

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 847 223**

51 Int. Cl.:

F24S 40/58

(2008.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.02.2018** **E 18157089 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.11.2020** **EP 3527910**

54 Título: **Sistema de captura de gotículas para receptor solar**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
02.08.2021

73 Titular/es:

COCKERILL MAINTENANCE & INGENIERIE S.A.
(100.0%)
Avenue Greiner 1
4100 Seraing, BE

72 Inventor/es:

WINAND, STÉPHANE

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 847 223 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

Sistema de captura de gotículas para receptor solar

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a un sistema de captura de gotículas de sal fundida caliente expulsadas de un sistema sobrepresurizado, adecuado para ser usado en una instalación de receptores solares que tiene sal fundida como fluido de transferencia térmica, en donde se debe evitar la expulsión de estas gotículas.

10

Estado de la técnica y problema por resolver

En la tecnología de torres de receptores solares de CSP, se suele usar, como fluido de transferencia de calor, una sal fundida que, de forma típica, entra en los tubos del receptor solar a 290 °C y sale de estos a 565 °C.

15

Debe utilizarse una pressure relief valve (válvula de alivio de presión - PRV) con el fin de evitar la sobrepresión de aire en los tanques de entrada y salida de la sal fundida. En caso de sobrepresión, la PRV se abre y el aire sale a la atmósfera. Además, algunas gotículas de sal fundida caliente pueden transportarse con el aire que fluye hacia afuera a la atmósfera.

20

Estas gotículas de sal fundida caliente pueden causar problemas e incluso peligro para los seres humanos y equipos. Actualmente, es difícil proporcionar una tecnología para evitar estas proyecciones de sal fundida. No se conoce ni se ha planificado ningún equipo en la técnica actual para superar este problema particular y grave.

25

El documento US-6.701.711 B1 describe un separador de aire provisto en un intercambiador de calor receptor de una planta de energía solar. En la salida del intercambiador de calor, el separador de aire, que es un separador en forma de T típico, elimina el aire arrastrado en el flujo de sal fundida provisto a través del receptor. El separador de aire tiene una entrada aguas abajo del intercambiador de calor receptor y una salida conectada a un tanque de almacenamiento caliente a modo de bajante, suministrando el flujo de sal fundida a este tanque de almacenamiento caliente. El separador de aire también se conecta a otra tubería perteneciente a un sistema de ventilación que funciona para liberar el aire atrapado en el flujo de sal fundida del intercambiador de calor. El sistema también incluye una válvula de alivio de presión conectada a un receptáculo de contención de sal fundida.

30

35

El documento US 2013/0056081 A1 se refiere a un sistema de conductos para transportar una sal fundida que comprende una válvula de alivio capaz de eliminar gases inertes de la masa fundida solar. Para ello, se proporciona un separador de fases además de la válvula de alivio. En el separador de fases, el gas se separa de la masa de sal fundida y luego se puede eliminar a través de la válvula de alivio.

40

El documento US-3.438.722 A se refiere a un proceso para la eliminación de compuestos de azufre de gases de combustión calientes. Un gas de combustión se admite por vía de un conducto a una unidad absorbidora que normalmente consiste en cinco torres de pulverización ciclónicas de acero inoxidable dispuestas en paralelo, estando las torres adecuadamente aisladas. El gas de combustión entra tangencialmente en la base del absorbedor y se desplaza hacia arriba con una velocidad de aproximadamente 20 pies/s. Este entra en contacto a contracorriente con un aerosol de carbonato fundido que se descarga a través de un distribuidor de aerosoles situado encima de la base de la torre absorbidora. Después de entrar en contacto con el aerosol de carbonato fundido, el gas de combustión desulfurado fluye más allá del distribuidor en un separador de partículas de alambre, que está ubicado en la sección superior de la torre absorbidora. El separador de partículas sirve para eliminar las gotículas que contienen la sal arrastrada del gas de combustión.

