

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 768 726**

51 Int. Cl.:

C10G 1/10 (2006.01)

C10B 49/02 (2006.01)

C10B 53/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.07.2015 PCT/CZ2015/000074**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.01.2016 WO16008460**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.07.2015 E 15750916 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.10.2019 EP 3169751**

54 Título: **Método de producción continua de combustibles líquidos y gaseosos a partir de la porción de sustancias orgánicas en los residuos**

30 Prioridad:

15.07.2014 CZ 20140488

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

23.06.2020

73 Titular/es:

**SRUBAR, JAROSLAV (100.0%)
Okrajová 1197, Poruba
735 14 Orlová, CZ**

72 Inventor/es:

VASÍCEK, ALOIS

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 768 726 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método de producción continua de combustibles líquidos y gaseosos a partir de la porción de sustancias orgánicas en los residuos

Campo de la invención

- 5 La invención se refiere a un método de producción continua de combustibles líquidos y gaseosos a partir de la porción de sustancias orgánicas en los residuos, en particular en los residuos industriales, agrícolas y municipales, incluyendo sus mezclas.

Antecedentes de la invención

- 10 La expansión de la civilización hacia la creciente participación del uso de energía de los motores de combustión conlleva una consecuencia lógica en forma de reservas finitas de petróleo, carbón y gas natural. Las formas de uso de combustibles sólidos se conocen incluso desde los días de los motores de vapor, y hasta hoy se usan prácticamente en dispositivos estables, como las centrales térmicas y algunas de las plantas de calefacción. Sin embargo, hoy en día, el uso práctico de los motores de combustión, debido a su movilidad dada por la simplicidad del diseño y el bajo peso, ocupa una posición de monopolio. Incluso en las fantasías más animadas aún no está previsto que, después
- 15 del agotamiento de las reservas de petróleo, es decir, del combustible líquido, se produzca un retorno a los sistemas móviles de energía utilizando nuevamente combustibles sólidos, como fue el caso en los días de los motores de vapor.

- La producción de combustibles líquidos a partir de los sólidos disponibles no es un concepto nuevo. Ya durante la Segunda Guerra Mundial, la industria alemana produjo gasolina a partir de lignito. Del mismo modo, existen sistemas conocidos de distribución de energía de gas de carbón a hogares y edificios industriales. Sin embargo, los procesos
- 20 conocidos y descritos se basan en el uso del procesamiento térmico del carbón, del cual salen los hidrocarburos y el monóxido de carbono, que son líquidos o gases, durante el calentamiento. No se trata de las materias primas de los recursos renovables; por lo tanto, están en la misma área de aplicación que una fuente de petróleo.

- Otro procedimiento ya conocido para obtener combustibles líquidos es el uso de biotecnologías, que implica el uso de microorganismos para la producción de metano o alcohol. Las biotecnologías - fermentación - utilizan los nutrientes
- 25 contenidos en la sustancia construida, que son los polímeros de azúcares - en particular D-glucosa. Estos polisacáridos se dividen de manera enzimática o química en azúcares simples y después se someten a fermentación. Recientemente, esta categoría puede complementarse también con la producción de etanol a partir de granos, que en el pasado era el método utilizado prácticamente solo para obtener alcohol alimentario.

- Sin embargo, los métodos descritos anteriormente para obtener combustibles gaseosos y líquidos están limitados por
- 30 el hecho de que cada una de estas tecnologías no pueden funcionar con otras que no sean materias primas puras seleccionadas. No se conocen muchas tecnologías para el uso de porciones orgánicas en los residuos, donde se representan las sustancias de diferente composición química juntas, tanto sustancias orgánicas como inorgánicas. Los procedimientos ya conocidos se pueden clasificar prácticamente en dos grupos. El primero de ellos es el grupo de métodos de pirólisis, en el que, con la ayuda de la alta temperatura, se obtienen los productos gaseosos y líquidos
- 35 y también los residuos de pirólisis en forma de una sustancia polimérica horneada de composición indefinible. Los productos de la pirólisis muestran, en el curso de su propia reacción, la composición variable. Este hecho hace que estos productos no puedan usarse universalmente, como es el caso de los combustibles a base de gas natural u otras materias primas descritas anteriormente. En este grupo de métodos también podemos añadir el procedimiento que no deja el resto de la pirólisis, pero que desde un punto de vista práctico y económico aún no ha encontrado un uso más
- 40 amplio. Este método en una cámara especial "evapora plasmáticamente" toda la sustancia y en forma de su gas hace que la sustancia se quemé. El plasma es creado por los láseres altamente efectivos, lo que hace que esta tecnología no esté fácilmente disponible, independientemente de los requisitos de energía de estos dispositivos que cargan el precio del producto con sus altas inversiones iniciales.

