

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 395 204**

51 Int. Cl.:

**A62C 5/02**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.04.2008 E 08751055 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la solicitud europea: **20.01.2010 EP 2144676**

54 Título: **Tecnología de espuma de aire comprimido mejorada**

30 Prioridad:

**27.04.2007 EP 07008599**

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

**11.02.2013**

73 Titular/es:

**SOGEPI S.A. (100.0%)  
Route de Pré-Bois 20  
1215 Genève, CH**

72 Inventor/es:

**KRÜGER, TINO y  
DORAU, GÜNTER**

74 Agente/Representante:

**IZQUIERDO FACES, José**

**ES 2 395 204 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

Tecnología de espuma de aire comprimido mejorada.

5 **CAMPO DE LA INVENCION**

10 La invención se refiere a un método para producir de forma continua espuma de gas comprimido, en particular espuma de aire comprimido y un sistema espuma de gas comprimido, en particular sistema de espuma de aire comprimido, en particular para extinguir fuegos así como una cámara de espuma particularmente adaptada para lo mismo.

**ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

15 Es conocido en la técnica la lucha contra el fuego con espuma de aire comprimido (CAF). Típicamente, un agente espumante es añadido continuamente a un flujo de agua y el flujo resultante de la mezcla del agente espumante y agua es suministrado a una línea o cámara de formación de espuma a la que también se suministra presión de aire para generar espuma. La espuma que sale de la línea o cámara de formación de espuma pasa a través de una tubería rígida o flexible a una boquilla para expulsar la espuma en el fuego, La línea o cámara de formación de espuma, también diseñada como una cámara mezcladora o de mezclado, es habitualmente de un tipo estático, alternativamente llamado sin movimiento, es decir sin partes móviles.

20 Los sistemas de espuma de aire comprimido (CAFS) pueden ser móviles, por ejemplo cuando están montados en un vehículo de emergencia contra incendios. También pueden ser fijos, por ejemplo cuando se usan en sistemas de seguridad contra fuego fijos en túneles para el tráfico de coches y camiones.

25 Existen varias tecnologías para producir CAF que a menudo son muy diferentes entre sí.

30 Un problema importante para producir CAF es controlar de un modo apropiado el flujo de agua y el flujo de aire suministrado a la cámara de mezclado para proporcionar continuamente espuma que tenga las propiedades adecuadas para la lucha contra el fuego y que permanezca estable a lo largo del tiempo. El problema surge debido al hecho de que tanto el agua como el aire suministrados a la cámara de mezclado y las condiciones físicas en las tuberías y boquillas para transportar y expulsar la espuma pueden variar. En particular, las CAFS pueden ser suministradas con un flujo de agua, la presión y el caudal del cual pueden variar a lo largo del tiempo, por ejemplo, cuando se usan bombas de agua. Los sistemas móviles pueden ser usados con fuentes de agua como hidrantes disponibles en el punto de intervención y que por lo tanto pueden tener diferente características de presión y caudal. Además, la longitud y diámetro de las tuberías conectadas a la salida de la cámara de mezclado, el tipo de boquilla conectada en el extremo de la tubería, la extensión de la elevación de la tubería, el número de tuberías conectadas a la salida de las cámaras de mezclado, entre otros, pueden variar e influenciar las condiciones de trabajo de la cámara de mezclado y de este modo la calidad de la espuma.

40 Por lo tanto, se usan sistemas y procesos complejos para equilibrar la presión del agua y la presión del aire suministrados a la cámara de mezclado o para adaptar la presión del aire cuando la presión del agua varía.

45 La US-A-2004/0177975 divulga un CAFS que comprende un controlador de sistema para controlar una válvula de control del flujo de aire dependiendo de las señales proporcionadas por un caudalímetro de agua y un caudalímetro de aire con vista de mantener una proporción de flujo de aire a flujo de espuma basada en a la entrada de proporción ajustable del usuario.

