de alta qualidade por pirólise; Poliestireno (PS), em que este plástico é utilizado em embalagens, isolamentos e utensílios

descartáveis e pode ser convertido num combustível líquido por pirólise. O processo de pirólise pode ter misturas de diferentes plásticos como materiais de base.

Os combustíveis que podem ser obtidos pelo processo de pirólise dependem do tipo de material de base utilizado e das condições do reator. Os combustíveis principais que podem ser utilizados por pirólise são: Óleo de pirólise, que é um líquido viscoso escuro que compreende compostos com longas cadeias de carbono e que pode ser utilizado como combustível para aquecimento ou como matéria-prima para refinamento adicional; Óleo de Pirólise de Plástico, que é um líquido de cor amarelo-alaranjada que compreende compostos com cadeias de carbono inferiores na sua composição; Gás de Síntese, que é uma mistura de hidrogénio, monóxido de carbono e outros gases que podem ser utilizados como combustível para geração de eletricidade ou como matéria-prima para produção química; Resíduo Carbonado, que é um resíduo sólido que permanece após o processo de pirólise e pode ser utilizado como combustível para aquecimento ou como correção do solo.

A qualidade e a quantidade desses combustíveis dependem de vários fatores, incluindo o tipo e a qualidade do material de base de plástico, as condições do reator e as técnicas de pós-processamento utilizadas para refinar os produtos combustíveis. No entanto, o processo de pirólise proporciona uma forma valiosa de converter materiais residuais de plástico em produtos combustíveis utilizáveis, reduzindo o impacto ambiental de resíduos de plástico e fornecendo uma fonte de energia alternativa.

Sumário da Invenção

A presente invenção refere-se a um reator de pirólise adaptado para processar materiais residuais de plástico que compreende uma zona de pirólise estática ligada a uma zona de

pirólise. Nas formas de realização preferenciais, o reator de pirólise compreende adicionalmente pelo menos uma das zonas de processamento adicional, nomeadamente uma zona de craqueamento térmico da corrente de vapor, que está ligada à zona de pirólise; uma zona de descarga de cinzas, que está ligada à zona de pirólise, ou um subsistema de alimentação de parede de cisalhamento, que está ligado à zona de pirólise estática. A presente invenção também se refere à zona de craqueamento térmico da corrente de vapor e ao subsistema de alimentação de parede de cisalhamento.

Problemas da Técnica

Um dos problemas da técnica associados a reatores de pirólise que compreendem transportadores de parafuso sem-fim é a vaporização incompleta de material de base de plástico. Isto ocorre quando o transportador de parafuso sem-fim não permite um tempo de resistência ou calor suficiente para decompor completamente o plástico nas suas partes constituintes. Como resultado, parte do plástico permanece sob a forma sólida e não pode ser vaporizada ou convertida em produtos combustíveis.

Para enfrentar este problema podem ser implementadas várias soluções. Uma abordagem é aumentar a temperatura do reator, que irá fornecer mais calor para decompor o plástico em moléculas mais pequenas. Outra solução é aumentar o tempo de residência do plástico no reator ao abrandar-se a velocidade do transportador de parafuso sem-fim ou aumentar-se o comprimento do tambor. Adicionalmente, é essencial assegurar-se que a matéria-prima é adequadamente preparada antes de ser alimentada ao reator. A matéria-prima deve ter um tamanho uniforme, estar isenta de contaminantes e ter um teor de humidade consistente.

Os reatores de pirólise conhecidos na técnica

anterior incluem alimentadores de material de base que transferem material de plástico diretamente para o transportador de parafuso sem-fim incluído na zona de pirólise. Um problema comum da técnica surge quando um fluxo de calor é transferido de forma repentina para a zona de pirólise, resultando na acumulação de um material que adere no parafuso do reator.

Outros problemas da técnica anterior estão relacionados com a aderência de materiais de base de plástico nas hélices de alimentadores comuns que podem contribuir para variações significativas no caudal de material na zona de reação, o que pode prejudicar a eficiência do sistema e os rendimentos de processo desejados.

O pedido de patente europeia EP2233547A1 revela um reator de pirólise que compreende pelo menos uma câmara de aquecimento com parafuso para materiais de plástico introduzidos no reator químico e pelo menos uma câmara com parafuso adicional para a reação e mistura das substâncias reagentes aquecidas a fim de se obter produtos de reação. Por conseguinte, este reator exige uma zona de aquecimento de parafuso, o que não evita o facto de a aderência de materiais de base de plástico nas hélices resultar em variações do caudal de material de base para a zona de reação.

Outros problemas da técnica anterior relativos a sistemas de reatores de pirólise conhecidos na técnica anterior estão relacionados com as suas secções de tratamento da corrente de vapor, que estão fixadas verticalmente à descarga de vapor do reator de pirólise, em que este subsistema de tratamento separado exige reaquecimento, uma câmara de purga e tubos e bombas suplementares. Esta disposição tem várias desvantagens, nomeadamente porque não permite um controlo adequado do tempo de residência dos gases e um fornecimento suplementar de calor para manter a temperatura desejada.

Outros problemas da técnica anterior relativos a sistemas de reatores de pirólise conhecidos na técnica anterior estão relacionados com os alimentadores de materiais de base de plástico. É comum que plásticos sólidos, que podem ser granulados ou triturados, ou matéria particulada, se fundam ao longo do transportador de parafuso sem-fim do alimentador, em que uma fusão parcial indesejada dos materiais de base resulta na aderência de plásticos húmidos nas hélices do transportador de parafuso sem-fim, levando a fluxos instáveis de materiais de base para o reator de pirólise e, conseqüentemente, a desvios dos rendimentos desejados do processo de pirólise.

Há necessidade de um reator de pirólise que esteja configurado para enfrentar adequadamente estes problemas da técnica relativos à vaporização incompleta do material de base de plástico no transportador de parafuso sem-fim a fim de se aumentar o rendimento de produtos combustíveis utilizáveis e minimizar a quantidade de resíduos que permanecem sob a forma sólida.

Há também necessidade de uma zona de craqueamento térmico da corrente de vapor configurada para ser ligada a uma zona de pirólise de um reator de pirólise que proporcione uma utilização mais eficaz da entrada de calor a fim de se obter um craqueamento térmico eficaz dos produtos de pirólise, nomeadamente produzir combustíveis mais leves, e para controlar adequadamente os tempos de residência desejados, que são relevantes para padronizar os rendimentos do processo de pirólise.

Solução do Problema

O reator de pirólise de acordo com um aspeto da invenção soluciona os problemas da técnica acima mencionados pela incorporação de uma zona de pirólise estática, que está disposta a montante da zona de pirólise, em que a referida

zona de pirólise estática compreende uma primeira entrada, um primeiro cone truncado de expansão, um primeiro tubo estático, um cone truncado de estrangulamento, uma primeira saída e uma câmara interna.

Os materiais de base de plástico entram na zona de pirólise estática através da primeira entrada e são adicionalmente deslocados para uma zona de escoamento disposta entre a superfície externa do primeiro cone truncado de expansão, o primeiro tubo estático e a câmara interna. A zona de escoamento está configurada para promover uma taxa de transferência de calor mais alta para o material de plástico triturado, resultando numa mudança de fase mais eficaz do estado sólido para o estado líquido. No primeiro tubo estático, os plásticos em fusão começam a formar-se, à medida que a superfície externa do referido tubo estático fica mais próxima da câmara interna. Os plásticos em fusão são vaporizados entre as superfícies externas do tubo estático, o cone truncado de estrangulamento e a câmara interna. Como resultado desse processo, uma corrente de material de base de plástico que compreende uma fase de vapor e uma fase líquida é introduzida na zona do reator de parafuso.

A presente invenção soluciona os problemas relativos aos alimentadores de material de base conhecidos ao incorporar um subsistema de alimentação de parede de cisalhamento que compreende uma pluralidade de barras de cisalhamento dispostas ao longo de uma zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim, que evitam a fusão de materiais de base sólidos e, consequentemente, a aderência dos referidos materiais de base no transportador de parafuso sem-fim compreendido no alimentador. Além disso, a presente invenção também tem preferencialmente uma zona de craqueamento térmico da corrente de vapor, que está disposta horizontalmente em relação à zona de pirólise, a qual permite um tempo de permanência adequado

num ambiente aquecido de modo a obter-se um craqueamento térmico eficaz dos hidrocarbonetos, produzindo combustíveis mais leves.

Noutro aspeto da invenção, a zona de craqueamento térmico da corrente de vapor está disposta horizontalmente em relação à zona de pirólise, tornando assim possível que partículas de pó caiam da corrente de vapor e voltem à zona de pirólise.

Efeitos Vantajosos da Invenção

A zona de pirólise estática soluciona os problemas da técnica relativos à acumulação de materiais de base na zona de pirólise. Os materiais de base de plástico triturados são alimentados à zona de pirólise estática e apresentam vários espaços livres entre os fragmentos de plástico, em que a fusão do plástico faz com que o seu volume diminua. O primeiro cone truncado de expansão é utilizado para compensar a perda de volume, tornando possível que a taxa de fluxo de material ao longo da zona de pirólise estática seja semelhante à taxa de alimentação. Esta zona contribui para uma pressão aumentada em relação à pressão da zona de pirólise, o que resulta em conversões de craqueamento mais altas na zona de pirólise, levando a combustíveis mais leves.

A disposição horizontal da zona de craqueamento térmico da corrente de vapor contribui para o controlo adequado do tempo de residência num ambiente aquecido de modo a obter-se um craqueamento térmico eficaz dos hidrocarbonetos, produzindo combustíveis mais leves, além de permitir uma melhor integração térmica com a zona de pirólise, pois as saídas para fluidos de aquecimento da zona de pirólise podem ser utilizadas como entradas dos fluidos de aquecimento da zona de craqueamento térmico da corrente de vapor.

Uma vantagem adicional do reator de pirólise é

relativa às formas de realização preferenciais que compreendem um subsistema de alimentação de parede de cisalhamento que inclui barras de cisalhamento que estão configuradas para permitir uma alimentação estável e contínua de materiais de base de plástico à referida zona de pirólise estática ao incorporar-se barras longitudinais dispostas ao longo de uma zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim a fim de se impelir o material de plástico ao longo do comprimento do alimentador. Uma vantagem adicional das barras de cisalhamento é relativa à sua capacidade de drenar líquidos ao longo da quinta zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim, reduzindo consequentemente a possibilidade de que material de plástico húmido adira às hélices. O subsistema de alimentação de parede de cisalhamento pode ser utilizado numa pluralidade de outras aplicações, além da alimentação de materiais de base de plástico a um reator de pirólise. Como exemplos adicionais, o subsistema de alimentação de parede de cisalhamento pode ser ligado a dispositivos de moldagem por injeção, extrusoras de péletes ou grânulos de plástico, processos de fabrico químico e processamento de alimentos, como chocolate ou caramelo.

Breve Descrição dos Desenhos

De modo a promover um entendimento dos princípios pelas formas de realização da presente invenção, será feita referência às formas de realização ilustradas nas figuras e à linguagem utilizada para descrever as mesmas. De qualquer modo, deve entender-se que não há intenção de limitar o âmbito da presente invenção ao conteúdo das figuras. Considera-se que quaisquer alterações ou mudanças posteriores dos atributos inventivos ilustrados no presente documento, e qualquer aplicação adicional dos princípios e das formas de realização da invenção mostrada, que ocorreriam normalmente para um versado na técnica mediante leitura desta descrição, estão

incluídas no âmbito da invenção reivindicada.

Figura 1

[Figura 1] ilustra uma vista lateral de um reator de pirólise de acordo com a invenção.

Figura 2

[Figura 2] ilustra uma vista em perspectiva de um reator de pirólise de acordo com a invenção.

Figura 3

[Figura 3] ilustra uma zona de pirólise estática.

Figura 4

[Figura 4] ilustra uma zona de pirólise estática e uma câmara interna circundante.

Figura 5

[Figura 5] ilustra uma primeira câmara externa que está configurado para ser disposto em torno de uma câmara interna.

Figura 6

[Figura 6] ilustra um conjunto de componentes compreendidos numa zona de pirólise.

Figura 7

[Figura 7] ilustra uma vista lateral de um reator de pirólise de acordo com a invenção.

Figura 8

[Figura 8] ilustra uma vista lateral de um reator de pirólise de acordo com a invenção.

Figura 9

[Figura 9] ilustra uma vista lateral de um conjunto de componentes compreendidos numa zona de craqueamento térmico da corrente de vapor.

Figura 10

[Figura 10] ilustra uma vista em perspectiva de um conjunto de componentes compreendidos numa zona de craqueamento térmico da corrente de vapor.

Figura 11

[Figura 11] ilustra uma vista lateral de um reator de pirólise de acordo com a invenção.

Figura 12

[Figura 12] ilustra uma vista em perspectiva de um conjunto de componentes compreendidos numa zona de descarga de cinzas.

Figura 13

[Figura 13] ilustra um subsistema de alimentação de parede de cisalhamento.

Figura 14

[Figura 14] ilustra uma vista em perspectiva de um conjunto de componentes compreendidos num subsistema de alimentação de parede de cisalhamento.

Figura 15

[Figura 15] ilustra um fluxo de materiais de plástico numa zona de pirólise estática.

Figura 16

[Figura 16] ilustra um fluxo de materiais de base e produtos num reator de pirólise.

Figura 17

[Figura 17] ilustra um grampo de suporte para uma segunda câmara externa.

Figura 18

[Figura 18] ilustra um defletor compreendido numa segunda câmara externa.

Figura 19

[Figura 19] ilustra outra forma de realização de um subsistema de alimentação de parede de cisalhamento.