45

50

El documento WO 2014/039641 A2 describe un reactor nuclear de sal fundida que incorpora intercambiadores de calor que se utilizan para transferir calor desde el circuito principal, que contiene la sal fundida en el combustible, a un segundo circuito. En un reactor de sal fundida, es posible que el tritio presente en la sal del combustible migre a través del intercambiador de calor, lo que conduce a la contaminación con tritio del circuito secundario. En este documento, un sistema de gas protector está incluido en el receptáculo del reactor y se usa para ajustar la presión del sistema y actuar como válvula de alivio de presión en escenarios de accidente u otros escenarios o aplicaciones. Un separador de partículas separa la región de gas de protección de la sal fundida, y consiste en un tubo o conjunto de tubos guarnecido con una malla metálica densa, alambre u otra configuración. El metal que forma la malla, alambre u otra configuración puede ser una aleación de acero con un alto contenido de níquel.

55

60

El documento JP 2013-199926 A tiene como objetivo proporcionar un colector de incrustaciones que puede evitar problemas en una turbina o una tubería de descarga al separar una incrustación mezclada en una tubería de vapor con una estructura simple, y proporcionar una caldera con el recolector de incrustaciones. El colector de incrustaciones proporcionado en las tuberías de vapor en las que el vapor fluye y la recogida de incrustaciones incluye: una parte de entrada de vapor que guía el vapor desde una dirección horizontal; una parte de recogida que se proporciona en una tubería extendida en una dirección de flujo del vapor guiado desde la parte de entrada de vapor y bloquea el vapor y recoge las incrustaciones; y una salida de vapor que se proporciona entre la parte de

65

entrada de vapor y la parte de recogida y fluye fuera del vapor en una dirección en la que el vapor es hecho volver con respecto a la tubería extendida.

El documento JP S56-144720 A tiene el objetivo de eliminar la influencia de la deformación térmica, reducir la pérdida de presión y mejorar la eficacia utilizando el hecho de que las órbitas de un gas y un polvo se dividen en una parte curva de una tubería por la diferencia de una gravedad específica entre los mismos. El aparato de eliminación de polvo está constituido por una tubería que tiene una parte curvada, una tubería de comunicación que sobresale en una línea de extensión de una parte de tubería recta, un dispositivo de recepción de polvo conectado a una parte vertical descendente de la tubería de comunicación, un tubo de descarga de polvo para extraer el polvo acumulado en el dispositivo receptor de polvo y una válvula normalmente abierta. Un diámetro interior d_1 de dicha tubería de comunicación se configura con respecto a un diámetro interior d_0 de la tubería de manera que se satisfaga la fórmula $0,35 \leq d_1/d_0 \leq 0,8$ y, además, un área transversal del dispositivo receptor de polvo se configura como dos veces o más grande que un área transversal de la tubería de comunicación. Como resultado, cuando una corriente de gas que pasa a través de la tubería de comunicación se introduce en el dispositivo receptor de polvo, su velocidad de flujo se reduce en una relación inversamente proporcional al área transversal de la tubería de comunicación y el dispositivo receptor de polvo, el polvo acumulado no se devuelve al paso de la tubería.

El documento DE102008038733 describe un sistema de fluido presurizado de transferencia de calor para receptor solar equipado con una válvula de alivio de presión.

Objetivos de la invención

La presente invención tiene el objetivo de proporcionar un sistema de captura que evite la expulsión de un flujo o gotículas de sal fundida caliente a la atmósfera.

El sistema debe diseñarse, en particular, para atrapar al menos todas las gotículas de sal fundida que no pueden enfriarse a 50 °C después de 200 metros en caída libre, en el caso de una planta de torres para receptor solar de CSP.

En particular, la invención también tiene como objetivo proporcionar un sistema para atrapar gotículas de sal fundida de al menos 0,25 mm de diámetro.

