

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 769 202**

51 Int. Cl.:

C10K 1/00	(2006.01)
C10K 1/04	(2006.01)
C10K 1/18	(2006.01)
B01D 47/10	(2006.01)
B01D 47/12	(2006.01)
B01D 47/06	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.01.2017 PCT/NL2017/050028**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.08.2017 WO17135811**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.01.2017 E 17707691 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.12.2019 EP 3411460**

54 Título: **Procedimiento de tratamiento de un gas caliente de pirólisis**

30 Prioridad:

05.02.2016 NL 2016229

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

25.06.2020

73 Titular/es:

**BLACK BEAR CARBON B.V. (100.0%)
Winnerstraat 28
6031 NL Nederweert, NL**

72 Inventor/es:

**VERBERNE, ARNOLDUS HENRICUS ADRIANUS;
ENGELSMA, IDE WIEBEREN;
WIROKARSO, DION y
TWIGG, CHRISTOPHER MICHAEL**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 769 202 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

Procedimiento de tratamiento de un gas caliente de pirólisis

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para el tratamiento de un gas caliente, por ejemplo, un gas caliente generado por un proceso de pirólisis o de gasificación, tal como un horno rotatorio o un proceso de flujo por arrastre.

10 La solicitud internacional WO2013/095145 se refiere a un procedimiento para reciclar un caucho de desecho, en particular neumáticos, cuyo procedimiento comprende las siguientes etapas: i) pirolizar un caucho de desecho para obtener un material carbonizado; ii) moler el material carbonizado obtenido en la etapa i) para obtener un polvo de negro de humo. La pirólisis en la etapa i) comprende al menos un proceso de pirólisis de dos etapas, a saber, a) una primera etapa de pirólisis para obtener un material carbonizado intermedio y b) una segunda etapa de pirólisis para obtener un material carbonizado en el que al menos una de las etapas a) o b) se lleva a cabo en un horno rotatorio. De acuerdo con dicho proceso, se aplica un flujo de gases en contracorriente en el horno rotatorio durante su operación. Un flujo en contracorriente permite que se produzca un material carbonizado con un bajo porcentaje en peso de compuestos volátiles. Los gases se extraen del producto y, por lo tanto, los compuestos volátiles que se liberan durante la etapa de pirólisis no permanecen en contacto con el material carbonizado y, por lo tanto, no pueden ser reabsorbidos por el material carbonizado, lo que aumenta el rendimiento de la reducción de los volátiles. La presente solicitud internacional no proporciona información sobre el tratamiento posterior de gases producidos en un proceso de pirólisis.

25 La solicitud internacional WO99/50374 se refiere a un proceso para pirolizar una pluralidad de virutas de neumático que comprende: pasar las virutas de neumático a un horno rotatorio inclinado, saturar las virutas de neumático con una primera corriente de aceite en el horno rotatorio inclinado, pirolizar las virutas de neumático continuamente en el horno rotatorio inclinado calentando indirectamente las virutas del neumático, por lo que el horno rotatorio inclinado rota las virutas del neumático dentro de la primera corriente de aceite para permitir una mayor interacción química entre las virutas del neumático y la primera corriente de aceite para permitir una disociación efectiva de las virutas del neumático en un primer producto de vapor y un producto sólido, procesando el primer producto de vapor para condensar el aceite, recuperando el aceite del producto sólido y el producto de vapor y reciclando el aceite en el horno rotatorio inclinado para saturar las virutas del neumático y para recuperar el aceite condensado del primer producto de vapor. El procesamiento del primer producto de vapor comprende además las etapas de pasar el primer producto de vapor a través de una campana de descarga del horno rotatorio inclinado a un primer lavador condensador, rociando el primer producto de vapor con aceite enfriado para condensar un primer producto de aceite a partir del primer producto de vapor, dejando así un segundo producto de vapor, pasando el segundo producto de vapor a través de un segundo lavador condensador, rociando el segundo producto de vapor con aceite enfriado para condensar un segundo producto de aceite del segundo producto de vapor, dejando así un tercer producto de vapor y utilizando el tercer producto de vapor para alimentar el motor para impulsar el proceso.

40 El documento GB 1 558 008 se refiere a un proceso para la separación de material particulado del gas de síntesis preparado mediante oxidación parcial del aceite y/o carbón que tiene una temperatura en el intervalo de 100 a 500 °C, la mayor parte del material particulado se elimina primero del gas por medio de al menos un ciclón y luego el gas se lava con agua en al menos dos etapas, en cuyo proceso la suspensión acuosa del material particulado obtenido en la primera etapa de lavado se inyecta parcialmente en el gas de alimentación y se recicla parcialmente a la primera etapa de lavado; la suspensión acuosa de material particulado obtenida en cada etapa consecutiva de lavado se recicla en parte a dicha etapa y en parte a la etapa anterior; y la suspensión acuosa del material particulado que se recicla a la etapa final de lavado se enfría primero.

50 La patente de los Estados Unidos No. 4.149.859 se refiere a un proceso para la separación de material particulado seco de un gas caliente que contiene gotitas de escoria fundida, que comprende las etapas de enfriar el gas caliente, separando la mayor parte del material particulado del gas enfriado, lavar el gas con agua para formar gas lavado y una suspensión acuosa de material particulado, luego tratar el gas y formar un gas del producto purificado a partir del gas lavado e inyectarlo en el gas caliente para efectuar dicho enfriamiento de al menos parte de la suspensión acuosa del material particulado obtenido en la etapa de lavado y parte del gas del producto purificado.

55 La eliminación física del alquitrán se logra generalmente por medio de precipitadores electrostáticos, separadores rotatorios de partículas, separadores ciclónicos, filtros (ya sea deflectores, telas o cerámicos), o lavadores (ya sea a base de agua o líquido orgánico). Muchas de estas tecnologías se aplican combinándolas entre sí o con tecnologías de eliminación catalítica de alquitrán, ya que a menudo no solo eliminan alquitrán, sino también partículas como polvo y componentes que no son alquitrán tal como NH₃.

