

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 656 948**

51 Int. Cl.:

C10J 3/86	(2006.01)
C10K 1/02	(2006.01)
C10K 1/04	(2006.01)
F22B 1/18	(2006.01)
C10J 3/84	(2006.01)
C10J 3/72	(2006.01)
C01B 3/50	(2006.01)
C10K 3/00	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.04.2012 PCT/US2012/032160**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **11.10.2012 WO12138751**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.04.2012 E 12721013 (6)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.11.2017 EP 2694625**

54 Título: **Método para la eliminación de alquitrán de gas de síntesis**

30 Prioridad:

06.04.2011 US 201161516646 P
06.04.2011 US 201161516704 P
06.04.2011 US 201161516667 P
22.03.2012 US 201213427193

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
01.03.2018

73 Titular/es:

INEOS BIO SA (100.0%)
Avenue Des Uttins 3
1180 Rolle, CH

72 Inventor/es:

BELL, PETER S;
KO, CHING-WHAN;
GOLAB, JOSEPH;
DESCALES, BERNARD y
EYRAUD, JULIEN

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 656 948 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 para la eliminación de alquitrán de gas de síntesis

5 Se proporciona un método para la gasificación de materiales carbonosos para producir gas productor o gas de síntesis o syngas que incluye monóxido de carbono e hidrógeno. Más específicamente, el método es efectivo para el acondicionamiento de gas productor o gas de síntesis o syngas y para reducir el contenido de alquitrán de un gas de síntesis que contiene alquitrán.

10 Antecedentes

La gasificación de materiales carbonosos en condiciones de falta de oxígeno produce gas de síntesis (también conocido como syngas, también conocido como gas productor) que comprende alquitrán. La presencia de alquitrán en el gas de síntesis representa un obstáculo técnico importante en el proceso de gasificación que causa incrustaciones, obstrucción de los procesos aguas abajo y de los equipos. La condensación de alquitrán puede dañar drásticamente el equipo de limpieza de gases y las gotas de alquitrán líquido que entran en los motores primarios obstaculizan el funcionamiento de estas aplicaciones de uso final del gas de síntesis. El alquitrán en gas de síntesis también puede tener un gran impacto en la gestión de las aguas residuales. Si el alquitrán y el agua condensada se mezclan, por ejemplo, en los sistemas convencionales de limpieza de gas a base de agua, puede crear un problema de tratamiento de aguas a menudo costoso y difícil. Para que un gas de síntesis sea aceptable para los procesos aguas abajo y el equipo debe reducirse el contenido de alquitrán en el gas de síntesis. Se han descrito varios métodos de reducción o eliminación de alquitrán en la técnica publicada que incluyen tanto el tratamiento físico como químico. Los tratamientos físicos para la eliminación de alquitrán incluyen el uso de filtros y eliminación electrostática de alquitrán. Los tratamientos químicos incluyen métodos catalíticos y no catalíticos. Un método para reducir el contenido de alquitrán del gas de síntesis es la destrucción térmica en la que el alquitrán se somete a una o ambas de oxidación parcial y craqueo térmico. Ver por ejemplo: "Tar reduction through partial combustion of fuel gas," Houben, M.P, Lange, H.C. de & Steenhoven, A.A. van, Fuel, vol. 84, pp 817-824, 2005; "Analysis of hydrogen-influence on tar removal by partial oxidation," Hoeven, T.A. van der, Lange, H.C. de & Steenhoven, A.A. van, Fuel, vol. 85, pp 1101-1110, 2005.

En este método, el gas de síntesis que contiene alquitrán producido a partir de una unidad gasificadora pasa a través de una zona o unidad de tratamiento en la que se añade un gas que contiene oxígeno. Se alcanza una alta temperatura en esta unidad para lograr el craqueo de alquitrán y/o la oxidación parcial. Así, James T. Cobb, Jr. ("Production of Synthesis Gas by Biomass Gasification," James T. Cobb, Jr., Proceedings of the 2007 Spring National AIChE Meeting, Houston, Texas, 22-26 de abril de 2007) describe un Gasificador Consutech (BRI Energy LLC), cuya primera etapa es una cámara de combustión convencional con rejilla de paso (frecuentemente utilizada como incinerador de RSU) que funciona como un gasificador a 950 °F (510 °C) con aire enriquecido con oxígeno. La segunda etapa es un tratamiento térmico que opera a 2000-2250 °F (1093-1232 °C) y usa el mínimo de oxígeno para romper los alquitranes.

El documento WO 2009/154788 describe un gasificador de dos etapas en el que el producto gaseoso de la primera etapa pasa a la segunda etapa. Se introduce oxígeno puro en la segunda etapa para elevar la temperatura de aproximadamente 1750 (954 °C) a aproximadamente 2250 °F (1232 °C) con el fin de lograr una o más de oxidación y craqueo parcial del alquitrán contenido en la corriente gaseosa procedente de la primera etapa.

El documento WO 2009/155697 describe un proceso de dos etapas en el que el gas de síntesis en bruto producido en la primera etapa se craquea en una segunda etapa usando un soplete de plasma, y un gas que contiene oxígeno añadido opcionalmente en la segunda etapa.

El documento US 2009/260286 describe un proceso en el que el gas y el carbón de pirólisis que contienen alquitrán producidos en una unidad de craqueo se transfieren a una unidad de gasificación donde se añade aire.

El método de tratamiento térmico descrito anteriormente ha demostrado ser eficaz para reducir el contenido de alquitrán del gas de síntesis en unidades de pequeño tamaño. Sigue existiendo la necesidad de desarrollar conocimiento para ampliar este proceso de tratamiento térmico con el fin de lograr la eliminación efectiva de alquitrán en unidades a gran escala.

Sumario

Se proporciona un proceso para reducir el contenido de alquitrán en un gas de síntesis que contiene alquitrán. El proceso incluye poner en contacto el gas de síntesis que contiene alquitrán con un gas que contiene oxígeno molecular en una primera zona de reacción para producir una mezcla de gases. La mezcla de gases se pasa a través de una zona de tratamiento térmico mantenida a una temperatura entre aproximadamente 900 °C y aproximadamente 2000 °C durante un tiempo de contacto de aproximadamente 0,5 a aproximadamente 5 segundos. En este aspecto, al menos una parte del alquitrán se somete al menos a oxidación y/o craqueo parciales para

producir un gas de síntesis caliente. La mezcla de gases de la primera zona de reacción cambia la dirección del flujo por impacto sobre una superficie.