Resumen de la invención

Un primer aspecto de la presente invención se refiere a un sistema de fluido presurizado de transferencia de calor para receptor solar equipado con una válvula de alivio y un dispositivo de captura para separar gotículas de líquido de un gas presurizado liberado por la válvula de alivio de presión y para capturar las gotículas de líquido, dicho dispositivo de captura comprendiendo, en uso:

- una tubería horizontal;
- un elemento de captura de líquido que se extiende desde la tubería horizontal y capaz de atrapar las gotículas de líquido separadas;

- una tubería de escape vertical conectada a la tubería horizontal sustancialmente de manera perpendicular y que tiene un extremo abierto para descargar a la atmósfera el gas liberado por la válvula de alivio de presión;

estando la tubería horizontal provista de un primer medio de conexión para conectarla de forma separable, por un primer extremo, a la válvula de alivio de presión y de un segundo medio de conexión para conectarla de forma separable, por un segundo extremo, al elemento de captura de líquido, estando la tubería de escape vertical conectada a la tubería horizontal entre el primer extremo conectado de forma separable a la válvula de alivio de presión y el segundo extremo conectado de forma separable al elemento de captura de líquido.

Según otras realizaciones de la invención, el sistema de fluido presurizado de transferencia de calor para receptor solar está limitado además por una de las siguientes características o por una combinación adecuada de las mismas:

- la tubería de escape vertical se conecta formando un codo a la tubería horizontal;
- la tubería de escape vertical tiene una longitud de al menos 0,5 m;
- la relación de la longitud de la tubería horizontal con respecto a la longitud del elemento de captura de líquido está comprendida entre 2 y 6;
- la relación de longitud/diámetro del elemento de captura de líquido está comprendida entre 1,5 y 6;

- el elemento de captura de líquido comprende un tapón que encierra una malla metálica capaz de capturar las gotículas de líquido separadas;

5 - la malla metálica está hecha de acero inoxidable, con un diámetro de alambre comprendido entre 0,15 mm y 0,35 mm y una densidad de empaquetadura comprendida entre 100 y 250 kg/m³;

- la malla metálica está hecha de acero inoxidable de tipo 304L o 316L;

10 - la malla metálica se mantiene dentro del tapón mediante una sujeción de malla metálica;

- el fluido de transferencia térmica es una sal fundida o una mezcla de sales fundidas, sodio líquido o aceite térmico y en donde el gas presurizado es aire.

15 Un segundo aspecto de la presente invención se refiere a una planta de energía solar concentrada o CSP, preferiblemente del tipo con torres que soportan receptores solares, que comprende un sistema de fluido presurizado de transferencia de calor para receptor solar como se ha descrito anteriormente.

Breve descripción de los dibujos

20 La Figura 1 es una vista en perspectiva de una realización para un dispositivo de captura de sal según la invención, que está conectado a una válvula de alivio de presión.

La Figura 2 es una vista en elevación del dispositivo de captura de sal de la Figura 1 conectado a la válvula de alivio de presión.

25 La Figura 3 representa una vista en sección transversal detallada del elemento de captura de sal del dispositivo de captura de sal según la invención;

30 las Figuras 4 y 5 ilustran los resultados de simulaciones numéricas donde las partículas de sal fundida se inyectan aleatoriamente sobre el conducto de entrada de un dominio computacional que modela el capturador de sal de la presente invención (casos B y E, respectivamente, correspondientes a un número de gotículas de entrada igual a 100). La velocidad del flujo de aire se indica en tres regiones del dispositivo de captura de sal.

Símbolos de referencia

35	1	Elemento de captura de sal
	2	Válvula de alivio de presión
	3	Tubería de escape vertical
	4	Tubería horizontal
	5	Malla metálica
	6	Sujeción de malla metálica
	7	Tapón
	8A, 8B	Medios de conexión

Descripción de las realizaciones preferidas de la invención

40 La presente invención se refiere a un sistema de fluido presurizado de transferencia de calor para receptor solar equipado con un dispositivo de captura de sal fundida como se ilustra en la Figura 1. El dispositivo de captura de sal comprende un elemento 1 de captura de sal que se extiende desde una tubería horizontal 4, por un extremo de la misma, y una tubería 3 de escape vertical libremente abierta a la atmósfera y conectada sustancialmente perpendicular con respecto a la tubería horizontal 4. El dispositivo de captura de sal está diseñado para conectarse a una válvula 2 de alivio de presión, uniendo la tubería horizontal 4 a la válvula 2 de alivio de presión, pero por su extremo opuesto al elemento 1 de captura de sal.