- El segundo grupo de métodos está formado por métodos que usan oxidación parcial, como por ejemplo el método
- 45 según la patente. CZ 283812 " Method of processing of plastics from municipal waste", en el que en la atmósfera reductora del carbón en combustión la masa fundida del plástico se está descomponiendo. Este método es independiente de su propia composición de materias primas de entrada, pero debe llevarse a cabo en el entorno de reacción en forma de masa fundida. Esto hace que el método dependa de los residuos seleccionados.

- Estos y otros métodos equivalentes para obtener combustibles líquidos y gaseosos de la porción de sustancias orgánicas en residuos industriales, agrícolas y municipales también se conocen de otra literatura de patentes, tal como
- 50 las soluciones según el documento presentado US 2008182911, cuyo objeto es un método y un aparato para la conversión de residuos orgánicos en combustibles líquidos utilizables, que se basa en la conversión de dióxido de carbono en el entorno reductor de hidrógeno, cuando con la proporción adecuada surge preferiblemente el metanol. De lo contrario, surgen los diversos derivados de los combustibles líquidos.

- A partir del documento WO 2012/095288 se conoce además el método para la producción de gas combustible a partir
- 55 de un gas de síntesis in bruto, que se basa en la carbonatación hidrotérmica del carbón junto con la biomasa o los residuos orgánicos. En este proceso, la sustancia es gasificada por la llama, teniendo cuidado de que la reacción

endotérmica y exotérmica, que tiene lugar en este proceso, esté en equilibrio. El dióxido de carbono que surge en este caso actúa como agente de gasificación y como agente de transporte para el drenaje de vapores de sustancias carbonizadas. Las reacciones del dióxido de carbono con otros productos de la carbonización se dirigen hacia, de manera similar al método anterior según el documento presentado US 2008182911, a la formación de metanol y otros combustibles. Incluso este método, - sin embargo, no ha encontrado un uso más amplio.

A partir de la patente presentada CZ 289471, solicitada en base a la solicitud de prioridad US 1992965104, se conoce además el método de reutilización de residuos plásticos para la producción de la reducción, síntesis o gas combustible, en el que los plásticos en polvo se mezclan con sustancias inorgánicas basadas en dióxido de titanio, carbonato de bario, talco, arcillas, alúmina o aluminosilicatos. Lo mismo se usa en este proceso cuando en lugar de plásticos se usan los residuos del carbón o hidrocarburos líquidos, y estas mezclas se someten a oxidación con la formación del gas de reducción. La desventaja de este método es, sin embargo, la salida del gas que contiene monóxido de carbono, que debido a su toxicidad no permitirá que este método se aplique en una escala que afecte significativamente la carga ecológica, que los residuos plásticos representan hoy en día.

A partir del documento EP 2 233 547 A1 un proceso para la producción de hidrocarburos a partir de plástico en el que el plástico se calienta externamente a través de la pared del reactor y por fricción desde un transportador. El producto se obtiene como un gas y se condensa fuera del reactor.

El documento US 2011/303525 A1 describe un proceso de reciclaje para neumáticos usados en el cual los neumáticos se queman en una atmósfera de gas inerte, oxígeno e hidrocarburos. El producto se obtiene como un gas y se condensa fuera del reactor.

El documento US2013/098751 describe un método para la torrefacción de biomasa lignocelulósica utilizando un recipiente reactor de torrefacción que tiene conjuntos de bandejas apiladas.

El documento US2012/017499 describe sistemas de torrefacción y métodos para producir productos torrefiados a partir de biomasa.

