

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 901 606**

51 Int. Cl.:

F23D 14/22 (2006.01)

F23D 99/00 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.06.2017** **PCT/EP2017/064412**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.12.2018** **WO18228677**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.06.2017** **E 17732826 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.10.2021** **EP 3638952**

54 Título: **Método para la combustión de combustible gaseoso o líquido**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
23.03.2022

73 Titular/es:
OUTOTEC (FINLAND) OY (100.0%)
Rauhalaanpuisto 9
02230 Espoo, FI

72 Inventor/es:
MADUTA, ROBERT;
STRÖDER, MICHAEL y
MUNKO, ANDREAS

74 Agente/Representante:
LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 901 606 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método para la combustión de combustible gaseoso o líquido

La invención se refiere a un método para la combustión de combustible gaseoso o líquido en una cámara de combustión que puede tener una forma cilíndrica con un diámetro D en sección, mediante lo que el combustible gaseoso o líquido, así como el oxidante principal con una velocidad media de u_1 , se introducen a través de una lanza de quemador (que incluye un cabezal de boquilla) en el interior de la cámara de combustión.

El oxidante secundario con una velocidad media de u_2 se introduce a través de un tubo de descenso en el interior de la cámara de combustión. Determinados procedimientos industriales, tales como calentar una carga en un horno conectado, se basan en el calor producido por la combustión de combustible y oxidante. El combustible es, habitualmente, gas natural o petróleo. El oxidante es, habitualmente, aire, aire viciado, oxígeno o aire enriquecido con oxígeno. Los conjuntos de quemador usados presentan, habitualmente, una cámara de combustión con al menos una lanza de quemador para introducir un combustible gaseoso o líquido y un oxidante principal y, opcionalmente, un medio de suministro de oxidante secundario, por ejemplo, un tubo de descenso para aire secundario. Según el estado de la técnica, la cámara de combustión tiene una línea central horizontal, el tubo de descenso para el aire secundario tiene una línea central vertical en la intersección con la cámara de combustión, y la lanza de quemador tiene una línea central horizontal y está ubicada en la línea central de la cámara de combustión en la placa de extremo cerrada de la cámara de combustión (véase, por ejemplo, el documento US 2016/0201904 A1, en el que se basa el formato en dos partes de la reivindicación 1).

Por las razones siguientes, un desafío tecnológico en tales conjuntos de quemador es un perfil de temperatura no uniforme: en primer lugar, un perfil de temperatura no uniforme conlleva una tensión térmica en la pared de la cámara de combustión. En segundo lugar, los puntos calientes en la llama aumentarán la formación de NO_x . Además, un perfil de temperatura no uniforme en la cámara de combustión conlleva, normalmente, un perfil de temperatura no uniforme en el horno conectado en el que una carga va a tratarse térmicamente. Esto a su vez conlleva una calidad de producto no uniforme de la carga tratada térmicamente.

Este último argumento debería explicarse con más detalle con respecto al endurecimiento de pellas en instalaciones para nodulizar mineral de hierro: ahora, el lecho de pellas muestra una distribución de temperatura no uniforme en la dirección horizontal, lo cual es debido a la formación local de zonas calientes en el horno debido a la transferencia de calor por convección desde la llama dentro de la cámara de combustión. Dado que la llama solo ocupa un espacio limitado y el espacio circundante está ocupado por aire secundario más frío procedente del tubo de descenso, puede observarse un enorme gradiente de temperatura a lo largo del radio de la cámara de combustión en su intersección con el horno, así como a lo largo de la anchura del propio horno. Al encontrarse las zonas calientes en el centro del horno, es decir, del lecho de pellas, se crea una gran variación en la calidad de las pellas a lo largo de la anchura del horno.

Habitualmente, debe lograrse una reducción de las emisiones de NO_x inyectando una mezcla de oxidante y combustible. El documento US 8.202.470 B2 describe un conjunto de quemador de un horno de endurecimiento con un paso de aire que conduce a la estación de calentamiento. Una corriente de aire de recirculación precalentado se conduce a través de un paso hacia la estación de calentamiento, y se mezcla con gas combustible para formar una mezcla de combustible que se enciende en el paso. Esto se logra inyectando el gas combustible en el interior del paso en una corriente que no forma una mezcla de combustible con el aire de recirculación precalentado antes de entrar en el paso.

El documento internacional WO 2015/018438 A1 enseña un conjunto de quemador en el que se inyecta aire de combustión en la cámara de combustión de manera que pasa por el quemador y entonces se desvía de manera que el flujo de aire de combustión precalentado y los flujos más pequeños de combustible y aire principal fluyen principalmente en paralelo desde el quemador hasta el horno de los tubos mezcladores al interior de la cámara de combustión para mezclarse con el aire de combustión.

El documento internacional WO 2013/023116 A1 enseña un método para suministrar gas combustible a una cámara de combustión de horno desde el quemador de premezcla que tiene una zona de reacción con una salida a la cámara de combustión de horno. Esto incluye las etapas de inyectar la premezcla de gas combustible principal y aire de combustión en la zona de reacción, y quemar la premezcla para proporcionar productos de combustión que incluyen aire de combustión viciado en la zona de reacción. Etapas adicionales incluyen inyectar gas combustible escalonado en la zona de reacción de manera independiente de la premezcla, descargar el gas combustible escalonado y el aire de combustión viciado desde la zona de reacción a través de la salida a la cámara de combustión de horno, y quemar el gas combustible escalonado y el aire de combustión viciado en la cámara de combustión de horno. Esto permite lograr una combustión de NO_x baja en la cámara de combustión de horno como resultado de la interacción del gas combustible escalonado con el aire de combustión viciado en la zona de reacción.

El documento internacional WO 2010/111217 A1 da a conocer un aparato de supresión de NO_x configurado para su uso con un quemador que inyecta combustible en una corriente de aire de proceso que fluye en el interior y a través de una estufa rotatoria. El aparato comprende un sistema de inyección de premezcla que forma la premezcla de gas

combustible y aire, e inyecta la premezcla en la corriente de aire de proceso aguas arriba de un orificio de quemador. Esto permite que los productos de combustión premezclados supriman la producción de NOx viciando una parte de aire de combustión del aire de proceso antes de que la parte de aire de combustión se queme con el combustible inyectado desde el orificio de quemador.

- 5 Sin embargo, las soluciones descritas no impiden que partes de la cámara de combustión sufran una tensión térmica local elevada. Asimismo, estos documentos no se enfrentan al efecto básico de un gradiente de temperatura, sino que tratan de evitar puntos calientes de temperatura muy alta como causa solo de altas emisiones de NOx.