Preferiblemente el elemento 1 de captura de sal está compuesto de un tapón 7 que tiene en su interior una malla metálica 5 mantenida por una sujeción 6 de malla metálica. La malla metálica 5 está hecha, preferentemente, de acero inoxidable, preferentemente, 304L o 316L (acero inoxidable con molibdeno), con un diámetro de alambre 50 comprendido entre 0,15 mm y 0,35 mm y, preferiblemente, de 0,28 mm, así como con una densidad de empaquetadura comprendida entre 100 y 250 kg/m³, y preferiblemente de 140 kg/m³. Las otras partes del dispositivo también se hacen, preferiblemente, de acero inoxidable.

55 El principio de funcionamiento del dispositivo de captura se basa en un cambio rápido de la dirección del flujo de aire. El flujo mezclado de gotículas de sal fundida y aire presurizado proviene de la válvula 2 de alivio de presión en la entrada del sistema de captura de gotículas de sal fundida. Gracias a la diferencia de densidad entre los dos fluidos, las gotículas de sal fundida entrarán por inercia en la tubería horizontal 4 y se separarán del flujo de aire que

se libera en la tubería vertical 3. A continuación, las gotículas de sal fundida se capturarán en la malla metálica 5 del elemento 1 de captura de sal. El aire fluirá a la atmósfera por el extremo abierto de la tubería 3 de escape.

Para un funcionamiento óptimo, la longitud de la tubería horizontal 4 está comprendida entre 2 y 3 m.

Preferiblemente, la longitud mínima de la tubería 3 de escape vertical está comprendida entre 0,5 y 1 m.

En una realización preferida, el elemento 1 de captura de sal tiene una longitud comprendida entre 0,75 y 1,50 m y un diámetro comprendido entre 25 y 50 cm.

Ejemplo

Las Figuras 4 y 5 ilustran los resultados de diferentes simulaciones realizadas para el dispositivo según la presente invención. En estas simulaciones, se asume que las partículas de sal fundida se inyectan aleatoriamente sobre la línea de entrada de un dominio computacional que modela el capturador de sal (las condiciones de simulación también han sido sometidas a determinados supuestos geométricos y físicos). En este modelo digital, la inyección de las partículas de sal fundida se produce cuando el flujo de aire se establece en modo estacionario. Las partículas están sujetas a fuerzas de presión (resistencia al avance), gravedad e inercia. Tienen una velocidad inicial igual a la velocidad del aire en la entrada del dominio y una dirección alineada con el eje de la tubería (que se supone que es de aproximadamente 309 m/s).

El tamaño de las partículas de sal fundida está comprendido entre 0,25 y 6 mm de diámetro. La densidad y el número de partículas se han variado según 6 configuraciones diferentes, como se muestra en la Tabla 1.

Inyección	A	B	C	D	E	F
Temperatura [°C]	242	242	242	494	494	494
Densidad [kg/m ³]	1936	1936	1936	1776	1776	1776
Cantidad [-]	20	100	200	20	100	200

Tabla 1

Las propiedades del aire en la salida de la válvula se muestran en la Tabla 2, y las propiedades térmicas de la sal fundida se muestran en la Tabla 3.

	Aire
Temperatura [°C]	242,1
Viscosidad	Ley de Sutherland
Velocidad [m/s]	310
N.º de Prandtl	0,72