Figura 20

[Figura 20] ilustra uma vista em perspectiva de um conjunto de componentes compreendidos noutra forma de realização de um subsistema de alimentação de parede de

cisalhamento.

Descrição das Formas de Realização

A pirólise é um processo no qual materiais orgânicos, como plásticos, são aquecidos na ausência de oxigênio para decomposição em moléculas mais pequenas, as quais podem ser então utilizadas para produzir combustível. O fluido de aquecimento utilizado em reatores de pirólise é tipicamente um gás ou um líquido que é circulado através do reator para transferir calor para o material a ser processado.

Fluidos de aquecimento comuns para reatores de pirólise incluem gases como azoto, dióxido de carbono ou vapor de água e líquidos como óleo quente ou sal fundido. A escolha do fluido de aquecimento depende das exigências específicas do processo de pirólise, como a gama de temperatura desejada, a eficiência de transferência de calor e as propriedades dos materiais a serem processados.

A gama de temperatura para a pirólise de plásticos para produzir combustíveis pode variar em função do tipo de plástico a ser processado e dos produtos desejados. No entanto, tipicamente, são utilizadas temperaturas na gama de 350-550 °C para a pirólise de plásticos para produzir combustíveis líquidos, enquanto são utilizadas temperaturas mais altas na gama de 550-800 °C para produzir combustíveis gasosos.

Apresentam-se algumas referências de literatura que informam acerca dos diferentes parâmetros processuais relativos à pirólise de plásticos a fim de se obter combustíveis.

Feng Gao (Pyrolysis of Waste Plastics into Fuels, janeiro de 2010) revela que a pirólise contínua de HDPE a 400 °C numa unidade comercial produz combustíveis e outros produtos que têm a seguinte distribuição em massa: GPL (10 % em massa), petróleo (30 % em massa), gasóleo (40 % em massa) e cera (20

% em massa).

Antzela Fivga, Ioanna Dimitriou (Pyrolysis of plastic waste for production of heavy fuel substitute: A techno-economic assessment, 2018) divulga uma fábrica de pirólise com uma capacidade de 100 kg/h de resíduos de plástico, em que uma mistura que compreende HDPE/PP/PS (50 %/25 %/25 %) é submetida a pirólise a 400 °C sendo obtidos etano (6,49 % em massa), n-octano (18,58 % em massa), n-C14 (31,86 % em massa), n-C18 (15,75 % em massa), n-C25 (16,87 % em massa), n-C30 (3,45 % em massa) e resíduo sólido (7,00 % em massa).

Yuan Xingzhong, Converting Waste Plastics into Liquid Fuel by Pyrolysis: Developments in China, 24 de março de 2006 apresenta dados relativos à pirólise de PE a 400 °C, tendo como produtos gás combustível (2,00 % em massa), gasolina (46,00 % em massa), gasóleo (34,00 % em massa) e óleo residual (18,00 % em massa).

Marco Maniscalco *et al* (Slow pyrolysis of an LDPE/PP mixture: Kinetics and process performance, 2021) divulgam a cinética da pirólise de uma mistura de plástico com uma composição de 92,5 % em massa de LDPE e 7,5% de PP a 420 °C, sendo obtidos gás (37,80 % em massa), óleo (43,00 % em massa) e uma fração sólida (7,40 % em massa).

Imtiaz Ahmad *et al.* (Pyrolysis Study of Polypropylene and Polyethylene Into Premium Oil Products, 2015) informam acerca da pirólise de polipropileno (PP) e polietileno de alta densidade (HDPE) em produtos equivalentes a combustível numa gama de temperatura de 250-400 °C. Foram estudados os rendimentos de produto em função da temperatura. A pirólise de PP a 350 °C produz gás (28,84 % em massa), óleo (69,82 % em massa) e uma fração sólida (1,34 % em massa). A pirólise de HDPE a 300 °C produz gás (17,24 % em massa), óleo (80,88 % em massa) e uma fração sólida (1,88 % em massa). A pirólise de PP a 350 °C produz gás (30,00 % em massa), óleo (67,74 % em massa)

e uma fração sólida (1,56 % em massa). A pirólise de HDPE a 350 °C produz gás (17,24 % em massa), óleo (80,88 % em massa) e uma fração sólida (1,88 % em massa).

Seyed Mousa FakhrHoseini e Majid Dastanian, (Predicting Pyrolysis Products of PE, PP, and PET Using NRTL Activity Coefficient Model, 2013) estudam a pirólise de LDPE a 550 °C e a uma taxa de aquecimento de 6°C/min, produzindo gás (19,43 % em massa), óleo (80,41 % em massa) e uma fração sólida (0,16 % em massa). A pirólise de PP a 500 °C também foi avaliada a um tempo de aquecimento de 6°C/min, produzindo gás (17,76 % em massa), óleo (82,12 % em massa) e uma fração sólida (0,12 % em massa). A pirólise de PET a 550 °C também foi avaliada a uma taxa de aquecimento de 6°C/min, produzindo gás (52,13 % em massa), óleo (38,89 % em massa) e uma fração sólida (8,98 % em massa).

O tempo de residência, ou a quantidade de tempo que o material a ser processado passa no reator de pirólise, também pode variar em função do processo e materiais específicos. No entanto, tipicamente, são utilizados tempos de permanência de vários minutos a várias horas para a pirólise de plásticos para produzir combustíveis.

A presente invenção refere-se, num primeiro aspeto, a um reator de pirólise adaptado para processar materiais residuais de plástico que compreende uma zona de pirólise estática (100) ligada a uma zona de pirólise (200), em que

a referida zona de pirólise estática (100) compreende uma primeira entrada (101), um primeiro cone truncado de expansão (102), um primeiro tubo estático (103), um cone truncado de estrangulamento (106), uma primeira saída (107), uma câmara interna (108) e uma primeira câmara externa (109); e em que

a primeira entrada (101) está configurada para ser

ligada a uma fonte de material residual de plástico triturado e ao primeiro cone truncado de expansão (102); e em que

o primeiro cone truncado de expansão (102) compreende uma primeira secção que tem um primeiro diâmetro e uma segunda secção que tem um segundo diâmetro maior que o primeiro diâmetro e a referida segunda secção está ligada ao primeiro tubo estático (103); e em que

o primeiro tubo estático (103) está ligado ao cone truncado de estrangulamento (106); e em que

o cone truncado de estrangulamento (106) compreende uma primeira secção que tem um primeiro diâmetro e uma segunda secção que tem um segundo diâmetro mais pequeno que o primeiro diâmetro e a referida segunda secção está ligada à primeira saída (107); e em que

a câmara interna (108) compreende extremidades fechadas e circunda o referido primeiro cone truncado de expansão (102), o referido primeiro tubo estático (103) e o referido cone truncado de estrangulamento (106); e em que

a primeira câmara externa (109) compreende extremidades fechadas, circunda a referida câmara interna (108) e compreende adicionalmente uma primeira entrada para o fluido de aquecimento (110) e uma primeira saída para o fluido de aquecimento (111) ligadas; e

a zona de pirólise (200) compreende uma zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (201), um primeiro subsistema de acionamento (202), uma segunda câmara externa (203), uma saída para gases de pirólise (206) e uma saída para cinzas (207); e em que

a zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (201) está ligada à referida primeira saída (107) e é acionada pelo subsistema de acionamento (202); e em que

a segunda câmara externa (203) compreende extremidades fechadas, circunda a referida zona tubular da

câmara interna com um transportador de parafuso sem-fim (201) e compreende adicionalmente uma segunda entrada para o fluido de aquecimento (204) e uma segunda saída para o fluido de aquecimento (205) ligadas; e em que

a saída para gases de pirólise (206) e a saída para cinzas (207) estão ligadas à zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (201) e são projetadas através da segunda câmara externa (203).

Nas formas de realização preferenciais de acordo com a presente invenção, conforme ilustrado na Figura 3, a zona de pirólise estática (100) compreende adicionalmente um segundo cone truncado de expansão (104) e um segundo tubo estático (105); e em que

o segundo cone truncado de expansão (104) está ligado ao primeiro tubo estático (103) e ao segundo tubo estático (105); e em que

o segundo tubo estático (105) está ligado ao cone truncado de estrangulamento (106); e em que

a câmara interna (108) compreende extremidades fechadas e circunda o referido primeiro cone truncado de expansão (102), o referido primeiro tubo estático (103), o referido segundo cone truncado de expansão (104), o referido segundo tubo estático (105) e o referido cone truncado de estrangulamento (106).

Os materiais de base de plástico entram na zona de pirólise estática (100) através da primeira entrada (101) e são deslocados para uma zona de escoamento disposta entre a superfície externa do primeiro cone truncado de expansão (102), o primeiro tubo estático (103) e a câmara interna (108). A zona de escoamento está configurada para promover uma taxa de transferência de calor mais alta para o material de plástico

triturado, resultando numa mudança de fase mais eficaz do estado sólido para o estado líquido. Na superfície externa do primeiro tubo estático (103), os plásticos começam a fundir - se, à medida que a superfície externa do referido tubo estático (103) fica mais próxima da câmara interna (108). Os plásticos em fusão são vaporizados entre as superfícies externas do tubo estático (103), o cone truncado de estrangulamento (106) e a câmara interna (108). Como resultado desse processo, uma corrente de material de base de plástico que compreende uma fase de vapor e uma fase líquida é introduzida no reator de parafuso da zona de pirólise (200).

Mais preferencialmente, conforme ilustrado na Figura 15, é promovida uma transferência de calor ainda mais elevada quando a referida zona de pirólise estática (100) compreende adicionalmente um segundo cone truncado de expansão (104) e um segundo tubo estático (105). Nessas formas de realização preferenciais, uma combinação adequada do tamanho do primeiro tubo estático (103) e da sua ligação a uma fusão do segundo cone truncado de expansão (104) resulta em que a fusão dos plásticos ocorra principalmente entre a superfície externa do segundo cone truncado de expansão (104) e a câmara interna (108) e a vaporização do material de base irá ocorrer principalmente entre as superfícies externas do segundo tubo estático (105), o cone truncado de estrangulamento (106) e a câmara interna (108). Por conseguinte, a configuração da zona de pirólise estática (100) promove o fluxo de plásticos fundidos ao longo das superfícies externas dos tubos estáticos e dos cones truncados de expansão, enquanto os materiais sólidos residuais se precipitam devido à sua densidade mais alta. Considerando que a densidade do plástico fundido é menor, a separação de fases ocorre ao longo da referida zona de pirólise estática (100), o que contribui para um craqueamento térmico mais eficaz do material de base ao longo da referida

zona de pirólise estática (100). À medida que o material de base de plástico é vaporizado, a corrente de vapor passa para a fase líquida, resultando numa separação de fases adicional dentro da zona de pirólise estática (100), em que a corrente de vapor é forçada para fora da zona de pirólise estática (100) através da expansão de entre a superfície externa do cone truncado de estrangulamento (106) e a câmara interna (108).

A zona de pirólise estática (100) soluciona os problemas da técnica relativos à acumulação de materiais de base na zona de pirólise. Os materiais de base de plástico triturados são alimentados à zona de pirólise estática (100) e apresentam vários espaços livres entre os fragmentos de plástico, em que a fusão do plástico faz com que o seu volume diminua. O primeiro cone truncado de expansão (102) é utilizado para compensar a perda de volume, tornando possível que a taxa de fluxo de material ao longo da zona de pirólise estática (100) seja semelhante à taxa de alimentação.

A configuração da zona de pirólise estática (100) também contribui para uma pressão aumentada dentro da mesma em relação à pressão da zona de pirólise (200), devido à compactação do material de plástico de entrada. O gradiente de pressão formado na zona de pirólise estática (100) contribui para conversões de craqueamento mais altas na zona de pirólise (200), resultando na produção de combustíveis mais leves e de gás sintético.

Preferencialmente, o primeiro cone truncado de expansão (102) tem uma razão entre o seu diâmetro da secção de saída e o seu diâmetro da secção de entrada na gama de 20:1 a 70:1, mais preferencialmente na gama de 30:1 a 60:1. Preferencialmente, o segundo cone truncado de expansão (104) tem uma razão entre o seu diâmetro da secção de saída e o seu diâmetro da secção de entrada na gama de 20:1 a 60:1, mais preferencialmente na gama de 30:1 a 40:1.

A cinza formada na zona de pirólise estática (100) é empurrada ao longo desta zona pelo fluxo da fase líquida, à medida que materiais de base de plástico são alimentados à referida zona de pirólise (100). O fluxo contínuo de materiais de base nas suas três fases dentro da zona de pirólise estática (100) permite um tempo de residência equilibrado, um nível de pressão mais alto e taxas de transferência de calor mais altas.

As extremidades fechadas da câmara interna (108), nomeadamente as extremidades com flange, estão configuradas para reter a zona de pirólise estática (100), permitindo a sua expansão ou retração térmica, mas evitando a sua rotação à medida que o material de plástico flui ao longo da mesma. Preferencialmente, a zona de pirólise estática (100) é feita de aço inoxidável resistente a temperaturas elevadas e extremidades com flange soldadas são adequadas para substituir facilmente uma zona de pirólise estática (100), se necessário.