60 El documento US 3 349 546 se refiere a un aparato para concentrar licor de pulpa residual y para lavar polvo y humo químicos de gases de combustión calientes, y dicho aparato incluye una primera unidad de lavado Venturi que incluye zonas de contacto y separación conectadas en serie, en las que un gas se pone en contacto dentro de la zona de contacto mediante un medio líquido para la recuperación de calor y la posterior eliminación de los sólidos

arrastrados y el medio líquido del fluido gaseoso en la zona de separación. Después de salir de la primera unidad de lavado Venturi, el gas pasa a través de una segunda unidad de lavado Venturi en la que se pone en contacto mediante un líquido rociado diferente y luego la mezcla se separa en sus componentes líquidos y gaseosos antes de que el efluente gaseoso se descargue a la atmósfera. La segunda unidad lavadora Venturi está destinada a eliminar una parte importante de las cantidades residuales de sólidos arrastrados en el gas, con el líquido separado de la segunda unidad utilizado en parte como líquido de reposición para la primera unidad lavadora Venturi.

El documento US 3 618 296 se refiere a un procedimiento para separar carbono particulado del gas de síntesis producido por la oxidación parcial de hidrocarburos a alta presión en el que el gas de síntesis que contiene carbono a temperatura elevada se pone en contacto con un fluido acuoso para la separación del carbono del mismo que comprende acelerar una corriente de gas que contiene carbono a través de la garganta de un Venturi, introduciendo en dicha corriente de gas acelerada en la garganta de dicho Venturi una corriente de agua alcalina clara y simultáneamente una corriente separada de una mezcla ácida de carbón-agua producida posteriormente en el proceso lavando por lo tanto el carbón particulado de dicha corriente de gas y produciendo una corriente de gas lavado, separando dicha corriente de gas lavado de la mezcla ácida de carbón-agua en una zona de separación de gas-líquido, y reciclando al menos una porción de la mezcla ácida de carbón-agua del fondo de dicha zona de separación gas-líquido a la garganta de dicho Venturi para lavar dicha corriente de gas.

El documento GB 1.519.090 se refiere a un proceso continuo para la producción de gas combustible o gas de síntesis mediante la oxidación parcial de un combustible hidrocarbonado.

Los precipitadores electrostáticos (ESP) se usan ampliamente para eliminar sólidos finos y gotas líquidas de las corrientes de gas. Aunque son efectivos con gotas líquidas, resultan ineficientes cuando el "alquitrán" está en la fase gaseosa. Esto significa que, cuando el objetivo es la eliminación del "alquitrán", se debe evitar la operación a alta temperatura.

El separador de partículas giratorio (RPS) usa un cilindro giratorio, que está centrado en un único ciclón. El RPS se ha implementado para eliminar el polvo del gas de combustión en sistemas de combustión sin alquitrán asociado y conducir a la investigación sobre la eliminación del alquitrán a través de RPS también. La investigación sobre la eliminación del alquitrán con un RPS (húmedo) operado a baja temperatura, a la que se condensó el agua del gas productor, reveló que el elemento filtrante del RPS fue bloqueado por alquitranes particularmente pesados horas después del inicio de las pruebas. La limpieza del elemento filtrante por rociado continuo de agua no fue suficiente. Aunque el RPS podría eliminar eficazmente el polvo, los aerosoles de alquitrán y el NH_3 , el problema de la contaminación con alquitranes pesados hizo que se detuviera la investigación sobre el RPS.

Los filtros de ciclón o los separadores de fuerza centrífuga también son tecnologías mecánicas que pueden usarse potencialmente para la eliminación de alquitrán. Estas tecnologías operan con los mismos principios que para la eliminación de partículas, utilizando la fuerza centrífuga para separar sólidos y aerosoles de los gases. Las tecnologías son más adecuadas para eliminar partículas más grandes, generalmente aquellas con diámetros de 5 μm o más. En la práctica, los ciclones y los separadores centrífugos relacionados no se utilizan para eliminar alquitrán en los sistemas de gasificación de biomasa. Sin embargo, la combinación de partículas y alquitrán pegajoso en la corriente de gas crea una deposición de material en las superficies del ciclón que es difícil de eliminar en la operación normal. Incluso si las partículas se eliminaron antes de la condensación de alquitrán, los ciclones son ineficaces para eliminar los aerosoles de alquitrán de diámetro pequeño que incluyen material con un tamaño inferior a 1 μm .

A lo largo de los años, se han utilizado filtros de diversos tipos en sistemas de gasificación de biomasa para la eliminación de alquitrán. Los alquitranes se capturan por impacto de aerosoles condensados en la superficie del filtro. A diferencia de las partículas sólidas como el polvo, el alquitrán es más difícil de eliminar de la superficie del filtro, ya que existe en una forma líquida pegajosa altamente viscosa. Estas diferencias en las características hacen que muchos filtros sean menos adecuados para la eliminación de alquitrán que para la eliminación de partículas.

La tecnología de lavado de gas de petróleo OLGA desarrollada por ECN y Dahlman se basa en un lavador de etapas múltiples en el que el gas productor se limpia con un aceite de lavado especial. En la primera sección de OLGA, el gas es enfriado suavemente por el aceite de lavado. Los alquitranes pesados se condensan y se recogen, después de lo cual se separan del aceite de lavado y se pueden reciclar al gasificador para servir como materia prima del gasificador. En la segunda etapa de OLGA (el absorbente/separador), el aceite de lavado absorbe los alquitranes gaseosos más ligeros. El aceite cargado de alquitrán se regenera en un separador. Todos los alquitranes pesados y livianos pueden reciclarse al gasificador, en el que se destruyen y contribuyen a la eficiencia energética. Las columnas empacadas no son adecuadas para un choque de temperatura, es decir, una caída repentina desde una temperatura alta a una temperatura baja. Además, el rendimiento de eliminación de polvo es bastante bajo. Los separadores húmedos para polvos finos y aerosoles de emisiones industriales también se utilizan en la tecnología de limpieza de gases residuales.