Tabla 2

	T de entrada 242 °C	T de salida 494 °C
Densidad [kg/m ³]	1936	1776

Tabla 3

Los resultados se ilustran en las Figuras 4 y 5, respectivamente, y representan los casos B y E, con 100 gotículas de sal fundida (otros casos no mostrados). Los resultados muestran que la densidad y el número de gotículas solamente tienen una influencia marginal en el funcionamiento del dispositivo de captura. Es la inercia de las gotículas (310 m/s) la que les imparte una trayectoria rectilínea. Esta última apenas es influenciada por los conductos de flujo de aire y por la gravedad.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de fluido presurizado de transferencia de calor para receptor solar equipado con una válvula (2) de alivio de presión; **caracterizado por que** está además equipado con un dispositivo (10) de captura para separar gotículas de líquido de un gas presurizado liberado por la válvula (2) de alivio de presión y para capturar dichas gotículas de líquido, comprendiendo el dispositivo (10) de captura, en uso:
 - una tubería horizontal (4)
 - un elemento (1) de captura de líquido que se extiende desde la tubería horizontal (4) y capaz de atrapar las gotículas de líquido separadas;
 - una tubería (3) de escape vertical conectada a la tubería horizontal (4) sustancialmente de manera perpendicular y que tiene un extremo abierto para descargar a la atmósfera el gas liberado por la válvula de alivio de presión;
- estando la tubería horizontal (4) provista de un primer medio (8A) de conexión para conectarla de forma separable por un primer extremo a la válvula (2) de alivio de presión y de un segundo medio (8B) de conexión para conectarla de forma separable por un segundo extremo al elemento (1) de captura de líquido, estando la tubería (3) de escape vertical conectada a la tubería horizontal (4) entre el primer extremo conectado de forma separable a la válvula (2) de alivio de presión y el segundo extremo conectado de forma separable al elemento (1) de captura de líquido.
2. El sistema según la reivindicación 1, en donde la tubería (3) de escape vertical se conecta formando un codo a la tubería horizontal (4).
3. El sistema según la reivindicación 1, en donde la tubería (3) de escape vertical tiene una longitud de al menos 0,5 m.
4. El sistema según la reivindicación 1, en donde la relación de la longitud de la tubería horizontal (4) con respecto a la longitud del elemento (1) de captura de líquido está comprendida entre 2 y 6.
5. El sistema según la reivindicación 1, en donde la relación de longitud/diámetro del elemento (1) de captura de líquido está comprendida entre 1,5 y 6.
6. El sistema según la reivindicación 1, en donde el elemento (1) de captura de líquido comprende un tapón (7) que encierra una malla metálica (5) capaz de capturar las gotículas de líquido separadas.
7. El sistema según la reivindicación 6, en donde la malla metálica (5) está hecha de acero inoxidable, con un diámetro de alambre comprendido entre 0,15 mm y 0,35 mm, y una densidad de empaquetadura comprendida entre 100 y 250 kg/m³.
8. El sistema según la reivindicación 7, en donde la malla metálica (5) está hecha de acero inoxidable de tipo 304L o 316L,
9. El sistema según la reivindicación 6, en donde la malla metálica (5) se mantiene dentro del tapón (7) por medio de una sujeción (6) de malla metálica.
10. El sistema según la reivindicación 1, en donde el fluido de transferencia térmica es una sal fundida o una mezcla de sales fundidas, sodio líquido o aceite térmico y en donde el gas presurizado es aire.
11. Una planta de energía solar concentrada o CSP que comprende un sistema de fluido presurizado de transferencia de calor para receptor solar según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.
12. La planta de energía solar concentrada o CSP según la reivindicación 11, en donde esta es de tipo con torres de soporte de receptores solares.