Por tanto, el objeto de la invención es crear una temperatura de gas más uniforme en el horno completo.

Este problema se resuelve con un método según la reivindicación 1.

- 10 Un método de este tipo comprende la introducción de combustible gaseoso o líquido y oxidante principal en una cámara de combustión a través de una lanza de quemador. Cada uno de los fluidos en la lanza de quemador, por ejemplo, combustible y oxidante principal, se introduce con una velocidad determinada, mediante lo que una corriente puede ser más rápida que la otra (en la entrada a la cámara de combustión). La velocidad media en la lanza de quemador en la entrada a la cámara de combustión se define como u_1 . Además, se introduce un oxidante secundario a través de un tubo de descenso en la cámara de combustión, que presenta una velocidad u_2 media (en la entrada a la cámara de combustión). La cámara de combustión tiene, normalmente, forma de cilindro con un diámetro D en sección y es simétrica con respecto a una línea central (también puede tener otras formas).

Preferiblemente, u_1 es mayor que u_2 . Más preferiblemente, la relación u_1/u_2 se encuentra entre 0,1 y 20,0.

- 20 La parte esencial de la invención es que la lanza de quemador se ajuste en una posición p (medida desde la punta de la lanza de quemador) de manera que la posición p tenga una distancia $|d_1|$ definida como la distancia más pequeña entre p y la línea central de la cámara de combustión. Además, la distancia $|d_1|$ desde la posición p hasta el punto i de intersección de la línea central del tubo de descenso (en la parte del tubo de descenso junto a la zona S de intersección) y la superficie de contacto de la cámara de combustión y el tubo de descenso es menor que la distancia $|d_c|$. La distancia $|d_c|$ se define como la distancia desde la intersección de la línea central de la cámara de combustión y la conexión más corta entre p y la línea a central de la cámara de combustión hasta la intersección i de la línea central del tubo de descenso y la zona S de intersección de la cámara de combustión y el tubo de descenso.

Según la invención, la lanza de quemador está dispuesta en una posición p de manera que la posición p tiene una distancia $|d_1|$ más pequeña, mediante lo que d_1 tiene un signo positivo, a la línea central de la cámara de combustión, mediante lo que $|d_1|$ se define como

- 30 $|d_1| = \left[1 - \left(d \cdot \frac{u_1}{u_2} \right)^{\frac{1}{4}} \right] \cdot \frac{D}{2}$. La velocidad u_1 media se define como $u_1 = \frac{\sum_{i=1}^n v_i^2 \cdot \rho_i \cdot A_i}{\dot{m}_{ges}}$, mediante la que v_i es la velocidad

de cada fluido independiente en la lanza de quemador, ρ_i es la densidad de cada fluido independiente en la lanza de quemador, A_i es la sección transversal para el flujo de cada fluido independiente en la lanza de quemador en la entrada de la lanza de quemador al interior de la cámara de combustión, y $\dot{m}_{ges}$ es el flujo másico total en la lanza de quemador, y d se encuentra en el intervalo entre 0,05 y 0,15. Los fluidos independientes en la lanza de quemador pueden ser, por ejemplo: combustible, aire principal, aire de enfriamiento, aire de protección o una mezcla de aire principal y combustible.

- Las simulaciones de dinámica de fluidos computacional (CFD) han demostrado que al recolocar la lanza en la posición p según la invención, se encontró un gradiente de temperatura $|\Delta T|$ con $|\Delta T| = T_{superficiesdelechodepellas,max} - T_{superficiesdelechodepellas,min}$ de menos de 10K. Esto es mucho más bajo que en el estado de la técnica, en donde $|\Delta T|$ normalmente asciende a 40K. La razón de la mejora es la interacción de la llama y la zona de recirculación en la cámara de combustión.

- 45 Al colocar la lanza de quemador en una posición p más alta con respecto a la línea central de la cámara de combustión en el sentido de que se reduce la distancia entre el extremo inferior del tubo de descenso y la línea central de la lanza de quemador, puede inducirse una desviación de la llama. Esta desviación se provoca en una zona de recirculación debido a la redirección del oxidante secundario precalentado desde el tubo de descenso hasta la cámara de combustión. La llama que se coloca en una ubicación ligeramente más alta según la invención debido a la lanza de quemador recolocada se aspira por la zona de recirculación y finalmente se desvía. Esta desviación modifica, a su vez, el ángulo bajo el que el gas de combustión caliente resultante se encuentra con el gas de combustión procedente de la cámara de combustión colocada de manera opuesta. Según el estado de la técnica, la trayectoria de flujo de la parte más caliente del gas de combustión en el horno se dirige hacia abajo, según la invención se dirige hacia arriba.

Un beneficio adicional de la invención es una reducción de la temperatura en la parte más caliente de la pared de la cámara de combustión: En configuraciones habituales según el estado de la técnica, se encuentran temperaturas más altas en la pared inferior de la cámara de combustión, provocadas por una determinada desviación de la llama dentro

de la cámara de combustión hacia su parte inferior. La configuración según la invención conlleva una distancia de llama significativamente mayor a la pared inferior y, por tanto, la temperatura de la pared inferior se reduce. Esto reduce el riesgo de daños térmicos y puede incluso permitir un aumento de la capacidad del quemador.

5 La invención reivindica la nueva colocación de la lanza de quemador, encontrándose el factor d no dimensional en un intervalo entre 0,05 y 0,15, preferiblemente en el intervalo entre 0,075 y 0,125 y lo más preferiblemente en el intervalo entre 0,09 y 0,11. Para un uso habitual de un conjunto de quemador según el estado de la técnica con una lanza de quemador en la línea central de la cámara de combustión, el factor d se encontraría en el intervalo entre 0,2 y 0,3.

10 Si el factor d excede 0,15, entonces la distancia entre la llama y la zona de recirculación es demasiado grande y, por consiguiente, no tiene lugar desviación de la llama. Si el factor d es inferior a 0,05, entonces la distancia entre la llama y la zona de recirculación es demasiado pequeña, por consiguiente, la temperatura del gas en la zona de recirculación aumenta en gran medida. Por consiguiente, la temperatura de la pared superior aumenta, lo que puede provocar daños térmicos.

15 Es preferible que la velocidad u_1 media sea inferior a 200 m/s, preferiblemente en un intervalo entre 70 y 140 m/s. De este modo, se consigue una caída de presión razonable en la lanza o en el cabezal de lanza, así como una formación de NOx menor.

Además, según la invención, es preferible introducir el oxidante secundario en la cámara de combustión con una velocidad u_2 media entre 10 y 35 m/s para garantizar una buena distribución del combustible.

