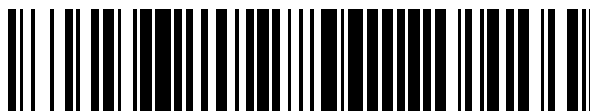


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 627 827**

51 Int. Cl.:

C01B 25/24 (2006.01)
B01J 19/26 (2006.01)
B01J 19/30 (2006.01)
B01J 19/32 (2006.01)
B01J 8/02 (2006.01)
C08G 79/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.03.2010** **PCT/EP2010/053947**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.09.2010** **WO10108991**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.03.2010** **E 10710340 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.04.2017** **EP 2411325**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo de producción de ácido polifosfórico**

30 Prioridad:

26.03.2009 BE 200900186

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
31.07.2017

73 Titular/es:

PRAYON TECHNOLOGIES (100.0%)
Rue Joseph Wauters 144
4480 Engis, BE

72 Inventor/es:

GERMEAU, ALAIN y
HEPTIA, BERNARD

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 627 827 T3

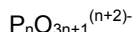
Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar 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).

DESCRIPCION

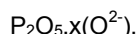
Procedimiento y dispositivo de producción de ácido polifosfórico

La presente invención se refiere a un procedimiento de producción de ácido polifosfórico a partir de soluciones de ácido ortofosfórico que comprende una combustión de un combustible en presencia de aire de combustión en una cámara denominada de combustión, que presenta una parte superior y una parte inferior, teniendo lugar la combustión en dicha parte superior para formar en ella una llama y gases de combustión.

El ácido polifosfórico es un oligómero de ácido fosfórico que comprende moléculas según una u otra de las fórmulas estructurales



donde n es un número superior a 1, ó



donde X está comprendido entre 0 y 1. Típicamente, el ácido polifosfórico presenta un peso molecular medio comprendido entre 170 y 1500 unidades de peso atómico.

El ácido polifosfórico se obtiene generalmente mediante una deshidratación y una polimerización de ácido ortofosfórico relativamente puro y se utiliza en diversas aplicaciones tal como la petroquímica, los pigmentos orgánicos y la industria farmacéutica, principalmente en las reacciones de ciclación, y otras muchas más.

La reacción de polimerización del ácido fosfórico en ácido polifosfórico se denomina igualmente reacción de polimerización-condensación ya que cuando las moléculas de ácido fosfórico se ensamblan para formar dicho oligómero, se genera agua.

En la reacción de condensación de ácido fosfórico, es necesario aportar calorías para permitir esta condensación. Se pueden aportar calorías de diferentes maneras tal como mediante gases calientes generados por la combustión de combustible, electrodos que permiten un calentamiento directo de la solución de ácido fosfórico donde están inmersos. En este caso, las paredes del contenedor de ácido fosfórico juegan el papel del otro electrodo. Las calorías pueden proporcionarse igualmente por conducción a través de paredes por ejemplo las paredes del reactor.

A título de ejemplo, se puede citar la patente US 4 296 082 que propone reactores de grafito calentados eléctricamente o la patente EP 996587 que describe un procedimiento que permite producir ácido polifosfórico proporcionando energía por microondas. Finalmente, la patente EP 1421030 describe una columna de apilamiento en la cual el ácido, alimentado en cabeza, circula a contracorriente con gases calientes alimentados por el bajo de la columna.

Desgraciadamente, todos estos procedimientos y dispositivos propuestos producen numerosos contaminantes y son muy exigentes para el material utilizado.

En efecto, a día de hoy, las unidades industriales que producen ácido polifosfórico a partir de ácido fosfórico por vía húmeda se enfrentan todas a ciertos problemas tal como los importantes costes de mantenimiento provocados por fenómenos de corrosión, emisiones excesivas de efluentes gaseosos hacia el medioambiente así como el aumento del precio de la energía ya que todos estos procedimientos son grandes consumidores de energía a la vez que no presentan siempre una gran eficiencia energética. Las emisiones excesivas de efluentes gaseosos hacia el medioambiente son entre otros debido al hecho de que el ácido fosfórico utilizado contiene ciertos contaminantes como trazas de ácido sulfúrico que proviene del ataque sulfúrico del mineral de fosfato así como diversos compuestos fluorados principalmente HF que proviene del flúor contenido en este mismo mineral de fosfato. Por lo tanto es un objetivo de la invención procurar un nuevo procedimiento que permita beneficiarse de una gran eficiencia energética, limitar de manera drástica el impacto medioambiental, proporcionar un dispositivo resistente a las condiciones operatorias muy severas que permitan limitar los costes de mantenimiento y de instaurar una durabilidad del equipamiento y finalmente asegurar la producción de un ácido polifosfórico de calidad y por lo tanto concebido para evitar las contaminaciones del ácido fosfórico durante el proceso de fabricación.

Para resolver este problema, primero era necesario encontrar un material resistente a las condiciones de uso y en particular a la temperatura de aproximadamente 650°C que se necesita alcanzar para producir las calidades de ácido polifosfórico más concentradas. A este efecto, se eligieron tres materiales como resultado de los ensayos por transferencia conductiva llevados a cabo en un horno eléctrico. Se trata del carbono vítreo, del grafito revestido de carbono pirolítico y del carburo de silicio. Desgraciadamente, por razones técnicas, ninguno de estos tres materiales carbonados o a base de silicio se pudo seleccionar.

Por lo tanto, ya que no se pudo utilizar ningún material que permitiera realizar una transferencia de energía por conducción vía las paredes del equipo o del reactor realizado en uno de estos tres materiales, ha sido necesario encontrar otro medio para transferir al ácido fosfórico, la energía necesaria para su polimerización. Por lo tanto, se

ideó efectuar la transferencia de calor en una columna con ayuda de gas caliente circulando de abajo a arriba a contra corriente con el ácido fosfórico alimentado en cabeza. Sin embargo, no se continuó con esta técnica ya que, aunque es favorable desde un punto de vista energético, es necesario aplicar una temperatura elevada sobre toda la altura de la columna y este procedimiento establece por lo tanto grandes limitaciones sobre el material poniendo en peligro la durabilidad de la instalación, lo que puede generar potencialmente contaminaciones del ácido.

También se conoce un dispositivo para producir ácidos polifosfóricos superiores a partir de ácidos polifosfóricos inferiores que comprenden una zona de combustión superior, donde la llama se produce por la combustión de fósforo elemental y las paredes del dispositivo están protegidas por una película de ácido polifosfórico inferior enfriado, introducido en lo alto del dispositivo, y una zona de absorción inferior, donde la película citada anteriormente es atomizada en la corriente gaseosa que contiene P_2O_5 resultante de la combustión citada anteriormente (documento US-3272597).