50 La WO 2006/000177 divulga un CAFS en el que el aire comprimido es conducido a una línea de formación de espuma por un controlador de la presión de aire y por una válvula de control del caudal de volumen de aire. Además, la CAF producida fluye por un sensor de presión de espuma y una válvula operada electro-neumáticamente, que forma un circuito de control de bucle cerrado para ajustar la consistencia de la espuma y consecuentemente la calidad de la espuma, al dispositivo de expulsión de espuma. El agua se alimenta en el sistema por un controlador de la presión de agua y es entremezclada con un agente espumante y un aditivo. La mezcla agente espumante-aditivo-agua fluye por una válvula de control del caudal de volumen de agua y la línea de formación de espuma en la que el aire comprimido es insertado a una presión y unos parámetros del caudal de volumen preestablecidos por la válvula de control del caudal de volumen. Este documento menciona que la calidad de la espuma de la CAF esparcida usando un dispositivo de expulsión de espuma depende del caudal y por lo tanto del tiempo de permanencia de la espuma en la línea de formación de espuma y enseña a controlarlo por la presión de la espuma determinada por un sensor de la presión de la espuma usando la válvula operada electro-neumáticamente (control de la presión de la espuma).

60 Sin embargo, este documento no da ningún detalle del modo de controlar los diferentes parámetros en particular la presión, el caudal de volumen y tiempo de permanencia/velocidades del aire, agua y espuma para asegurar que la cámara de mezclado proporciona continuamente espuma de buena calidad para extinguir incendios. Además, el control de bucle cerrado puede ser complicado de implementar.

65

La EP-A-1632272 divulga un CAFS para un túnel para el tráfico de coches y camiones. Este documento no trata con el problema de optimizar las condiciones de trabajo de la cámara de mezclado, sino con el problema de permitir la expulsión de espuma que tenga una buena calidad a pesar del hecho de que la espuma se transporta sobre tuberías largas. Por lo tanto, este documento enseña a ajustar automáticamente la presión de la espuma a una presión dada detrás de la cámara de mezclado con la vista de evitar que la presión de la espuma caiga por debajo de un valor determinado en el dispositivo de expulsión de espuma y proporcionar de este modo espuma consistente que todavía tenga propiedades de extinción altas. La presión de la espuma detrás de la cámara de mezclado se obtiene con una restricción de la sección transversal ajustable de la tubería por medio de una válvula controlada con respecto a un sensor de presión.

Sin embargo, este documento no trata con todos los problemas de controlar los diferentes parámetros, en particular la presión, el caudal de volumen y velocidades/ tiempo de permanencia del aire, agua y espuma para asegurar que la cámara de mezclado proporciona continuamente espuma de buena calidad para extinguir fuegos.

## **RESUMEN DE LA INVENCION**

El problema de la invención es proporcionar una tecnología mejorada para producir CAF continuamente, o más generalmente espuma de gas comprimido, con una calidad constante y alta y que es simple de implementar particularmente para el propósito de extinguir fuegos o descontaminación de objetos.

Este objeto se consigue con un método como se define en la reivindicación 1.

Las realizaciones preferidas del método comprenden una o más de las características siguientes:

- regular la presión de la espuma en la salida de la cámara de formación de la espuma para mantener la presión de mezclado de la espuma en la cámara de formación de la espuma a un valor determinado;
- proporcionar la posibilidad de ajustar selectivamente el mencionado valor determinado;
- la válvula auto-operativa es una válvula de pellizco;
- la válvula auto-operativa está adaptada para regular la presión de la espuma en la salida de la cámara de formación de la espuma con respecto a una presión del aire objetivo aplicada a la válvula auto-operativa;
- usar un regulador de presión y un regulador del caudal de volumen para suministrar continuamente la mezcla de agente espumante y líquido a la cámara de formación de la espuma a una primera presión constante y a un primer caudal de volumen constante;
- usar un regulador de presión y un regulador del caudal de volumen para suministrar continuamente el gas comprimido a la cámara de formación de la espuma a una segunda presión constante y a un segundo caudal de volumen constante;
- ajustar el primer caudal de volumen para causar que la velocidad superficial de la mezcla del agente espumante y el líquido en la cámara de formación de la espuma sea al menos 0,3 m/s, y más preferiblemente al menos 2 m/s;
- ajustar el primer caudal de volumen para causar que la velocidad del flujo de la mezcla del agente espumante y el líquido en la cámara de mezclado no sea más de 3 m/s;
- ajustar el segundo caudal de volumen para causar que la velocidad superficial del gas comprimido en la cámara de mezclado sea al menos 0,3 ms, y más preferiblemente al menos 2 m/s;
- ajustar el segundo caudal de volumen para causar que la velocidad superficial del gas comprimido en la cámara de mezclado no sea más de 3m/s;
- ajustar el primer y el segundo caudales de volumen para proporcionar en la cámara de mezclado una proporción de velocidad de gas relativa mayor de 0,3, más preferiblemente mayor de o igual a 0,4, y todavía más preferiblemente mayor de o igual a 0,5, pero no más de 0,95, más preferiblemente no más de 0,8, y más ventajosamente no más de 0,75;
- conectar un extremo de la tubería a la salida de la cámara de formación de espuma, el otro extremo de la tubería estando conectado a un dispositivo expulsor de espuma, en donde la sección transversal hidráulica de la tubería es al menos igual o mayor que la sección transversal hidráulica de la cámara de formación de espuma.

De acuerdo con otro aspecto, la invención propone un sistema de espuma de gas comprimido, en particular un sistema de espuma de aire comprimido, como se define en la reivindicación 14.

Las realizaciones preferidas del sistema comprenden una o más de las características siguientes:

- un regulador de presión para suministrar continuamente la mezcla del agente espumante y líquido a la cámara de formación de espuma a una primera presión constante;
- un regulador del caudal de volumen para suministrar continuamente la mezcla de agente espumante y líquido a la cámara de formación de espuma a un primer caudal de volumen constante;
- un regulador de presión para suministrar el gas comprimido a la cámara de formación de espuma a una segunda presión constante;

- un regulador del caudal de volumen para suministrar continuamente el gas comprimido a la cámara de formación de espuma a un segundo caudal de volumen constante;
- la válvula auto-operativa es una válvula de pellizco;
- una tubería conectada a la salida de la cámara de formación de espuma, el otro extremo de la tubería estando conectado a un dispositivo de expulsión de espuma, en donde la sección transversal hidráulica de la tubería es la menos igual o más grande que la sección transversal hidráulica de la cámara de formación de la espuma;
- el sistema está diseñado para implementar el método de acuerdo con la invención.

5

10 Dentro de la invención como se ha definido anteriormente, el gas comprimido mencionado puede consistir en un único gas, pero también puede ser una mezcla de varios gases diferentes como es el caso del aire. De manera similar, dentro de la invención, el mencionado líquido puede consistir de un único líquido, pero puede ser también una mezcla de varios líquidos diferentes.

15 Aparecerán características y ventajas adicionales de la invención de la siguiente descripción de realizaciones de la invención, dadas como ejemplos no limitativos, con referencia a los dibujos acompañantes enumerados a continuación.

20 **BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS**

La Figura 1 muestra esquemáticamente un CAFS de acuerdo con una realización de la invención.  
La Figura 2 muestra esquemáticamente una cámara de formación de espuma adecuada para el CAFS de la Figura 1.