20 En principio, cada gas con cualquier contenido de oxígeno puede usarse como oxidante. Sin embargo, el aire o el aire enriquecido con oxígeno son los más comunes debido a razones de coste. La siguiente descripción se refiere al aire como oxidante principal y secundario.

Otro parámetro relevante es la relación λ de aire total con $\lambda = \frac{\dot{m}_{\text{aire}}}{\dot{m}_{\text{esteq}}}$ mediante el que $\dot{m}_{\text{aire}}$ es el flujo másico total del aire inyectado (aire principal y secundario) y $\dot{m}_{\text{esteq}}$ es el flujo másico de aire necesario para una reacción estequiométrica con el combustible inyectado. Preferiblemente, λ se encuentra en el intervalo entre 1,2 y 12, preferiblemente entre 2 y 6,5.

25 Por las mismas razones, la relación λ_{prin} de aire principal con $\lambda_{\text{prin}} = \frac{\dot{m}_{\text{aire-prin}}}{\dot{m}_{\text{esteq}}}$ se encuentra en el intervalo entre 0,05 y 2, mediante lo que $\dot{m}_{\text{aire-prin}}$ es el flujo másico del aire principal inyectado.

Una lanza de quemador típica tiene una capacidad en el intervalo entre 2 y 6 MW. Esto permite su uso en hornos industriales habituales.

30 Un conjunto de quemador que puede usarse con el método según la invención comprende una cámara de combustión en forma de cilindro, rectangular o conformada de otro modo con una línea central y un diámetro D hidráulico. Al menos una lanza de quemador se usa como suministro para combustible gaseoso o líquido y oxidante principal con una velocidad u_1 media y un tubo de descenso como suministro de oxidante secundario con una velocidad u_2 media.

35 La lanza de quemador se ajusta en una posición p (medida desde la punta de la lanza de quemador) de manera que la posición p tiene una distancia $|d_1|$ definida como la distancia más pequeña entre p y la línea central de la cámara de combustión. Además, la distancia $|d_1|$ desde la posición p hasta la intersección de la línea central del tubo de descenso y la zona S de intersección de la cámara de combustión y el tubo de descenso es menor que la distancia $|d_c|$. La distancia $|d_c|$ se define como la distancia desde la intersección de la línea central de combustión y la conexión más corta entre p y la línea a central de la cámara de combustión hasta el punto i de intersección de la línea central del tubo de descenso y la zona S de intersección de la cámara de combustión y el tubo de descenso.

40 La lanza de quemador está dispuesta en una posición p de manera que la posición p tiene una distancia $|d_1|$ más pequeña a la línea 1 central de la cámara de combustión, mediante lo que $|d_1|$ se define como

$$|d_1| = \left[1 - \left(d \cdot \frac{u_1}{u_2} \right)^{\frac{1}{4}} \right] \cdot \frac{D}{2}. \text{ La velocidad } u_1 \text{ media se define como } u_1 = \frac{\sum_{i=1}^n v_i^2 \cdot \rho_i \cdot A_i}{\dot{m}_{\text{ges}}}, \text{ mediante la que } v_i \text{ es}$$

45 la velocidad de cada fluido independiente en la lanza de quemador, ρ_i es la densidad de cada fluido independiente en la lanza de quemador, A_i es la sección transversal para el flujo de cada fluido independiente en la lanza de quemador en la entrada de la lanza de quemador al interior de la cámara de combustión y $\dot{m}_{\text{ges}}$ es el flujo másico total en la lanza de quemador.

Al incluir un ángulo α de inclinación de la lanza de quemador con respecto a la línea central de la cámara de combustión, puede amplificarse el efecto positivo de la zona de recirculación sobre el comportamiento de la llama y sobre la distribución de la temperatura en el horno. Este ángulo α de inclinación no debe exceder valores superiores a 12°, preferiblemente debería ser inferior a 10°, ya que de lo contrario la llama entraría en contacto directo con la pared superior de la cámara de combustión. El ángulo α de inclinación puede elegirse de tal manera que la lanza de quemador, respectivamente, cabezal de boquilla, apunte en la dirección del tubo de descenso.

Habitualmente, el diámetro D de la cámara de combustión se encuentra entre 0,5 y 1,8 m, por lo que se adapta bien a los hornos industriales.

Al menos dos conjuntos de quemador, preferiblemente dispuestos de manera simétrica, pueden diseñarse en un horno de endurecimiento de pellas. Al inducir un remolino en el horno, puede mejorarse el mezclado y, por tanto, pueden obtenerse perfiles de temperatura incluso más homogéneos. Esto, a su vez, mejora la uniformidad de la calidad de las pellas. El remolino se induce mediante un ángulo de impacto modificado de los gases de combustión calientes procedentes de dos cámaras de combustión colocadas de manera opuesta. El propio ángulo de impacto modificado es el resultado de una lanza de quemador situada más arriba (combustible y oxidante principal), lo que conlleva una flexión de llama debido a la interferencia parcial de la llama con la zona de recirculación colocada en la pared superior de la cámara de combustión.

Los gases calientes de la llama se redirigen varias veces debido a los planos de simetría al siguiente quemador en una fila, así como al impacto sobre las paredes del horno. Esto crea un enorme sistema de remolino que conlleva un mezclado de flujo mejorado y, finalmente, una distribución de temperatura uniforme del gas de combustión por encima del lecho de pellas. La zona de recirculación, que desvía la llama, no se calienta significativamente de este modo por los gases calientes de la llama.

De este modo, la zona caliente puede desplazarse desde el plano de simetría del horno hacia las paredes laterales del horno. Esto resulta ventajoso porque las pérdidas de calor son mayores en las proximidades de las paredes laterales del horno en comparación con el plano de simetría del horno.

La nueva posición de la lanza de quemador puede realizarse fácilmente instalando conjuntos de quemador apropiados, motivo por el que también pueden optimizarse las instalaciones existentes. La implementación de esta invención es especialmente mucho más económica que otros posibles enfoques en instalaciones existentes, porque la disposición del tubo de descenso puede permanecer como está según el estado de la técnica, es decir, con una línea central vertical en su parte inferior. Esto normalmente da como resultado un ángulo de 90° entre la línea central de la parte inferior del tubo de descenso y la línea central de la cámara de combustión, ya que normalmente la cámara de combustión tiene una línea central horizontal.

La parte inferior del propio tubo de descenso no tiene que estar alineada con la cámara de combustión con un ángulo de 90°, sino que también puede inclinarse, lo que conlleva ángulos menores o mayores de 90°. El valor exacto de la inclinación no importa, ya que la zona de recirculación se creará bajo un amplio intervalo de posibles ángulos de inclinación. Sin embargo, el cambio del ángulo del tubo de descenso en un horno de endurecimiento de pellas existente es casi imposible debido a las limitaciones de espacio y coste.