Los filtros electrostáticos se basan en la separación de partículas cargadas en un campo electrostático. Las partículas se recogen en las llamadas cortinas de placas, en las que la capa formada de partículas se elimina

mediante procedimientos secos o húmedos. Una desventaja de estos filtros electrostáticos es el riesgo de explosiones, debido a la posible fuga de aire en el sistema en el que está presente una fuente de alto voltaje.

5 La publicación de la patente de Estados Unidos No. US2011/173886 se refiere a un procedimiento para el tratamiento de un gas crudo caliente generado por un sistema de gasificación de flujo arrastrado, en el que el gas crudo caliente se pasa a desulfuración y a la eliminación de HCl, por lo que posteriormente, se elimina una corriente parcial para formar una corriente de enfriamiento de gas, y después del enfriamiento, la eliminación de micropolvo, el secado y la compresión, se devuelve a la corriente de gas crudo caliente detrás del gasificador de flujo arrastrado. La corriente ramificada de gas de enfriamiento se pasa al gas caliente regenerado por medio de un enfriamiento de agua, un lavador Venturi, un enfriamiento de gas crudo, una eliminación de H₂O y una compresión de gas crudo.

15 Los presentes inventores encontraron que el gas de pirólisis a tratar puede verse como una mezcla compleja de componentes, a saber, partículas de polvo, gas de síntesis, hidrógeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono, alcanos C1-C6, alquenos y alquinos, mono aromáticos, benceno, tolueno, xilenos (BTX), aceites condensables, hidrocarburos alifáticos de mayor punto de ebullición, aromáticos (mono, tri y di), componentes de alquitrán y agua.

20 Un gas de pirólisis tan caliente no solo debe enfriarse, sino que también deben eliminarse los componentes de alquitrán y los BTX. Pero una etapa de enfriamiento puede resultar en la formación de componentes pegajosos. Y la presencia de hidrógeno en el gas caliente de pirólisis puede dar como resultado la formación de una mezcla de gases explosivos cuando también hay oxígeno. Por lo tanto, el tratamiento del gas caliente de pirólisis es un proceso muy complejo.

25 Un objetivo de la presente invención es proporcionar un procedimiento para el tratamiento de un gas caliente, por ejemplo, un gas caliente generado por un proceso de pirólisis o gasificación, tal como un horno rotatorio o un proceso de flujo arrastrado, en cuyo procedimiento se evita la obstrucción de las partículas finas de polvo.

30 Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un procedimiento para el tratamiento de un gas caliente, por ejemplo, un gas caliente generado por un proceso de pirólisis o gasificación, tal como un horno rotatorio o un proceso de flujo arrastrado, en el que están presentes componentes de alto punto de ebullición en el gas caliente, tales como el alquitrán, que se pueden eliminar o recuperar.

35 Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un procedimiento para el tratamiento de un gas caliente, por ejemplo, un gas caliente generado por un proceso de pirólisis o gasificación, tal como un horno rotatorio o un proceso de flujo arrastrado, en el que se produce un gas de limpieza para ser procesado adicionalmente, tal como combustión (por ejemplo, en un motor de combustión interna, una turbina o una caldera) o tratado catalíticamente (por ejemplo, para la producción de metano).

40 Otro objetivo de la presente invención es un procedimiento para el tratamiento de un gas caliente, por ejemplo, un gas caliente generado por un proceso de pirólisis o gasificación, tal como un horno rotatorio o un proceso de flujo arrastrado, en el que el enfriamiento del gas caliente ocurre rápidamente.

45 La presente invención se refiere así a un procedimiento para el tratamiento de un gas caliente generado por una pirólisis o un proceso de gasificación, en el que el gas caliente se pasa a una primera unidad para eliminar y enfriar partículas, por lo que posteriormente se elimina una corriente gaseosa de una primera corriente condensada así obtenida y se pasa a una segunda unidad para eliminar y enfriar partículas, en el que se obtiene una segunda corriente condensada, dicha primera corriente condensada y segunda corriente condensada se reciclan a dicha primera unidad y dicha segunda unidad, respectivamente, en el que dicha etapa de reciclaje comprende inyectar en dicha primera unidad de dicha primera corriente condensada como pequeñas gotas en la corriente de gas caliente, en el que una relación líquido a gas (relación L/G) en dicha primera unidad está en un intervalo de 10-40, dicha relación L/G se expresa en masa (es decir, kg de líquido por kg de gas).

55 Con base en el presente procedimiento, se logran uno o más de los objetivos. Los presentes inventores descubrieron que la construcción de dos o incluso más unidades separadas para la eliminación y enfriamiento de partículas, colocadas en serie, en el proceso para el tratamiento de un gas caliente ha resultado en una eliminación eficiente de componentes dañinos del gas caliente de pirólisis. En una unidad de este tipo para la eliminación y enfriamiento de partículas, las etapas de enfriamiento del flujo de gas entrante y la eliminación de partículas presentes en el flujo de gas entrante tienen lugar simultáneamente. La presente invención no está restringida a una realización de dos unidades separadas para la eliminación y enfriamiento de partículas colocadas en serie, sino que la presente invención también abarca realizaciones en las que dos o más de estas unidades para la eliminación y enfriamiento de partículas se colocan en serie. Un ejemplo de gas caliente es un gas que tiene una temperatura superior a 200 °C, por ejemplo superior a 250 °C o incluso superior a 400 °C.