25 **DESCRIPCION DETALLADA DE LA INVENCION**

De acuerdo con la invención, la CAF es producida continuamente suministrando tanto agua que contiene al menos un agente espumante y aire comprimido a una cámara de formación de espuma que tiene una salida para dar salida. La mezcla de agente espumante y agua es suministrada continuamente a la cámara de formación de espuma a una primera presión constante y a un primer caudal de volumen constante. DE forma similar, el aire comprimido es suministrado continuamente a la cámara de formación de espuma a una segunda presión constante y a un segundo caudal de volumen constante. Además, la presión en la cámara de formación de espuma - que llamaremos en lo sucesivo presión de mezclado de la espuma - se regula para mantener dicha presión de espuma constante, independientemente de la posible presión inferior en la(s) línea(s) que transportan la espuma conectadas a la salida de la cámara de formación de espuma. La mencionada producción continua de espuma y el suministro continuo de aire comprimido y de la mezcla de agente espumante y agua se refiere al caso en el que el CAFS en uso, es decir, en particular cuando el dispositivo de expulsión de espuma como una boquilla dispuesta en el extremo de una tubería conectada a la salida de la cámara de formación de espuma, está abierto. Alguien entenderá que la regulación de la presión mencionada para mantener la presión de mezclado de la espuma constante en la cámara de formación de la espuma no implica necesariamente que la presión sea la misma en cualquier localización a través de la cámara de formación de espuma. De hecho, las diferentes partes de la cámara de formación de espuma pueden causar alguna pérdida de presión y como resultado la presión puede diferir algo de una localización a otra en la cámara de formación de espuma. Se debe entender en cambio que como consecuencia de la regulación de la presión mencionada, la presión no varía sustancialmente a lo largo del tiempo cuando se considera una localización dada en la cámara de formación de espuma.

Como consecuencia, el aire comprimido y la mezcla del agente espumante y agua fluyen a través de la cámara de formación de espuma cada uno teniendo un caudal de volumen constante y una velocidad de flujo constante, independientemente particularmente de la variación posterior de presión que puede tener lugar en la(s) tubería(s) para transportar la espuma de la cámara de formación de la espuma a los dispositivos de expulsión de la espuma. Como resultado, la espuma es producida continuamente por la cámara de formación de espuma con una calidad constante. Además, no hay necesidad de equilibrar la presión y el caudal de volumen del aire comprimido y la mezcla del agente espumante y agua.

La Figura 1 muestra un CAFS de acuerdo con una realización preferida de la invención. EL CAFS comprende una cámara de formación de espuma 5 suministrada continuamente con una mezcla de agua y al menos un agente espumante por un regulador de presión 2 y un regulador del caudal de volumen 4. El agente espumante puede ser de cualquier tipo adecuado para la lucha contra incendios. La cámara de formación de espuma 5 también es suministrada continuamente con aire comprimido por un regulador de presión 1 y un regulador del caudal de volumen 3. Los reguladores de presión 1, 2 y los reguladores del caudal de volumen 3,4 se proporcionan con vista de suministrar a la cámara de formación de espuma 5 con presión y caudales de volumen de aire y de la mezcla de agente espumante y agua contantes, a pesar de posibles cambios en la fuente de aire y/o la fuente de agua. La cámara de formación de espuma 5 mezcla el aire comprimido y la mezcla de agente espumante y agua introducidos par producir espuma. La cámara de formación de espuma 5 puede ser de cualquier tipo conocido. Preferiblemente, la cámara de formación de espuma 5 es una cámara de mezclado estática.

El agua puede ser suministrada de cualquier fuente de agua adecuada (no representada) como una bomba contra incendios, una hidrante o una red de suministro de agua fija en un edificio o un túnel. El aire comprimido puede ser suministrado clásicamente por un compresor. El agente espumante es añadido continuamente y homogéneamente al agua en una cantidad apropiada por cualquier técnica apropiada como se describe por ejemplo en la WO 2006/000177. La cantidad de agente espumante añadida al agua es habitualmente menos del 1% del volumen total de la mezcla de agua y agente espumante.