Sumario de la invención

Las deficiencias de los métodos mencionados anteriormente para obtener combustibles gaseosos y líquidos se eliminan mediante el método, según la reivindicación 1, de producción continua de combustibles líquidos y gaseosos a partir de la porción de sustancias orgánicas en los residuos, en particular en los sectores industrial, agrícola y residuos municipales, incluyendo sus mezclas, caracterizados por la descomposición térmica de estos residuos en combustibles - hidrocarburos de bajo peso molecular utilizables, así como otras porciones inorgánicas u otras porciones residuales destinadas al reciclaje o a cualquier vertedero, según la presente invención, cuya esencia consiste en el hecho de que los residuos tratados con un contenido de sustancias orgánicas, especialmente en forma de papel, plásticos, caucho, incluyendo neumáticos usados no triturados, elementos de madera, aserrín, restos de comidas y grasas, y su empaquetamiento, en espacio de reacción herméticamente sellado sin acceso de aire se descompone térmicamente por el medio inerte gaseoso calentado, mientras que por la influencia de la carga electrostática, resultante naturalmente de la descomposición de sustancias orgánicas, en particular poliméricas, pasan a partir de ellas sustancias descompuestas de bajo peso molecular en forma de hidrocarburos por completo en la mezcla con medio gaseoso inerte como gas portador en el aerosol. El aerosol resultante se conduce después, adicionalmente, a su enfriamiento, precipitación y la separación mutua contenía hidrocarburos gaseosos y líquidos de bajo peso molecular, después de lo cual, después de la descomposición de todas las porciones de las sustancias orgánicas del espacio de reacción herméticamente cerrado, todos los residuos inorgánicos u otras porciones de los residuos procesados se eliminan gradualmente, los residuos que contienen sustancias orgánicas se descomponen térmicamente en cinco etapas tecnológicas sucesivas, donde en la primera etapa se crea un medio inerte gaseoso para la reacción en la temperatura de entrada de 300 a 900 °C, que en la segunda etapa fluye en el espacio de reacción contra la dirección del proceso en el que se procesan los residuos, con lo cual en la tercera etapa, el aerosol resultante se enfría a una temperatura inferior a 20 °C, a partir de la cual en la cuarta etapa la porción líquida de los hidrocarburos de bajo peso molecular se separa de los gases, que después progresan junto con el medio inerte gaseoso en la quinta etapa, donde se enfrían por debajo de la temperatura de - 40 °C o preferiblemente se licúan por compresión a presiones de 0,5 a 4 MPa, en donde el medio gaseoso inerte contiene una cantidad en volumen de 50 a 85% de nitrógeno, de 3 a 25 % de dióxido de carbono y de 1 a 5% de monóxido de carbono, cuando el resto es creado por un vapor de agua sobrecalentado.

El principio de la invención consiste además en el hecho de que el flujo del medio inerte gaseoso a través del espacio de reacción sellado herméticamente y su posterior disipación, junto con las sustancias distribuidas de bajo peso molecular, se lleva a cabo con ventaja disminuyendo la presión en la salida desde este espacio de reacción, donde mediante una disminución controlada de su gradiente de temperatura hacia la salida del espacio de reacción, se proporciona una curva de distribución más estrecha de la composición química de los hidrocarburos de bajo peso molecular emergentes. La reducción de la presión en la salida del espacio de reacción también se lleva a cabo al valor de la presión negativa de 0,01 a 0,03 MPa, por lo tanto, se alcanzan la tasa óptima de flujo de medio gaseoso inerte en el espacio de reacción en el intervalo de 0,001 a 0,02 m/s y un gradiente de temperatura de 100 a 350 K/m.

El principio de la invención consiste además en el hecho de que el medio gaseoso inerte contiene una cantidad en volumen de 50 a 85% de nitrógeno, 13 a 25% de dióxido de carbono y 1 a 5% de monóxido de carbono, cuando el resto es creado por un vapor de agua sobrecalentado. La cantidad consumida del medio inerte gaseoso, entonces, en una implementación óptima de la invención, varía en la cantidad de 0,2 a 3 m³/kg de residuos procesados, mientras actúa sobre los residuos procesados durante un período de 10 a 80 segundos.