65 En una realización preferida del presente proceso, la primera corriente condensada se inyecta como pequeñas gotas en la corriente de gas caliente de pirólisis. Tal inyección de la primera corriente condensada tiene lugar en la primera

unidad. Por lo tanto, la primera corriente condensada se recicla a la primera unidad para eliminación y enfriamiento de partículas.

5 En otra realización preferida del presente proceso, la segunda corriente condensada se inyecta como pequeñas gotas en la corriente gaseosa que se origina en dicha primera corriente condensada. Tal inyección de la segunda corriente condensada tiene lugar en la segunda unidad. Por lo tanto, la segunda corriente condensada se recicla a la segunda unidad para eliminación y enfriamiento de partículas.

10 Los presentes inventores encontraron que una relación de líquido a gas (relación L/G) en la primera unidad está en un intervalo de 10-40, preferiblemente 15-30, incluso más preferiblemente 20-25, estando dicha relación L/G expresada en función de la masa (es decir, kg de líquido por kg de gas). Esta alta relación ha dado como resultado una situación en la que la alta temperatura del gas que ingresa a la primera unidad se enfría sustancialmente. Los inventores suponen que una relación tan alta proporciona la absorción de los componentes de alquitrán de alto punto de ebullición, lo que da como resultado una transferencia de estos componentes desde la fase gaseosa a la fase líquida. La alta relación proporciona un intercambio directo de calor entre la corriente condensada y los gases calientes entrantes. Un aumento en la velocidad de separación con una proporción creciente de líquido a gas de lavado es también un producto de la superficie interfacial ampliada entre la fase gaseosa y líquida.

20 Los presentes inventores también encontraron que la relación líquido a gas (relación L/G) en la segunda unidad está preferiblemente en un intervalo de 20-60, preferiblemente 30-50, incluso más preferiblemente 35-45, dicha relación L/G se expresa en función de la masa (es decir, kg de líquido por kg de gas). Los presentes inventores descubrieron que la velocidad de separación aumenta a medida que aumenta la velocidad del gas en la garganta, conocida como velocidad de garganta. Este aumento se debe al aumento de la velocidad relativa entre el gas o, según sea el caso, las partículas a separar y el líquido de lavado y a la formación de superficies interfaciales más grandes entre las fases gaseosa y líquida.

25 Las relaciones de líquido a gas mencionadas anteriormente (relación L/G) tanto en la primera unidad como en la segunda unidad no se han revelado ni sugerido en ninguna de las técnicas citadas, especialmente en la solicitud internacional WO99/50374 (véase la Figura 4), el documento GB 1.558.008 (véase el Ejemplo) y la patente de Estados Unidos No. 4.149.859 (véase el Ejemplo) como se discutió anteriormente.

30 Para tener una buena separación entre los componentes gaseosos y los componentes líquidos presentes en el efluente que se origina en la primera unidad para la eliminación y enfriamiento de partículas, los presentes inventores encontraron que el efluente de dicha primera unidad para la eliminación y enfriamiento de partículas se pasa preferiblemente a un primer recipiente de extracción, a partir del cual se separa dicha corriente gaseosa de dicha primera corriente condensada. En tal recipiente de extracción, las condiciones de presión y temperatura son tales que hay condiciones de equilibrio que dan como resultado la separación entre una primera corriente condensada y una corriente gaseosa. La temperatura de la corriente gaseosa del primer recipiente de extracción es como máximo 90 °C, preferiblemente como máximo 80 °C, incluso más preferiblemente como máximo 70 °C.

35 Para lograr una capacidad de enfriamiento suficiente en la primera unidad para la eliminación y enfriamiento de partículas, se prefiere enfriar la primera corriente condensada antes de reciclar la primera corriente condensada a la primera unidad para la eliminación y enfriamiento de partículas. Esto significa que la corriente condensada del primer recipiente de extracción se envía a través de un intercambiador de calor y la corriente enfriada de este modo se envía a la primera unidad para la eliminación y enfriamiento de partículas en la que tiene lugar el contacto entre el gas caliente y la corriente bastante fría. La etapa de enfriamiento de la primera corriente condensada da como resultado una corriente que tiene una temperatura en un intervalo de 10-70 °C. La temperatura del efluente de la primera unidad para la eliminación y enfriamiento de partículas es preferiblemente como máximo 90 °C, preferiblemente como máximo 80 °C, incluso más preferiblemente como máximo 70 °C.

40 La corriente gaseosa del primer recipiente de extracción se conduce a la segunda unidad para la eliminación y enfriamiento de partículas, en el que el efluente de la segunda unidad para la eliminación y enfriamiento de partículas se pasa a un segundo recipiente de extracción, a partir del cual se separa una corriente gaseosa de dicha segunda corriente condensada. Para lograr una capacidad de enfriamiento suficiente en la segunda unidad para la eliminación y enfriamiento de partículas, se prefiere que la segunda corriente condensada se enfríe antes de reciclarse a la segunda unidad para la eliminación y enfriamiento de partículas.

45 A fin de evitar la aglomeración y la acumulación de partículas de pequeño tamaño, se retira una primera corriente de purga de la primera corriente condensada. Dicha corriente de purga no se recicla a la primera unidad para eliminación y enfriamiento de partículas. Por la misma razón, una segunda corriente de purga también se retira preferiblemente de la segunda corriente condensada. Y esa corriente de purga tampoco se recicla a la segunda unidad.

50 En una realización preferida, ambas corrientes de purga primera y segunda se combinan y se usan para procesos adicionales.