Por lo tanto la invención tiene como objetivo paliar los inconvenientes del estado de la técnica procurando, para resolver este problema, un procedimiento tal como se ha indicado al principio, y por lo tanto que comprende:

- a) como se ha indicado al principio, una combustión de un combustible en presencia de aire de combustión en una cámara denominada de combustión, que presenta una parte superior y una parte inferior, teniendo lugar la combustión en dicha parte superior, para formar en ella una llama, y gases de combustión,
- y que comprende además:
- b) una pulverización de un fluido de pulverización que comprende ácido ortofosfórico en dicha llama producida en dicha parte superior de la cámara de combustión, con una polimerización-condensación de dicho ácido ortofosfórico para formar un ácido polifosfórico en forma de niebla de ácido acompañado de una formación de gases que se mezclan al gas de combustión para alcanzar una temperatura predeterminada, provocando dicha mezcla una bajada brutal de la temperatura de los gases de combustión,
- c) una separación de dicha niebla de ácido polifosfórico y de dicha mezcla de gases,
- d) una recogida de dicho ácido polifosfórico así formado por debajo de dicha cámara de combustión en una cuba, y
- e) una salida de dicha mezcla de gases en dicha parte inferior de dicha cámara de combustión pero separada de dicha recogida de ácido polifosfórico.

Por las expresiones "parte superior" de la cámara de combustión, se entiende el cielo y las partes superiores laterales de la cámara de combustión. La llama producida en la cámara de combustión estando desde entonces orientada hacia abajo o lateralmente. Igualmente por las expresiones "formación de una llama", se entiende que esto puede comprender opcionalmente la formación de varias llamas mediante varios quemadores situados en una parte superior de la cámara de combustión, por ejemplo todos lateralmente.

Como se puede constatar, en el procedimiento según la invención, la llama inicialmente producida por el quemador (en la etapa de combustión) puede alcanzar una temperatura de aproximadamente 1700°C. Cuando el fluido de pulverización que comprende ácido ortofosfórico se pulveriza en dicha llama, la temperatura de la llama se reduce entonces hasta una temperatura máxima de 650°C, temperatura que conviene conservar para obtener los ácidos polifosfóricos de alta concentración (87%). Así, es la eliminación del agua de dilución seguida de la etapa de polimerización-condensación que retira el agua de constitución del ácido ortofosfórico que da como resultado una bajada brutal de la temperatura de los gases de combustión durante la mezcla con los gases que contienen el agua. Los gases de combustión inicialmente a 1700°C se enfrían brutalmente para alcanzar la temperatura máxima de 650°C, y preferiblemente entre 350 y 650°C en función de la concentración del ácido polifosfórico (76 a 87% P_2O_5). Por lo tanto, el material sufre menos tensiones que en un reactor a contracorriente. Por supuesto, cuando la cantidad de ácido ortofosfórico se determina en función de la concentración de ácido polifosfórico que se desea alcanzar y por lo tanto en función de la temperatura predeterminada que se desea alcanzar, se debe tener en cuenta el enfriamiento de la temperatura de llama que se produce durante la pulverización, incluso si la pulverización contribuye en menor medida a este enfriamiento.

En un modo de realización ventajoso según la invención, dicho fluido de pulverización que comprende ácido ortofosfórico se pulveriza en dicha llama en presencia de un fluido secundario, en particular un gas inerte, preferiblemente nitrógeno. El nitrógeno así introducido al mismo tiempo que el ácido fosfórico permite una pulverización de este de manera óptima en la cámara de combustión, al nivel del quemador sin aportar un exceso de oxígeno que podría oxidar los materiales del reactor ya ampliamente sobrecargados.

De manera ventajosa, durante la combustión, la cantidad de aire de combustión es estequiométrica (relación aire/gas natural= 10) con respecto a la cantidad de combustible, preferiblemente del gas natural, con el fin de reducir al máximo el contenido de oxígeno de los gases calientes y reducir las pérdidas energéticas. Por lo tanto, la llama obtenida a una temperatura más próxima de los 1700°C, y durante la inyección del ácido, seguido de la reacción de polimerización-condensación, la temperatura es de 650°C máximo.

En una variante más ventajosa, el procedimiento comprende además una retirada de ácido polifosfórico colectado en dicha cuba, permitiendo un intercambio de calor el enfriamiento del ácido polifosfórico así retirado y una alimentación de dicha cuba en ácido polifosfórico enfriado. Por lo tanto, estas etapas permiten obtener un bucle de recirculación con un caudal importante de ácido polifosfórico enfriado que permite bajar fuertemente la temperatura del ácido fosfórico producido a una temperatura de aproximadamente 350 a 650°C en función de la concentración de P_2O_5 a una temperatura entre 100 y 120°C. En efecto, la temperatura del ácido polifosfórico colectado debe mantenerse entre 100 y 120°C con el fin de asegurar la integridad de los materiales y evitar que el ácido polifosfórico se fije en esta parte de la instalación.

En un modo de realización ventajoso del procedimiento según la invención, dicha alimentación en ácido polifosfórico enfriado alimenta igualmente un depósito de almacenamiento. En efecto, puesto que esta temperatura es óptima por una parte para asegurar la integridad de los materiales y por otra parte para evitar la fijación del ácido polifosfórico, es en este punto que es ventajoso sacar una parte del ácido polifosfórico producido para almacenarlo en un depósito de almacenamiento.

En un modo de realización preferido, dicha mezcla de gases en la salida de la cámara de combustión está empobrecida en P_2O_5 por enfriamiento controlado para una recuperación adicional de ácido polifosfórico. Por lo tanto dicha mezcla de gases que sale de la cámara de combustión y que contiene todavía P_4O_{10} en forma de gas de finas gotas de ácido polifosfórico se somete a un enfriamiento controlado que, a la vez que se mantiene a una temperatura ligeramente superior a la temperatura de rocío, permite empobrecerla en P_2O_5 gracias a un sistema mecánico apropiado. Esto permite una recuperación adicional de ácido polifosfórico que puede ser enviado entonces hacia el reservorio de ácido polifosfórico retirado en la cámara de combustión. En un modo de realización ventajoso del procedimiento según la invención, dicha mezcla de gases en la salida de la cámara de combustión se lava con una solución de lavado y se enfría a una temperatura comprendida entre 35 y 50°C y preferiblemente aproximadamente 40°C. Este lavado puede tener lugar directamente sobre la mezcla de gases en la salida de la cámara de combustión o entonces sobre la mezcla de gases que ha sufrido la etapa previa de empobrecimiento citada. Durante el lavado, se recogen compuestos solubles gaseosos tal como los gases fluorados, el SO_x y los últimos arrastres de P_2O_5 y son arrastrados por la solución de lavado acuosa en la que están disueltos. Esta fase acuosa se recupera entonces en un contenedor de recogida y puede reinyectarse entonces en la torre de lavado para lavar gases calientes y/o se puede retirar una parte para, por ejemplo, utilizarse y/o reciclarse en otros procedimientos tal como, en un procedimiento de producción de ácido ortofosfórico a partir de un mineral de fosfato en el que se utiliza ácido sulfúrico. En este caso, puede ser apropiada una adición de agua que permite por una parte llevar la concentración de la solución de lavado por debajo de la saturación y disminuir la temperatura de la solución de lavado residual. Por lo tanto, la mezcla de gases así enfriada no contiene normalmente más que vapor de agua, nitrógeno y CO_2 y se expulsa luego a la atmósfera.