En el método según la invención, los residuos que contienen sustancias orgánicas se descomponen térmicamente en cinco etapas tecnológicas sucesivas, donde en la primera etapa se crea un medio inerte gaseoso para la reacción en la temperatura de entrada de 300 a 900 °C, que en la segunda etapa fluye en el espacio de reacción contra la dirección del proceso en el que se procesan los residuos. Por lo tanto, es en esta segunda etapa, para garantizar que los residuos tratados se descompongan térmicamente a una velocidad, que es proporcional al gradiente de temperatura, lo que significa que los residuos procesados que ya se descomponen parcialmente y más están todavía en progreso en el espacio de reacción calentándose a una temperatura más alta y, por lo tanto, se garantiza una mayor conversión de su descomposición y una curva de distribución más estrecha de la composición de sus productos de salida. En la tercera etapa, el aerosol resultante se enfría a una temperatura inferior a 20 °C, después de lo cual en la cuarta etapa del aerosol la porción líquida de los hidrocarburos de bajo peso molecular se separa de los gases, que después progresan junto con el medio inerte gaseoso en la quinta etapa, donde se enfrían por debajo de la temperatura de -40 °C o preferiblemente se licúan por compresión a presiones de 0,5 a 4 MPa.

El espacio de reacción se encuentra en una implementación práctica del método según la invención creado en un reactor vertical u horizontal equipado, a la entrada de residuos procesados, con la cámara de llenado y el sistema de cierres herméticos, que también están dispuestos en la salida de este reactor destinado a la eliminación de residuos inorgánicos u otras porciones de los residuos procesados. El desarrollo de un medio inerte gaseoso se realiza en una porción especialmente modificada del reactor en las proximidades de su salida, donde también tiene lugar la oxidación de los últimos residuos de porciones orgánicas, que no se descompusieron por el proceso anterior.

El aerosol generado en el espacio de reacción se mueve para enfriarlo al sistema de enfriadores con aire y salidas de calor hidráulicas y la posterior condensación de los productos del aerosol se realiza mediante el paso del campo de alto voltaje sobre el potencial de 10 a 45 kV o preferiblemente en un separador centrífugo rotatorio, donde las cargas individuales de partículas de los productos de degradación se descargan por contacto con porciones mecánicas del separador y ya en forma de líquido son transportadas por la tubería hacia tanques de almacenamiento.

El beneficio de la solución según la presente invención es contra todos los métodos similares anteriores de producción de combustibles gaseosos y líquidos a partir de la porción de sustancias orgánicas en los residuos, en particular el hecho de que en este proceso se garantiza una transferencia de calor perfecta al residuo tratado y al mismo tiempo, se garantiza un drenaje perfecto de todos los productos de reacción del espacio de reacción, e incluso durante su curso. Por lo tanto, la acumulación de intermedios particulares en este espacio no tiene lugar; de lo contrario, esta acumulación evitaría la descomposición general de los residuos procesados, que es un problema típico de todas las tecnologías conocidas similares.

Ejemplos de realización de la invención

Ejemplo 1:

En la primera, una implementación ilustrativa del método según la invención, se usó un reactor herméticamente sellado construido verticalmente con una base cuadrada de 1 metro de lado y una altura de 4,5 metros, en el que la porción inferior contenía el generador de medio gaseoso inerte con un dispositivo para la salida de porciones inorgánicas y la porción superior de llenado está formada por una cámara hermética con dos cierres, cuyo volumen ascendió a 1 metro cúbico. La porción media del reactor estaba equipada en la porción superior con la abertura de salida para la salida de los productos de reacción, que estaba conectada a un separador de partículas sólidas, un condensador y un separador extractor de partículas - microgotas de hidrocarburos del aerosol. El separador se conectó al colector de porciones líquidas, y la salida de los medios pasó por el condensador a una temperatura de enfriamiento de -15 °C. La salida de este condensador fue sacada por una tubería fuera del lugar de trabajo y estaba equipada con un quemador para incinerar el resto.