La primera y segunda unidad para la eliminación y enfriamiento de partículas son preferiblemente del tipo lavador Venturi. Un lavador Venturi consta básicamente de tres secciones: una sección convergente, una sección de garganta y una sección divergente. La corriente de gas de entrada entra en la sección convergente y, a medida que disminuye el área, aumenta la velocidad del gas (de acuerdo con la ecuación de Bernoulli). El líquido se introduce en la garganta o en la entrada a la sección convergente. El gas de entrada, obligado a moverse a velocidades extremadamente altas en la pequeña sección de la garganta, corta el líquido de sus paredes, produciendo una enorme cantidad de gotas muy pequeñas. La eliminación de partículas y gases se produce en la sección divergente a medida que la corriente de gas de entrada se mezcla con la niebla de pequeñas gotas de líquido. La corriente de entrada sale a través de la sección divergente, en la que se ve obligada a reducir la velocidad. De este modo, el lavador Venturi tiene un canal de flujo a lo largo de un eje longitudinal y definido en secuencia por un confusor, es decir, una sección convergente, una garganta y un difusor, es decir, una sección divergente. Las boquillas configuradas para inyectar un líquido de lavado en el lavador Venturi pueden estar presentes en una pared que rodea la garganta o en la entrada de la sección convergente, o una combinación de las mismas.

Observado en la dirección del flujo de una corriente de gas que requiere limpieza (y, por lo tanto, en la dirección de su eje longitudinal, ya que una corriente de gas generalmente fluye en la dirección del eje longitudinal del lavador Venturi debido al canal de flujo del lavador Venturi que se extiende a lo largo del eje longitudinal), un lavador Venturi comprende, en orden secuencial, un confusor, es decir, una sección convergente, una garganta y un difusor, es decir, una sección divergente. La garganta es un estrangulamiento del canal de flujo. Una corriente de gas cargada de polvo que ingresa se acelera en el confusor del canal de flujo y alcanza su velocidad más alta en la sección transversal más estrecha del canal de flujo, la garganta. En la garganta, se inyecta un líquido de lavado como un chorro perpendicular a la dirección del flujo de la corriente de gas que requiere limpieza en una técnica también conocida como inyección lateral. La inyección es mediante una pluralidad de boquillas. Estas se implementan, por ejemplo, como pequeñas aberturas de boquilla que están dispuestas adyacentes entre sí en un plano en ángulo recto con el eje longitudinal del canal de flujo, también conocido como el plano de inyección. En el difusor siguiente, la energía cinética de la corriente de gas se convierte nuevamente en energía de presión. La fuerza de impacto del gas hace que el líquido de lavado se atomice en gotitas ultrafinas en la garganta.

Para propósitos de reducción de temperatura, es decir, un enfriamiento rápido de los gases calientes de pirólisis, y para propósitos de separación, es decir, la condensación de componentes calientes de ebullición de los gases calientes de pirólisis, se prefiere que el ancho de la garganta del primer lavador Venturi sea más grande que el ancho de la garganta del segundo lavador Venturi.

Para la primera y la segunda unidad para la eliminación y enfriamiento de partículas, es decir, el primer lavador Venturi y el segundo lavador Venturi, la velocidad del flujo del gas en la garganta es de al menos 40 m/s.

En el primer lavador Venturi, la velocidad del flujo en la entrada es de aproximadamente 10-20 m/s y se aumentará a un valor de al menos 40 m/s. Los presentes inventores notaron que debido a la condensación de los componentes de alto punto de ebullición, la velocidad del flujo disminuirá a un valor de aproximadamente 30 m/s a la salida del lavador Venturi, es decir, a la salida de la sección de la garganta y a la entrada de la sección divergente. Después de dejar el lavador Venturi, la velocidad del gas será de alrededor de 10 m/s.

En el segundo lavador Venturi hay un perfil de velocidad algo diferente del flujo de gas. La velocidad del flujo en la entrada es de aproximadamente 10-20 m/s y se incrementará a un valor de al menos 40 m/s. Dado que hay menos componentes de alto punto de ebullición presentes en el flujo de gas entrante, en comparación con la composición del flujo de gas entrante del primer lavador Venturi, los efectos de condensación en la reducción de la velocidad del flujo de gas serán menores, resultando en una velocidad del flujo de gas a la salida del lavador Venturi, es decir, a la salida de la sección de garganta y la entrada de la sección divergente, de aproximadamente > 35 m/s.

El ángulo del confusor de forma cónica, es decir, la sección convergente, para el primer y el segundo lavador Venturi está preferiblemente en un intervalo de 35-60 grados.

El ángulo de las boquillas para el primero y el segundo lavador Venturi está preferiblemente en un intervalo de 10-20 grados.

El ángulo del difusor de forma cónica, es decir, la sección divergente, para el primer y el segundo lavador Venturi está preferiblemente en un intervalo de 10-20 grados.

La presente descripción incluye un sistema para implementar el procedimiento como se discutió anteriormente, en el que un primer lavador Venturi sigue al horno en serie, en la ruta de flujo del gas caliente que sale de dicho horno, seguido de una primera separación gas-líquido, por lo que detrás de la primera separación gas-líquido, una primera corriente condensada se recicla de regreso al primer lavador Venturi, se envía una corriente gaseosa a un segundo lavador Venturi, seguido de una segunda separación gas-líquido, por lo que detrás de la segunda separación gas-líquido, una segunda corriente condensada se recicla de vuelta al segundo lavador Venturi.

La presente invención se explica con más detalle a continuación con referencia a ejemplos esquemáticos de figuras relacionadas con ejemplos de variantes de realizaciones de la invención.

La Figura 1 muestra un diagrama de flujo del proceso del presente procedimiento.

La Figura 2 es un diagrama esquemático general de un lavador Venturi.