Preferencialmente, conforme ilustrado na Figura 5, um colar de vedação deslizante (116) está disposto em cada extremidade com flange da câmara interna (108), a fim de se permitir a expansão da referida câmara interna (108). Os colares de vedação deslizante dos terminais (116) encaixam dentro de um anel, por exemplo, um anel em formato de U, em que um enchimento de corda de alta temperatura é encaixado firmemente no interior, em que um grampo (119) está disposto ao lado do respetivo colar de vedação para o manter centrado. O material de vedação entra em contacto com a estrutura metálica da extremidade com flange, impedindo qualquer contacto de metal com metal. De modo semelhante, colares de vedação deslizantes adicionais podem ser dispostos em pelo menos uma de cada extremidade com flange da segunda câmara externa (203), da terceira câmara externa (304), da quarta câmara externa (312) ou da quinta câmara externa (404), em que um respetivo grampo (208, 328, 407) está disposto ao lado do

respetivo colar de vedação para o manter centrado, conforme ilustrado na Figura 2. Os grampos (208,328,407) são dispostos sobre placas deslizantes, que estão configuradas para deslizar de acordo com a expansão térmica ou a retração térmica das respectivas câmaras externas às quais os referidos grampos estão ligados. Conforme ilustrado na Figura 17, um par de grampos (208), dispostos nas extremidades da segunda câmara externa (203), compensam pela sua expansão térmica, evitando danos à referida estrutura.

Preferencialmente, conforme ilustrado na Figura 5, uma primeira camada de isolamento térmico (117), nomeadamente um painel de fibra cerâmica, é colocada nas paredes interiores da referida câmara interna (108), a fim de se evitar perda de calor para o ambiente circundante. Além disso, uma segunda camada de isolamento térmico (118) pode ser ligada às paredes interiores de cada extremidade com flange da câmara interna (108).

A câmara interna (108) apresenta uma forma em formato de tubo e é preferencialmente feito de um metal ou de uma liga metálica, em que a configuração em formato de tubo é adequada para que o fluxo de fluido de aquecimento circule em torno da superfície externa da zona de pirólise estática (100).

Preferencialmente, a referida zona de pirólise estática (100) compreende adicionalmente um eixo de suporte, que está disposto longitudinalmente desde a primeira entrada (101) até à ligação entre a primeira saída (107) e a zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (201).

Conforme ilustrado na Figura 4, nas formas de realização preferenciais de acordo com a invenção, pelo menos uma do grupo de uma placa de separação anterior (113) ou uma placa de separação traseira (114) liga, respetivamente, o primeiro cone truncado de expansão (102) e a câmara interna (108) ou o cone truncado de estrangulamento (106) e a câmara

interna (108). Como atributos opcionais adicionais, a primeira câmara externa (109) delimita uma zona de aquecimento tubular, em que pelo menos uma primeira entrada para o fluido de aquecimento (110) está disposta tangencialmente numa porção de fundo de um corte transversal da referida primeira câmara externa (109).

Calor é aplicado à zona de pirólise estática (100) pela alimentação de um fluido de aquecimento através de uma primeira entrada para o fluido de aquecimento (110), em que o fluido de aquecimento flui ao longo do interior da primeira câmara externa (109) e calor é transferido para as paredes da zona de pirólise estática (100). Conforme ilustrado na Figura 4, nas v preferenciais de acordo com a invenção, a primeira entrada para o fluido de aquecimento (110) está disposta ao lado do cone truncado de estrangulamento (106) e a primeira saída para o fluido de aquecimento (111) está disposta ao lado do primeiro cone truncado de expansão (102), o que determina que a transferência de calor ocorra em contracorrente, resultando num aumento progressivo de calor ao longo do fluxo de materiais de base de plástico na zona de pirólise estática (100). Vantagens adicionais desta forma de realização preferencial são a sua contribuição para um menor choque término, um menor craqueamento de material, aumento de rendimentos de combustíveis e rendimentos mais baixos de gás de síntese.

Nas formas de realização preferenciais, conforme ilustrado na Figura 3, a primeira entrada para o fluido de aquecimento (110) está disposta num ângulo e montada tangencialmente em relação à parede externa da primeira câmara externa (109), a fim de empurrar o fluido de aquecimento, preferencialmente ar quente, num fluxo em espiral em torno da zona de pirólise estática (100). A primeira saída para o fluido de aquecimento (111) está disposta na extremidade oposta da

primeira câmara externa (109).

Nas formas de realização preferenciais, conforme ilustrado na Figura 4, a placa de separação anterior (113) ou placa de separação traseira (114) estão configuradas para manter a zona de pirólise estática (100) disposta numa posição centrada em relação à câmara interna (108), tornando possível que sejam formadas folgas centradas formadas em relação à câmara interna (108), a fim de se abrir caminho para o fluxo de material de plástico.

Preferencialmente, o eixo de suporte está configurado para atuar como um ponto de ancoragem para a zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (201), estabilizando o referido parafuso e mantendo uma área lisa para o material escoar. A zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (201) é mantida numa posição centrada por um mancal de bucha para um parafuso de velocidade (115), que é retido pelo eixo de suporte. O mancal de bucha para um parafuso de velocidade (115) evita que a zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (201) entre em contacto com as paredes da segunda câmara externa (203), além de reduzir a fricção e permitir uma expansão adequada devido à expansão térmica.

Preferencialmente, na zona de pirólise (200), a segunda câmara externa (203) delimita uma zona de aquecimento tubular, em que pelo menos uma segunda entrada para o fluido de aquecimento (204) está disposta tangencialmente numa porção de fundo de um corte transversal da referida segunda câmara externa (203).

Mais preferencialmente, a segunda câmara externa (203) pode ser dividida em dois módulos independentes, conforme ilustrado na Figura 7, em que cada um dos módulos pode ser aquecido por dois queimadores independentes e em que os mesmos são separados por uma folga entre a segunda extremidade do primeiro módulo e a primeira extremidade do segundo módulo,

conforme está ilustrado na Figura 16. Uma pluralidade de defletores (209) pode ser disposta na segunda câmara externa (203), bem como nos seus dois módulos independentes divididos, conforme ilustrado na Figura 7, para aumentar a taxa de transferência de calor do fluido de aquecimento para a zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (201). Um exemplo de um defletor (209) está ilustrado na Figura 18. Uma pluralidade de defletores (209) pode ser disposta em qualquer um de a primeira câmara externa (109), a segunda câmara externa (203), a terceira câmara externa (304), a quarta câmara externa (312) ou a quinta câmara externa (404), em que os referidos defletores (209) contribuem para aumentar as alterações na direção do fluxo de um fluido de aquecimento, aumentando as taxas de transferência de calor convectiva do fluido de aquecimento para as respectivas zonas tubulares fechadas em cada câmara externa.

Nas formas de realização preferenciais da invenção, a zona de pirólise estática (100) e a zona de pirólise (200) estão dispostas longitudinalmente e de forma substancialmente horizontal em relação ao eixo de acionamento do transportador de parafuso sem-fim compreendido na zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (201).

A presente invenção refere-se, num segundo aspeto, a uma zona de craqueamento térmico da corrente de vapor (300) ligada a uma zona de pirólise (200); e em que a referida zona de craqueamento térmico da corrente de vapor (300) compreende uma entrada para gases de pirólise e saída para matéria particulada (301), uma segunda zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (302), um segundo subsistema de acionamento (303), uma terceira câmara externa (304), uma primeira saída para gases craqueados (306), uma terceira entrada para fluido de aquecimento (307), uma terceira saída

para fluido de aquecimento (308) e um subsistema de remoção de matéria particulada (319); e em que

a entrada para gases de pirólise e saída para matéria particulada (301) está ligada a uma saída para gases de pirólise (206) e está ligada à segunda zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (302); e em que

a segunda zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (302) é acionada pelo segundo subsistema de acionamento (303); e em que

a terceira câmara externa (304) compreende extremidades fechadas, circunda a referida segunda zona tubular interna com um transportador de parafuso sem-fim (302) e compreende adicionalmente uma terceira entrada para fluido de aquecimento (307) e uma terceira saída para fluido de aquecimento (308) ligadas; e em que

a primeira saída para gases craqueados (306) está ligada à segunda zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (302) e está projetada através da terceira câmara externa (304); e em que

o subsistema de remoção de matéria particulada (319) está disposto ortogonalmente em relação à segunda zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (302), está disposto de modo a estar alinhado com a entrada para gases de pirólise e saída para matéria particulada (301) e é acionado por um quarto subsistema de acionamento (323); em que o referido subsistema de remoção de matéria particulada (319) compreende um parafuso de limpeza vertical (320), que compreende uma haste intermediária (321) e uma barra espiral terminal (322).

Noutras formas de realização preferenciais de acordo com a invenção, conforme ilustrado na Figura 8, o reator de pirólise compreende adicionalmente uma zona de craqueamento térmico da corrente de vapor (300) ligada à zona de pirólise

(200); e em que

a referida zona de craqueamento térmico da corrente de vapor (300) compreende uma entrada para gases de pirólise e saída para matéria particulada (301), uma segunda zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (302), um segundo subsistema de acionamento (303), uma terceira câmara externa (304), uma primeira saída para gases craqueados (306), uma terceira entrada para fluido de aquecimento (307), uma terceira saída para fluido de aquecimento (308) e um subsistema de remoção de matéria particulada (320); e em que

a entrada para gases de pirólise e saída para matéria particulada (301) está ligada à saída para gases de pirólise (206) e está ligada à segunda zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (302); e em que

a segunda zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (302) é acionada pelo segundo subsistema de acionamento (303); e em que

a terceira câmara externa (304) compreende extremidades fechadas, circunda a referida segunda zona tubular interna com um transportador de parafuso sem-fim (302) e compreende adicionalmente uma terceira entrada para fluido de aquecimento (307) e uma terceira saída para fluido de aquecimento (308) ligadas; e em que

a primeira saída para gases craqueados (306) está ligada à segunda zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (302) e está projetada através da terceira câmara externa (304); e em que

o subsistema de remoção de matéria particulada (319) está disposto ortogonalmente em relação à segunda zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (302), está disposto de modo a estar alinhado com a entrada para gases de pirólise e saída para matéria particulada (301) e é acionado por um quarto subsistema de acionamento (323); em que o referido

subsistema de remoção de matéria particulada (319) compreende um parafuso de limpeza vertical (320), que compreende uma haste intermediária (321) e uma barra espiral terminal (322).

A zona de craqueamento térmico da corrente de vapor (300) está disposta horizontalmente em relação à zona de pirólise (200), tornando possível que partículas de pó caiam da corrente de vapor e voltem à zona de pirólise, o que permite um tempo de residência adequado num ambiente aquecido de modo a obter-se um craqueamento térmico eficaz dos hidrocarbonetos, produzindo combustíveis mais leves.

Qualquer um de o orifício de ventilação anterior (309), o orifício de ventilação intermediário (310) e o orifício de ventilação terminal (317) está configurado para ventilar vapores, se necessário, quando não há necessidade de realizar um tratamento da corrente de vapor, em que a referida ventilação pode mudar o tempo de residência para uma taxa de transferência de calor semelhante para a segunda zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (302).

Um único par de transportadores de parafuso sem-fim (305) pode ser concebido de modo a ter uma grande área transversal para reduzir a velocidade dos vapores de saída, em que uma velocidade mais lenta irá permitir que partículas de pó e cinza caiam da corrente de vapor. Além disso, nas formas de realização que compreendem um primeiro par de transportadores de parafuso sem-fim (305), os mesmos podem ser operados numa hélice do parafuso em contracorrente, em que este modo de operação permite que as partículas de pó e cinza sejam recolhidas e entregues novamente à zona de pirólise (200). A velocidade do parafuso em contracorrente pode ser aumentada ou diminuída para fazer com que a trajetória do vapor seja mais longa ou mais curta, uma vez que os vapores têm de fluir em torno das hélices para serem ventilados para fora da

zona de craqueamento térmico da corrente de vapor (300). A rotação força o vapor a deslocar-se por trajetórias mais longas ou mais curtas, o que muda o tempo de residência e, conseqüentemente, o tempo durante o qual ocorre o craqueamento térmico.

A terceira câmara externa (304) pode ser dividida em duas secções, em que cada secção compreende uma terceira entrada para fluido de aquecimento (307), conforme ilustrado na Figura 8, com o objetivo de se obter duas condições diferentes de temperatura e pressão em cada secção.

Nas formas de realização preferenciais do reator de pirólise de acordo com a invenção, conforme ilustrado na Figura 8, o subsistema de remoção de matéria particulada (319) está disposto ortogonalmente em relação à segunda zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (302); e está disposto de modo a estar alinhado com a entrada para gases de pirólise e saída para matéria particulada (301) e é acionado por um quarto subsistema de acionamento (323); e em que o referido subsistema de remoção de matéria particulada (319) compreende um parafuso de limpeza vertical (320), que compreende uma haste intermediária (321) e uma barra espiral terminal (322). Mais preferencialmente, o subsistema de remoção de matéria particulada (319) está disposto dentro do orifício de ventilação interior (309).

A zona de craqueamento térmico da corrente de vapor (300) compreende adicionalmente, nas formas de realização ainda mais preferenciais, conforme ilustrado na Figura 8, uma terceira zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (311), uma quarta câmara externa (312), uma segunda saída para gases craqueados (314), uma quarta entrada para o fluido de aquecimento (315) e uma quarta saída para o fluido de aquecimento (316); e em que

a terceira zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (311) está ligada à segunda zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (302); e em que

a terceira zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (311) é acionada pelo segundo subsistema de acionamento (303) ou por um subsistema de acionamento alternativo; e em que

a quarta câmara externa (312) compreende extremidades fechadas, circunda a referida terceira zona tubular interna com um transportador de parafuso sem-fim (311) e compreende adicionalmente uma quarta entrada para o fluido de aquecimento (315) e uma quarta saída para o fluido de aquecimento (316) ligadas; e em que

a segunda saída para gases craqueados (314) está ligada à terceira zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (311) e está projetada através da quarta câmara externa (312).