El espacio de reacción o la cámara hermética del reactor se llenó con 150 kg de residuos mezclados que consistían en partículas de un tamaño de 30 mm, que contenían en cantidad en masa 32% de papel, 14% de aserrín, 27% de botellas de PET, 11% de tazas de PS y 16% de los residuos no identificados en forma de restos de comidas y envases de los mismos. Después de comenzar la reacción, en la que la temperatura de entrada de los medios inertes gaseosos ascendió a 670 °C, la presión de vacío ascendió a 0,03 MPa, y la temperatura del aerosol a la salida del reactor ascendió a 178 °C, los residuos consumidos se reponían desde la porción superior a través de la cámara del dispositivo de llenado y por la acción de la gravedad caen al fondo del reactor. La velocidad de flujo del medio inerte gaseoso en el espacio de reacción fue 0,011 m/s y un gradiente de temperatura fue 145 K/m. El medio inerte gaseoso, en este ejemplo específico de implementación, contenía en el volumen la cantidad de 62% del nitrógeno, 14,5% de dióxido de carbono y 1% de monóxido de carbono, mientras que el resto se formó con el vapor de agua sobrecalentado. La cantidad de gas consumido de los medios inertes fue 1,2 m³/kg de desperdicios procesados, mientras operaba los desperdicios tratados por un período de 45 segundos.

En esta implementación ilustrativa, el reactor estuvo en funcionamiento durante un período de 4 horas, mientras se procesaron 1250 kg de residuos. Los productos en este caso consistían en 726 kg de productos líquidos con un valor calorífico de 36,4 MJ/kg, 130 kg de gas licuado con un valor calorífico de 37,1 MJ/kg y 75 kg de residuos inorgánicos.

- 5 Los productos líquidos obtenidos después de la separación del aerosol se sometieron a un análisis de la representación de las fracciones individuales según el punto de ebullición. El método SOP 20/01 con una precisión de $\pm 5\%$ determinó que hasta 100 °C vuelve a destilar el 2% del volumen, hasta 200 °C vuelve a destilar el 15% del volumen, hasta 250 °C vuelve a destilar el 41% del volumen y hasta 300 °C vuelve a destilar el 81% del volumen. El 19% restante del volumen fue el residuo de destilación.

Ejemplo 2

- 10 En el segundo, una implementación ejemplar del método según la invención había en el dispositivo descrito en el ejemplo 1 procesado 1426 kg de neumáticos usados. Los neumáticos sin triturar se introdujeron gradualmente en el reactor a través de la cámara de llenado y se extrajo una porción inorgánica, que consistía principalmente en alambres de acero, a través de una salida de dispositivo de este material. La temperatura del medio inerte gaseoso al entrar en la reacción ascendió a 620 °C, a la salida de 220 °C, mientras que la presión de vacío fue de 0,025 MPa.
- 15 La velocidad de flujo del medio inerte gaseoso en el espacio de reacción aquí fue de 0,015 m/s y un gradiente de temperatura de 136 K/m. El medio inerte gaseoso, en este ejemplo específico de implementación, contenía en el volumen la cantidad de 64% del nitrógeno, 13,5% de dióxido de carbono y 0,1% de monóxido de carbono, y el resto formaba vapor de agua sobrecalentado. La cantidad de gas consumido de los medios inertes fue de 0,7 m³/kg de residuos procesados, se mientras operaba los residuos tratados durante un período de 75 segundos.
- 20 De la cantidad total de neumáticos procesados se obtuvieron 626 litros de combustibles líquidos con un poder calorífico de 34,3 MJ/kg 170 kg de gas licuado, 173 kg de hierro y 137 kg de cenizas.

- 25 Los productos líquidos obtenidos después de la separación del aerosol se sometieron a un análisis de la representación de las fracciones individuales según el punto de ebullición. El método SOP 20/01 con una precisión de $\pm 5\%$ determinó que hasta 100 °C vuelve a destilar el 12% del volumen, hasta 200 °C vuelve a destilar el 35% del volumen, hasta 250 °C vuelve a destilar el 75% del volumen y hasta 300 °C vuelve a destilar el 93% del volumen, el 7% del volumen restante fue el residuo de destilación.