En la Figura 1, el procedimiento para el tratamiento de un gas caliente generado por un sistema de gasificación de flujo arrastrado se indica con el número de referencia 100. El gas 1 caliente de pirólisis, por ejemplo, por encima de una temperatura de 400 °C, que se origina en un proceso de pirólisis para reciclar un caucho de desecho, en particular neumáticos, como se describe en la solicitud internacional WO13/095145, se envía a un primer lavador 2 Venturi. El primer lavador 2 Venturi está provisto de boquillas (no mostradas en el presente documento) para inyectar un líquido de lavado en la garganta del primer lavador 2 Venturi. El líquido de lavado que ingresa al primer lavador 2 Venturi es en el presente documento la primera corriente 13 condensada. El efluente 3 del primer lavador 2 Venturi que comprende una fase gas-líquido se envía a un primer recipiente 4 de extracción. En el primer recipiente 4 de extracción, se produce una separación entre una fase 6 gaseosa y una fase 5 líquida por medio de separación gravimétrica. La fase 5 líquida, es decir, la fracción de condensado del efluente 3, se devuelve a la entrada del primer lavador 2 Venturi. En el diagrama de flujo del proceso que se muestra en el presente documento, la fase 5 líquida se enfría en el intercambiador 20 de calor y la primera corriente 13 condensada enfriada de este modo se inyecta a través de boquillas en el primer lavador 2 Venturi. Una corriente 16 de purga se retira de la primera corriente 13 condensada. La entrada del primer Venturi es vapor, la entrada del segundo Venturi es también un vapor y la salida del primer Venturi es un gas. Se puede decir que un gas se refiere a una sustancia que tiene un solo estado termodinámico definido a una temperatura determinada, mientras que un vapor se refiere a una sustancia que es una mezcla de dos fases a una temperatura determinada, por ejemplo, temperatura ambiente, es decir, fase gaseosa y líquida.

La fase 6 gaseosa formada en el primer recipiente 4 de extracción se envía a un segundo lavador 7 Venturi. El segundo lavador 7 Venturi está provisto de boquillas (no mostradas en el presente documento) para inyectar un líquido lavador en la garganta del segundo lavador 7 Venturi. El líquido 14 de lavado que ingresa al segundo lavador 7 Venturi se origina a partir de la segunda corriente 11 condensada. El efluente 8 del segundo lavador 7 Venturi que comprende una fase gas-líquido se envía a un segundo recipiente 9 de extracción. En el segundo recipiente 9 de extracción se produce una separación entre una fase 10 gaseosa y una fase 11 líquida. La fase 11 líquida, es decir, la fracción condensada del efluente 8, se devuelve a la entrada del segundo lavador 7 Venturi. En el diagrama de flujo del proceso que se muestra en el presente documento, la fase 11 líquida se enfría en el intercambiador 20 de calor y la segunda corriente 14 condensada así enfriada se inyecta a través de boquillas en el segundo lavador 7 Venturi. Se retira una corriente 15 de purga de la segunda corriente 14 condensada. En la Figura 1, todos los intercambiadores 20 de calor se suministran con un medio de intercambio de calor. Además, en algunas realizaciones, los intercambiadores 20 de calor están interconectados.

De acuerdo con el diagrama de flujo del proceso que se muestra en el presente documento, la corriente 15 de purga y la corriente 16 de purga se combinan como la corriente 17 para uso adicional en la unidad 12.

A partir del diagrama de flujo del proceso que se muestra en el presente documento, está claro que no hay intercambio entre los líquidos 13 y 14 de lavado. En otras palabras, la segunda corriente 14 condensada se recicla al segundo lavador 7 Venturi, la primera corriente 13 condensada se recicla a la primera lavador 2 Venturi.

Durante la fase de inicio del procedimiento para el tratamiento de un gas caliente generado por un proceso de pirólisis o gasificación, una fase que comprende un aceite de bajo punto de ebullición con una pequeña fracción de aceite de alto punto de ebullición está presente tanto en el primer recipiente 4 de extracción como en el segundo recipiente 9 de extracción. Esta composición se usa como líquido de lavado en los lavadores 3, 7 Venturi. Después de un tiempo, la composición se retirará del sistema como la corriente 17. El segundo recipiente 9 de extracción se proporciona preferiblemente con un desempañador como se muestra en la Figura 1.

En la Figura 2 se muestra un lavador 50 Venturi. El lavador 50 Venturi comprende, en orden secuencial, un confusor 54, es decir, una sección convergente, una sección 53 de garganta y un difusor 55, es decir, una sección divergente. La entrada 52 de gas caliente entra al lavador 50 Venturi en la parte superior en la que se localizan las boquillas 51. Las boquillas 51 expulsan un líquido de lavado en el gas caliente que entra en la porción superior del lavador 50 Venturi. La corriente de gas de entrada ingresa en la sección 54 convergente y, a medida que disminuye el área, aumenta la velocidad del gas. El gas de entrada, forzado a moverse a velocidades extremadamente altas en la pequeña sección 53 de garganta, puede cortar el líquido de sus paredes, produciendo una enorme cantidad de gotas muy pequeñas. Debido a la contracción del espacio de vapor anular, la mezcla disponible es forzada e intensificada. Los presentes inventores suponen que la ruptura de las gotas es creada por la boquilla junto con el flujo de gas. La eliminación de partículas y neblina se produce en la sección 55 divergente a medida que la corriente de gas de entrada se mezcla con la niebla de pequeñas gotas de líquido. La corriente de entrada sale a través de la sección 55 divergente, en la que se ve obligada a reducir la velocidad. En la Figura 2, el diámetro de la garganta se indica como D2, el diámetro de salida del lavador Venturi como D4, el diámetro de entrada del lavador Venturi como