Conforme ilustrado na Figura 10, pelo menos uma de entre a segunda zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (302) ou a terceira zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (311) compreende, respetivamente, um primeiro par de transportadores de parafuso sem-fim (305) ou um segundo par de transportadores de parafuso sem-fim (313), em que qualquer um dos referidos primeiro par de transportadores de parafuso sem-fim (305) ou segundo par de transportadores de parafuso sem-fim (313) compreende um primeiro parafuso com um sentido relativo à direção na qual a rosca helicoidal envolve o eixo do parafuso e um segundo parafuso com sentido oposto. Mais preferencialmente, conforme ilustrado nas Figuras 9 ou 10, pelo menos um do grupo selecionado a partir de um orifício de ventilação anterior (309) ou um orifício de ventilação intermediário (310) está

ligado à segunda zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (302) e está projetado através da terceira câmara externa (304). Conforme ilustrado nas Figuras 8 e 9, um orifício de ventilação terminal (317) está ligado à terceira zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (311) e está projetado através da quarta câmara externa (312). Nas formas de realização preferenciais de acordo com a invenção, o orifício de ventilação intermediário (310) corresponde à primeira saída para gases craqueados (306) e o orifício de ventilação terminal (317) corresponde à segunda saída para gases craqueados (314).

Conforme ilustrado nas Figuras 7 e 8, a terceira entrada para fluido de aquecimento (307), compreendida na zona de craqueamento térmico da corrente de vapor (300), está ligada à segunda saída para o fluido de aquecimento (205), compreendida na zona de pirólise (200).

Noutras formas de realização preferenciais de acordo com a presente invenção, a zona de craqueamento térmico da corrente de vapor (300) e a zona de pirólise estática (100) estão interligadas. Conforme ilustrado nas Figuras 7 e 8, a quarta entrada para o fluido de aquecimento (315), compreendida na zona de craqueamento térmico da corrente de vapor (300), está ligada à primeira saída para o fluido de aquecimento (111), compreendida na zona de pirólise estática (100), promovendo a referida interligação.

O reator de pirólise compreende adicionalmente, nas suas formas de realização ainda mais preferenciais, conforme ilustrado nas Figuras 1 ou 2, uma zona de descarga de cinzas (400) ligada à zona de pirólise (200); e em que

a referida zona de descarga de cinzas (400) compreende uma entrada para cinzas (401), uma quarta zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (402), um quinto subsistema

de acionamento (403), uma quinta câmara externa (404) e uma saída para cinzas (405); e em que

a entrada para cinzas (401) está ligada à saída para cinzas (207), compreendida na zona de pirólise (200), e está ligada à quarta zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (402) através da quinta câmara externa (404); em que

a quarta zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (402) é acionada pelo quinto subsistema de acionamento (403); em que

a quinta câmara externa (404) compreende extremidades fechadas e circunda a referida quarta zona tubular interna com um transportador de parafuso sem-fim (402); em que

a saída para cinzas (405) está ligada a uma câmara de purga (500).

Preferencialmente, conforme ilustrado na Figura 11, uma pluralidade de mangas térmicas (407) pode ser disposta ao longo da quarta zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (402) para evitar que a referida zona tubular seja dobrada sob tensão térmica.

A presente invenção refere-se, num terceiro aspeto, conforme ilustrado nas Figuras 19 e 20, a um subsistema de alimentação de parede de cisalhamento (600) que compreende um orifício de entrada para materiais (608a), uma zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (609a), um subsistema de acionamento (610a), uma câmara externa (613a) e uma saída para materiais (615a); e em que

o orifício de entrada para materiais (608a) está ligado à zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (609a); e em que

a zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (609a) é acionada pelo subsistema de acionamento (610a);

e em que

a câmara externa (613a) compreende extremidades fechadas, circunda a referida zona tubular interna com um transportador de parafuso sem-fim (609a) e compreende adicionalmente uma pluralidade de barras de cisalhamento (612) dispostas longitudinalmente ao longo da superfície interna da referida zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (609a); e em que

uma folga é formada entre um fuso do transportador de parafuso sem-fim e a superfície de topo da barra de cisalhamento numa secção transversal da zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (609a).

Preferencialmente, conforme ilustrado na Figura 11, uma pluralidade de mangas térmicas (407) pode ser disposta ao longo da quarta zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (402) para evitar que a referida zona tubular seja dobrada sob tensão térmica.

O reator de pirólise compreende adicionalmente, nas suas formas de realização ainda mais preferenciais, conforme ilustrado na Figura 13, um subsistema de alimentação de parede de cisalhamento (600) ligado à zona de pirólise estática (100); e em que

o referido subsistema de alimentação de parede de cisalhamento (600) compreende um orifício de entrada para materiais residuais de plástico (608), uma quinta zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (609), um sétimo subsistema de acionamento (610), uma sexta câmara externa (613) e uma saída para materiais residuais de plástico (615); e em que

o orifício de entrada para materiais residuais de plástico (608) está ligado à quinta zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (609); e em que

a quinta zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (609) é acionada pelo sétimo subsistema de acionamento (610); e em que

a sexta câmara externa (613) compreende extremidades fechadas, circunda a referida quinta zona tubular interna com um transportador de parafuso sem-fim (609) e compreende adicionalmente uma pluralidade de barras de cisalhamento (612) dispostas longitudinalmente ao longo da superfície interna da referida quinta zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (609); e em que

uma folga é formada entre um fuso do transportador de parafuso sem-fim e a superfície de topo da barra de cisalhamento numa secção transversal da quinta zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (609), e em que

a saída para materiais residuais de plástico (615) está ligada à primeira entrada (101) da zona de pirólise estática (100).

As barras de cisalhamento (612) estão configuradas para permitir obter um local para os materiais de base de plástico caírem da corrente de material em rotação para o espaço entre as barras, criando uma forma de parar a rotação do material, mas permitindo que o mesmo seja empurrado ao longo da quinta zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (609). Adicionalmente, quando a quinta zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (609) é completamente alimentada, o material de plástico entre as hélices do parafuso encontra o material de plástico disposto entre as barras de cisalhamento (612), em que o referido contacto impulsiona o material de plástico ao longo do comprimento da quinta zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (609). Uma vantagem adicional das barras de cisalhamento (612) é relativa à sua capacidade de drenar líquidos ao longo da quinta zona

tubular com um transportador de parafuso sem-fim (609), reduzindo consequentemente a possibilidade de que material de plástico húmido adira às hélices. Por conseguinte, o subsistema de alimentação de parede de cisalhamento (600) fornece uma solução de conceção simples e económica.

Preferencialmente, os materiais de base de plástico serão triturados, limpos e/ou lavados a fim de se padronizar a corrente a ser alimentada ao processo de pirólise, bem como de se padronizar os produtos obtidos.

O subsistema de alimentação de parede de cisalhamento (600) pode ser concebido de acordo com o tamanho de partículas dos materiais de base de plástico, em que a referida conceção considera materiais triturados que se entreligam nos mesmos. Como um exemplo, se as barras de cisalhamento (612) tiverem 10 mm de altura, então o material de base deve ser triturado na gama de tamanho de 15 a 20 mm, a fim de se alcançar uma interligação adequada dos materiais.

Preferencialmente, conforme ilustrado na Figura 8, o subsistema de alimentação de parede de cisalhamento (600) compreende adicionalmente uma câmara de purga de entrada para materiais residuais de plástico (601), uma tremonha (602), um parafuso vertical (603), um sexto subsistema de acionamento (604), um braço disjuntor (605) e uma comporta deslizante (607); em que

a câmara de purga de entrada para materiais residuais de plástico (601) está configurada de modo a estar ligada a uma fonte de material residual de plástico triturado e a uma porção superior da tremonha (602); e em que

a tremonha (602) compreende um parafuso vertical (603), que é acionado pelo sexto subsistema de acionamento (604); e em que

o parafuso vertical (603) está recolhido

ortogonalmente a pelo menos um braço disjuntor (605); e em que a comporta deslizante (607) está ligada a uma porção inferior da referida tremonha (602) e ao orifício de entrada para materiais residuais de plástico (608). Mais preferencialmente, a tremonha (602) compreende um cone truncado que inclui uma primeira secção que tem um primeiro diâmetro e uma segunda secção que tem um segundo diâmetro maior que o primeiro diâmetro, em que a segunda secção está disposta na porção superior da referida tremonha (602) e a primeira secção está disposta na secção inferior da referida tremonha (602).

A seleção de materiais para reatores de pirólise é essencial para se assegurar a operação segura e eficiente do processo. Os reatores de pirólise são tipicamente expostos a altas temperaturas, gases corrosivos e tensões térmicas, que podem fazer com que os materiais se degradem ou falhem com o tempo. Por conseguinte, os materiais utilizados em reatores de pirólise têm de ser capazes de resistir a essas condições, mantendo ao mesmo tempo a sua integridade estrutural.

O reator de pirólise de acordo com a presente invenção pode ser produzido a partir de aço inoxidável, ligas à base de níquel e metais refratários, como tungsténio e molibdénio. Esses materiais são conhecidos pela sua resistência a altas temperaturas, resistência à corrosão e resistência mecânica.

O aço inoxidável é um material comumente utilizado em reatores de pirólise porque é relativamente barato, facilmente acessível e tem boa resistência à corrosão. As ligas à base de níquel, como Inconel e Hastelloy, são utilizadas em reatores de pirólise que exigem uma resistência mais elevada à temperatura e à corrosão. Os materiais refratários, como tungsténio e molibdénio, são utilizados em reatores que exigem uma resistência muito elevada à temperatura.

Conforme utilizado nesta descrição, a expressão "substancialmente" significa que o valor real está dentro de um intervalo de cerca de 10 % do valor desejado, variável ou limite relacionado, particularmente dentro de cerca de 5 % do valor desejado, variável ou limite relacionado ou particularmente dentro de cerca de 1 % do valor desejado, variável ou limite relacionado.

Além disso, o termo "ou" destina-se a significar um "ou" inclusivo em vez de um "o" exclusivo. Isto é, a menos que especificado de outra forma, ou claro a partir do contexto, a frase "X emprega A ou B" destina-se a significar qualquer uma das permutações inclusivas naturais. Isto é, a frase "X emprega A ou B" é satisfeita por qualquer um dos seguintes casos: X emprega A; X emprega B; ou X emprega A e B.

Além disso, os artigos "um" e "uma", conforme utilizado neste pedido e reivindicações anexas, devem ser geralmente interpretados como significando "um ou mais", a menos que especificado de outra forma ou claro a partir do contexto que é direcionado a uma forma singular.

Além disso, conforme utilizado no presente documento, o termo "exemplificativo" destina-se a significar que serve como uma ilustração ou exemplo de algo e não se destina a indicar uma preferência.

A matéria descrita acima é fornecida como uma ilustração da presente invenção e não deve ser interpretada como limitando-a. A terminologia utilizada para descrever formas de realização específicas, de acordo com a presente invenção, não deve ser interpretada como limitando a invenção. Conforme utilizado nesta descrição, os artigos definidos e indefinidos, na sua forma singular, têm o objetivo de incluir na interpretação as formas plurais, a menos que o contexto da descrição indique explicitamente o contrário. Será entendido que os termos "compreender" e "incluir", quando utilizados

nesta descrição, especificam a presença das características, dos elementos, dos componentes, das etapas e das operações relacionadas, mas não excluem a possibilidade de outras características, elementos, componentes, etapas e operações estarem também contempladas.

Todas as modificações, desde que não modifiquem os recursos essenciais das reivindicações que se seguem, devem ser consideradas dentro do âmbito da proteção da presente invenção.

Aplicabilidade Industrial

A aplicabilidade industrial de um reator de pirólise é significativa, uma vez que oferece várias vantagens em relação a métodos tradicionais de eliminação de resíduos e de produção de energia. Aqui estão alguns exemplos: Gestão de resíduos: A pirólise pode ser utilizada para processar vários tipos de resíduos, incluindo plástico, borracha e biomassa. Este processo pode reduzir o volume de resíduos e produzir produtos com valor acrescentado, como biocarvão, que pode ser utilizado para a correção dos solos; Produção de biocombustíveis: A pirólise pode também ser utilizada para produzir biocombustíveis, como bio-óleo, que pode ser utilizado como substituto de combustíveis fósseis. Este processo também pode ser utilizado para produzir gases, como metano, que pode ser utilizado para geração de energia; Produção química: A pirólise pode também ser utilizada para produzir substâncias químicas, como ácido acético, que é utilizado na produção de plásticos, têxteis e outros produtos industriais.

No geral, a aplicabilidade industrial de um reator de pirólise é vasta, e esta tecnologia está a ser cada vez mais utilizada como uma forma sustentável e económica de gerir resíduos, produzir energia e reduzir emissões de gases de

efeito estufa.