En un aspecto, una velocidad lineal de un flujo de la mezcla de gas de síntesis que contiene alquitrán en una salida de la primera zona de reacción es mayor que aproximadamente 5 metros por segundo. Al menos una porción del gas de síntesis caliente puede introducirse en la primera zona de reacción. En otro aspecto, una relación de velocidad lineal a altura de la zona de tratamiento térmico es de aproximadamente 0,3:12,5 a aproximadamente 2,0:2,5. En un aspecto, la zona de tratamiento térmico incluye: (a) una primera zona de tratamiento térmico eficaz para el tratamiento térmico del alquitrán contenido en la mezcla de gases para producir una mezcla de gases que contiene menos alquitrán; y (b) una segunda zona de tratamiento térmico efectiva para el tratamiento térmico de alquitrán contenido en dicha mezcla de gases que contiene menos alquitrán para producir gas de síntesis caliente.

Breve descripción de las figuras

Estos y otros aspectos, características y ventajas de varios aspectos del proceso serán más evidentes a partir de los siguientes dibujos.

La Figura 1 es un diagrama esquemático de un aparato de reducción de alquitrán para reducir el contenido de alquitrán de un gas de síntesis que contiene alquitrán. La Figura 1 ilustra un aspecto del aparato que incluye una primera zona de reacción y una zona de tratamiento térmico.

La Figura 2 es un diagrama esquemático de un aparato de reducción de alquitrán para reducir el contenido de alquitrán de un gas de síntesis que contiene alquitrán. La Figura 2 ilustra un aspecto del aparato que incluye una primera zona de reacción y una zona de tratamiento térmico que comprende la zona de tratamiento térmico I y la zona de tratamiento térmico II.

La Figura 3 es un diagrama esquemático de un aparato de gasificación para reducir el contenido de alquitrán de un gas de síntesis que contiene alquitrán. La Figura 3 ilustra un aspecto del aparato que incluye una zona de gasificación, una primera zona de reacción y una zona de tratamiento térmico que incluye una zona de tratamiento térmico I y una zona de tratamiento térmico II.

La Figura 4 presenta vistas lateral y superior de aspectos de la primera zona de reacción en la que la primera zona de reacción tiene forma cilíndrica. Las Figuras 4 (I) y 4 (II) presentan vistas laterales de aspectos de la primera zona de reacción en la que la primera zona de reacción es vertical y la entrada de gas para el oxígeno molecular está inclinada formando un ángulo con respecto a la línea horizontal. Las Figuras 4 (III) y 4 (IV) presentan vistas superiores o secciones transversales de aspectos de la primera zona de reacción en la que la primera zona de reacción es vertical y la entrada de gas para oxígeno molecular está inclinada formando un ángulo con un punto de intersección diagonal de la sección transversal y el eje de la entrada de gas.

La Figura 5 presenta vistas lateral y superior de un aspecto de la primera zona de reacción en la que la primera zona de reacción es un recipiente cilíndrico vertical con ocho boquillas de entrada de gas unidas a él para introducir oxígeno molecular.

La Figura 6 presenta vistas laterales de aspectos de la primera zona de reacción. Las Figuras 6 (I) y 6 (II) presentan vistas laterales de aspectos de la primera zona de reacción en la que la primera zona de reacción está inclinada formando un ángulo con respecto a una línea vertical.

Los caracteres de referencia correspondientes indican los componentes correspondientes en las diversas vistas de los dibujos. Los expertos apreciarán que los elementos de las figuras se ilustran por simplicidad y claridad y no han sido trazados necesariamente a escala. Por ejemplo, las dimensiones de algunos de los elementos en las figuras pueden exagerarse en relación con otros elementos para ayudar a mejorar la comprensión de varios aspectos del presente proceso. Además, los elementos comunes pero que se entiende que son útiles o necesarios en aspectos viables comercialmente a menudo no se representan con el fin de facilitar una visión menos congestionada de estos diversos aspectos.

Descripción detallada

Definiciones

A menos que se defina lo contrario, los siguientes términos, tal como se usan a lo largo de esta memoria descriptiva para la presente descripción, se definen a continuación y pueden incluir las formas de definiciones en singular o plural que se definen a continuación:

El término "aproximadamente" que modifica cualquier cantidad se refiere a la variación en esa cantidad encontrada en condiciones del mundo real, por ejemplo, en el laboratorio, la planta piloto o la instalación de producción. Por ejemplo, una cantidad de un ingrediente o medida empleada en una mezcla o cantidad cuando está modificada por "aproximadamente" incluye la variación y el grado de cuidado empleados normalmente en la medición en unas condiciones experimentales en una planta de producción o laboratorio. Por ejemplo, la cantidad de un componente de un producto cuando está modificada por "aproximadamente" incluye la variación entre lotes en múltiples experimentos en la planta o laboratorio y la variación inherente al método analítico. Ya estén o no modificadas por "aproximadamente", las cantidades incluyen equivalentes a esas cantidades.

También se puede emplear cualquier cantidad indicada en este documento y modificada por "aproximadamente" en la presente descripción como la cantidad no modificada por "aproximadamente".

5 "Material carbonoso" como se usa en el presente documento se refiere a un material rico en carbono tal como carbón y productos petroquímicos. Sin embargo, en esta memoria descriptiva, el material carbonoso incluye cualquier material de carbono ya sea en estado sólido, líquido, gaseoso o de plasma. Entre los numerosos artículos que se pueden considerar un material carbonoso, la presente descripción contempla: material carbonoso, producto líquido carbonoso, reciclado líquido industrial carbonoso, residuo sólido municipal carbonoso (RSM o rsm), residuo urbano carbonoso, material agrícola carbonoso, material forestal carbonoso, residuos de madera carbonosa, 10 material de construcción carbonoso, material vegetal carbonoso, residuos industriales carbonosos, residuos de fermentación carbonosa, coproductos petroquímicos carbonosos, coproductos de producción de alcohol carbonoso, carbón carbonoso, neumáticos, plásticos, plástico residual, alquitrán de coque, fibras blandas, lignina, licor negro, polímeros, polímeros de desecho, tereftalato de polietileno (PETA), poliestireno (PS), lodo de depuradora, desechos animales, residuos agrícolas, cultivos energéticos, residuos de procesamiento forestal, residuos de procesamiento de madera, desechos de ganado, desechos de aves de corral, residuos de procesamiento de alimentos, desechos de procesos fermentativos, coproductos de etanol, granos usados, microorganismos usados o sus combinaciones. 15

El término "fibras blandas" o "Fibersoft" o "fibrosoft" o "fibrousoft" significa un tipo de material carbonoso que se produce como resultado del ablandamiento y la concentración de varias sustancias; en un ejemplo, el material carbonoso se produce mediante autoclavado con vapor de diversas sustancias. En otro ejemplo, las fibras pueden comprender el tratamiento en autoclave con vapor de residuos médicos, municipales, industriales, comerciales, que dan como resultado un material fibroso blando. 20