Ahora se describirá la invención con más detalle en base a la siguiente descripción de las realizaciones preferidas y los dibujos. En detalle, el diseño del estado de la técnica se comparará con el diseño modificado por medio de dibujos que explican el comportamiento de la llama modificada, el efecto de remolino, así como el desarrollo de zonas calientes y frías en la salida del horno.

En los dibujos:

La figura 1 muestra un diseño de un horno de endurecimiento de pellas según el estado de la técnica centrado en las condiciones de flujo.

La figura 2 muestra un diseño de un horno de endurecimiento de pellas según el estado de la técnica centrado en el perfil de temperatura en el horno.

La figura 3 muestra un primer diseño de un horno de endurecimiento de pellas que aplica la invención centrado en las condiciones de flujo.

La figura 4 muestra un primer diseño de un horno de endurecimiento de pellas que aplica la invención centrado en el perfil de temperatura en el horno.

La figura 5 muestra un segundo diseño de un horno de endurecimiento de pellas que aplica la invención centrado en las condiciones de flujo.

La figura 6 muestra un segundo diseño de un horno de endurecimiento de pellas que aplica la invención centrado en el perfil de temperatura en el horno.

La figura 1 muestra un diseño típico de un horno de endurecimiento de pellas, especialmente de un horno de endurecimiento de pellas de mineral de hierro, según el estado de la técnica. Un conjunto 1 de quemador según el estado de la técnica, por ejemplo, en el documento US 2016/0201904 A1 se muestra en una vista en sección.

5 El conjunto 1 de quemador presenta una cámara 2 de combustión que tiene forma cilíndrica con un diámetro D en sección y, por tanto, que es simétrica alrededor de su línea a central. La cámara 2 de combustión funciona como un espacio de reacción a la llama.

En el lado izquierdo de la figura 1, la cámara 2 de combustión se abre a un horno 3. En el lado opuesto, se coloca una lanza 4 de quemador en la posición o. Tal como representa la figura 1 la situación conocida por el estado de la técnica, la posición o está ubicada en la línea a central, lo que da como resultado que la distancia $|d_1|$ sea igual a 0.

10 El horno 3 está diseñado de manera que se utilizan dos conjuntos de quemador, en posiciones opuestas, lo que se indica mediante el plano b de simetría.

15 A través de la lanza 4 de quemador, se inyectan combustible líquido o gaseoso, así como un oxidante principal, preferiblemente aire, en la cámara 2 de combustión. Habitualmente, también se proporciona una unidad o equipo de control (no se muestra) para controlar los suministros de combustible y aire principal al interior de la cámara de combustión.

20 La mayoría del oxidante se inyecta habitualmente a través de un tubo 5 de descenso a través del que fluye hacia abajo el oxidante secundario, por ejemplo, aire precalentado, al interior de la cámara 2 de combustión. La parte inferior del tubo de descenso presenta una línea c central junto a su zona S de intersección con la cámara 2 de combustión. La intersección de la línea c central y la zona S de intersección se define como la posición i. Tal como se muestra mediante las flechas 11, el oxidante secundario pasa por la lanza 4 de quemador y la llama 7 antes de crear una zona 12 de recirculación.

Dentro del horno 3, el gas de combustión procedente de la cámara 2 de combustión fluye hacia abajo (mostrado mediante las flechas 13), por ejemplo, hacia el lecho 6 de pellas.

25 En la figura 2, se usa básicamente la misma estructura. Sin embargo, en lugar de líneas de corriente de gas, la figura 2 muestra un perfil de temperatura simplificado en el horno, por ejemplo, por encima de un lecho 6 de pellas. De este modo, T_1 indica una zona caliente mientras que T_2 indica una zona más fría. Habitualmente, se encuentra una diferencia de al menos 40 K entre estas dos zonas.

En comparación, la figura 3 muestra el mismo conjunto de quemador y horno, a los que puede aplicarse el método inventivo. Tal como se ha descrito, la lanza 4 de quemador se coloca en la posición p con su distancia $|d_1|$ más pequeña

30 a la línea a central de la cámara 2 de combustión, en donde d_1 se define como $d_1 = \left[1 - \left(d \cdot \frac{u_1}{u_2} \right)^{\frac{1}{4}} \right] \cdot \frac{D}{2}$, mediante

la que d se encuentra en el intervalo entre 0,05 y 0,15. Dado que d_1 termina con un signo positivo, la posición p siempre está más cerca del tubo de descenso que en el caso de que termine con un signo negativo.

Tal como se muestra en la figura 3, la llama 7 interactúa con la zona 12 de recirculación, de manera que se encuentran condiciones de flujo altamente turbulento en el horno 3.

35 Como resultado, se consigue un mejor mezclado del flujo de gas dentro del horno 3, motivo por el que la figura 4 muestra un perfil de temperatura más homogéneo, simbolizado por un tamaño casi idéntico de T_1 (zona caliente) y T_2 (zona más fría) con una diferencia en las simulaciones de CFD de un máximo de 10 K entre T_1 y T_2 .

Las figuras 5 y 6 corresponden a las figuras 3 y 4, pero muestran una lanza de quemador inclinada. El ángulo α de inclinación se mide entre la línea a central de la cámara de combustión y la línea central de la lanza 4 de quemador.

40 **Números de referencia**

1 conjunto de quemador

2 cámara de combustión

3 horno

4 lanza de quemador

45 5 tubo de descenso

6 lecho de pellas

- 7 llama
- 11 flujo del oxidante secundario
- 12 zona de recirculación
- 13 flujo del gas en el horno
- 5 T_1 Temperatura en la zona caliente
- T_2 Temperatura en la zona más fría
- a línea central de la cámara de combustión
- α ángulo de inclinación
- b plano de simetría del horno
- 10 c línea central del tubo de descenso (junto a la zona S de intersección)
- D diámetro en sección de la cámara de combustión
- d factor adimensional
- $|d_1|$ distancia más pequeña de la posición p a la línea a central de la cámara de combustión
- i intersección de la línea c central del tubo de descenso y la zona S de intersección de la cámara de combustión y el tubo de descenso
- 15 o posición de la lanza de quemador según el estado de la técnica
- p posición de la lanza de quemador según la invención
- S zona de intersección de la cámara (2) de combustión y el tubo (5) de descenso
- u_1 velocidad media en la lanza de quemador en la entrada a la cámara de combustión
- 20 u_2 velocidad media del oxidante secundario en el tubo de descenso