Lista de Referências Numéricas

- 100. Uma zona de pirólise estática
- 101. Uma primeira entrada
- 102. Um primeiro cone truncado de expansão
- 103. Um primeiro tubo estático
- 104. Um segundo cone truncado de expansão
- 105. Um segundo tubo estático
- 106. Um cone truncado de estrangulamento
- 107. Uma primeira saída
- 108. Uma câmara interna
- 109. Uma primeira câmara externa
- 110. Uma primeira entrada para o fluido de aquecimento
- 111. Uma primeira saída para o fluido de aquecimento
- 112. Um batente de separação traseiro
- 113. Uma placa de separação anterior
- 114. Uma placa de separação traseira
- 115. Um mancal de bucha para um parafuso de alimentação
- 116. Um colar de vedação deslizante
- 117. Uma primeira camada de isolamento térmico
- 118. Uma segunda camada de isolamento térmico
- 200. Uma zona de pirólise
- 201. Uma zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim
- 202. Um primeiro subsistema de acionamento
- 203. Uma segunda câmara externa
- 204. Uma segunda entrada para o fluido de aquecimento
- 205. Uma segunda saída para o fluido de aquecimento
- 206. Uma saída para gases de pirólise
- 207. Uma saída para cinzas
- 208. Um grampo
- 209. Um defletor

- 300. Uma zona de craqueamento térmico da corrente de vapor
- 301. Uma entrada para gases de pirólise e saída para matéria particulada
- 302. Uma segunda zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim
- 303. Um segundo subsistema de acionamento
- 304. Uma terceira câmara externa
- 305. Um primeiro par de transportadores de parafuso sem-fim
- 306. Uma primeira saída para gases craqueados
- 307. Uma terceira entrada para fluido de aquecimento
- 308. Uma terceira saída para fluido de aquecimento
- 309. Um orifício de ventilação anterior
- 310. Um orifício de ventilação intermediário
- 311. Uma terceira zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim
- 312. Uma quarta câmara externa
- 313. Um segundo par de transportadores de parafuso sem-fim
- 314. Uma segunda saída para gases craqueados
- 315. Uma quarta entrada para o fluido de aquecimento
- 316. Uma quarta saída para o fluido de aquecimento
- 317. Um orifício de ventilação terminal
- 318. Uma placa de vedação acionada por mola
- 319. Um subsistema de remoção de matéria particulada
- 320. Um parafuso de limpeza vertical
- 321. Uma haste
- 322. Uma barra espiral
- 323. Um quarto subsistema de acionamento
- 324. Um primeiro parafuso desprovido de porção de fuso
- 325. Um segundo parafuso desprovido de porção de fuso
- 326. Um eixo de acionamento
- 327. Uma vedação de eixo e acionamento duplo de caixa de engrenagens
- 328. Um grampo

- 400. Uma zona de descarga de cinzas
- 401. Uma entrada para cinzas
- 402. Uma quarta zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim
- 403. Um quinto subsistema de acionamento
- 404. Uma quinta câmara externa
- 405. Uma saída para cinzas
- 406. Um transportador de parafuso sem-fim
- 407. Uma manga térmica
- 408. Um grampo
- 409. Uma quinta entrada para fluido de aquecimento
- 410. Uma quinta saída para fluido de aquecimento
- 500. Uma câmara de purga
- 600. Um subsistema de alimentação de parede de cisalhamento
- 601. Uma câmara de purga de entrada para materiais residuais de plástico
- 602. Uma tremonha
- 603. Um parafuso vertical
- 604. Um sexto subsistema de acionamento
- 605. Um braço disjuntor
- 606. Um sensor
- 607. Uma comporta deslizante
- 608. Um orifício de entrada com flange
- 609. Uma quinta zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim
- 610. Um sétimo subsistema de acionamento
- 611. Um eixo de acionamento
- 612. Uma barra de cisalhamento
- 613. Uma sexta câmara externa
- 614. Um flange
- 615. Uma saída para materiais residuais de plástico
- 601a. Uma câmara de purga de entrada para materiais
- 604a. Um subsistema de acionamento

- 608a. Um orifício de entrada para materiais
- 609a. Uma zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim
- 610a. Um subsistema de acionamento
- 613a. Uma câmara externa
- 615a. Uma saída para materiais

Lista de Citações

Segue-se Lista de Citações:

Literatura sobre Patentes

PTL1: Pedido de patente europeia EP2233547A1 intitulado "Method and chemical reactor for producing gaseous hydrocarbons derived from plastic materials" de Rebai Paolo e publicado em 29 de setembro de 2010

Literatura de Não Patente

NPL1: Feng Gao, Pyrolysis of Waste Plastics into Fuels, janeiro de 2010

NPL2: Antzela Fivga, Ioanna Dimitriou, Pyrolysis of plastic waste for production of heavy fuel substitute: A techno-economic assessment, Energy, Volume 149, 2018, Páginas 865-874, ISSN 0360-5442

NPL3: Yuan Xingzhong, Converting Waste Plastics into Liquid Fuel by Pyrolysis: Developments in China, 24 de março de 2006

NPL4: Marco Maniscalco, Fabiola La Paglia, Pasquale Iannotta, Giuseppe Caputo, Francesca Scargiali, Franco Grisafi, Alberto Brucato, Slow pyrolysis of an LDPE/PP mixture: Kinetics and process performance, Journal of the Energy Institute, Volume 96, 2021, Páginas 234-241, ISSN 1743-9671

NPL5: Imtiaz Ahmad, M. Ismail Khan, Hizbullah Khan, M. Ishaq, Razia Tariq, Kashif Gul & Waqas Ahmad (2015) Pyrolysis Study of Polypropylene and Polyethylene Into Premium Oil Products, International Journal of Green Energy, 12:7,

663-671, DOI: 10.1080/15435075.2014.880146

NPL6: Seyed Mousa FakhrHoseini, Majid Dastanian,
"Predicting Pyrolysis Products of PE, PP, and PET Using NRTL
Activity Coefficient Model", Journal of Chemistry, volume
2013, ID de Artigo 487676, 5 páginas, 2013.
<https://doi.org/10.1155/2013/487676>

REIVINDICAÇÕES

1. Um subsistema de alimentação de parede de cisalhamento (600) **caracterizado por** compreender um orifício de entrada para materiais (608a), uma zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (609a), um subsistema de acionamento (610a), uma câmara externa (613a) e uma saída para materiais (615a); e em que

o orifício de entrada para materiais (608a) está ligado à zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (609a); e em que

a zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (609a) é acionada pelo subsistema de acionamento (610a); e em que

a câmara externa (613a) compreende extremidades fechadas, circunda a referida zona tubular interna com um transportador de parafuso sem-fim (609a) e compreende adicionalmente uma pluralidade de barras de cisalhamento (612) dispostas longitudinalmente ao longo da superfície interna da referida zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (609a); e em que

uma folga é formada entre um fuso do transportador de parafuso sem-fim e a superfície de topo da barra de cisalhamento numa secção transversal da zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (609a).

2. O subsistema de alimentação de parede de cisalhamento (600), de acordo com a reivindicação anterior, sendo o subsistema de alimentação de parede de cisalhamento (600) **caracterizado por** compreender adicionalmente uma câmara de purga de entrada para materiais (601a), uma tremonha (602), um parafuso vertical (603), um subsistema de acionamento (604a), um braço disjuntor (605) e uma comporta deslizante (607); em que

a câmara de purga de entrada para materiais (601a) está configurada para ser ligada a uma fonte de um material e a uma porção superior da tremonha (602); e em que

a tremonha (602) compreende um parafuso vertical (603) que é acionado pelo subsistema de acionamento (604a); e em que

o parafuso vertical (603) está ligado ortogonalmente a pelo menos um braço disjuntor (605); e em que

a comporta deslizante (607) está ligada a uma porção inferior da referida tremonha (602) e ao orifício de entrada para materiais (608a).

3. O subsistema de alimentação de parede de cisalhamento (600), de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizado por** a tremonha (602) compreender um cone truncado que inclui uma primeira secção que tem um primeiro diâmetro e uma segunda secção que tem um segundo diâmetro maior que o primeiro diâmetro, em que a segunda secção está disposta na porção superior da referida tremonha (602) e a primeira secção está disposta na secção inferior da referida tremonha (602).

4. O subsistema de alimentação de parede de cisalhamento (600), de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, sendo o referido o subsistema de alimentação de parede de cisalhamento (600) **caracterizado por** estar ligado a uma zona de pirólise (200).

5. O subsistema de alimentação de parede de cisalhamento (600), de acordo com a reivindicação anterior, **caracterizado por** a zona de pirólise (200) compreender uma zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (201), um primeiro subsistema de acionamento (202), uma segunda câmara externa (203), uma saída para gases de pirólise (206) e uma saída para cinzas (207); e em que

a zona tubular com um transportador de parafuso sem-

fim (201) é acionada pelo primeiro subsistema de acionamento (202); e em que

a segunda câmara externa (203) compreende extremidades fechadas, circunda a referida zona tubular da câmara interna com um transportador de parafuso sem-fim (201) e compreende adicionalmente uma segunda entrada para o fluido de aquecimento (204) e a segunda saída para o fluido de aquecimento (205) ligadas; e em que

a saída para gases de pirólise (206) e a saída para cinzas (207) estão ligadas à zona tubular com um transportador de parafuso sem-fim (201) e são projetadas através da segunda câmara externa (203).

6. O subsistema de alimentação de parede de cisalhamento (600), de acordo a reivindicação anterior, **caracterizado por** a segunda câmara externa (203) delimitar uma zona de aquecimento tubular, em que pelo menos uma segunda entrada para o fluido de aquecimento (204) está disposta tangencialmente numa porção de fundo de um corte transversal do referida segunda câmara externa (203).

7. O subsistema de alimentação de parede de cisalhamento (600), de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizado por** o referido orifício de entrada para materiais (608a) ser um orifício de entrada para materiais residuais de plástico, a referida saída para materiais (615a) ser uma saída para materiais residuais de plástico e a câmara de purga de entrada para materiais (601a) ser um dispositivo de entrada com bloqueio de ar para materiais.