D1. En una realización, el diámetro de la sección 53 de garganta es constante a lo largo de su longitud. Para un diseño óptimo de tal lavador Venturi, las siguientes ecuaciones son preferiblemente válidas $D_4 > D_1$ y $D_2 < D_1$.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de tratamiento de un gas caliente generado por una pirólisis o un proceso de gasificación, en el que
5 el gas caliente se pasa a una primera unidad para eliminar y enfriar partículas, por lo que posteriormente se elimina una corriente gaseosa de una primera corriente condensada así obtenida y se pasa a una segunda unidad para eliminar y enfriar partículas, en la que se obtiene una segunda corriente condensada, dicha primera corriente condensada y dicha segunda corriente condensada se reciclan a dicha primera unidad y dicha segunda unidad, respectivamente, en la que dicha etapa de reciclaje comprende inyectar, en dicha primera unidad, dicha primera
10 corriente condensada como pequeñas gotas en la corriente de gas caliente, en la que una relación de líquido a gas (relación L/G) en dicha primera unidad está en un intervalo de 10-40, expresándose dicha relación L/G con base en la masa (es decir, kg de líquido por kg de gas).
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha relación de líquido a gas (relación L/G) en dicha
15 primera unidad está en un intervalo de 15-30, preferiblemente 20-25, expresándose dicha relación L/G con base en la masa (es decir, kg de líquido por kg de gas).
3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha etapa de reciclaje comprende inyectar en dicha
20 segunda unidad de dicha segunda corriente condensada como pequeñas gotas en la corriente gaseosa que se origina a partir de dicha primera corriente condensada, en el que especialmente una relación de líquido a gas (relación L/G) en dicha segunda unidad está en un intervalo de 20-60, preferiblemente 30-50, incluso más preferiblemente 35-45, expresándose dicha relación L/G con base en la masa (es decir, kg de líquido por kg de gas).
4. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el efluente de dicha
25 primera unidad para eliminación y enfriamiento de partículas se pasa a un primer recipiente de extracción, a partir del cual se elimina dicha corriente gaseosa de dicha primera corriente condensada.
5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4, en el que la temperatura de dicho efluente de dicha primera
30 unidad para eliminación y enfriamiento de partículas es como máximo 90 °C, preferiblemente como máximo 80 °C, incluso más preferiblemente como máximo 70 °C.
6. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4, en el que la temperatura de dicha corriente gaseosa de dicho
35 primer recipiente de extracción es como máximo 90 °C, preferiblemente como máximo 80 °C, incluso más preferiblemente como máximo 70 °C.
7. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha primera corriente
40 condensada se enfría antes de dicha etapa de reciclaje de dicha primera corriente condensada a dicha primera unidad para eliminación y enfriamiento de partículas, en la que dicha etapa de enfriamiento de dicha primera corriente condensada resulta preferiblemente en una corriente que tiene una temperatura en un intervalo de 10-70 °C.
8. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el efluente de dicha
45 segunda unidad para la eliminación y enfriamiento de partículas se pasa a un segundo recipiente de extracción, a partir del cual se elimina una corriente gaseosa de dicha segunda corriente condensada, en el que dicha segunda corriente condensada se enfría preferiblemente antes de dicha etapa de reciclaje de dicha segunda corriente condensada a dicha segunda unidad para la eliminación y enfriamiento de partículas.
9. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que una primera corriente
50 de purga se retira de dicha primera corriente condensada, dicha corriente de purga no se recicla a dicha primera unidad.
10. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que una segunda
55 corriente de purga se retira de dicha segunda corriente condensada, dicha corriente de purga no se recicla a dicha segunda unidad.
11. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha primera y
60 segunda unidad para la eliminación y enfriamiento de partículas son del tipo lavador Venturi, dicho lavador Venturi tiene un canal de flujo a lo largo de un eje longitudinal y se define en secuencia por una sección convergente, una sección de garganta y una sección divergente, en la que las boquillas configuradas para inyectar un líquido de lavado en dicho lavador Venturi están presentes en una pared que rodea dicha sección de garganta o en la entrada a la sección convergente, o una combinación de las mismas.
12. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11, en el que el ancho de la sección de garganta del primer
65 lavador Venturi es mayor que el ancho de la sección de garganta del segundo lavador Venturi.

13. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 11-12, en el que el caudal del gas en la sección de la garganta es de al menos 40 m/s.

5 14. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 11-13, en el que el ángulo de la sección convergente de forma cónica está en un intervalo de 35 a 60 grados, en el que el ángulo de las boquillas está preferiblemente en un intervalo de 10 a 20 grados, en el que el ángulo de la sección divergente de forma cónica está preferiblemente en un intervalo de 10-20 grados.