REIVINDICACIONES

1. Método para la combustión de combustible gaseoso o líquido en una cámara (2) de combustión con un diámetro D hidráulico, mediante el cual el combustible así como el oxidante principal se introducen a través de una lanza (4) de quemador en la cámara (2) de combustión, mediante lo que el combustible y el oxidante principal tienen una velocidad u_1 media determinada en la entrada de la lanza (4) de quemador al interior de la cámara (2) de combustión, mediante

lo que la velocidad u_1 media se define como
$$u_1 = \frac{\sum_{i=1}^n v_i^2 \cdot \rho_i \cdot A_i}{\dot{m}_{ges}}$$
, mediante la que v_i es la velocidad de cada fluido

independiente en la lanza de quemador, ρ_i es la densidad de cada fluido independiente en la lanza de quemador, A_i es la sección transversal para el flujo de cada fluido independiente en la lanza de quemador en la entrada de la lanza de quemador al interior de la cámara de combustión y $\dot{m}_{ges}$ es el flujo másico total en la lanza de quemador y mediante lo que un oxidante secundario con una velocidad media de u_2 se introduce a través de un tubo (5) de descenso en la cámara (2) de combustión, en el que

la lanza (4) de quemador está dispuesta en una posición p medida desde la punta de la lanza de quemador de manera que la posición p tiene una distancia $|d_1|$ definida como la distancia más pequeña entre p y una línea a central de la cámara de combustión, de manera que la lanza de quemador está dispuesta de manera que la distancia desde la posición p hasta un punto i de intersección de una línea central de tubo de descenso y una zona S de intersección de la cámara de combustión y el tubo de descenso es menor que la distancia $|d_c|$ desde la intersección de la línea a central de la cámara de combustión y la conexión más corta entre p y la línea a central de la cámara de combustión hasta el punto i de intersección de la línea c central del tubo de descenso y la zona S de intersección de la cámara (2) de combustión y el tubo (5) de descenso,

caracterizado porque

el valor de $|d_1|$ se define como $|d_1| = \left[1 - \left(d \cdot \frac{u_1}{u_2} \right)^{\frac{1}{4}} \right] \cdot \frac{D}{2}$ y porque d se encuentra en el intervalo entre 0,05 y 0,15.

2. Método según la reivindicación 1, caracterizado porque d se encuentra en el intervalo entre 0,09 y 0,11.

3. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el oxidante principal y/o secundario es aire.

4. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la velocidad u_1 media es inferior a 200 m/s.

5. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el oxidante secundario se introduce en la cámara (2) de combustión con una velocidad u_2 media entre 10 y 35 m/s.

6. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la relación λ de aire total con

$\lambda = \frac{\dot{m}_{aire}}{\dot{m}_{esteq}}$ se encuentra en el intervalo entre 1,2 y 12,0.

7. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la relación λ_{prin} de aire principal con $\lambda_{prin} = \frac{\dot{m}_{aire - prin}}{\dot{m}_{esteq}}$ se encuentra en el intervalo entre 0,05 y 2,0.

8. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la lanza de quemador tiene una capacidad de combustible en el intervalo entre 2 y 6 MW.