El término "residuo sólido municipal" o "RSM" o "rsm" significa un residuo que comprende desechos domésticos, comerciales, industriales y/o residuales. 25

El término "syngas" o "gas de síntesis" significa gas de síntesis, que es el nombre dado a una mezcla de gases que contiene cantidades variables de monóxido de carbono e hidrógeno. Los ejemplos de métodos de producción incluyen la reforma de vapor de gas natural o hidrocarburos para producir hidrógeno, la gasificación de carbón y en algunos tipos de instalaciones de gasificación de residuos a energía. El nombre proviene de su uso como productos intermedios en la creación de gas natural sintético (SNG) y para la producción de amoníaco o metanol. El gas de síntesis comprende el uso como intermediario en la producción de petróleo sintético para su uso como combustible o lubricante a través de la síntesis de Fischer-Tropsch y anteriormente el proceso Mobil de metanol a gasolina. El gas de síntesis consiste principalmente en hidrógeno, monóxido de carbono y algo de dióxido de carbono, y tiene menos de la mitad de la densidad de energía (es decir, el contenido de BTU) del gas natural. El syngas es combustible y, a menudo, se utiliza como fuente de combustible o como intermediario para la producción de otros productos químicos. 30 35

"Tonelada" o "ton" se refiere a la tonelada corta de EE. UU., es decir, aproximadamente 907,2 kg (2000 libras). 40

Como se usa en este documento, el término "alquitrán" incluye, sin limitación, un alquitrán gaseoso, un alquitrán líquido, un alquitrán sólido, unas sustancias formadoras de alquitrán, o mezclas de los mismos, que generalmente comprenden hidrocarburos y derivados de los mismos. Existe una gran cantidad de métodos de medición de alquitrán bien conocidos que pueden utilizarse para medir el alquitrán. Una gran familia de técnicas incluye métodos analíticos basados en cromatografía en fase líquida o gaseosa acoplados con un detector. Los detectores más frecuentes en el caso de la medición de alquitranes son el detector de ionización de llama (FID) y el espectrómetro de masas. Otra familia de técnicas incluye métodos espectrométricos, que incluyen detectar y analizar un espectro. Esto es, por ejemplo, espectroscopía infrarroja, ultravioleta (UV) o de luminiscencia y la técnica LIBS (espectroscopía de ruptura inducida por láser). Otra técnica para el control de los gases de combustión es la espectrometría de infrarrojos FTIR (infrarrojos por transformada de Fourier). Diversos documentos mencionan esta técnica, como por ejemplo los documentos WO2006015660, WO03060480 y la Patente de los Estados Unidos n.º 5.984.998. 45 50

Existen otros métodos electrónicos conocidos que permiten un control continuo de los alquitranes. Estas técnicas incluyen detectores con células electroquímicas y sensores con semiconductores. También pueden utilizarse varias técnicas gravimétricas para mediciones de alquitrán. En un aspecto, la cantidad de alquitrán puede expresarse como ppm de carbono equivalente. En este aspecto, el hidrocarburo puede ser benceno o un alcohol, tal como metanol. En este aspecto, reducir el contenido de alquitrán puede significar una concentración de alquitrán equivalente o equivalentes de alquitrán que corresponden a menos de aproximadamente 10 ppm de benceno. 55 60

Descripción detallada

La siguiente descripción no debe tomarse en un sentido limitativo, sino que se hace meramente con el fin de describir los principios generales de las realizaciones ejemplares. El alcance de la invención debería determinarse con referencia a las reivindicaciones. Se proporcionan métodos para el tratamiento de gas de síntesis que contiene 65

alquitrán para reducir su contenido de alquitrán. Varios aspectos de un aparato que da lugar al proceso se ilustran en las Figuras 1 a 3.

La Figura 1 es un diagrama esquemático de un aspecto de un aparato de reducción de alquitrán (10) para reducir el contenido de alquitrán de un gas de síntesis que contiene alquitrán. La Figura 1 ilustra un aspecto del aparato que incluye una Primera zona de reacción (200) y una Zona de tratamiento térmico (300). Refiriéndose ahora a la Figura 1, el gas de síntesis que contiene alquitrán (150) y el gas que contiene oxígeno molecular (250) se introducen en dicha primera zona de reacción. Se produce una mezcla de gases (mezcla de gas de síntesis que contiene alquitrán y oxígeno molecular) en la primera zona de reacción que entra en la zona de tratamiento térmico (no se muestra en el diagrama). Se elimina una corriente de gas de síntesis caliente (450) de la zona de tratamiento térmico.

La Figura 2 es un diagrama esquemático de un aspecto de un aparato de reducción de alquitrán (11) para reducir el contenido de alquitrán de un gas de síntesis que contiene alquitrán. La Figura 2 ilustra un aspecto de dicho aparato que comprende una primera zona de reacción (200) y una zona de tratamiento térmico que comprende la zona de tratamiento térmico I (300) y la zona de tratamiento térmico II (400). Refiriéndose ahora a la Figura 2, el gas de síntesis que contiene alquitrán (150) y el gas que contiene oxígeno molecular (250) se introducen en dicha primera zona de reacción. Se produce una mezcla de gases (mezcla de gas de síntesis que contiene alquitrán y oxígeno molecular) en la primera zona de reacción que entra en la zona de tratamiento térmico I (no se muestra en el diagrama). Una mezcla de gases tratada térmicamente sale de la zona de tratamiento térmico I y entra en la zona de tratamiento térmico II. Se elimina una corriente de gas de síntesis caliente (450) de la zona de tratamiento térmico II.

La Figura 3 es un diagrama esquemático de un aparato de gasificación (12) para reducir el contenido de alquitrán de un gas de síntesis que contiene alquitrán. La Figura 3 ilustra un aspecto de dicho aparato que comprende una zona de gasificación (100), una primera zona de reacción (200) y una zona de tratamiento térmico que comprende la zona de tratamiento térmico I (300) y la zona de tratamiento térmico II (400). Refiriéndose ahora a la Figura 3, la alimentación de material carbonoso (110) y el gas que contiene oxígeno molecular (120) se introducen en la zona de gasificación que produce un gas de síntesis que contiene alquitrán (no mostrado en el diagrama). Dicho gas de síntesis que contiene alquitrán y gas que contiene oxígeno molecular (250) se introducen en la primera zona de reacción. Se produce una mezcla de gases (mezcla de gas de síntesis que contiene alquitrán y oxígeno molecular) en la primera zona de reacción que entra en la zona de tratamiento térmico I (no se muestra en el diagrama). Una mezcla de gases tratada térmicamente sale de la zona de tratamiento térmico I y entra en la zona de tratamiento térmico II.