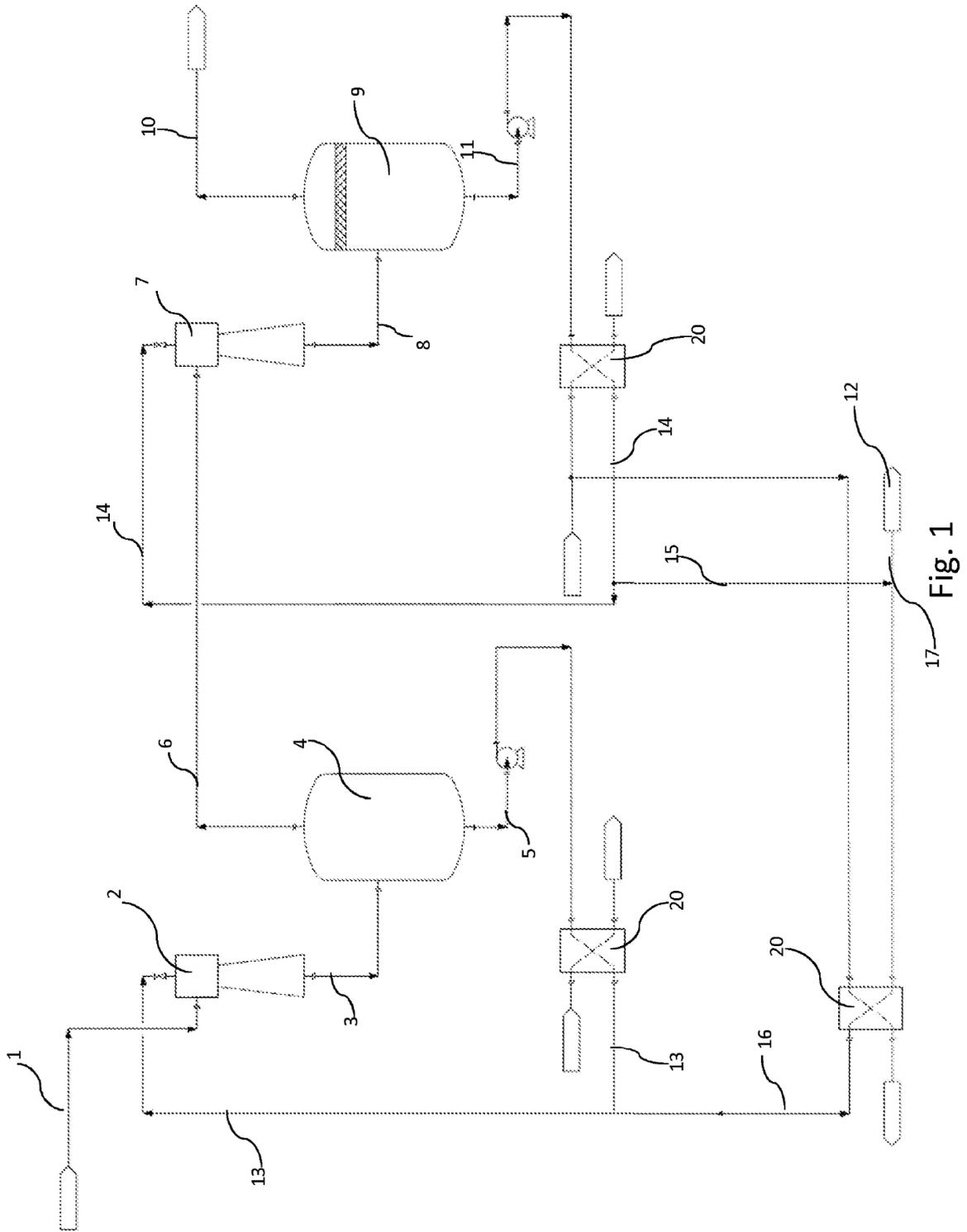


Fig. 1

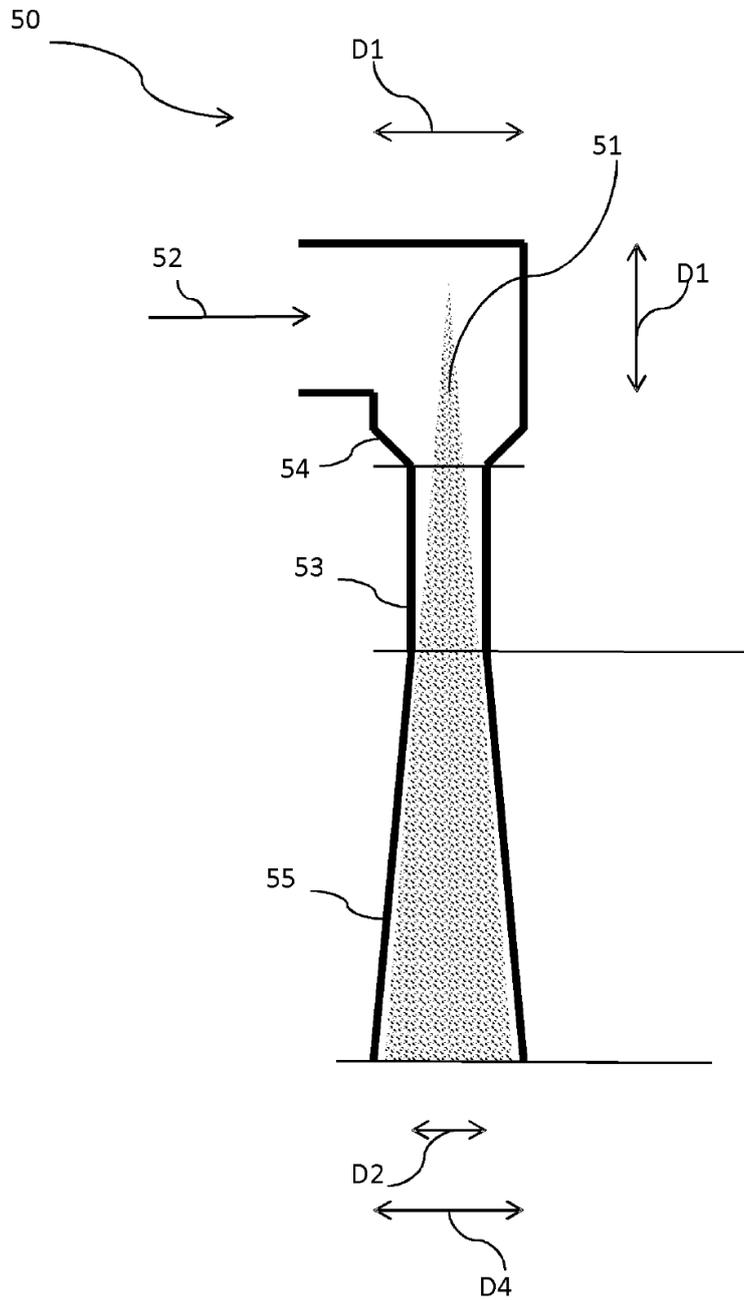


Fig. 2