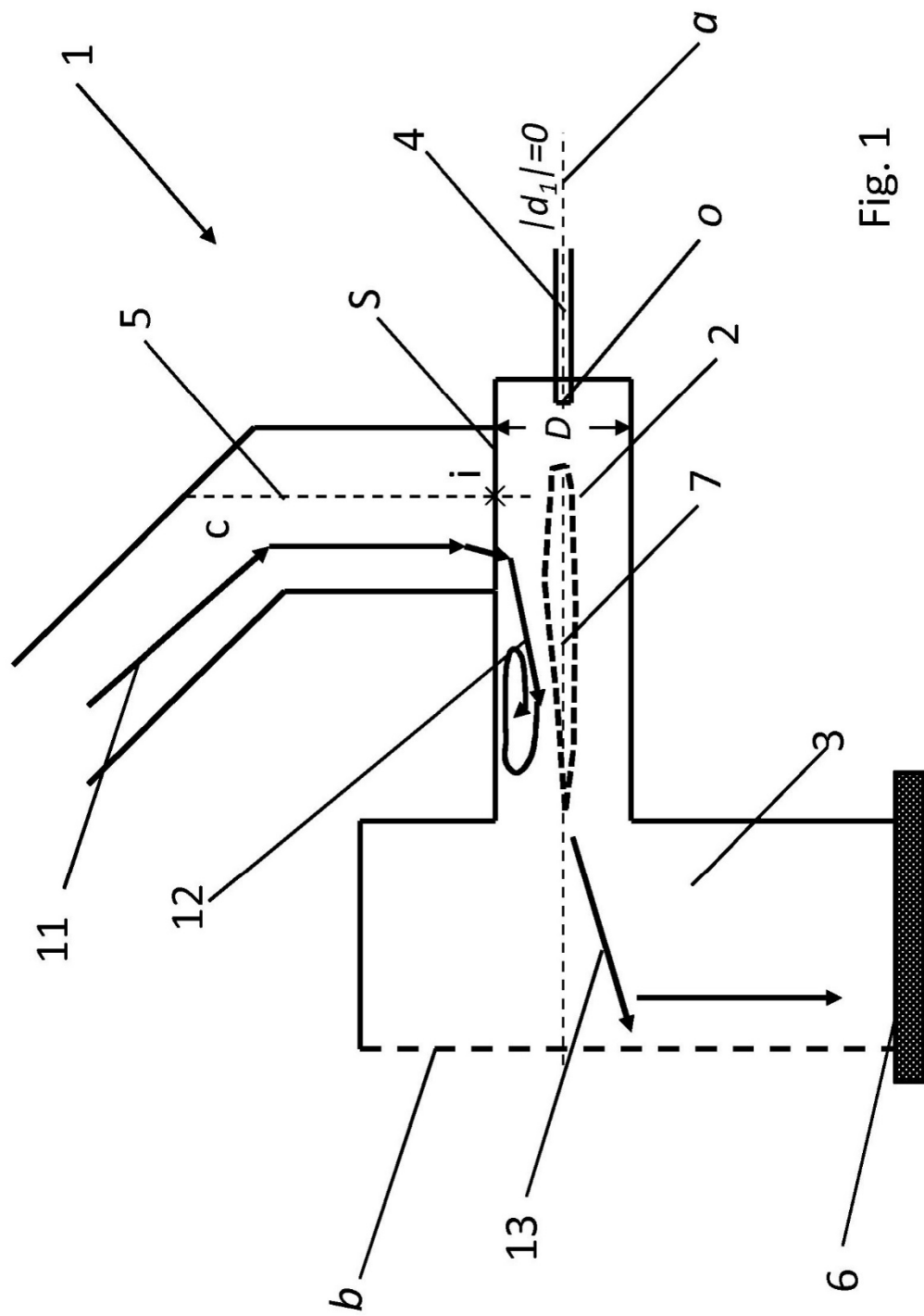


Fig. 1

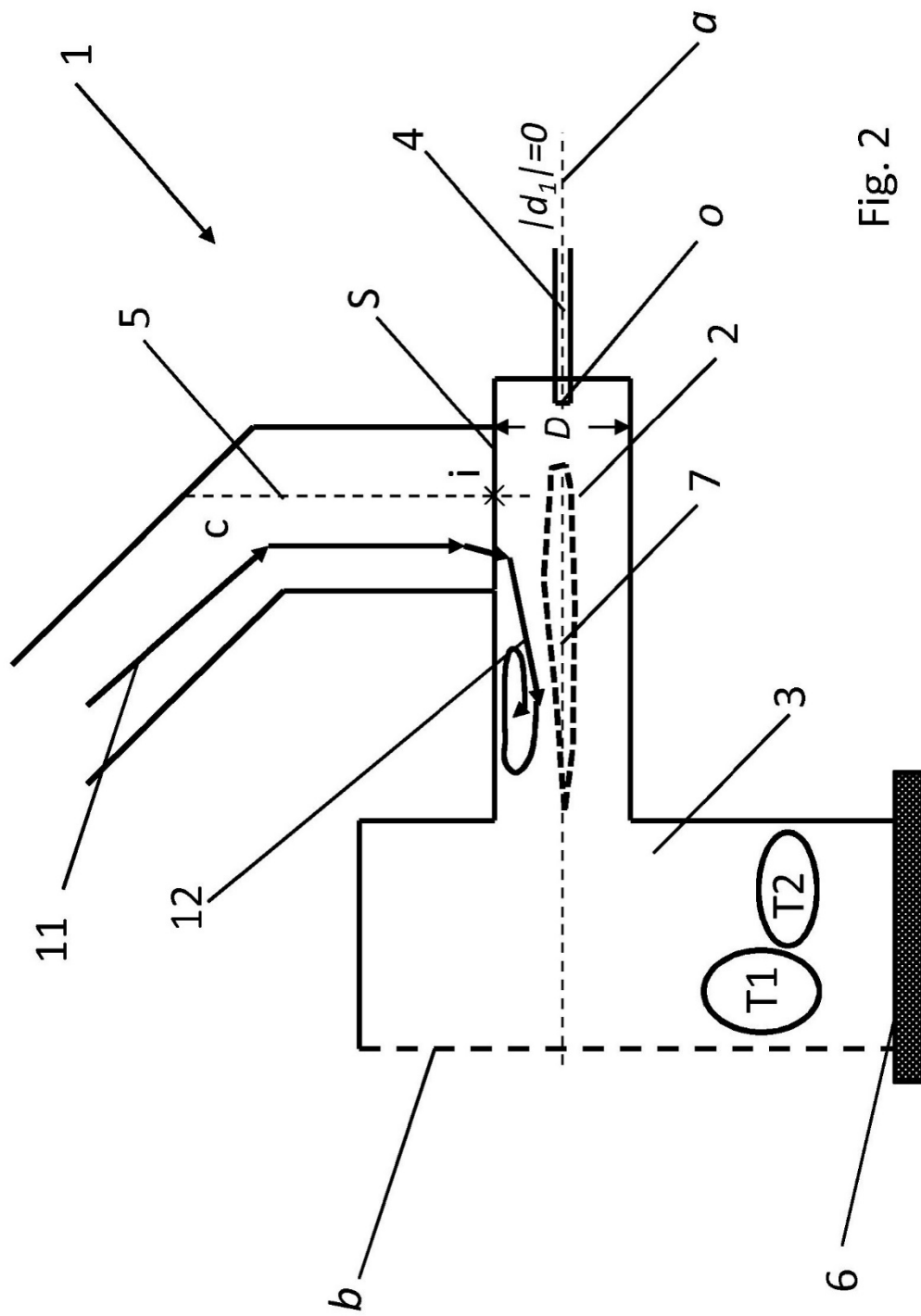
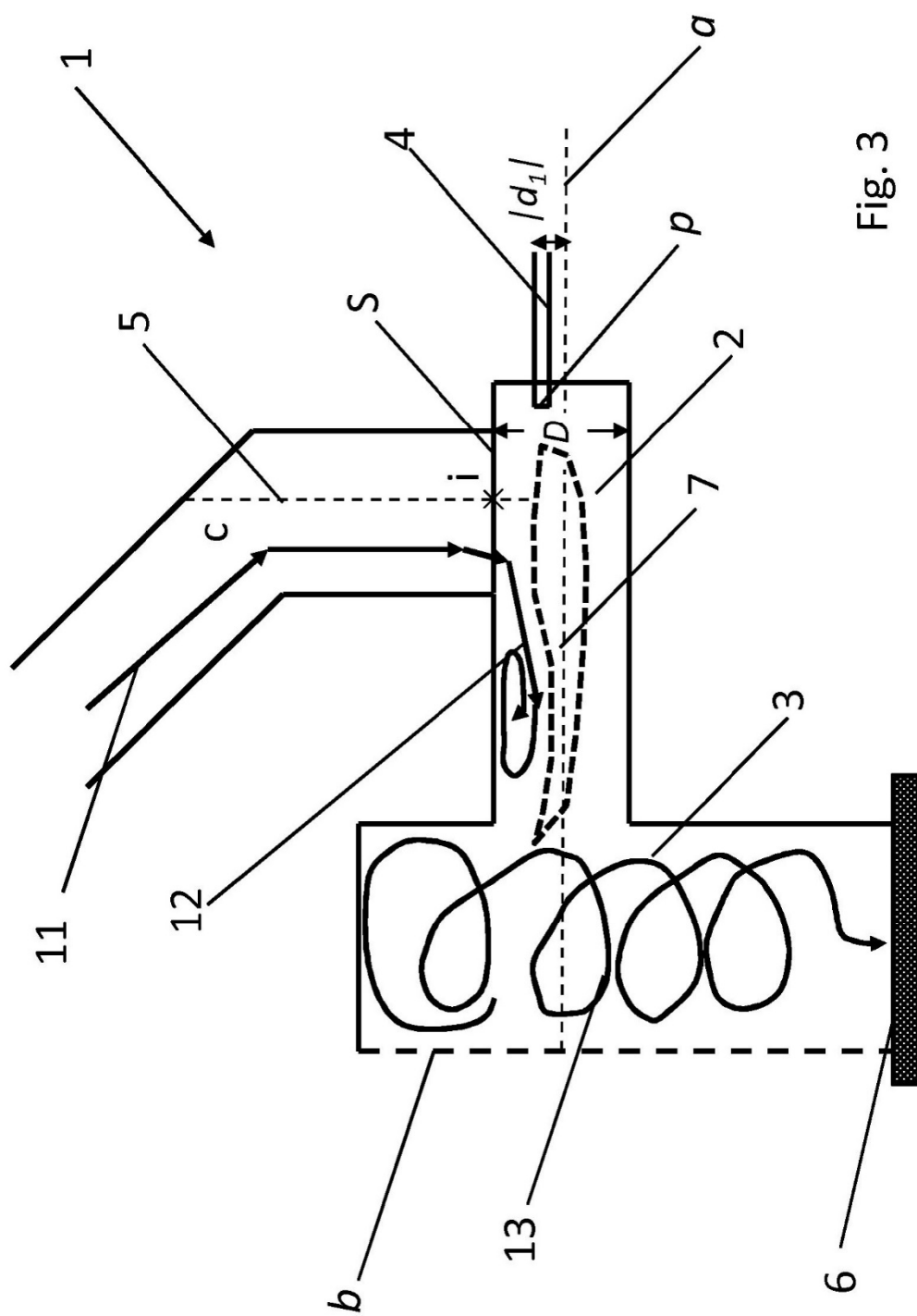