Por lo tanto, el aparato de tratamiento de alquitrán incluye una primera zona de reacción y una zona de tratamiento térmico. La alimentación de gas de síntesis que contiene alquitrán pasa a través de la primera zona de reacción. La primera zona de reacción puede ser una pequeña sección de tubería o un pequeño recipiente de cualquier sección transversal que incluye, pero no se limita a, sección transversal circular o rectangular, un extremo del cual está unido a la zona de tratamiento térmico. En un aspecto, la sección transversal de la primera zona de reacción es circular. En un aspecto, la primera zona de reacción se coloca verticalmente.

Se introduce un gas que contiene oxígeno molecular en la primera zona de reacción. Se pueden unir una o más entradas de gas (boquillas) a la primera zona de reacción para la introducción de gas que contiene oxígeno molecular. Una o más de dichas boquillas pueden colocarse perpendiculares al eje de la primera zona de reacción como se muestra en las Figuras 4 (I) y 4 (II). La Figura 4 (I) ilustra un aspecto de la primera zona de reacción en la que la entrada de gas para oxígeno molecular está inclinada en un ángulo α a una línea horizontal con una dirección de flujo descendente. La Figura 4 (I) presenta una vista lateral de un aspecto de la primera zona de reacción en la que la primera zona de reacción es vertical y la entrada de gas para oxígeno molecular está inclinada en un ángulo α a la línea horizontal con una dirección de flujo descendente. La Figura 4 (II) ilustra un aspecto de la primera zona de reacción en la que la entrada de gas para oxígeno molecular está inclinada en un ángulo α a una línea horizontal con una dirección de flujo ascendente. La Figura 4 (II) presenta una vista lateral de un aspecto de la primera zona de reacción en la que la primera zona de reacción es vertical y la entrada de gas para oxígeno molecular está inclinada en un ángulo α a una línea horizontal con una dirección de flujo ascendente.

Una o más de dichas boquillas pueden colocarse oblicuamente a un punto de intersección diagonal de la superficie de la primera zona de reacción y el eje de la entrada de gas y colocarse de manera que faciliten la formación de remolinos dentro de la zona de mezcla. Las Figuras 4 (III) y 4 (IV) respectivamente presentan vistas superiores o secciones transversales de un aspecto de la primera zona de reacción en la que la primera zona de reacción es vertical y la entrada de gas para oxígeno molecular está inclinada en un ángulo β a una diagonal trazada a través del punto de intersección de la sección transversal y el eje de la entrada de gas.

Las Figuras 5 (I) y 5 (II) respectivamente presentan las vistas lateral y superior, respectivamente, de un aspecto de la primera zona de reacción en la que la primera zona de reacción es un recipiente cilíndrico vertical con ocho boquillas de entrada de gas unidas a él para introducir oxígeno molecular. Cada boquilla está montada en un ángulo α con dirección horizontal con una dirección ascendente del flujo de gas. Cada boquilla está montada en un ángulo β a una diagonal de la sección transversal trazada a través del punto de intersección de la boquilla y la primera zona de reacción.

En varios aspectos, la primera zona de reacción puede colocarse en un ángulo con respecto a la dirección vertical.

Las Figuras 6 (I) y 6 (II) respectivamente presentan vistas laterales de aspectos de la primera zona de reacción en la que la primera zona de reacción está inclinada en un ángulo θ a una línea vertical.

La zona de tratamiento térmico es un recipiente de cualquier sección transversal que incluye, pero no se limita a, sección circular, cuadrada, rectangular, etc. En un aspecto, la zona de tratamiento térmico se coloca sustancialmente vertical. En un aspecto, la zona de tratamiento térmico se coloca de forma sustancialmente horizontal. En un aspecto, la zona de tratamiento térmico está posicionada en un ángulo con respecto a la dirección horizontal. En un aspecto, la zona de tratamiento térmico comprende múltiples secciones o subzonas. En un aspecto, la zona de tratamiento térmico comprende dos secciones o subzonas: Zona de tratamiento térmico I y Zona de tratamiento térmico II. En un aspecto, la zona de tratamiento térmico I es horizontal. En un aspecto, la zona de tratamiento térmico I es vertical. En un aspecto, la zona de tratamiento térmico II es horizontal. En un aspecto, la zona de tratamiento térmico II es vertical. En un aspecto, la zona I de transferencia de calor está posicionada en un ángulo con respecto a la dirección horizontal. En un aspecto, la zona II de transferencia de calor está posicionada en un ángulo con respecto a la dirección horizontal. En un aspecto, la zona de transferencia de calor I está posicionada en un ángulo con respecto a la dirección vertical. En un aspecto, la zona de transferencia de calor II está posicionada en un ángulo con respecto a la dirección vertical.

En un aspecto, un gas de síntesis que contiene alquitrán se somete a tratamiento térmico en una zona de tratamiento térmico para lograr la destrucción del alquitrán por uno o más de craqueo y oxidación parcial en el que dicho gas de síntesis que contiene alquitrán se mezcla con gas que contiene oxígeno molecular antes de la introducción en la zona de tratamiento térmico. La mezcla se lleva a cabo en una primera zona de reacción a través de la cual se introduce gas de síntesis que contiene alquitrán en dicha zona de tratamiento térmico. La efectividad del tratamiento térmico en la zona de tratamiento térmico puede depender de la efectividad de la mezcla. La efectividad del tratamiento térmico puede mejorarse al alcanzar una velocidad lineal mínima especificada de la mezcla de gases (mezcla de oxígeno y gas de síntesis que contiene alquitrán) que ingresa a la zona de tratamiento térmico. La efectividad del tratamiento térmico se puede mejorar cambiando la dirección del flujo de la mezcla de gases cuando ingresa a la zona de tratamiento térmico. La efectividad del tratamiento térmico se puede mejorar mediante el choque sobre una superficie cuando ingresa en la zona de tratamiento térmico. La efectividad del tratamiento térmico se puede mejorar cambiando la dirección del flujo de la mezcla de gases que ingresa a la zona de tratamiento térmico por choque sobre una superficie. En un aspecto, la efectividad del tratamiento térmico se puede mejorar mediante el choque de la mezcla de gases desde la primera zona de reacción sobre una superficie de la zona de tratamiento térmico.