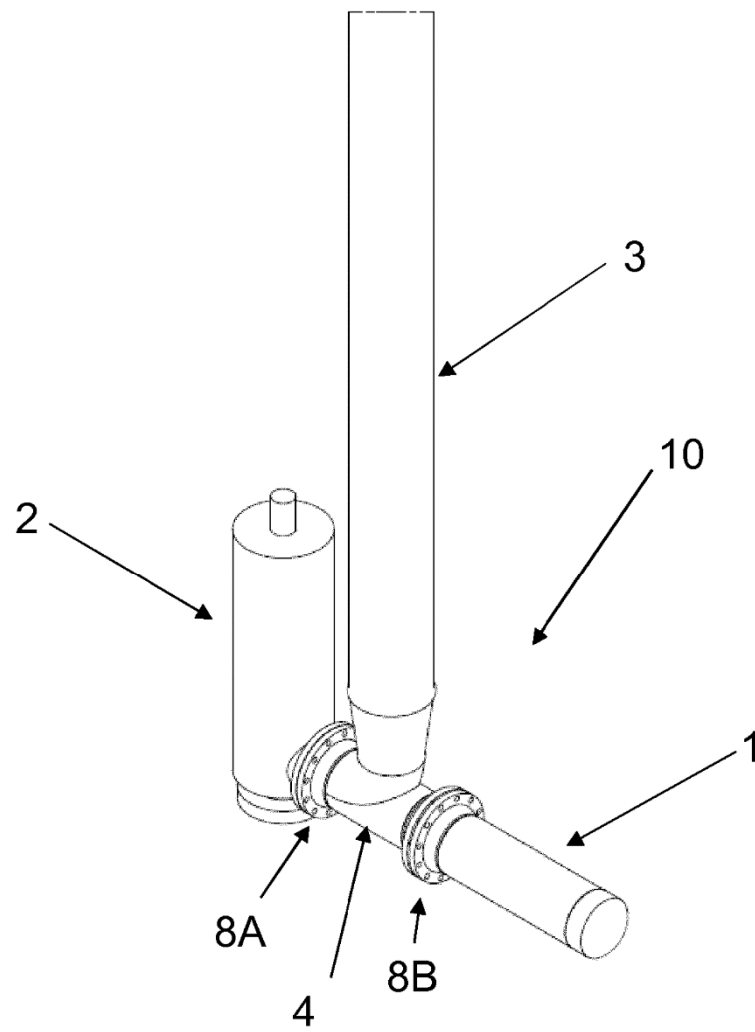


FIG.1

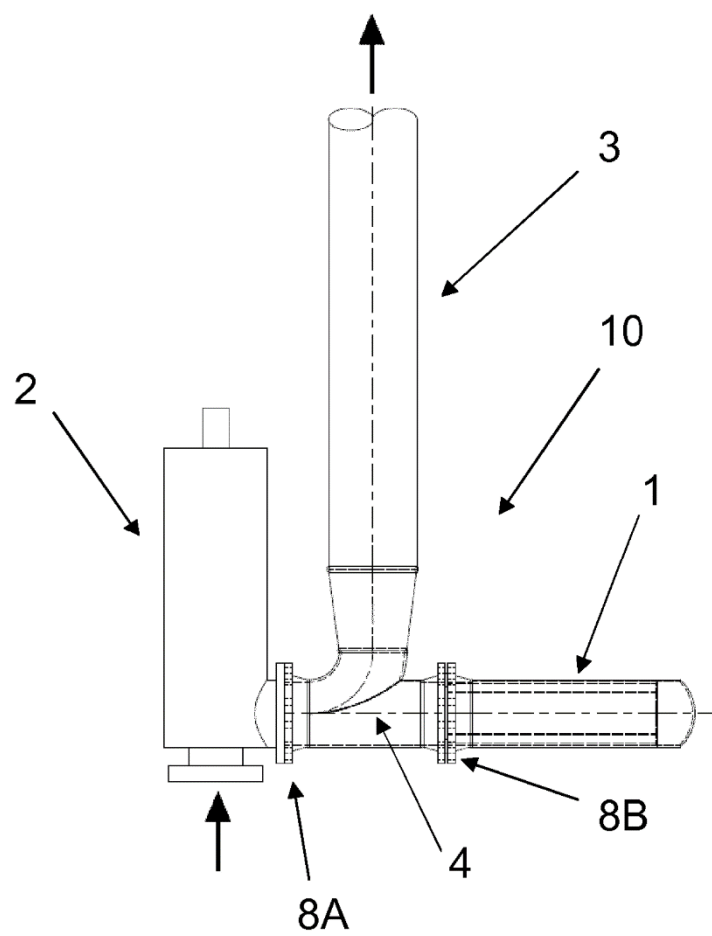