Fig. 2



Fi. 3

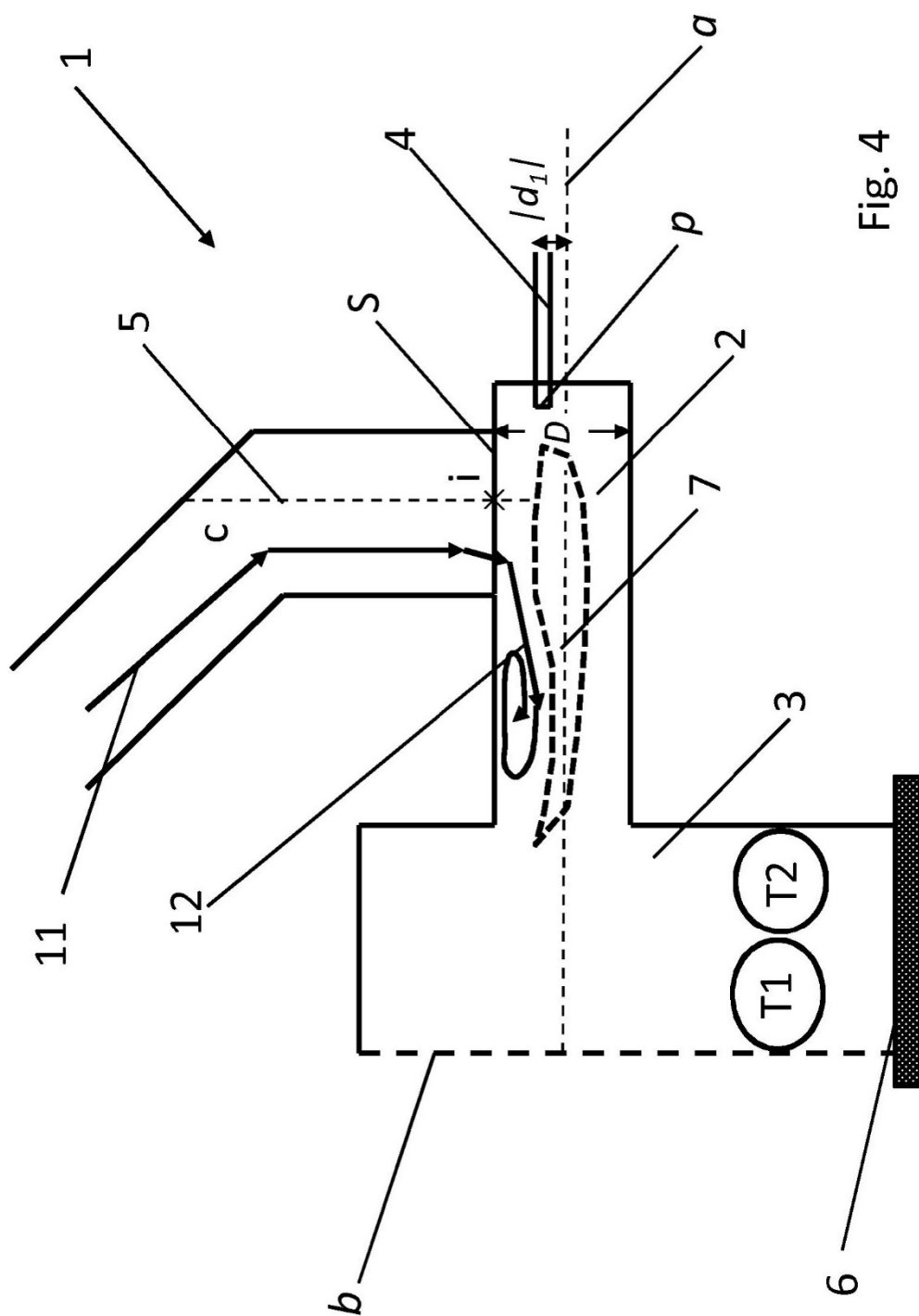


Fig. 4