En un aspecto, una velocidad lineal de la mezcla de gases a la salida de la primera zona de reacción es de al menos 5 metros/segundo. En un aspecto, la velocidad lineal de la mezcla de gases es de al menos 10 metros/segundo. En un aspecto, una velocidad lineal de mezcla de gases es de al menos 15 metros/segundo. En un aspecto, una velocidad lineal de mezcla de gases es de al menos 20 metros/segundo. En un aspecto, una velocidad lineal de mezcla de gases es de al menos 25 metros/segundo. En un aspecto, la velocidad lineal de la mezcla de gases es de al menos 50 metros/segundo. La altura de la zona de tratamiento térmico puede estar en un intervalo de aproximadamente 1 metro a aproximadamente 15 metros. En otro aspecto, una relación de velocidad lineal a altura de la zona de tratamiento térmico es de aproximadamente 0,3:12,5 a aproximadamente 2,0:2,5. En varios aspectos, la relación de velocidad lineal a altura de la zona de tratamiento térmico se puede seleccionar entre 0,3:12,5, 0,4:10,0, 0,5:7,5, 0,6:6,25, 0,8:5,0, 1,0:4,0, 1,25:3,75, 1,5:3,3, 1,7:3,0 y 2,0:2,5. La velocidad lineal se mide a la salida de la primera zona de reacción. Si la zona de tratamiento térmico es cuadrada o rectangular, entonces la altura es la altura interior. Si la zona de tratamiento térmico es circular, entonces la altura es el diámetro interior. En otro aspecto, la mezcla de gases de la primera zona de reacción incide sobre una superficie en menos de aproximadamente 2 segundos, en otro aspecto en menos de aproximadamente 1 segundo, en otro aspecto en menos de aproximadamente 0,5 segundos y en otro aspecto en menos de aproximadamente 0,1 segundos.

Los factores que pueden afectar a la mezcla y al rendimiento del tratamiento térmico incluyen pero no están limitados a la longitud de mezcla proporcionada por la primera zona de reacción (por ejemplo, altura de la primera zona de reacción), la forma y el área de la sección transversal de la primera zona de reacción, la proporción de oxígeno que contiene oxígeno molecular a gas de síntesis que contiene alquitrán, la relación entre la longitud y el diámetro de la primera zona de reacción aguas abajo de la entrada de oxígeno. El número y la orientación de las entradas de gas (boquillas) para la introducción de gas que contiene oxígeno molecular pueden influir en la mezcla. La mezcla también puede mejorarse insertando dispositivos de mezcla dentro de la primera zona de reacción, como deflectores o mezcladores inmóviles. La mezcla y el rendimiento del tratamiento térmico pueden mejorarse aumentando el caudal de gas a través de la primera zona de reacción o zona de tratamiento térmico. Por ejemplo en un aspecto, el rendimiento del tratamiento térmico puede mejorarse reciclando una porción de gas de síntesis que sale de la zona de tratamiento térmico (gas de síntesis caliente). En otro aspecto, el rendimiento del tratamiento térmico puede mejorarse introduciendo gas de síntesis que contiene alquitrán sin procesar de más de una fuente a través de una primera zona de reacción y una zona de tratamiento térmico. En un aspecto, el rendimiento del tratamiento térmico puede mejorarse introduciendo gas de síntesis que contiene alquitrán sin procesar de más de un gasificador a través de una primera zona de reacción y una zona de tratamiento térmico.

Con el fin de lograr una o más de oxidación parcial y craqueo de alquitrán, la zona de tratamiento térmico se mantiene a una temperatura entre aproximadamente 900 °C a aproximadamente 2000 °C. En un aspecto, la temperatura se encuentra entre aproximadamente 1000 °C y aproximadamente 1700 °C. En un aspecto, la temperatura se encuentra entre aproximadamente 1100 °C y aproximadamente 1500 °C. En un aspecto, la temperatura se encuentra entre aproximadamente 1200 °C y aproximadamente 1250 °C.

Para lograr una o más de oxidación y craqueo parcial de alquitrán de manera efectiva, el tiempo de contacto en la zona de tratamiento térmico está entre aproximadamente 0,5 y aproximadamente 5 segundos. En estos aspectos, el proceso es efectivo para reducir el contenido de alquitrán del gas de síntesis en al menos aproximadamente un 10 %.

El gas que contiene oxígeno molecular puede comprender aire. El gas que contiene oxígeno molecular puede comprender aire enriquecido con oxígeno. El gas que contiene oxígeno molecular puede comprender oxígeno puro. La cantidad total de oxígeno molecular añadido en la zona de reducción de alquitrán puede estar en un intervalo de aproximadamente 0 a aproximadamente 100 lb-mol (45 kg-mol) por tonelada seca de material carbonoso sobre una base seca.

La zona de gasificación de la presente descripción puede ser cualquier equipo de gasificación descrito en la técnica anterior, tal como, y no limitado a, lecho móvil, lecho fijo, lecho fluidizado, flujo arrastrado, contracorriente ("tiro ascendente"), corriente paralela ("tiro descendente"), lecho fijo en contracorriente, lecho fijo en paralelo, lecho móvil en contracorriente, tiro transversal en lecho móvil en paralelo, híbrido, flujo cruzado, lecho móvil de flujo cruzado, o una parte del mismo, o combinaciones de los mismos. En un aspecto, la zona de gasificación es una unidad de lecho móvil de flujo cruzado. En un aspecto, la zona de gasificación comprende dos o más unidades o secciones o chimeneas para poner en contacto dicho material carbonoso con gas que contiene oxígeno molecular y opcionalmente con uno o más de vapor y CO₂ para gasificar dicho material carbonoso y para producir un gas de síntesis que contienen alquitrán. En varios aspectos, la zona de gasificación comprende 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 o 10 unidades o secciones o chimeneas.

Las entradas de gas para la introducción de gas que contiene oxígeno molecular se pueden unir a la zona de gasificación o a una o más secciones o unidades o chimeneas contenidas en la misma. También se pueden introducir vapor o CO₂, opcionalmente a través de una o más de estas entradas de oxígeno molecular. En un aspecto, uno o más de gas que contiene oxígeno molecular, vapor y CO₂ se puede introducir a través de las entradas de gas conectadas a la zona de gasificación o a una o más chimeneas o secciones o unidades contenidas en la misma. En un aspecto, uno o más del gas que contiene oxígeno molecular, vapor y CO₂ se mezclan previamente antes de suministrar a las entradas de gas unidas a la zona de gasificación o a una o más chimeneas o secciones o unidades contenidas en la misma.

Se introduce una alimentación de material carbonoso en la zona de gasificación. Se suministra un gas que contiene oxígeno molecular a la zona de gasificación. De este modo, la alimentación de material carbonoso se trata con oxígeno molecular para iniciar y facilitar la transformación química de material carbonoso. La alimentación de material carbonoso se gasifica en la zona de gasificación para producir un gas de síntesis que contiene alquitrán. El suministro de oxígeno en el aparato de gasificación se controla con el fin de promover preferentemente la formación de monóxido de carbono a partir de material carbonoso. Se suministra una cantidad subestequiométrica de oxígeno para promover la producción de monóxido de carbono. Se elimina una corriente de gas de síntesis que contiene alquitrán de la zona de gasificación.