La salida de la cámara de formación de espuma 5 está conectada a una tubería 8 para transportar la espuma. Un dispositivo de expulsión de espuma 9 como una boquilla está conectado en el extremo de la tubería 8. La tubería 8 puede ser rígida o flexible de acuerdo con el uso pretendido. Una estructura de regulación de la presión 6,7 está dispuesta en la tubería 8 en la salida de la cámara de formación de espuma 5. La estructura de regulación de la presión 6, 7 está adaptada para mantener una presión constante en la salida de la cámara de formación de la espuma 5 y como resultado mantiene también la presión de mezclado de la espuma en la cámara de formación de espuma 5 constante. Por lo tanto, la presión de mezclado de la espuma en la cámara de formación de la espuma 5 no varía debido a la condición posterior de la tubería 8 y el dispositivo de expulsión de espuma 9.

La presión de la espuma en la cámara de formación de espuma 5 se mantiene a una presión que está establecida por debajo de la presión de la mezcla del agente espumante y agua y del aire comprimido en las salidas de los reguladores de presión 1 y 2.

Mantener la presión de mezclado de la espuma constante en la cámara de formación de espuma 5 hace posible producir continuamente espuma con unos parámetros de trabajo controlados con presión en la cámara de formación de espuma y que son estables a lo largo del tiempo. Como resultado, la espuma puede ser producida continuamente con una calidad constante. Se ha descubierto que este resultado se consigue debido al hecho de que los caudales de volumen de aire y de la mezcla de agente espumante y agua que se determinan por los reguladores del caudal de volumen 3, 4 establecidos a unos valores dados son realmente influenciados por la diferencia de presión entre la entrada y la salida de los reguladores del caudal de volumen 3, 4. El hecho de mantener la presión de mezclado de la espuma constante en la cámara de formación de espuma 5 en combinación con los reguladores de presión 1,2 causa que las diferencias de presión en los reguladores del caudal de volumen 3, 4 permanezcan constantes. Como consecuencia, los caudales reales de aire y de la mezcla de agente espumante y agua suministrados a la cámara de formación de espuma 5 son constantes también.

Los reguladores de presión 1, 2 pueden ser válvulas limitadoras de la presión, particularmente del tipo disponible en el mercado. Los reguladores del caudal de volumen 3, 4 pueden ser válvulas reguladoras del caudal de volumen, particularmente del tipo disponible en el mercado.

Además, la estructura de regulación de la presión 6, 7 comprende una válvula auto-operada 6, particularmente como las disponibles en el mercado. En este caso, el grado de apertura de la trayectoria de flujo a través de la válvula 6 es determinado por la presión de retorno de la espuma en la tubería 8 y el dispositivo de expulsión de espuma 9 en conjunción con la presión objetivo de la válvula 6.

Como resultado, no hay necesidad de sensores de presión y medios de control como un PLC o un circuito electrónico con un microcontrolador para conseguir una presión de espuma constante. En otras palabras, una válvula auto-operativa proporciona una implementación barata y muy simple.

La válvula auto-operativa es preferiblemente ajustable. En otras palabras, es posible ajustar selectivamente la válvula auto-operativa a una cierta presión objetivo de acuerdo con la proporción agua-aire deseada. Y como consecuencia, la válvula auto-operativa regula la presión de mezclado de la espuma en la cámara de formación de espuma para igualar la presión objetivo. Como consecuencia, es posible cambiar la presión de mezclado de la espuma en la cámara de formación de espuma y ajustar de esta forma la velocidad de flujo.

En una realización preferida mostrada en la Figura 1, la presión objetivo se proporciona neumáticamente a la válvula auto-operativa 6. La presión objetivo puede ser proporcionada por una válvula de control de presión 7 conectada a la fuente de aire comprimido usada para suministrar a la cámara de formación de espuma 5. Alternativamente, la presión objetivo se puede aplicar a la válvula auto-operativa 6 hidráulicamente, electro-hidráulicamente, electro-neumáticamente. La válvula auto-operativa 6 puede también ser diseñada para ajustar la presión objetivo mecánicamente.