En una variante según la invención, los gases calientes de dicha mezcla de gases salida de la cámara de combustión condensan por vía indirecta, por ejemplo en un condensador indirecto. Esta condensación puede tener lugar directamente sobre dicha mezcla de gases salida de la cámara de combustión o bien sobre dicha mezcla de gases que ha sufrido la etapa previa de empobrecimiento citada. El resultado de esta condensación indirecta es igualmente la producción de una solución acuosa ácida en la que se encuentran gases fluorados, SO_x y los últimos arrastres de P_2O_5 . Las aguas aciduladas se recuperan entonces por ejemplo igualmente en una etapa de producción de ácido fosfórico con ayuda de mineral de fosfato. Por lo tanto, ya que la fase acuosa se recupera en otras etapas del procedimiento, el procedimiento según la invención no arroja ningún desecho líquido ni gaseoso que contenga compuestos indeseables hacia el medioambiente.

En otro modo de realización del procedimiento según la invención, el procedimiento comprende además las etapas de

- poner en contacto dicha mezcla de gases a la salida de la cámara de combustión, opcionalmente previamente a dicho lavado o a dicha condensación u opcionalmente después del empobrecimiento citado, con dicho ácido ortofosfórico, antes de su pulverización en dicha cámara de combustión,
- intercambio de calor entre dicho ácido ortofosfórico y dicha mezcla de gases, y
- recuperación de eventuales gotas de dicha niebla de ácido polifosfórico arrastrado por dicha mezcla de gases a la salida de esta última cámara de combustión.

Por lo tanto, el ácido ortofosfórico a polimerizar sería utilizado como primer líquido de lavado de los gases calientes en un contactor gas-ácido que permite por una parte precalentar el ácido a polimerizar por el contacto con los gases calientes de dicha mezcla de gases a la salida de la cámara de combustión antes de su pulverización en la llama, lo que da una ganancia energética y una recuperación de energía del gas calentado y permite, por otra parte, recuperar gotas de ácido polifosfórico formadas por polimerización en la cámara de combustión, que podrían haber sido arrastradas en los gases calientes y así reintroducirlas en dicha cámara de combustión.

Por supuesto, la temperatura de los gases calientes que abandonan el contactor gas-ácido no puede ser inferior a la temperatura de rocío en el ácido ortofosfórico sin lo cual una parte del agua eliminada en la cámara de combustión y presente en los gases calientes de dicha mezcla condensaría de nuevo.

- 5 La temperatura del ácido ortofosfórico (que contiene opcionalmente un poco de ácido polifosfórico) a la salida de dicho contactor gas-líquido podría alcanzar una temperatura comprendida entre 190 y 240°C antes de la pulverización, preferiblemente aproximadamente 200°C.

Se mencionan otras formas de realización del procedimiento según la invención en las reivindicaciones anexas.

- La invención tiene igualmente por objetivo un dispositivo de producción de ácido polifosfórico que comprende: una cámara de combustión que presenta una parte superior y una parte inferior,
- 10 - al menos un quemador situado en dicha parte superior de la cámara de combustión,
- una primera entrada para un combustible y una segunda entrada para un aire de combustión, situadas las dos en dicha parte superior de dicha cámara de combustión y dispuestas para alimentar en combustible y en aire de combustión el dicho al menos un quemador, que genera una llama,

comprendiendo este dispositivo además

- 15 - una alimentación en fluido de pulverización que comprende ácido ortofosfórico que se dispone para arrastrar dicho fluido de pulverización al nivel de dicho al menos quemador, en dicha llama,
- medios de separación que permiten separar, por una parte, dicho ácido polifosfórico producido en dicha cámara de combustión y, por otra parte, una mezcla de gases que se introduce igualmente en dicha cámara de combustión y que arrastra dicho ácido polifosfórico, y
- 20 - una salida de ácido polifosfórico, por debajo de dicha cámara de combustión, y una salida de dicha mezcla de gases en dicha parte inferior de esta cámara de combustión.

- 25 En un modo de realización ventajoso, dicha cámara de combustión presenta una pared externa y una pared interna en carbono amorfo no impregnado entre las que circula un gas neutro. El carbono amorfo no impregnado presenta una baja conductividad térmica y permite funcionar con una temperatura de pared de 650°C. Ya que el carbono amorfo no impregnado presenta una baja conductividad térmica, la pared interna se mantiene caliente, y esto, incluso cuando se produce la polimerización-condensación. A título de información, la polimerización-condensación está acompañada de una eliminación de agua que provoca una brusca bajada de la temperatura de los gases calientes (enfriamiento de los gases calientes). Si la pared fuera de un material buen conductor térmico, se observaría la aparición de zonas más frías que podrían provocar de nuevo la condensación del vapor de agua
- 30 contenido en los gases calientes. Por lo tanto, la pared de carbono amorfo no impregnado evita los puntos fríos. Sin embargo, una contrapresión de nitrógeno o de otro gas neutro es ventajosa para impedir la difusión del ácido fosfórico o polifosfórico producido en la porosidad del carbono. Esta contrapresión de nitrógeno hace la función de barrera y el nitrógeno, que se difunde a través de la porosidad interna abierta de la pared, permite protegerla de los oxidantes eventuales presentes en dicha mezcla de gases calientes.

- 35 En otro modo de realización, la cámara de combustión comprende paredes de carburo de silicio. Además, ventajosamente, la cámara de combustión comprende una pared interna y una pared externa ambas dos de carburo de silicio. Entre cada pared, los gases calientes de dicha mezcla de gases salida de la cámara de combustión pueden circular entonces desde lo bajo hacia lo alto, en el exterior de la cámara de combustión antes de quitar el reactor. Así, los gases calientes intercambian su calor residual con la pared interna de la cámara de combustión para
- 40 evitar la existencia de puntos fríos. Además, este modo de realización evita el inconveniente de tener que trabajar bajo gas neutro ya que ya no es necesario trabajar en presencia de grafito y los riesgos de ignición entonces se reducen. Aunque los gases calientes en la camisa mantienen la temperatura en la cámara de combustión, es posible que estos condensen al comunicar su calor a la cámara de combustión. En este caso, están presentes medios de recuperación de los condensados apropiados igualmente y permitirán reinyectar los condensados bien en la cuba de
- 45 colecta, bien al nivel del quemador en función de la calidad de estos condensados.

- 50 En una variante, dichos medios de separación comprenden un dispositivo estático situado en la parte inferior de la cámara de combustión, por ejemplo constituidos por una sección de cámara de combustión, en una parte inferior, más grande que permite obtener una pérdida de velocidad de gas de combustión o de gases calientes. Por lo tanto, gracias a la pérdida de velocidad, los gases efectúan un movimiento de rotación antes de ser dirigidos por un deflector hacia la salida de gases calientes de la cámara de combustión mientras que las pequeñas vesículas o gotas (de densidad= 2) de ácido polifosfórico son arrastradas por la gravedad hacia la salida de ácido polifosfórico con una trayectoria uniforme.