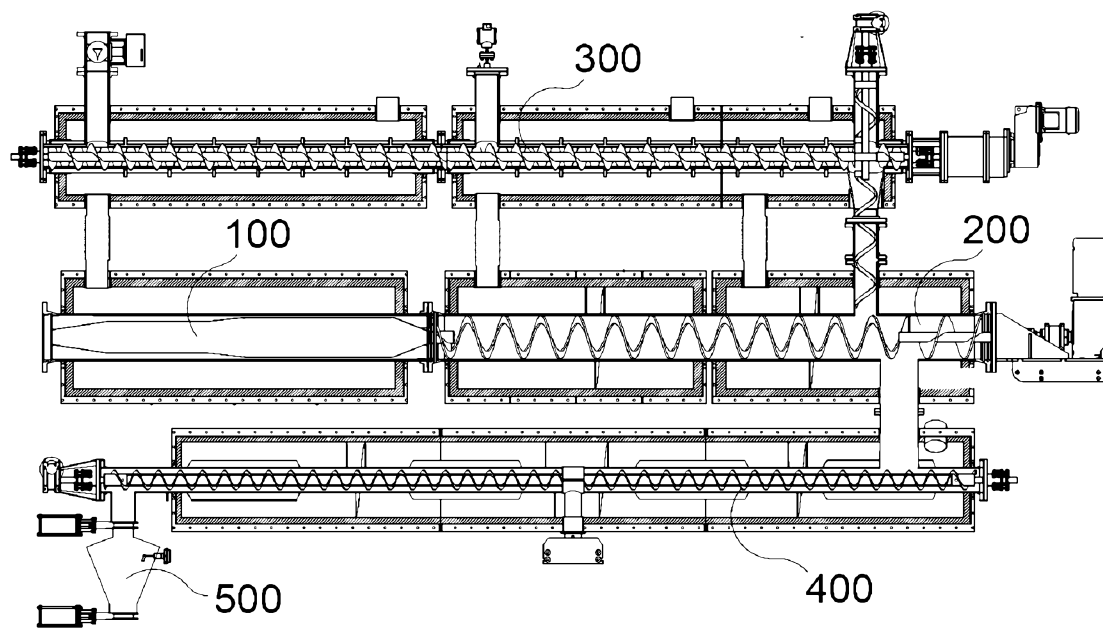


Figura 1

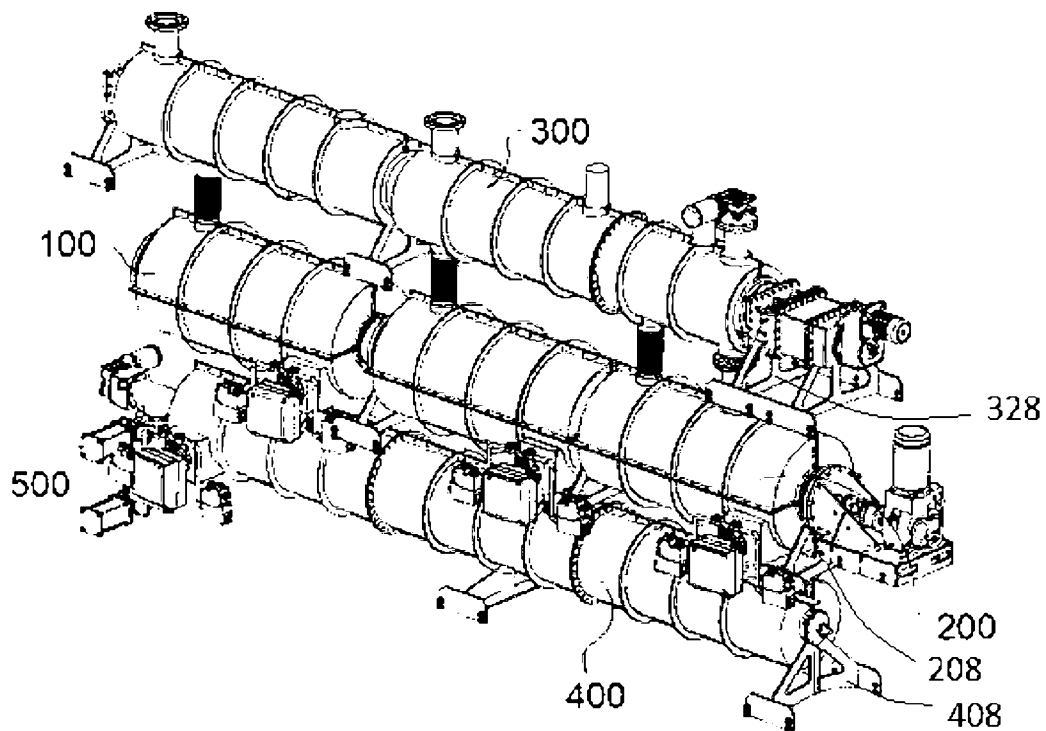


Figura 2

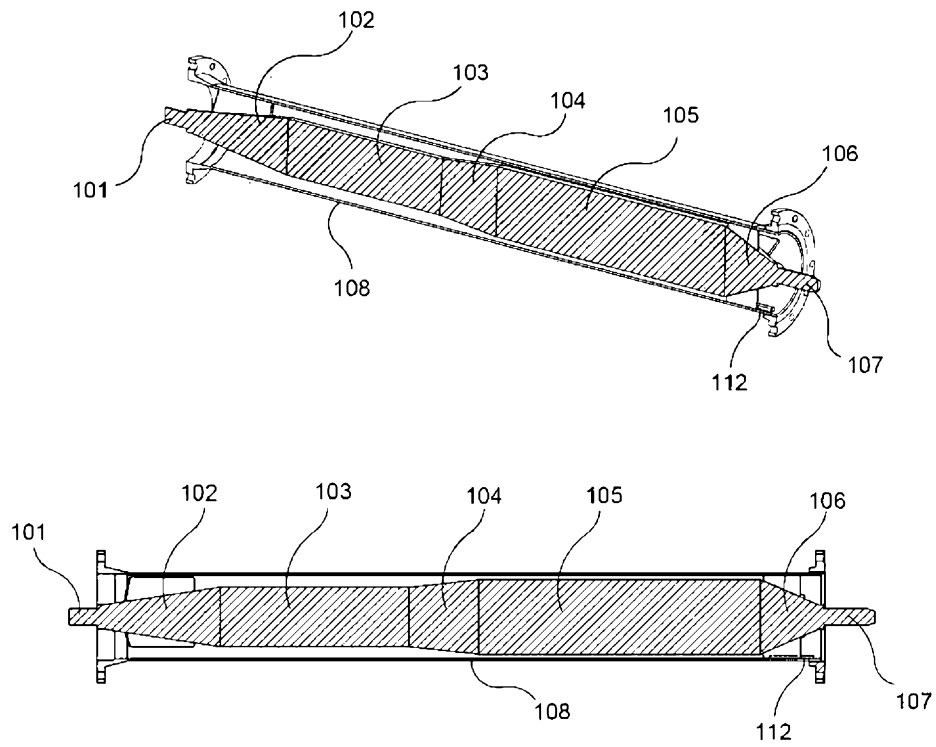


Figura 3

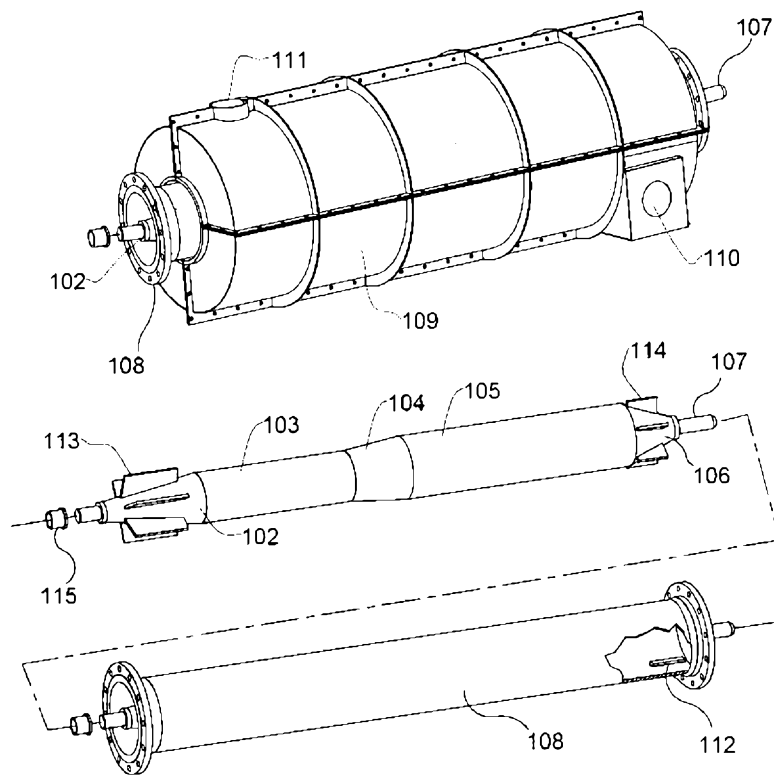


Figura 4

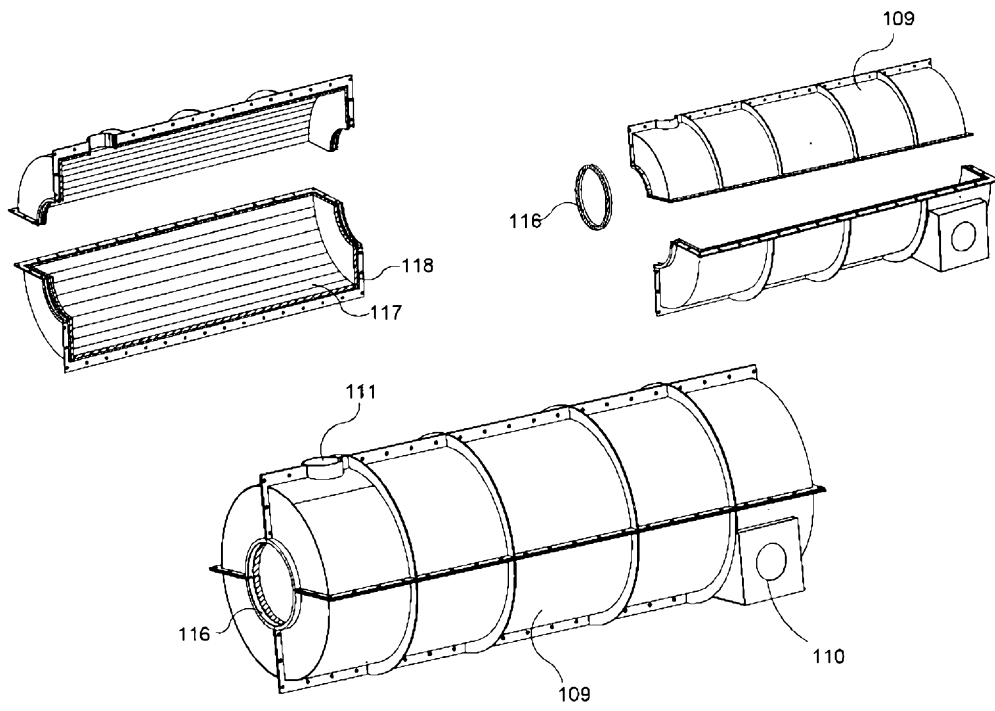


Figura 5

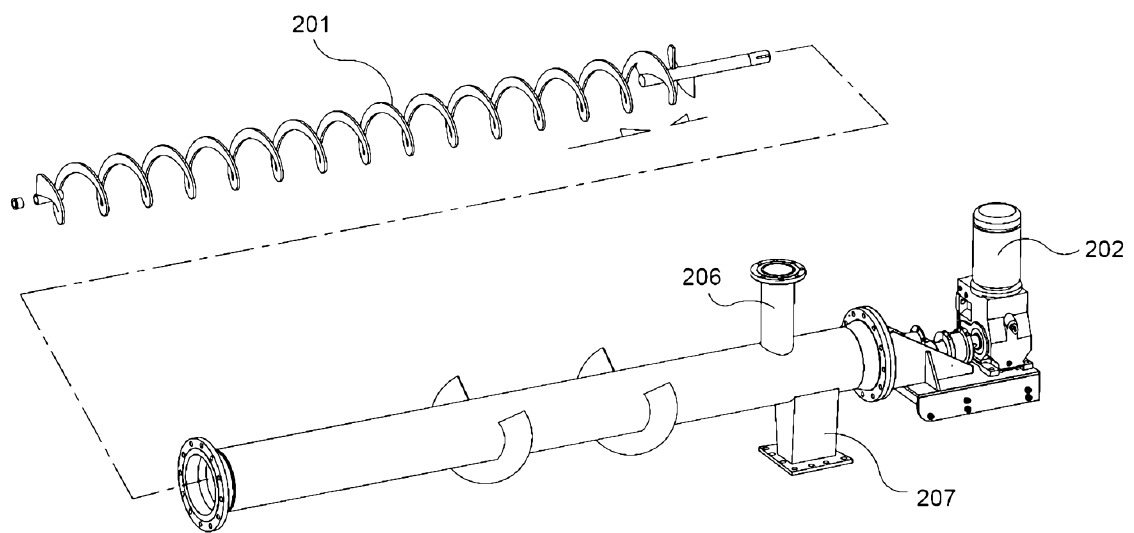


Figura 6

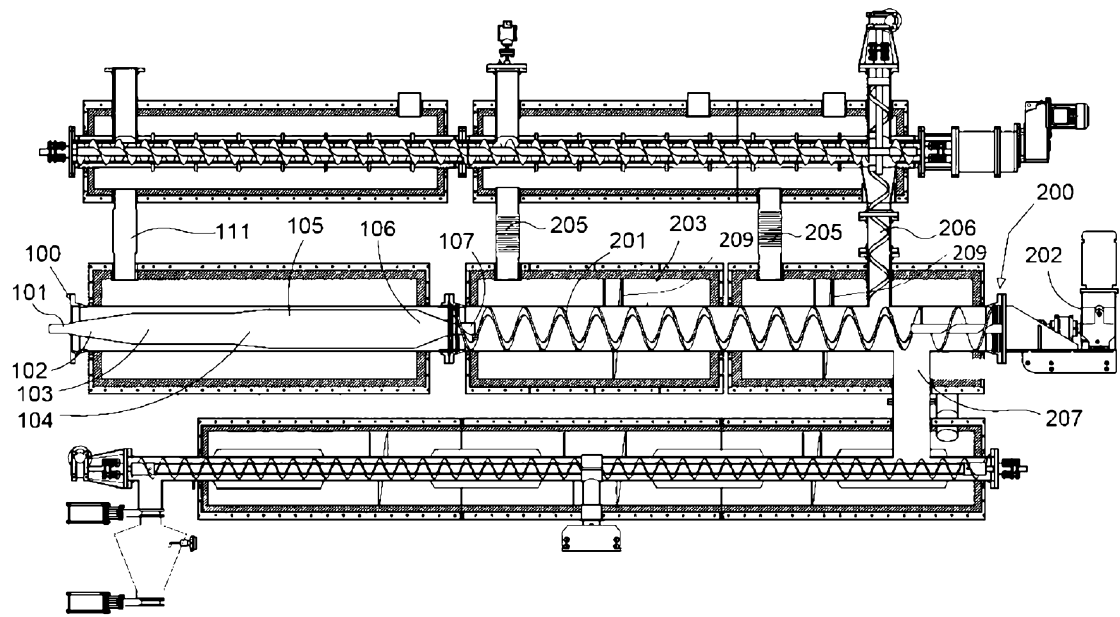