Es ventajoso que la válvula auto-operativa 6 sea una válvula de presión /también llamada válvula de tubo interior). Las válvulas de aprieta son conocidas en la técnica. Típicamente, una válvula de pellizco es una válvula de paso recta en la que el elemento de válvula consiste de un manguito flexible que está deformado para controlar el flujo del fluido. En uso, la válvula de pellizco no afecta adversamente a las burbujas en la espuma producida por la cámara de formación de espuma 5 incluso cuando el grado de apertura de la válvula varía, por ejemplo como consecuencia de condiciones variables en la tubería 8 y el dispositivo de expulsión de espuma 9. De hecho, la válvula de pellizco proporciona una variación suave, es decir, flexible de la sección transversal a través de la válvula. Además, la trayectoria de flujo en la válvula de pellizco se define por superficies suaves. Como resultado, las

burbujas pueden pasar suavemente a través de la válvula sin ser afectadas adversamente o destruidas como puede ocurrir en válvulas que tienen bordes afilados en la trayectoria de flujo.

5 Los reguladores de presión 1, 2 y los reguladores del caudal de volumen 3, 4 pueden ser respectivamente omitidos en el caso de que la fuente de aire y/o la fuente de agua proporcionen cada una el flujo correspondiente con la presión y caudal de volumen requeridos.

10 Para proporcionar una espuma de buena calidad y hecha homogéneamente de burbujas pequeñas, por ejemplo con un diámetro equivalente medio en el intervalo de 0,5 a 1 mm, la velocidad de la mezcla del agente espumante y el agua que fluye en la cámara de formación de espuma 5 es preferiblemente al menos 0,3 m/s, pero más preferiblemente al menos 2 m/s. Sin embargo, es preferible que la velocidad del mismo no sea de más de 3 m/s. De forma similar, la velocidad del flujo de aire comprimido en la cámara de formación de espuma 5 es preferiblemente al menos 0,3 m/s, pero más preferiblemente al menos 2 m/s. Sin embargo, es preferible que la velocidad del mismo no sea tampoco de más de 3 m/s.

15 Las velocidades mencionadas no se deben entender como velocidades reales, si no correspondientes a las llamadas velocidades superficiales que se calculan de la manera siguiente:

$$20 \quad V_{\text{aire}} = \text{VFR}_{\text{aire}} / S \quad (1)$$

$$25 \quad V_{\text{agua}} = \text{VFR}_{\text{agua}} / S \quad (2)$$

en donde:

30  $V_{\text{aire}}$ : velocidad del flujo de aire comprimido en la cámara de formación de espuma 5, también llamada velocidad superficial del aire en la cámara de formación de espuma 5;

$\text{VFR}_{\text{aire}}$ : caudal de volumen del aire comprimido en la entrada de la cámara de formación de espuma 5;

$V_{\text{agua}}$ : velocidad de la mezcla de agente espumante y agua en la cámara de formación de espuma 5, también llamada velocidad superficial de esta mezcla en la cámara de formación de espuma 5;

35  $\text{VFR}_{\text{agua}}$ : caudal de volumen de la mezcla de agente espumante y agua en la entrada de la cámara de formación de espuma 5

S: sección transversal hidráulica de la cámara de formación de espuma 5.

40 Se entenderá que estas velocidades superficiales se calculan para un flujo de entrada como si el otro flujo de entrada no fuese suministrado a la cámara de formación de espuma 5.

45 Es también preferible que la proporción de la velocidad del aire relativa en la entrada de la cámara de formación de espuma 5 sea mayor de 0,3, más preferiblemente mayor que o igual a 0,4. Sin embargo, la proporción de la velocidad del aire relativa es preferiblemente no más de 0,95, más preferiblemente no más de 0,8 y todavía más preferible no más de 0,75. El valor más preferido de la proporción de la velocidad del aire relativa es 0,5.