En una variante según la invención, el dispositivo comprende además una cuba de colecta de ácido polifosfórico unida a dicha salida de ácido polifosfórico y que presenta una tubería de sustracción, unida a un intercambiador de

calor, estando dicho intercambiador de calor unido luego a un depósito de almacenamiento de ácido polifosfórico y/o por otra parte a una tubería de reciclaje de ácido polifosfórico que vuelve a dicha cuba de colecta.

5 Como ya se ha mencionado anteriormente, este dispositivo permite obtener un bucle de recirculación que comprende un intercambiador de calor. Este bucle de recirculación se coloca con el fin de controlar la temperatura del ácido en la cuba que debe ser mantenida entre 100 y 120°C para permitir asegurar la integridad de los materiales y evitar que el ácido polifosfórico se fije en esta instalación. A título de información, el ácido polifosfórico producido se colecta a una temperatura comprendida entre 350 y 650°C (en función de la concentración del ácido polifosfórico deseado. La tasa de reciclaje del ácido enfriado con respecto al ácido producido debe ser importante (aproximadamente de un factor 20), lo que provoca una agitación importante acompañada de un enfriamiento
10 adecuado para alcanzar la temperatura de 100 a 120°C.

En un modo de realización ventajoso del dispositivo según la invención, dicha salida de la mezcla de gases calientes está unida directamente o indirectamente en la torre de lavado.

En una variante según la invención, el dispositivo comprende además un condensador indirecto, unido directamente o indirectamente a dicha salida de gases calientes.

15 Que sea la torre de lavado o el condensador indirecto, estos dispositivos permiten recuperar compuestos ácidos o nocivos para el medioambiente en una solución acuosa de lavado o una fase acuosa derivada de la condensación que luego podrá ser posteriormente reutilizada en otros procedimientos conectados tal como por ejemplo la producción de ácido fosfórico a partir de mineral de fosfato que utiliza ácido sulfúrico y comprende frecuentemente compuestos fluorados.

20 En una variante ventajosa según la invención, está presente un medio de enfriamiento controlado de los gases calientes unido a dicha salida de los gases calientes de la cámara de combustión. Por lo tanto esto permite enfriar de manera controlada los gases calientes de la mezcla de gases derivado de la cámara de combustión para recuperar también ácido polifosfórico antes de que los gases calientes pasen a la torre de lavado, de condensación u otra o todas las combinaciones de estos.

25 En otro modo de realización ventajoso, el dispositivo según la invención comprende además un contactor gas-ácido que presenta, en su parte inferior, una entrada de la mezcla de gases calientes, unida a dicha salida de dicha mezcla de gases calientes de la cámara de combustión, opcionalmente después de dicho medio de enfriamiento controlado, así como en su parte superior, una salida de una mezcla de gases calientes, opcionalmente unida a dicha torre de lavado o a dicho condensador indirecto cuando están presentes, una entrada de ácido fosfórico, en
30 dicha parte superior de dicho contactor, y una salida de ácido ortofosfórico que contiene opcionalmente un poco de ácido polifosfórico arrastrado por dicho ácido ortofosfórico en contra-corriente de dicha mezcla de gas en dicha parte inferior.

Como se ha mencionado igualmente anteriormente, el contactor gas-líquido permite recuperar el calor de los gases calientes de dicha mezcla de gases para precalentar el ácido ortofosfórico antes de la introducción en la cámara de combustión y permite la recuperación de eventuales gotas de ácido que podrían haber sido arrastradas para dicha
35 mezcla de gases calientes y reintroducirlas al mismo tiempo que el ácido ortofosfórico en la cámara de combustión.

Se entiende que la temperatura de los gases calientes de dicha mezcla que abandona el contactor gas-ácido no puede ser inferior a la temperatura de rocío en el ácido ortofosfórico (sin lo cual el agua vaporizada durante la polimerización volvería a condensar).

40 En un modo ventajoso de realización, dicho contactor gas-ácido comprende además un material de relleno, a través del cual se percola el ácido ortofosfórico, que está dispuesto sobre un soporte perforado o análogo.

En una variante, dicho contactor gas-ácido comprende un difusor de gas que presenta una parte superior sensiblemente permeable al gas y una parte inferior sensiblemente permeable a los líquidos y opcionalmente, en su parte superior, un desnebulizador.

45 En otro modo de realización, dicha salida de ácido ortofosfórico de dicho contactor gas-ácido está unida a dicha alimentación en fluido de pulverización de dicha cámara de combustión.

En una variante, el dispositivo según la invención comprende igualmente un depósito de almacenamiento de ácido ortofosfórico, unido por una tubería, bien a dicho contactor gas-ácido bien a dicha alimentación en fluido de pulverización de dicha cámara de combustión.

50 Otros modos de realización del dispositivo según la invención se mencionan en las reivindicaciones anexas.

Otras características, detalles y ventajas de la invención aparecerán en la descripción dada a continuación a título no limitativo y haciendo referencia a las figuras anexas.

La figura 1 es un diagrama de bloques de una unidad piloto que comprende una cámara de combustión y un contactor recuperador gas-ácido.

La figura 2 es un diagrama de bloques de otra cámara de combustión según la invención.

El procedimiento según la invención se utiliza por ejemplo en un dispositivo tal como se ha ilustrado que comprende una cámara de combustión 1 que comprende un quemador 2, una primera entrada 3 para un combustible tal como por ejemplo gas natural, una segunda entrada 4 para un aire de combustión. Dicho quemador 2 alimentado por dicho combustible y dicho aire de combustión, preferiblemente según la cantidad estequiométrica, permite generar una llama, en este caso a orientar hacia el bajo a una temperatura que llega hasta 1700°C y gases de combustión que presentan sensiblemente la misma temperatura. Esta temperatura disminuye hasta 500-650°C durante la inyección del ácido y de la reacción de polimerización-condensación. De esta manera, el contenido en oxígeno de los gases de combustión está limitado al máximo.

Como se puede ver, la primera y la segunda entrada se sitúan en la parte superior igualmente denominada cielo de la cámara de combustión 1 o de manera sensiblemente equivalente sobre toda parte lateral superior de la cámara de combustión. La cámara de combustión 1 comprende igualmente una alimentación en fluido de pulverización 5 que permite traer este fluido hasta la altura de la llama para pulverizarlo. El fluido de pulverización está constituido, entre otros, por una mezcla de ácido ortofosfórico y opcionalmente de nitrógeno para pulverizar el ácido de manera óptima en la cámara de combustión.

Por supuesto, se pueden utilizar otros fluidos secundarios tal como por ejemplo cualquier gas neutro no inflamable. Cuando el fluido de pulverización se pulveriza en la llama, la reacción de polimerización-condensación puede producirse ya que el ácido fosfórico presenta una energía suficiente para ello.