Se alcanza una temperatura lo suficientemente alta en la zona de gasificación para facilitar la gasificación de material carbonoso. Sin embargo, la temperatura se mantiene lo suficientemente baja para que la materia mineral no carbonosa contenida en la alimentación de material carbonoso no se funda dentro de la zona de gasificación. En otras palabras, la temperatura en cualquier parte de la zona de gasificación no puede exceder la temperatura del punto de fusión de la ceniza que comprende dicha materia mineral no carbonosa. Normalmente, se mantiene una temperatura que no supera los 800 °C en la zona de gasificación así como en la zona de combustión. En un aspecto, la temperatura en la zona de gasificación se mantiene en un intervalo de 250 °C-800 °C. De este modo, la ceniza sólida que comprende dicha materia mineral no carbonosa se acumula en la zona de gasificación y se elimina una corriente de ceniza sólida de la zona de gasificación. En varios aspectos, la temperatura en la zona de gasificación puede estar en un intervalo de 250 °C-800 °C, en un intervalo de 450 °C-800 °C, en un intervalo de 650 °C-800 °C.

Con el fin de suministrar oxígeno molecular, dicho gas que contiene oxígeno molecular puede comprender aire. Con el fin de suministrar oxígeno molecular, dicho gas que contiene oxígeno molecular puede comprender aire enriquecido. Con el fin de suministrar oxígeno molecular, dicho gas que contiene oxígeno molecular puede comprender oxígeno puro.

La cantidad total de oxígeno molecular introducida en la zona de gasificación a través de dicho gas que contiene oxígeno molecular puede estar en un intervalo de aproximadamente 0 a aproximadamente 50 lb-mol (22 kg-mol) por tonelada de material carbonoso sobre una base seca. La cantidad total de vapor introducido en la zona de

5 gasificación puede estar en un intervalo de aproximadamente 0 a aproximadamente 100 lb-mol (45 kg-mol) por tonelada de material carbonoso que se introduce en una base seca, y en otro aspecto, se introduce aproximadamente de 0 a aproximadamente 50 lb-mol (22 kg-mol) por tonelada de material carbonoso en una base seca. La cantidad total de gas de dióxido de carbono introducida en la zona de gasificación puede estar en el intervalo de aproximadamente 0 a aproximadamente 50 lb-mol (22 kg-mol) por tonelada de material carbonoso que se introduce en una base seca. En un aspecto, tanto el vapor como el gas dióxido de carbono se introducen en la zona de gasificación. En un aspecto, uno o más de vapor y gas de dióxido de carbono se inyectan en una o más líneas que suministran oxígeno para mezclarse con las líneas de oxígeno justo antes de la boquilla de distribución.

10 El material carbonoso introducido a la zona de gasificación puede comprender la selección de: material carbonoso, producto líquido carbonoso, reciclado líquido industrial carbonoso, residuo sólido municipal carbonoso (RSU o rsm), residuos urbanos carbonosos, material agrícola carbonoso, material forestal carbonoso, residuos de madera carbonosa, material de construcción carbonoso, material vegetal carbonoso, residuos industriales carbonosos, residuos de fermentación carbonosa, coproductos petroquímicos carbonosos, coproductos de producción de alcohol carbonoso, carbón carbonoso, neumáticos, plásticos, plástico residual, alquitrán de horno de coque, fibras blandas, lignina, licor negro, polímeros, polímeros de desecho, tereftalato de polietileno (PETA), poliestireno (PS), lodo de depuradora, desechos de animales, residuos de cultivos, cultivos energéticos, residuos de procesamiento forestal, residuos de procesamiento de madera, desechos de ganado, desechos de aves de corral, residuos de procesamiento de alimentos, desechos de procesos fermentativos, coproductos de etanol, granos usados, microorganismos usados o sus combinaciones.

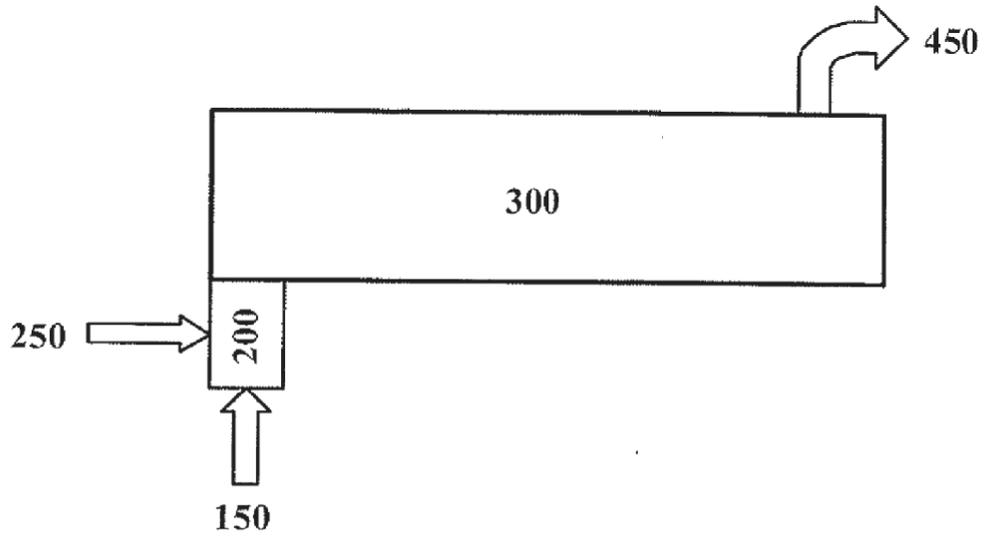
25 En un aspecto de la presente descripción, el material carbonoso introducido a la zona de gasificación comprende una pluralidad de materiales carbonosos seleccionados entre material carbonoso, producto líquido carbonoso, reciclado líquido industrial carbonoso, residuo sólido municipal carbonoso (RSU o rsm), residuo urbano carbonoso, material agrícola carbonoso, material forestal carbonoso, desechos de madera carbonosa, material de construcción carbonoso, material vegetal carbonoso, residuos industriales carbonosos, residuos de fermentación carbonosa, coproductos petroquímicos carbonosos, coproductos de producción de alcohol carbonoso, carbón carbonoso, neumáticos, plásticos, plástico residual, alquitrán de coque, fibras blandas, lignina, licor negro, polímeros, polímeros de desecho, tereftalato de polietileno (PETA), poliestireno (PS), lodo de depuradora, desechos de animales, residuos de cultivos, cultivos energéticos, residuos de procesamiento forestal, residuos de procesamiento de madera, desechos de ganado, desechos de aves de corral, residuos de procesamiento de alimentos, desechos de procesos fermentativos, coproductos de etanol, granos usados, microorganismos usados o sus combinaciones.