Figura 7

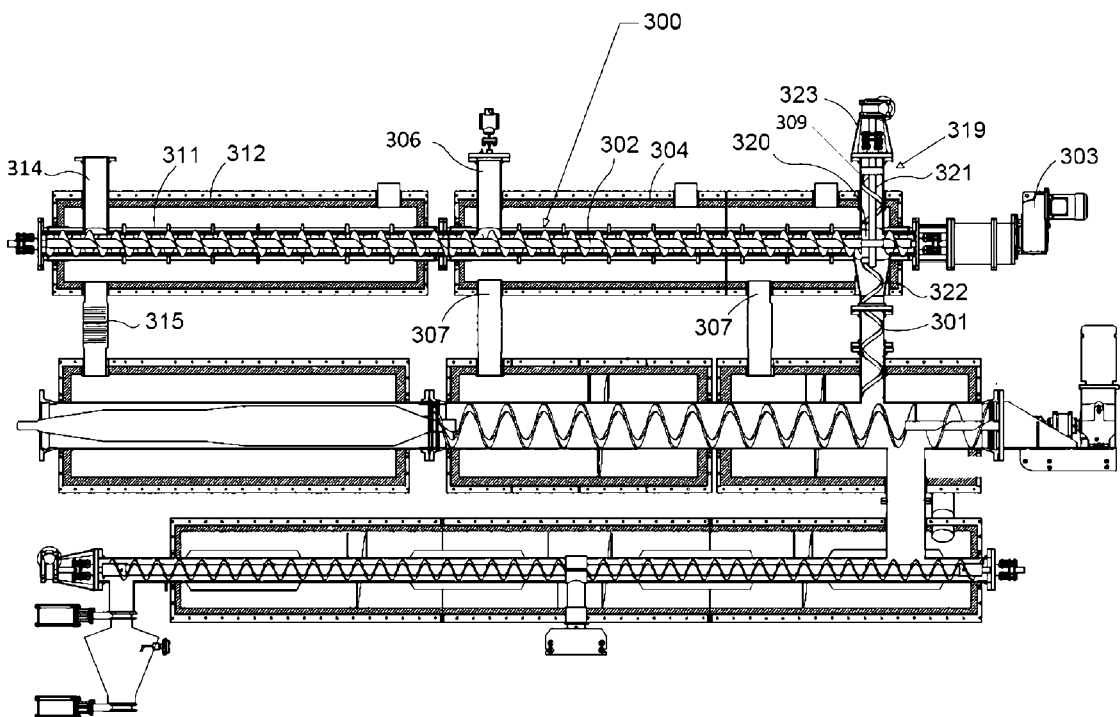


Figura 8

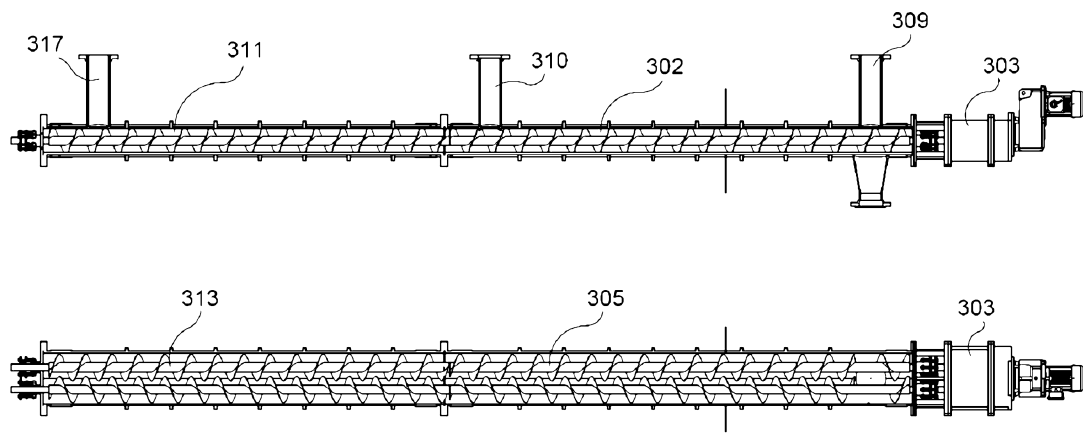


Figura 9

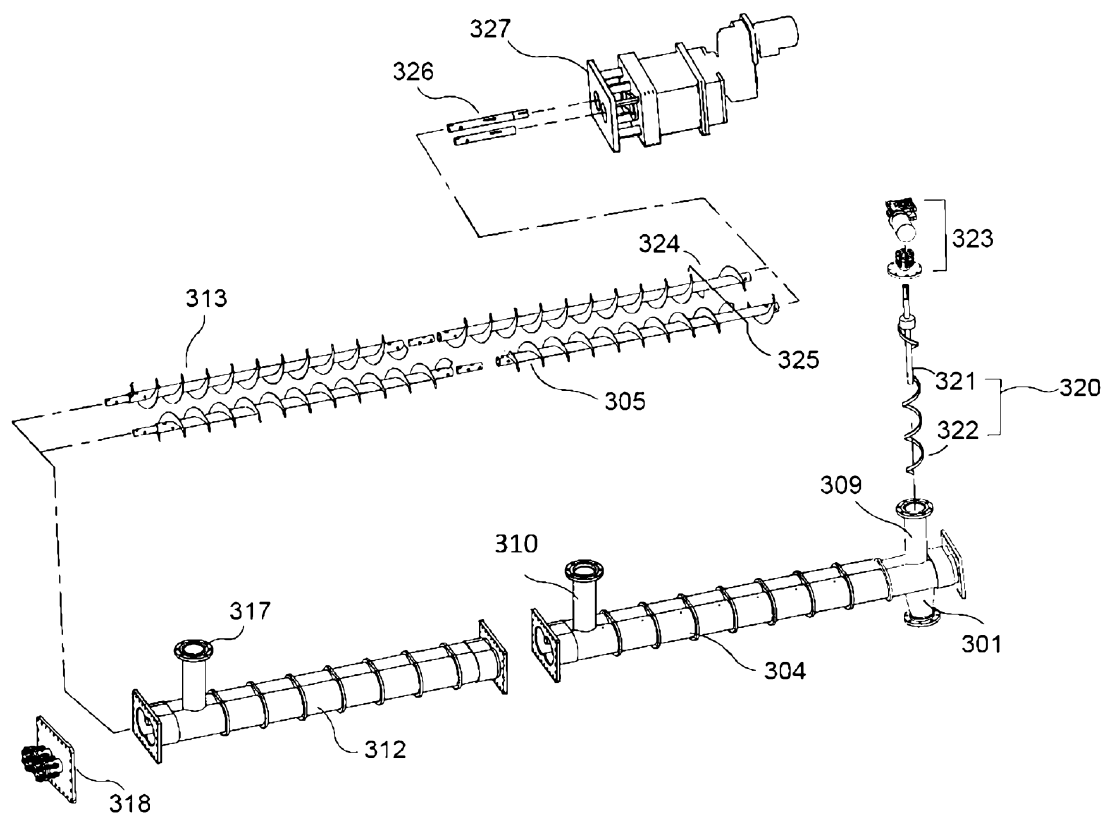


Figura 10

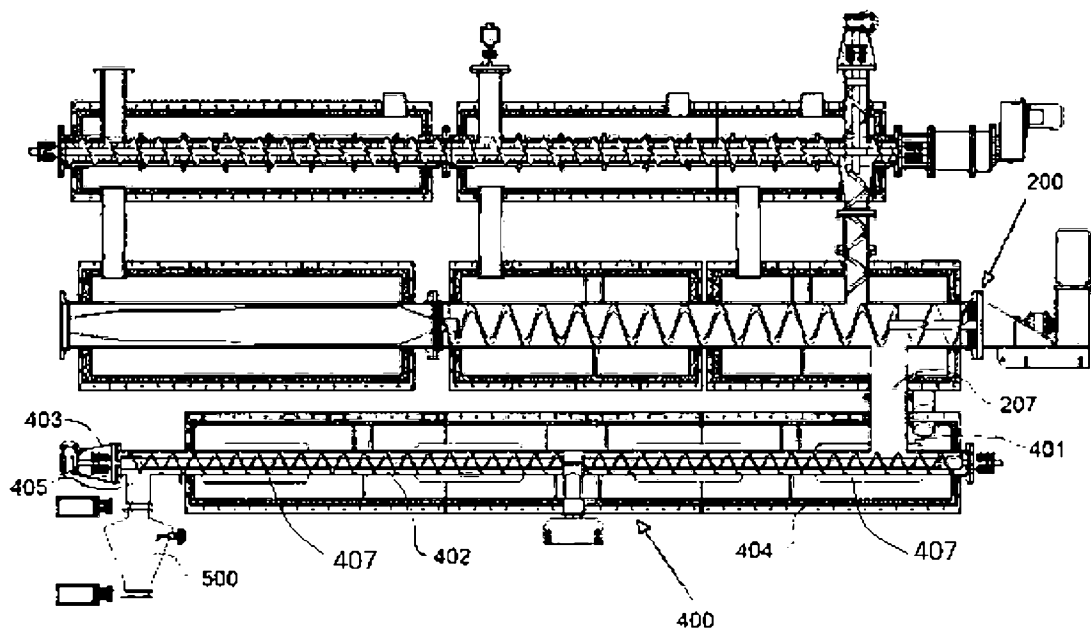


Figura 11

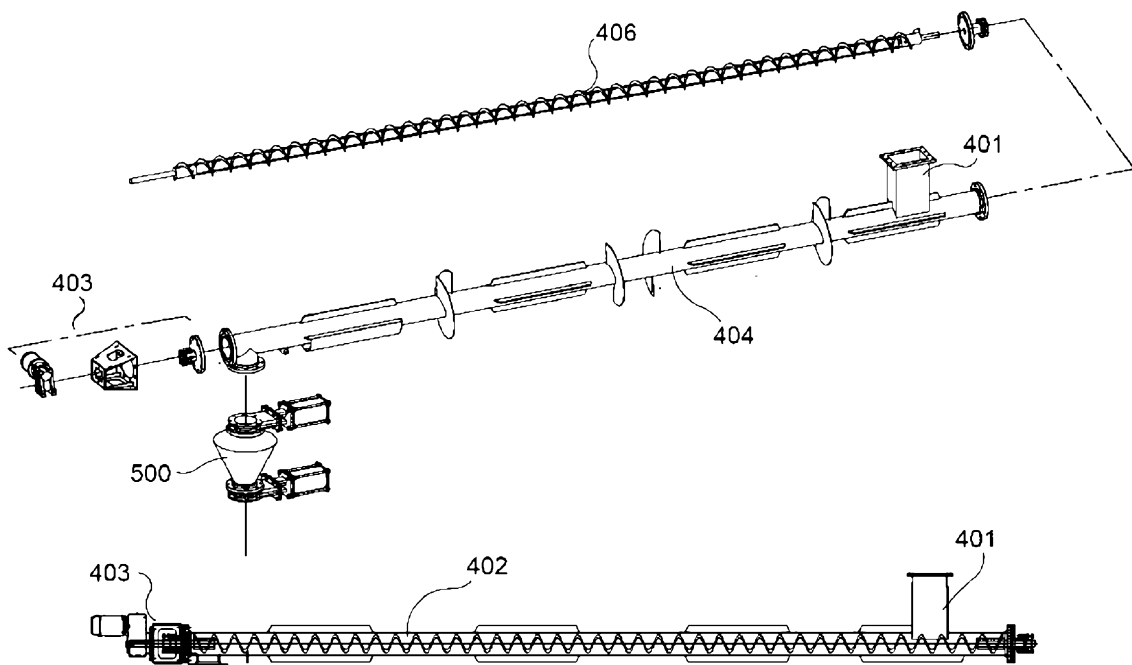


Figura 12

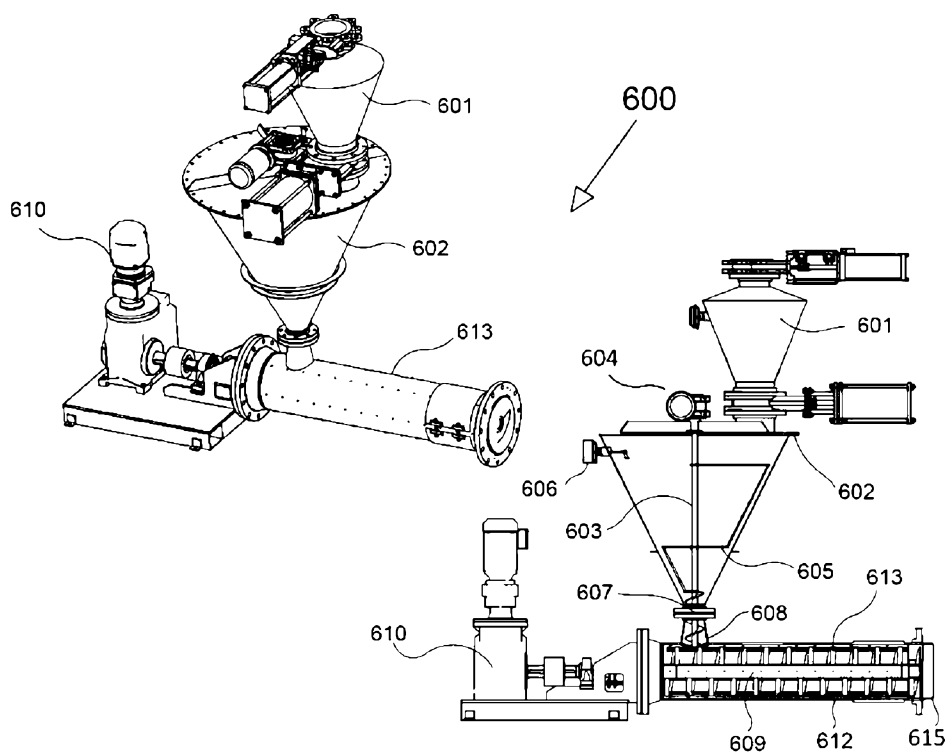


Figura 13