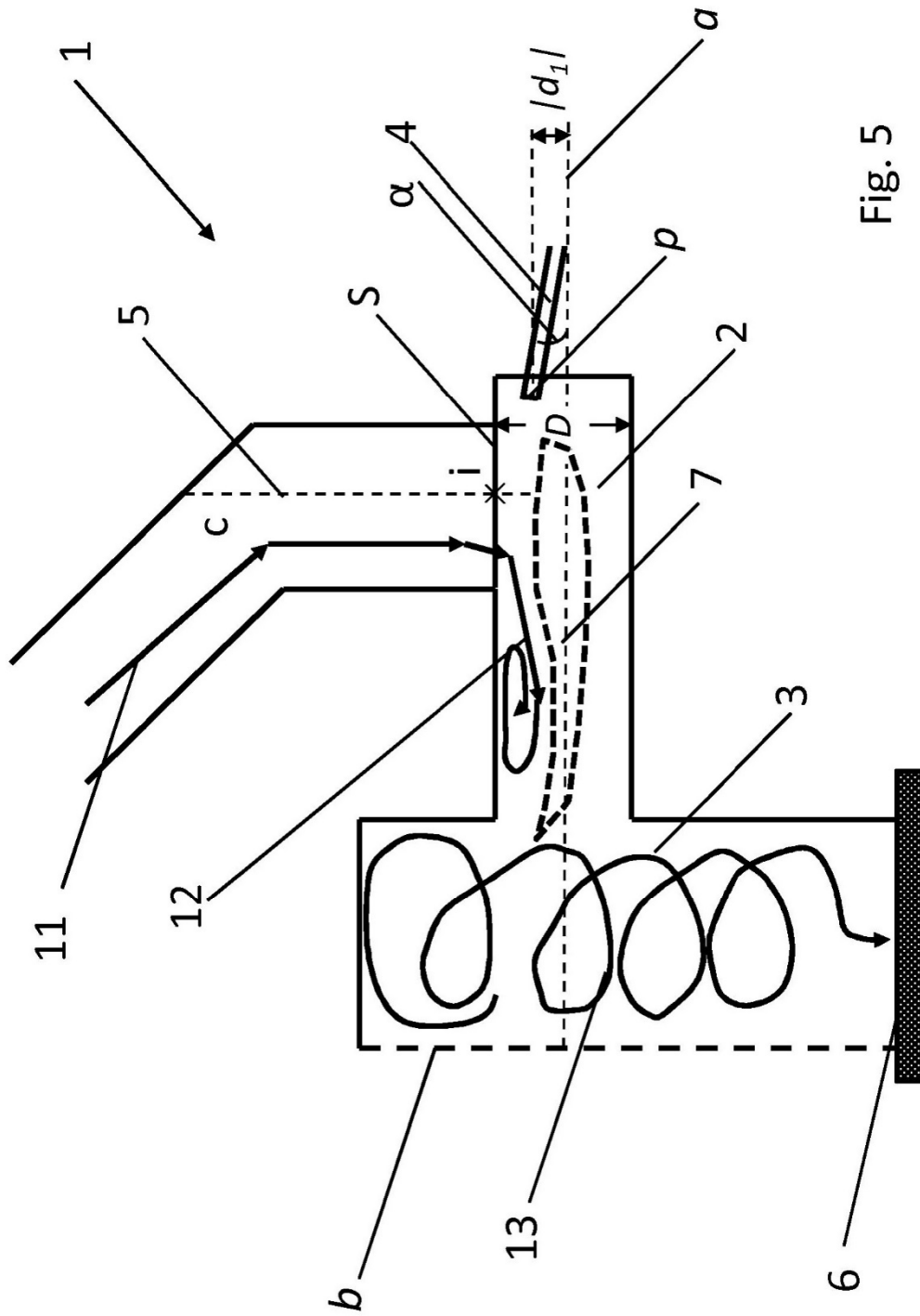


Fig. 5

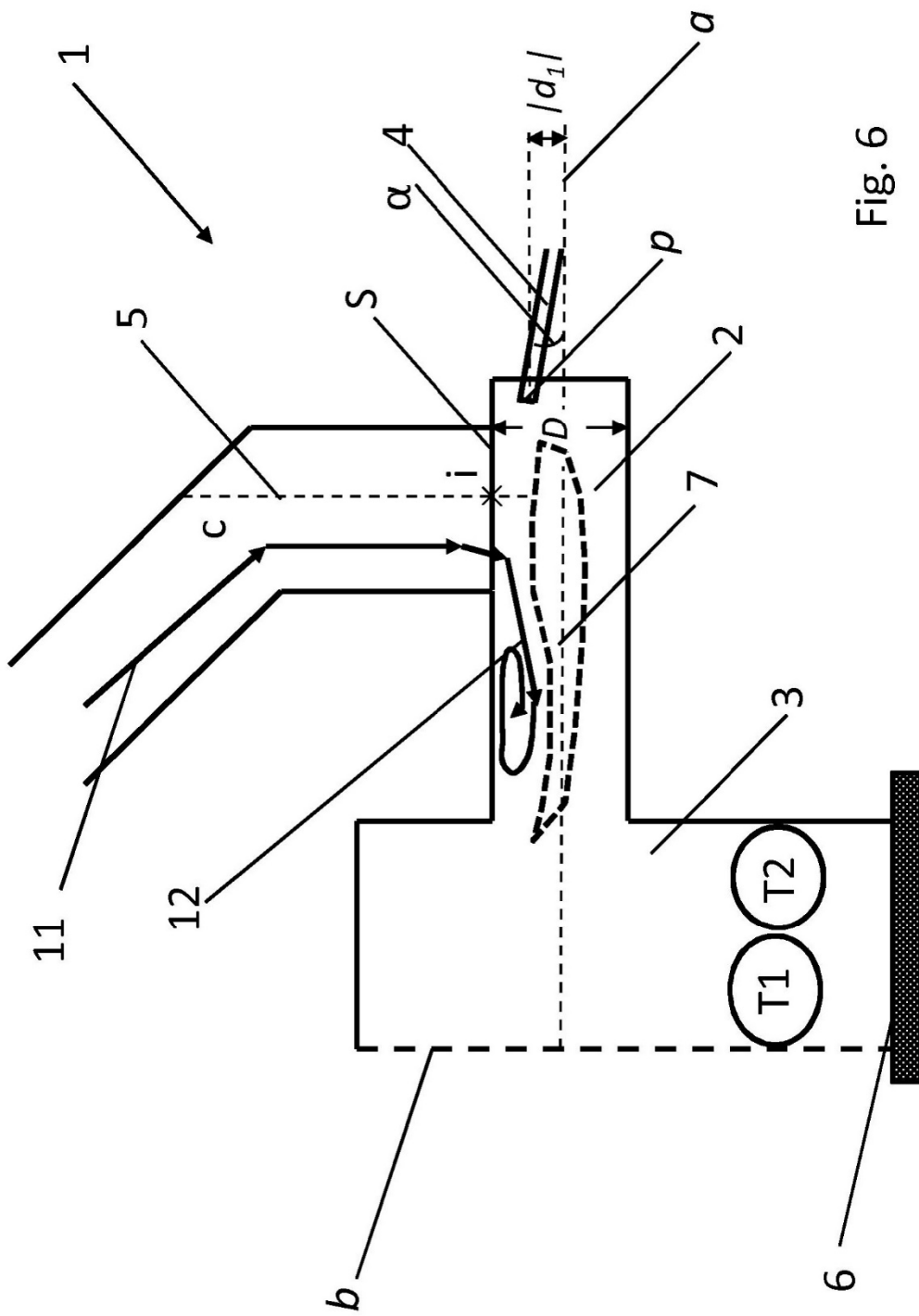


Fig. 6