La reacción de polimerización-condensación del ácido ortofosfórico en ácido polifosfórico se produce por lo tanto a una temperatura superior a 350°C. Su formación está acompañada de una eliminación de agua instantánea (de constitución y de dilución del ácido fosfórico) en forma de vapor que se mezcla a los gases de combustión y al ácido ortofosfórico gaseoso pulverizado (y a las impurezas presentes). La eliminación de agua provoca una bajada brutal de la temperatura de los gases calientes (de combustión y de ácido gaseoso) y por lo tanto un enfriamiento de estos últimos (debido a la energía necesaria para la reacción de polimerización-condensación). Además, este enfriamiento brusco de los gases de la mezcla así formado para alcanzar la temperatura diana predeterminada permite imponer restricciones de funcionamiento del material menos severas lo que aumenta considerablemente la duración de vida de la instalación.

La cámara de combustión comprende igualmente medios de separación 6 que permiten de separar por una parte el ácido polifosfórico producto de los gases calientes de la mezcla de gas producido en dicha cámara de combustión.

La cámara de combustión comprende, por ejemplo, como medio de separación, una sección inferior más grande que permite obtener una pérdida de velocidad de los gases de la mezcla de gases así producidos. Por lo tanto, gracias a la pérdida de velocidad de estos últimos, los gases efectúan un movimiento de rotación (de aproximadamente 150 a 215°, preferiblemente de aproximadamente 180°) mientras que las pequeñas partículas de ácido polifosfórico, que de hecho son vesículas líquidas de densidad aproximadamente igual a 2 constituidas por ácido polifosfórico formado son en cuanto a ellas arrastradas por la gravedad hacia abajo, hacia la salida de ácido polifosfórico 7.

Los gases que han efectuado una rotación se inyectan en cuanto a ellos por la salida de la mezcla de gases calientes 8. Como se puede ver, la cámara de combustión presenta una pared externa 9 y una pared interna 10 entre la que se alimenta un gas neutro 11, por ejemplo nitrógeno. La pared interna es preferiblemente de carbono amorfo no impregnado que presenta una baja conductividad térmica y por lo tanto es un buen aislante. Por lo tanto la pared de carbono amorfo se mantiene caliente, lo que evita la aparición de puntos fríos susceptibles de volver a condensar el agua eliminada en la etapa de polimerización-condensación. El carbono amorfo no impregnado permite funcionar con una temperatura de pared de aproximadamente 650°C y el nitrógeno inyectado es ventajoso para impedir la difusión del ácido fosfórico y/o del ácido polifosfórico en la porosidad del carbono así como evitar la presencia de oxígeno caliente sobre las paredes de carbono que podrían entonces inflamarse.

Ya que la cantidad de aire de combustión es estequiométrica a la cantidad de combustible y ya que el ácido ortofosfórico se pulveriza en presencia de nitrógeno, la presencia de oxidante ya está limitada al máximo, sin embargo sin valer 0. Por lo tanto, es ventajoso tener esa barrera de nitrógeno para mantener intactas o casi intactas las paredes internas de la cámara de combustión.

La salida de ácido polifosfórico 7 desemboca en una cuba de colecta de ácido polifosfórico 12. La cuba presenta una tubería 13 de sustracción que está unida a un intercambiador de calor 14 que está unido en cuanto a él, por una parte, a un depósito de almacenamiento 15 de ácido polifosfórico gases calientes y, por otra parte, en el modo de realización ilustrado, a una tubería 16 de reciclaje de ácido polifosfórico volviendo a la cuba de colecta. Por lo tanto, este bucle de recirculación 13, 14, 16 se coloca con el fin de controlar la temperatura del ácido en la cuba, que debe mantenerse entre 100°C y 120°C para permitir la resistencia del material y evitar que el ácido polifosfórico se fije en esta parte de la instalación, mientras este último se colecta a aproximadamente 500-650°C en función de la

concentración en P_2O_5 en el ácido ortofosfórico de partida. Por lo tanto, hace falta una agitación de un caudal importante de ácido polifosfórico producido, previamente enfriado, para bajar brutalmente la temperatura del ácido polifosfórico producido y colectado a 500-650°C.

En este modo de realización ilustrado, dicha salida de la mezcla de gases calientes 8 está unida a un medio de enfriamiento controlado 30 que comprende un intercambiador de calor (no ilustrado). Este intercambio de calor disminuye la temperatura de la mezcla de gases calientes a una temperatura ligeramente superior al punto de rocío de los gases en el ácido polifosfórico para recuperar ácido polifosfórico que habría sido arrastrado por la mezcla de gases. La salida de la mezcla de gases calientes está unida generalmente a un contactor gas-ácido 17 que permite entre otras depurar los gases calientes salidos de la cámara de combustión 1 antes de su expulsión a la atmósfera y por otra parte recuperar una parte de su calor.

El contactor gas-ácido 17 comprende una entrada de la mezcla de gases calientes 18 que está unida a dicha salida de la mezcla de gases calientes 8 de la cámara de combustión 1 en una parte inferior de este y una salida de la mezcla de gases calientes 23 que se sitúa en una parte superior del contactor gas-ácido 17. Por lo tanto, los gases calientes de la mezcla de gases que salen de la cámara de combustión penetran en el contactor gas-ácido 17 y se escapan por un movimiento ascendente hacia la salida de gases calientes 23.

De manera ventajosa, la temperatura de los gases calientes que abandonan el contactor gas-ácido 17 no puede ser inferior a la temperatura de rocío en el ácido ortofosfórico.

El contactor gas-ácido 17 comprende un difusor de gas 19 que presenta una parte superior 20 sensiblemente permeable a los gases y una parte inferior 21 sensiblemente permeable a los líquidos. Por lo tanto, los gases calientes pasan a través de la parte superior 20 mientras que partes líquidas eventuales, arrastradas por los gases calientes que salen de la cámara de combustión, quedan confinadas en el difusor de gas y, sometidas a la gravedad, pasan a través de la parte inferior 21. Además, en su parte superior, el contactor gas-ácido 17 comprende igualmente un desnebulizador 22 que permite recuperar eventuales gotas de líquido presentes en el gas antes de su salida vía la salida de gases calientes 23.

El contactor gas-ácido 17 comprende igualmente una entrada de ácido ortofosfórico 24 en una parte superior y una salida de ácido fosfórico 25 (ácido ortofosfórico y polifosfórico residual) en una parte inferior. Por lo tanto, el ácido ortofosfórico circula desde lo alto hacia abajo en el contactor gas-ácido 17 y permite, por una parte, ser precalentado por los gases calientes que circulan, en cuanto a ellos, de abajo hacia arriba y, por otra parte, recuperar eventuales gotas de ácido polifosfórico inicialmente formadas en la cámara de combustión 1 pero que podrían haber sido arrastradas por los gases calientes.

El contactor gas-ácido 17 comprende igualmente un material de relleno 26, a través del cual percola el ácido fosfórico alimentado por la entrada de ácido ortofosfórico 24, que está dispuesto sobre un soporte perforado 27 por ejemplo una rejilla soporte. Preferiblemente, el material de relleno 26 almacena el calor que proviene de los gases calientes. La salida de ácido fosfórico 25 del contactor gas-ácido 17 está unida a dicha alimentación de fluido de pulverización 5 de la cámara de combustión 1. Por lo tanto, el ácido fosfórico que entra en la cámara de combustión vía el fluido de pulverización está precalentado por los gases calientes a una temperatura comprendida entre 190 y 240°C, y preferiblemente aproximadamente 200°C.