FIG. 2

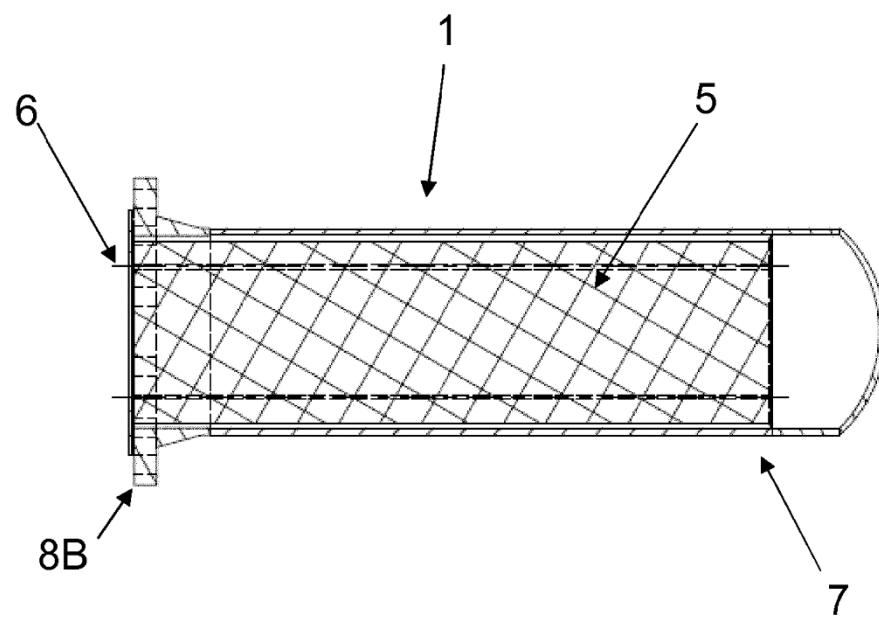


FIG. 3