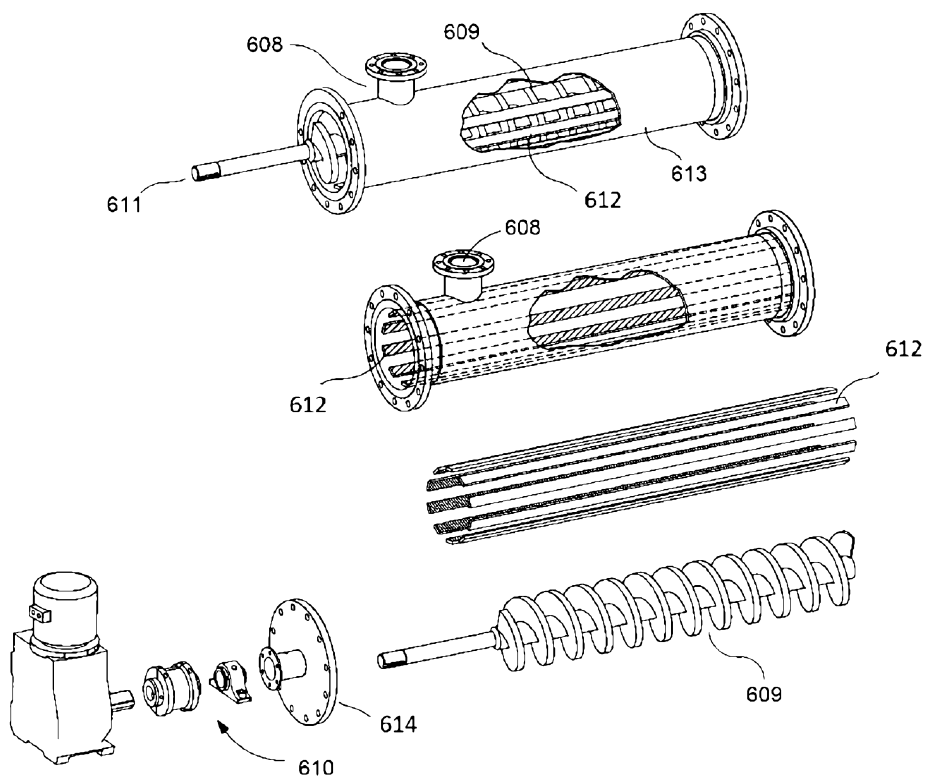


Figura 14

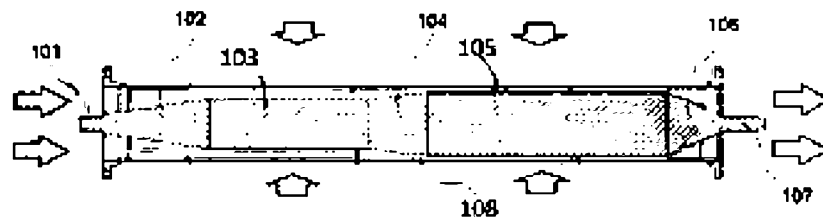


Figura 15

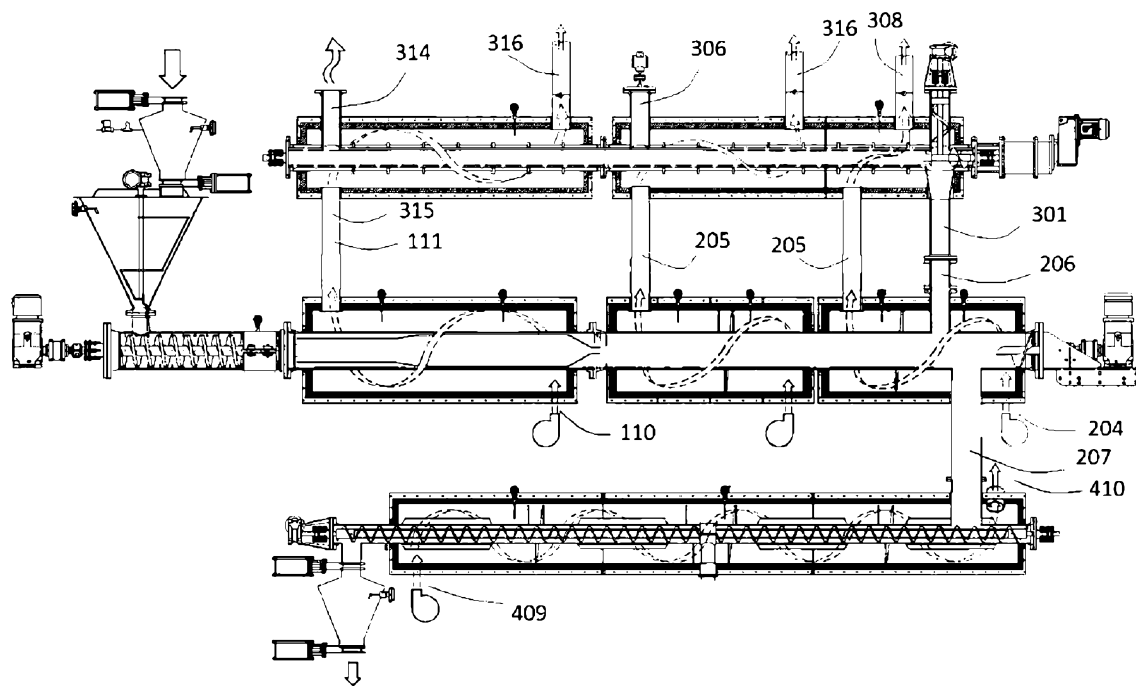


Figura 16

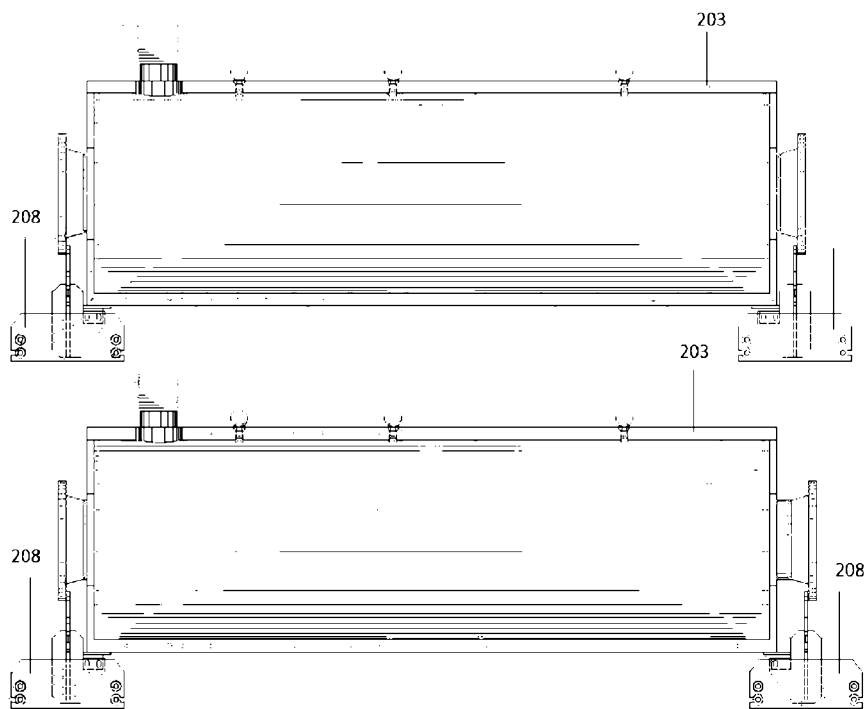


Figura 17

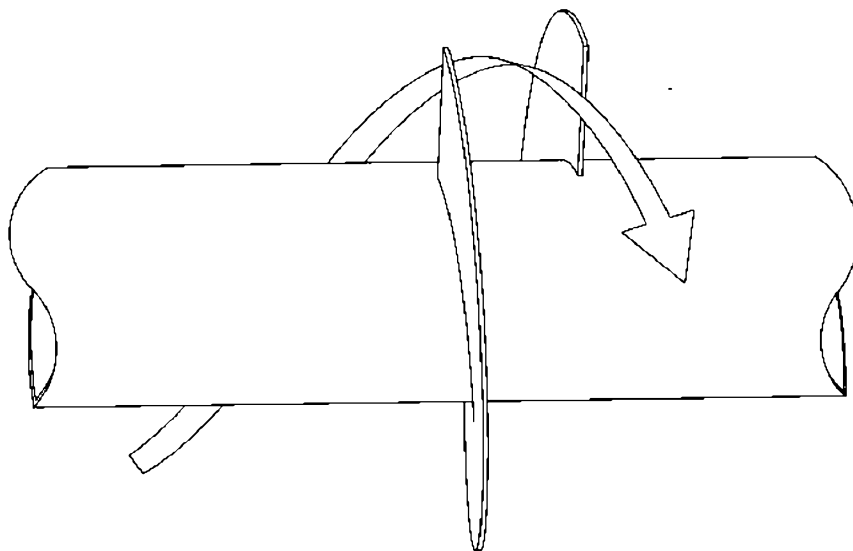


Figura 18

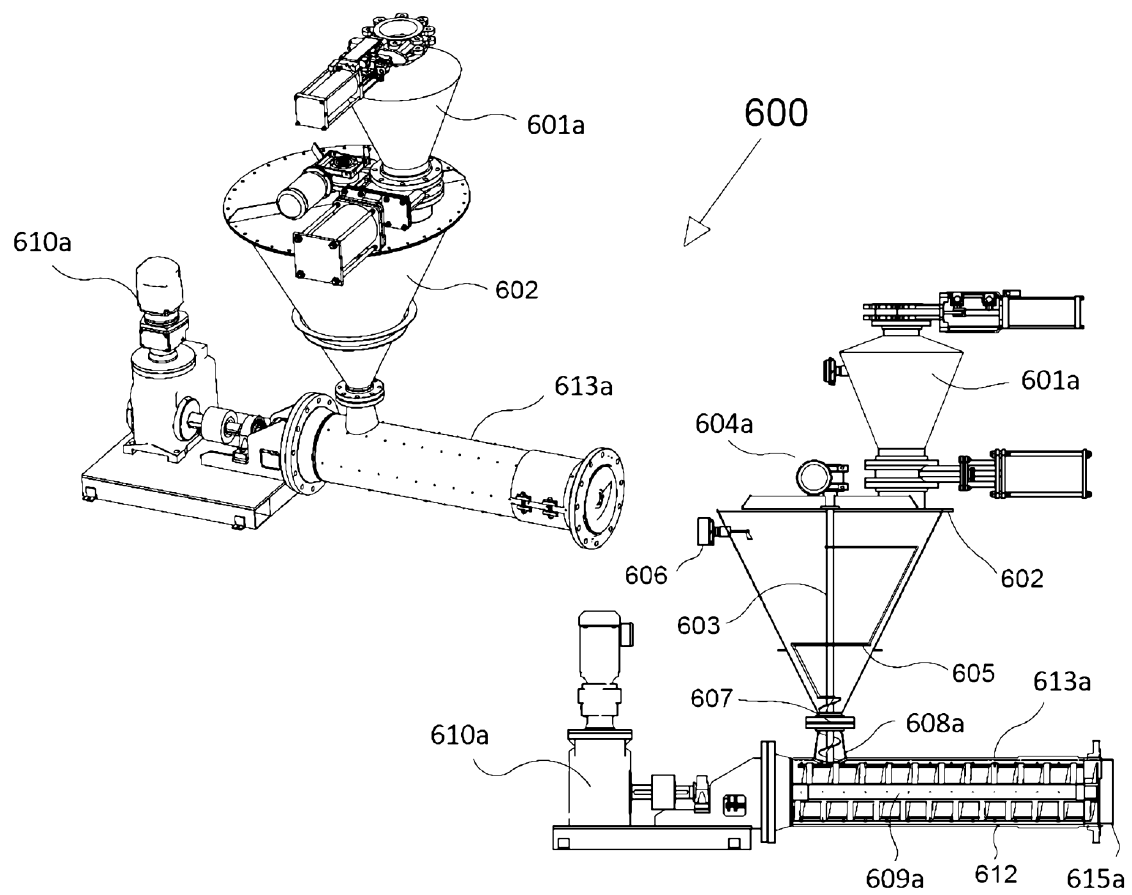


Figura 19

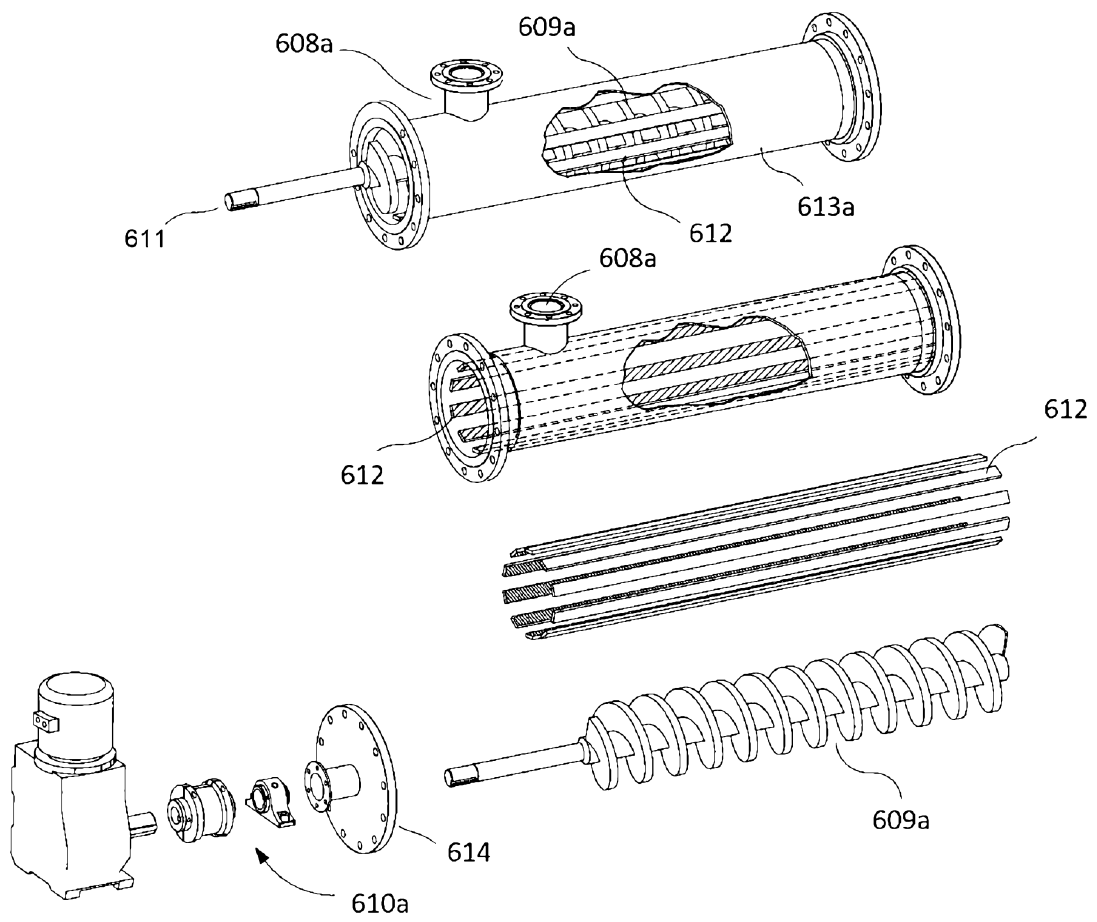


Figura 20