En un modo de realización particularmente ventajoso, el ácido fosfórico proviene, antes de su entrada en el recuperador gas-ácido 17 de un depósito de almacenamiento de ácido fosfórico, unido a una tubería al contactor gas-ácido 17.

En un modo de realización ilustrado, los gases calientes de la mezcla de gases se escapan del contactor gas-ácido 17 por la salida 23 que está unida a una torre de lavado 31 por una entrada de gases calientes 32 o de la mezcla de gases calientes situada en una parte inferior de esta. Como se puede ver, la torre de lavado 31 está alimentada en solución de lavado de diferentes puntos de esta 33a, 33b, 33c. Esta solución de lavado permite arrastrar contaminantes presentes en los gases calientes, como por ejemplo, SO_x gaseoso o compuestos fluorados. Estos últimos contaminantes gaseosos se disuelven entonces en la solución acuosa de lavado y forman la solución de lavado antes de recuperarse en un reservorio de colecta 34. El reservorio de colecta 34, realimenta en circuito cerrado la torre de lavado 31. Por lo tanto, los gases que se escapan a la atmósfera por la salida 35 están exentos o casi exentos de contaminantes nefastos para el medioambiente.

Cuando una parte de la solución de lavado se retira o si la concentración en compuestos ácidos o la temperatura es muy elevada, un aporte de agua permitirá regularizar la situación provocando un efecto de dilución entre otros.

El depósito 34 comprende igualmente una salida de solución de lavado (ligeramente ácida) 36. Esta solución de lavado ácida puede servir por lo tanto para otros procedimientos como por ejemplo la extracción de ácido fosfórico a partir de mineral de fosfato ya que esta solución acuosa de lavado ácida está constituida principalmente por ácido sulfúrico y compuestos fluorados.

Por lo tanto destaca claramente de esto que el dispositivo y el procedimiento según la invención son particularmente poco contaminantes. En efecto, los puntos fríos se evitan en la medida de lo posible para evitar la condensación y el

- aporte de agua en el ácido polifosfórico, a nivel de la cámara de combustión, por la presencia de paredes de carbono amorfo no impregnado que presentan una baja conductividad térmica. Por lo tanto, en lugar de perder la energía de estos gases calientes o de expulsar gases muy calientes a la atmósfera, el dispositivo según la invención permite recuperar claramente esta energía para precalentar el ácido fosfórico antes de su entrada en la cámara de combustión y por lo tanto reducir el consumo del quemador 2.
- Además, por la presencia del contactor gas-ácido 17, del desnebulizador 22 así como del difusor de gas 19, no hay prácticamente pérdida a nivel del ácido polifosfórico producido ya que todo lo que es posible recuperar en los gases calientes es recuperado por el ácido fosfórico que percola a través del contactor gas-ácido desde arriba hacia abajo.
- En un modo de realización por ejemplo a muy gran escala, la torre de lavado será reemplazada por un condensador indirecto que permite obtener los mismos resultados pero un rendimiento muy elevado en emisión reducida de contaminantes.
- Como se puede ver en la figura 2, se puede utilizar otro tipo de cámara de combustión en la instalación dada a título de ejemplo en la figura 1. La cámara de combustión 1 ilustrada comprende por lo tanto un quemador 2, una primera entrada 3 para un combustible y una segunda entrada 4 para un aire de combustión. La cámara de combustión 1 comprende igualmente una alimentación en fluido de pulverización 5 que permite llevar este fluido a la altura de la llama para pulverizarlo. El fluido de pulverización está constituido, entre otros, por una mezcla de ácido ortofosfórico sustancialmente puro y opcionalmente nitrógeno para pulverizar el ácido de manera óptima en la cámara de combustión.
- La cámara de combustión 1 comprende una pared interna 9, preferiblemente de carburo de silicio y una pared externa 10 igualmente de carburo de silicio, recubierta por una capa 37 protectora y aislante. Entre la pared interna 9 y externa 10 se define una camisa 38 en la cual los gases calientes de la mezcla de gases podrán circular con el fin de calentar la cámara de combustión 1 y así evitar los puntos fríos que son nefastos, como se ha mencionado anteriormente.
- La cámara de combustión comprende igualmente medios de separación 6 que permiten separar por una parte el ácido polifosfórico producido y por otra parte los gases calientes de la mezcla de gases producidos igualmente en dicha cámara de combustión y que arrastran dicho ácido polifosfórico. En este modo de realización, los medios de separación toman la forma de un fondo 6 de cámara de combustión agujereado con orificios 40. El fondo 6 de la cámara de combustión agujereado por orificios 40 reposa sobre la base 39. Los gases calientes arrastran dicho ácido polifosfórico a través de orificios 40 y son desviados hacia la pared inferior de la cámara de combustión. Por lo tanto, remontan en la camisa 38 antes de salir por la salida de los gases calientes 8 situados esta vez en una parte superior de la cámara de combustión 1 mientras que el ácido polifosfórico formado y así arrastrado abandona principalmente por gravedad la cámara de combustión 1 por la salida de ácido polifosfórico 7 por el bajo de la cámara de combustión 1. Por supuesto, los gases calientes de la mezcla citada arrastran una parte del ácido polifosfórico producido igualmente en la camisa 38, pero como se ha mencionado anteriormente, el dispositivo según la invención comprende diversos medios apropiados que permiten su recuperación con el fin de aumentar de manera significativa el rendimiento de producción global de la instalación según la invención. Recordemos que las pequeñas partículas de ácido polifosfórico producidas son de hecho vesículas líquidas de densidad aproximadamente igual a 2 constituidas por ácido polifosfórico formado y en cuanto a ellas son arrastradas por la gravedad hacia el bajo, hacia la salida de ácido polifosfórico 7.
- Los gases que han efectuado una rotación son en cuanto a ellos expulsados por la salida de gases calientes 8.
- Se entiende que la presente invención no está limitada de ninguna manera a los modos de realización descritos anteriormente y que se pueden aportar modificaciones sin salirse del marco de las reivindicaciones anexas.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de producción de ácido polifosfórico a partir de soluciones de ácido ortofosfórico, que comprende:
 - 5 a) una combustión de un combustible en presencia de aire de combustión en una cámara denominada de combustión (1), que presenta una parte superior y una parte inferior, teniendo lugar la combustión en dicha parte superior para formar en ella una llama y gases de combustión, caracterizado porque comprende además
 - 10 b) una pulverización de un fluido de pulverización que comprende ácido ortofosfórico en dicha llama producida en dicha parte superior de la cámara de combustión, con una polimerización-condensación de dicho ácido ortofosfórico para formar un ácido polifosfórico en forma de niebla de ácido acompañado de una formación de gases que se mezclan con los gases de combustión para alcanzar una temperatura predeterminada, provocando dicha mezcla una bajada brutal de la temperatura de los gases de combustión,
 - c) una separación de dicha niebla de ácido polifosfórico y de dicha mezcla de gases,
 - 15 d) una colecta de dicho ácido polifosfórico así formado en el bajo de dicha cámara de combustión (1) en una cuba (12), y
 - e) una salida de dicha mezcla de gases en dicha parte inferior de dicha cámara de combustión (1) pero separada de dicha colecta de ácido polifosfórico.
- 20 2. Procedimiento según la reivindicación 1, donde dicho fluido de pulverización que comprende ácido ortofosfórico se pulveriza en dicha llama en presencia de un fluido secundario, en particular, un gas inerte, preferiblemente nitrógeno.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó la reivindicación 2, donde durante dicha combustión, la cantidad de aire de combustión es estequiométrica respecto a la cantidad de combustible.
- 25 4. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende además una sustracción de ácido polifosfórico colectado, un intercambiador de calor que permite el enfriamiento del ácido polifosfórico así sustraído y una alimentación de dicha cuba (12) en ácido polifosfórico enfriado.
5. Procedimiento según la reivindicación 4, donde dicha alimentación de ácido polifosfórico enfriado alimenta igualmente un depósito de almacenamiento (15).
- 30 6. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde dicha mezcla de gases a la salida de la cámara de combustión está empobrecido en P_2O_5 por enfriamiento controlado para una recuperación adicional de ácido polifosfórico.
7. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, donde dicha mezcla de gases en la salida de la cámara de combustión, opcionalmente empobrecida en P_2O_5 , se lava con una solución acuosa de lavado y se enfría a una temperatura comprendida entre 35 y 50°C.
- 35 8. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, donde dicha mezcla de gases en la salida de la cámara de combustión, opcionalmente empobrecida en P_2O_5 condensa por vía indirecta
9. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además:
 - poner en contacto dicha mezcla de gases a la salida de la cámara de combustión, opcionalmente previo a dicho lavado o a dicha condensación u opcionalmente después del empobrecimiento citado, con dicho
 - 40 ácido ortofosfórico, antes de su pulverización en dicha cámara de combustión (1),
 - un intercambio de calor entre dicho ácido ortofosfórico y dicha mezcla de gases, y
 - una recuperación de eventuales gotas de dicha niebla de ácido polifosfórico arrastradas por dicha mezcla de gases a la salida de esta última cámara de combustión.
- 45 10. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde el ácido ortofosfórico tiene una temperatura comprendida entre 190 y 240°C antes de pulverización, preferiblemente aproximadamente 200°C.
11. Dispositivo de producción de ácido polifosfórico que comprende:
 - una cámara de combustión (1) que presenta una parte superior y una parte inferior,