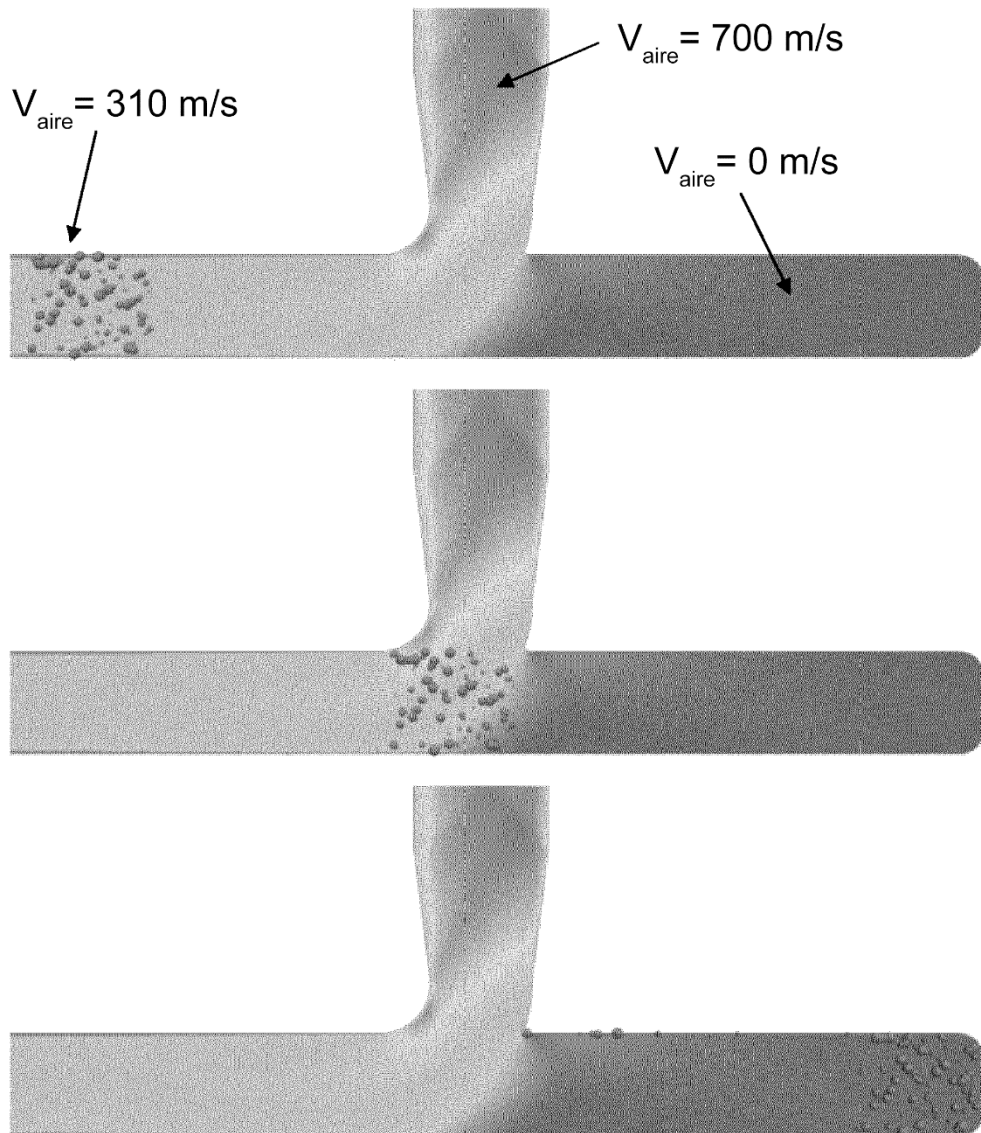


FIG. 4

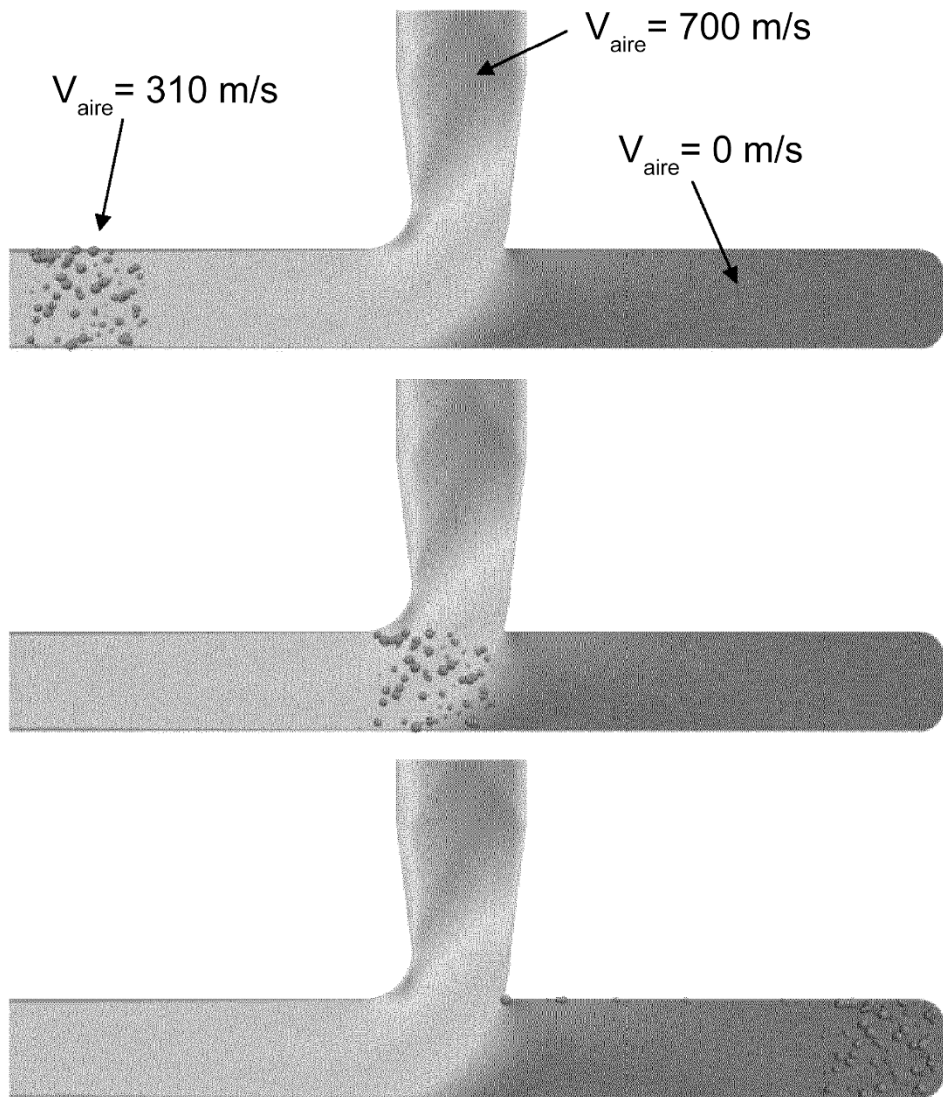


FIG. 5