35 Si bien la invención divulgada en este documento se ha descrito por medio de realizaciones específicas, ejemplos y aplicaciones de la misma, los expertos en la técnica podrán realizar numerosas modificaciones y variaciones sin apartarse del alcance de la invención expuesta en las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

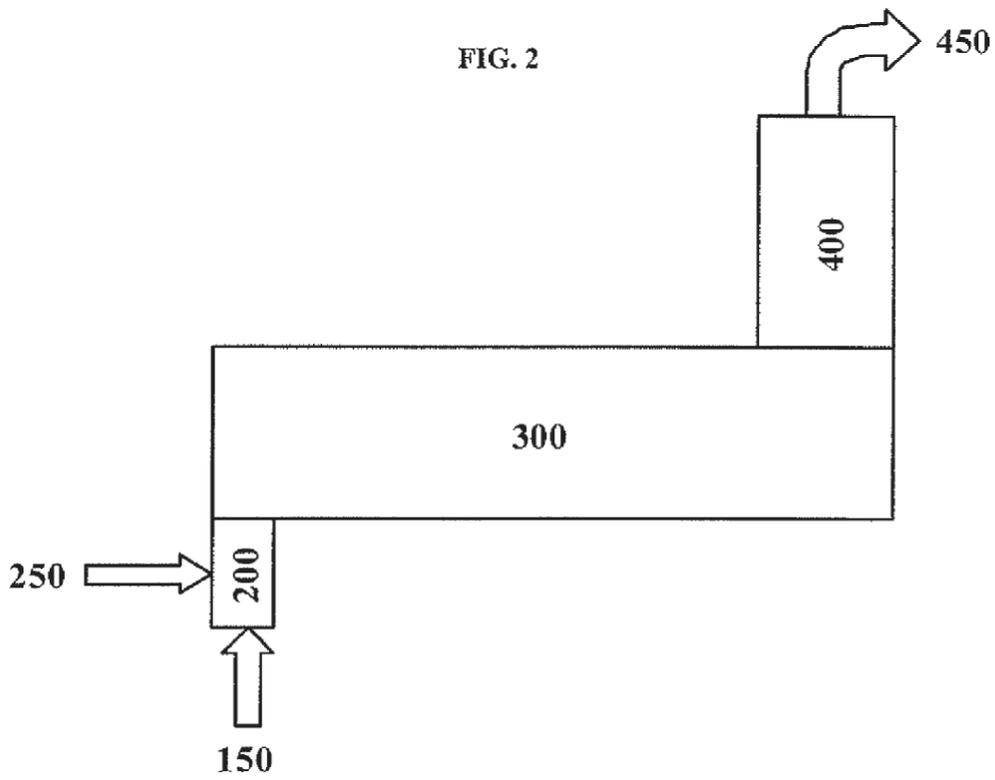
- 5 1. Un proceso para reducir el contenido de alquitrán en un gas de síntesis que contiene alquitrán, dicho proceso comprende:
- 10 poner en contacto dicho gas de síntesis que contiene alquitrán con un gas que contiene oxígeno molecular en una primera zona de reacción para producir una mezcla de gases; y pasar dicha mezcla de gases a través de una zona de tratamiento térmico mantenida a una temperatura entre 900 °C y 2000 °C durante un tiempo de contacto de 0,5 a 5 segundos en la que al menos una porción del alquitrán sufre al menos oxidación y/o craqueo parciales para producir un gas de síntesis caliente; en la que la mezcla de gases de la primera zona de reacción cambia la dirección del flujo por impacto sobre una superficie.
- 15 2. El proceso de la reivindicación 1, en el que la zona de tratamiento térmico se mantiene a una temperatura entre 1000 °C y 1500 °C.
3. El proceso de la reivindicación 2, en el que la zona de tratamiento térmico se mantiene a una temperatura entre 1200 °C y 1250 °C.
- 20 4. El proceso de la reivindicación 1 en el que una velocidad lineal de un flujo de dicha mezcla de gas de síntesis que contiene alquitrán a una salida de dicha primera zona de reacción es mayor que 5 metros por segundo y en el que preferentemente la relación de velocidad lineal a altura de la zona de tratamiento térmico es de 0,3:12,5 a 2,0:2,5.
- 25 5. El proceso de la reivindicación 4, en el que la relación de velocidad lineal a altura de la zona de tratamiento térmico es de 0,3: 12,5 a 2,0: 2,5.
6. El proceso de la reivindicación 1, que comprende además introducir al menos una porción de gas de síntesis caliente en la primera zona de reacción.
- 30 7. El proceso de la reivindicación 1 en el que la zona de tratamiento térmico comprende:
- (a) una primera zona de tratamiento térmico eficaz para el tratamiento térmico del alquitrán contenido en la mezcla de gases para producir una mezcla de gases que contenga menos alquitrán; y
- 35 (b) una segunda zona de tratamiento térmico efectiva para el tratamiento térmico de alquitrán contenido en dicha mezcla de gas que contiene menos alquitrán para producir gas de síntesis caliente.
8. El proceso de la reivindicación 1, en el que antes del contacto con oxígeno molecular en la primera zona de reacción, se produce gas de síntesis que contiene alquitrán tratando un material carbonoso con un gas que contiene oxígeno molecular y opcionalmente con uno o más de vapor y dióxido de carbono en una zona de gasificación.
- 40 9. El proceso de la reivindicación 1, en el que el contenido equivalente de concentración de alquitrán del gas de síntesis caliente se mantiene a menos de 10 ppm.
- 45 10. El proceso de la reivindicación 6, en el que el contenido equivalente de concentración de alquitrán del gas de síntesis caliente se mantiene a menos de 10 ppm a través del control de la temperatura y/o el tiempo de contacto.