- al menos un quemador (2) situado en dicha parte superior de la cámara de combustión (1),
 - una primera entrada (3) para un combustible y una segunda entrada (4) para una aire de combustión, situadas ambas en dicha parte superior de dicha cámara de combustión y dispuestas para alimentar en combustible y en aire de combustión el dicho al menos un quemador, que genera una llama,
- 5 caracterizado porque comprende además
- una alimentación en fluido de pulverización (5) que comprende ácido ortofosfórico que está dispuesta para llevar dicho fluido de pulverización a nivel de dicho al menos un quemador (2), en dicha llama,
 - medios de separación (6) que permiten separar, por una parte, dicho ácido polifosfórico producido en dicha cámara de combustión (1) y, por otra parte, una mezcla de gases que se produce igualmente en dicha
- 10 cámara de combustión y que arrastra dicho ácido polifosfórico, y
- una salida de ácido polifosfórico (7), en el bajo de dicha cámara de combustión (1), y una salida de dicha mezcla de gases (8) en dicha parte inferior de esta cámara de combustión.
12. Dispositivo según la reivindicación 11, donde dicha cámara de combustión (1) presenta una pared externa (9) y una pared interna (10) de carbono amorfo no impregnado entre las cuales circula un gas neutro.
- 15 13. Dispositivo según la reivindicación 11, donde dicha cámara de combustión comprende una pared interna (10) de carburo de silicio, y opcionalmente una pared externa (9) igualmente de carburo de silicio entre las cuales se define una doble camisa (38).
14. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, donde dichos medios de separación comprenden un dispositivo estático situado en dicha parte inferior de la cámara de combustión.
- 20 15. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 14, que comprende además una cuba de colecta de ácido polifosfórico (12) unida a dicha salida de ácido fosfórico (7) y que presenta una tubería de sustracción (13), unida a un intercambiador de calor (14), estando dicho intercambiador de calor (14) unido luego a un depósito de almacenamiento (15) de ácido polifosfórico y/o por otra parte a una tubería de reciclado (16) de ácido polifosfórico que vuelve a dicha cuba de colecta (12).
- 25 16. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 15, que comprende además una torre de lavado (31) unida, directamente o indirectamente, a dicha salida de la mezcla de gases calientes.
17. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 16, que comprende además un condensador indirecto unido directamente o indirectamente a dicha salida de la mezcla de gases calientes.
- 30 18. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 18, que comprende además un medio de enfriamiento controlado de la mezcla de gases calientes unido a dicha salida de mezcla de gases calientes de la cámara de combustión (1).
19. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 18, que comprende además un contactor gas-ácido (17) que presenta
- 35 - una entrada de una mezcla de gases calientes (18) en una parte inferior, unida a dicha salida de la mezcla de gases calientes (18) de la cámara de combustión (1) opcionalmente igualmente unida a dicho medio de enfriamiento controlado de la mezcla de gases calientes,
- una salida de una mezcla de gases calientes (23) en una parte superior, opcionalmente unida a dicha torre de lavado (31) o a dicho condensador indirecto cuando están presentes,
- una entrada de ácido ortofosfórico (24), en una parte superior de dicho contactor (17), y
- 40 - una salida de ácido ortofosfórico (25) y de eventuales gotas de ácido polifosfórico que contiene opcionalmente un poco de ácido ortofosfórico arrastra a contracorriente de dicha mezcla de gases calientes, en dicha parte inferior.
20. Dispositivo según la reivindicación 19, donde dicho contactor gas-ácido (17) comprende además un material de relleno a través del cual se percola el ácido ortofosfórico, dispuesto sobre un soporte perforado.
- 45 21. Dispositivo según la reivindicación 19 ó 20, donde dicho contactor gas-ácido (17) comprende un difusor de gas (19) que presenta una parte superior (20) sensiblemente permeable a los gases y una parte inferior (21) sensiblemente permeable a los líquidos y opcionalmente, en su parte superior, un desnebulizador (22).

- 5
22. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 19 a 21, donde dicha salida de ácido ortofosfórico (25) de dicho contactor gas-ácido (17) está unida a dicha alimentación de fluido de pulverización (5) de dicha cámara de combustión (1).
 23. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 22, que comprende un depósito de almacenamiento de ácido ortofosfórico, unido por una tubería, bien a dicho contactor gas-ácido bien a dicha alimentación de fluido de pulverización de dicha cámara de combustión (1).