Aplicabilidad industrial

- 30 El método de producción continua de combustibles líquidos y gaseosos según la invención puede usarse ampliamente para el tratamiento eficaz de residuos y para su evaluación al menos parcial de los productos, adecuados para el accionamiento de las máquinas térmicas y la producción de calor.

REIVINDICACIONES

- 5 1. El método de producción continua de combustibles líquidos y gaseosos a partir de la porción de sustancias orgánicas en los residuos, en particular en los residuos industriales, agrícolas y municipales, incluyendo sus mezclas, caracterizado en la descomposición térmica de estos residuos en combustibles - hidrocarburos de bajo peso molecular utilizables, así como otras porciones inorgánicas u otras porciones residuales destinadas al reciclaje o a cualquier vertedero, caracterizado por que
- 10 los residuos tratados con un contenido de sustancias orgánicas, especialmente en forma de papel, plásticos, caucho, incluyendo neumáticos usados no triturados, elementos de madera, aserrín, restos de comidas y grasas, y su empaquetamiento, en un espacio de reacción sellado herméticamente sin acceso al aire se descompone térmicamente por el medio inerte gaseoso calentado, mientras que por la influencia de la carga electrostática, que resulta naturalmente de la descomposición de sustancias orgánicas, en particular poliméricas, pasa a partir de estas sustancias descompuestas de bajo peso molecular en forma de hidrocarburos por completo en la mezcla con medio inerte gaseoso como el gas portador en el aerosol que después se conduce adicionalmente a su enfriamiento, precipitación y separación mutua en el que contenía hidrocarburos gaseosos y líquidos de bajo peso molecular,
- 15 después de lo cual, después de la descomposición de todas las porciones de sustancias orgánicas del espacio de reacción cerrado herméticamente, todas las porciones inorgánicas residuales u otras porciones de los residuos procesados se eliminan gradualmente, los residuos que contienen sustancias orgánicas, se descomponen térmicamente en cinco etapas tecnológicas sucesivas, donde en la primera etapa se crea un medio inerte gaseoso para la reacción a la temperatura de entrada de 300 a 900 °C, que en la segunda etapa fluye en el espacio de reacción contra la dirección del proceso en el que se procesan los residuos, después de lo cual en la tercera etapa, el aerosol resultante se enfría a una temperatura inferior a 20 °C, a partir de la cual en la cuarta etapa se separa la porción líquida de los hidrocarburos de bajo peso molecular de los gases, que después progresan junto con el medio inerte gaseoso hasta la quinta etapa, donde se enfrían por debajo de la temperatura de - 40 °C o preferiblemente se licúan por compresión a presiones de 0,5 a 4 MPa, en donde el medio gaseoso inerte contiene en volumen una cantidad de 50
- 20 a 85% de nitrógeno, 3 a 25% de dióxido de carbono y 1 a 5% de monóxido de carbono, cuando el resto es creado por un vapor de agua sobrecalentado.
2. El método de producción continua de combustibles líquidos y gaseosos según la reivindicación 1, caracterizado por que el flujo del medio inerte gaseoso a través del espacio de reacción sellado herméticamente y su posterior disipación, junto con las sustancias de bajo peso molecular distribuidas, se lleva a cabo con ventaja disminuyendo la presión a la salida de este espacio de reacción, donde mediante una disminución controlada de su gradiente de temperatura hacia la salida del espacio de reacción, se proporciona una curva de distribución más estrecha de la composición química de los hidrocarburos de bajo peso molecular.
- 30 3. El método de producción continua de combustibles líquidos y gaseosos según la reivindicación 2, caracterizado por que mediante la reducción de la presión en la salida del espacio de reacción al valor de la presión negativa de 0,01 a 0,03 Pa, se alcanzan la tasa óptima de flujo de medio inerte gaseoso en el espacio de reacción en el intervalo de 0,001 a 0,02 m/s y un gradiente de temperatura de 100 a 350 K/m.
- 35 4. El método de producción continua de combustibles líquidos y gaseosos según las reivindicaciones 1, 2, 3 caracterizado por que la cantidad del medio inerte gaseoso consumido varía en la cantidad de 0,2 a 3 m³/kg de residuos procesados, mientras actúa sobre los residuos procesados durante un período de 10 a 80 segundos.