FIG. 1



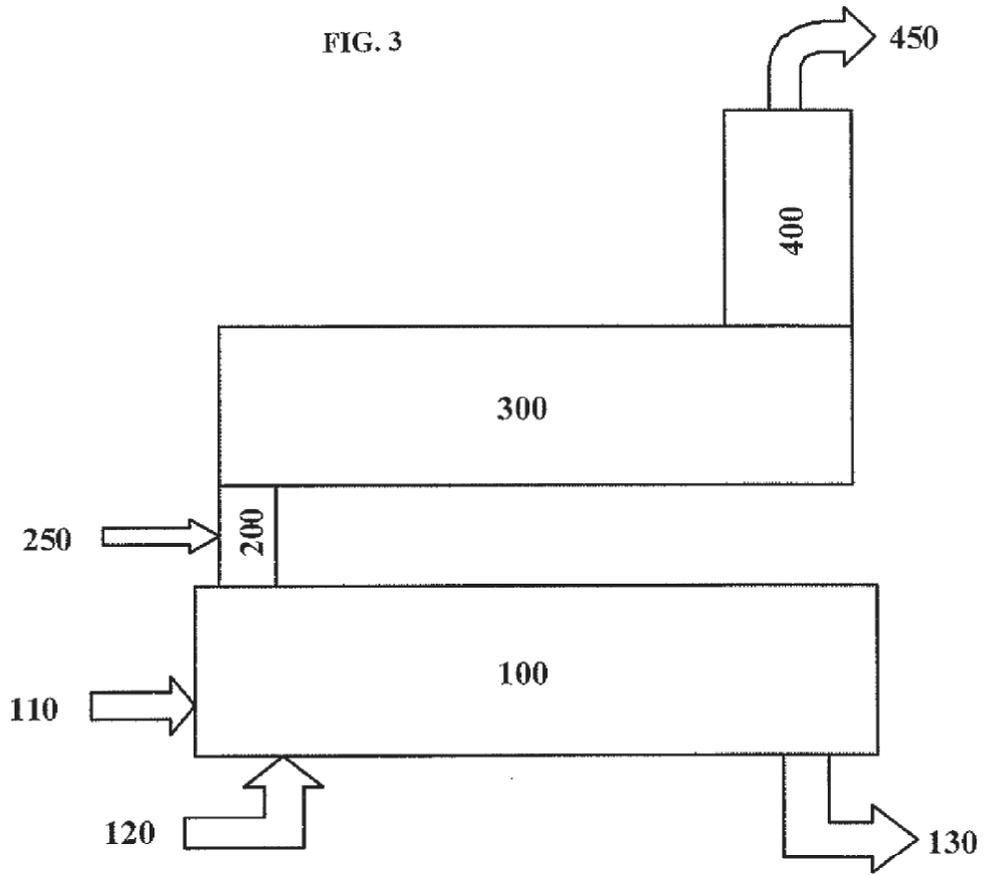
10

FIG. 2



11

FIG. 3



12

FIG. 5

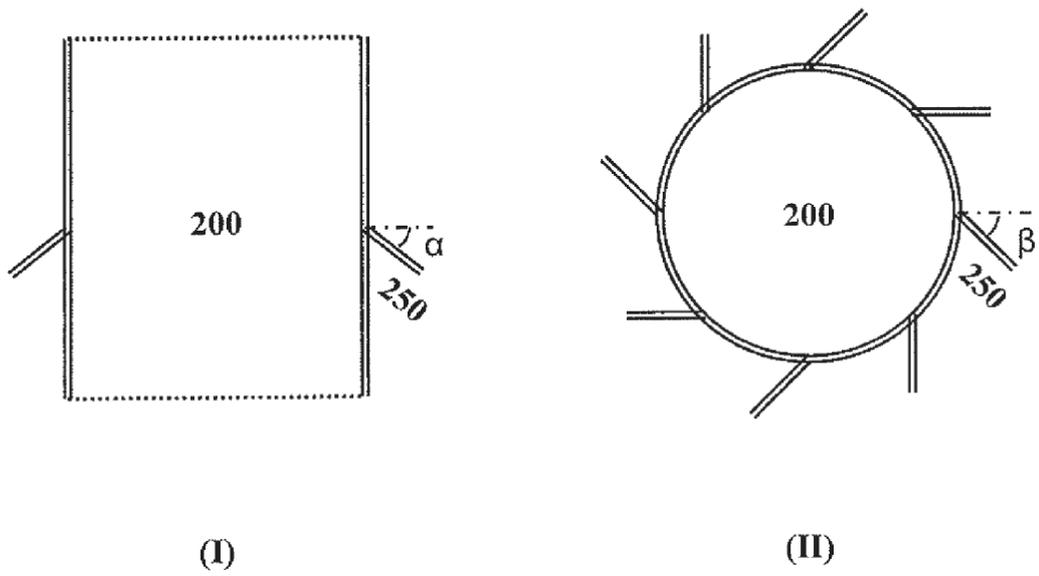


FIG. 4

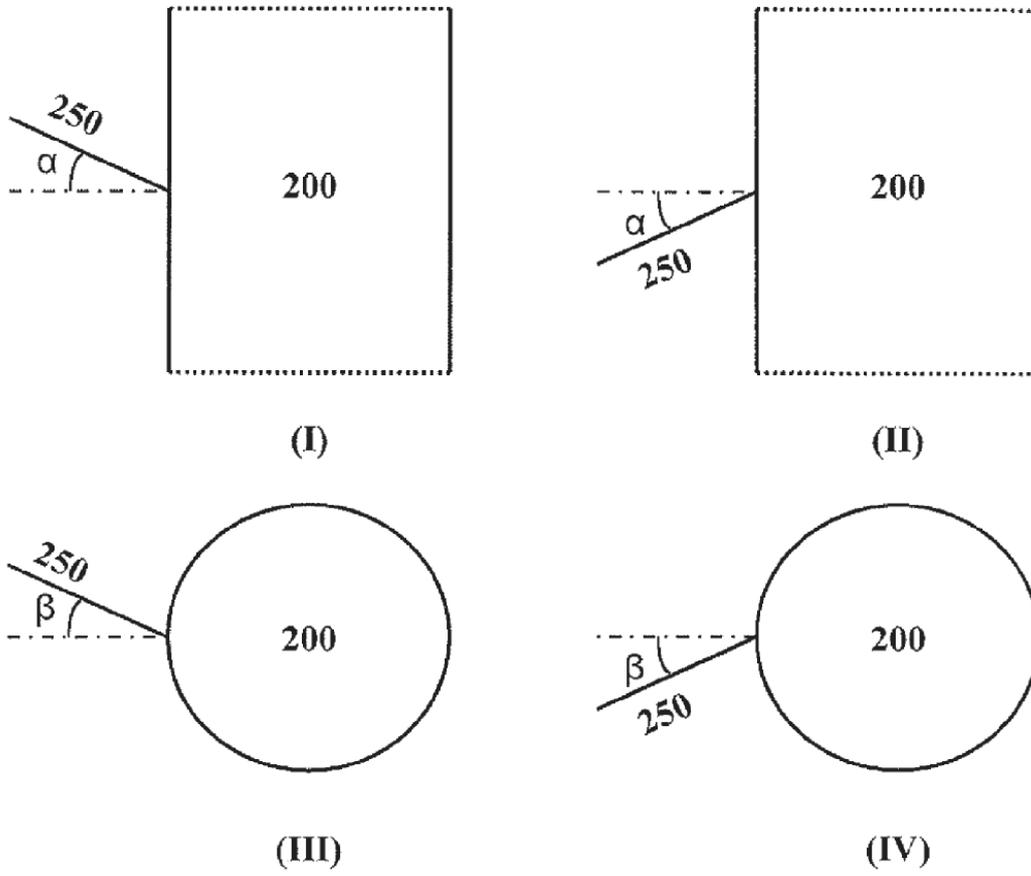


FIG. 6