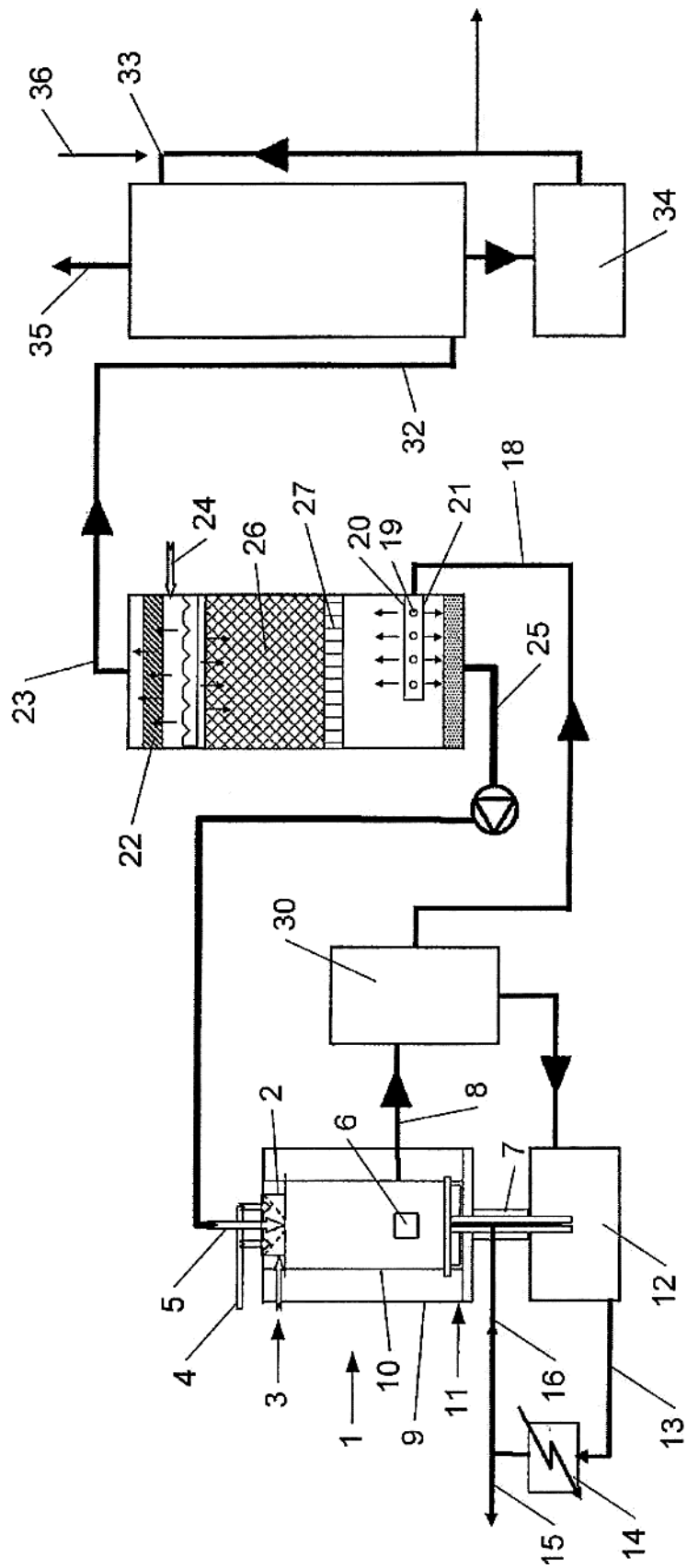


Fig. 1

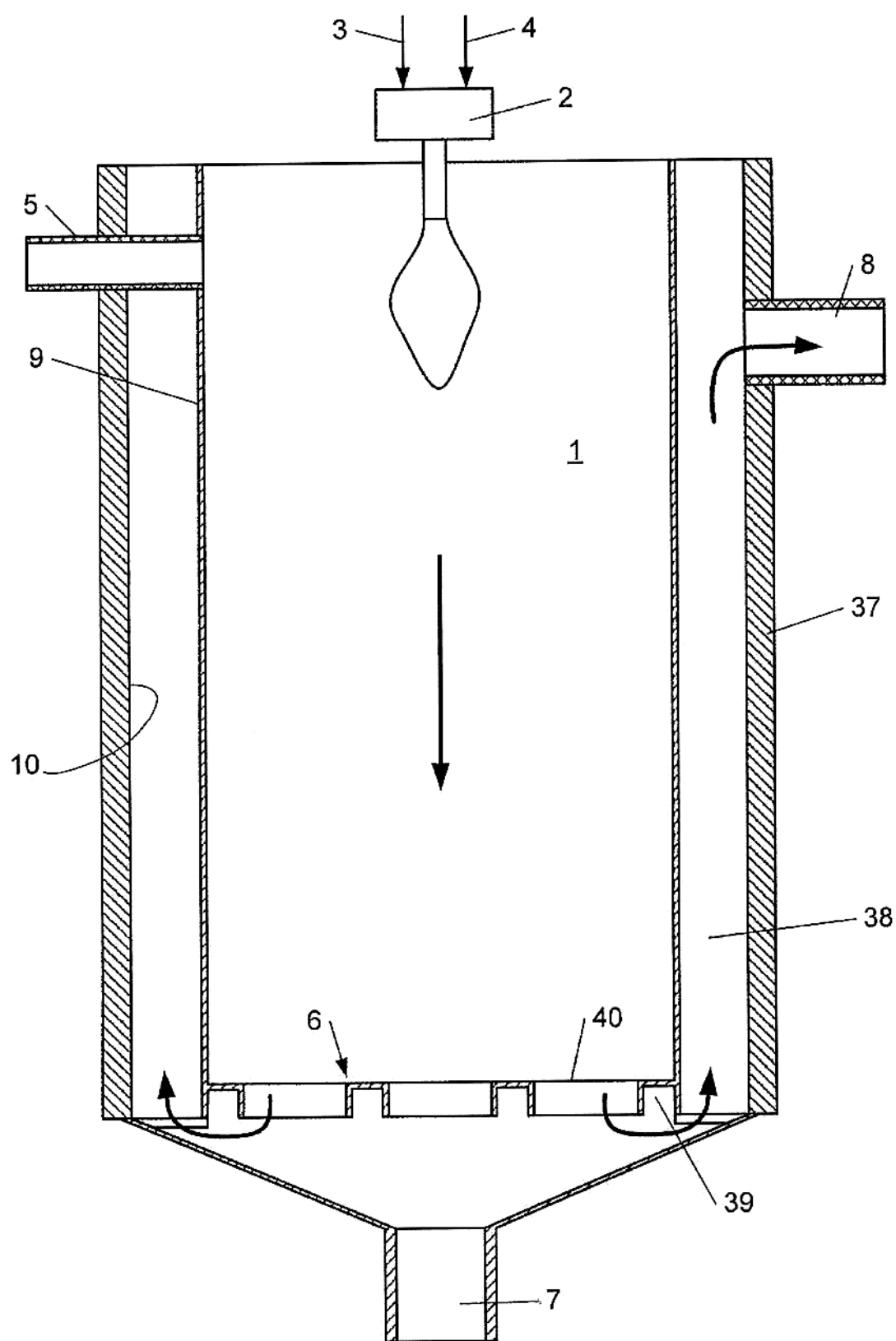


Fig. 2