50 Esta proporción de la velocidad del aire relativa "R" es la proporción entre la velocidad superficial del aire comprimido y la suma de la velocidad superficial de la velocidad del aire comprimido y la velocidad superficial de la mezcla de agente espumante y agua, estas velocidades superficiales siendo aquellas calculadas anteriormente con las fórmulas (1) y (2), es decir R se calcula de la manera siguiente:

$$55 \quad R = V_{\text{aire}} / (V_{\text{aire}} + V_{\text{agua}})$$

en donde  $V_{\text{aire}}$  y  $V_{\text{agua}}$  son respectivamente aquellos obtenidos con las fórmulas (1) y (2) mencionadas anteriormente.

60 Aunque no se quiere estar atado por ninguna teoría, una explicación por lo tanto puede ser que si la proporción de la velocidad del aire relativa tiene un valor más allá de estos límites, tienen lugar efectos deslizamiento entre el aire comprimido y la mezcla de agente espumante y agua hasta tal punto que no se mezclan correctamente en la cámara de formación de espuma 5 que como resultado produce espuma de calidad pobre o incluso no produce ninguna espuma.

65 Las condiciones mencionadas se pueden cumplir definiendo adecuadamente la sección transversal hidráulica de la cámara de formación de espuma 5 en combinación con los caudales de volumen del aire comprimido

y de la mezcla de agente espumante y agua en la entrada de la cámara de formación de espuma 5 que están ajustados por medio de los reguladores del caudal de volumen 3,4 bajo unos ajustes dados de los reguladores de presión 1, 2y la estructura de regulación de presión 6, 7.

5 Para una misma sección transversal hidráulica de cámara de formación de espuma 5 y para un mismo caudal de volumen de aire comprimido suministrado en la entrada de la cámara de formación de espuma 5, es posible producir espuma diferente del valor preferido de la proporción de la velocidad de aire relativa sin que la velocidad del aire y la velocidad de la mezcla de agente espumante y agua salga de los límites definidos, reduciendo el caudal de agua del volumen suministrado a la cámara de formación de espuma 5. Sin embargo, es preferible no disminuir el caudal de agua del volumen para llegar a una velocidad superficial de la mezcla de agua y agente espumante en la cámara de formación de espuma 5 por debajo de 0,3 m/s como ya se ha mencionado anteriormente. Como consecuencia, la espuma producida es más o menos seca o húmeda de acuerdo con el ajuste. Una proporción adecuada del caudal de volumen de la mezcla de agente espumante y agua (considerados a 10° C) con respecto al caudal de volumen de aire comprimido considerado a presión atmosférica (considerado a 0° C) - llamado en lo sucesivo proporción de agua aire - para extinguir incendios es 1:7. Pero esta proporción se puede cambiar, preferiblemente dentro del intervalo de 1:5 hasta 1:21 particularmente por medio del cambio mencionado en los ajustes. El CAFS puede ser diseñado para proporcionar al usuario la posibilidad para cambiar esta proporción selectivamente con un dispositivo de control, el CAFS cambiando de acuerdo con la presión de la espuma y el caudal de la mezcla de agente espumante y flujo de agua cambiando el ajuste del regulador del caudal de volumen y la estructura de regulación de la presión 6, 7.

Se entenderá que la presión de la espuma en la salida de la cámara de formación de espuma 5 es mayor que la presión de la espuma en la entrada del dispositivo de expulsión de espuma 9. Esa diferencia de presión permite a la espuma ser transportada a través de la tubería 8. Esta diferencia de presión causa una expansión de la espuma en la tubería 8. Se ha descubierto que cuando la velocidad de la espuma se vuelve demasiado alta, las burbujas de la espuma se destruyen debido a la fricción externa e interna así como a las fuerzas de cizallamiento. Para evitar este efecto perjudicial, se ha descubierto que una sección transversal óptima de la tubería 8 se puede seleccionar en consideración del caudal de volumen y de la presión al final de la tubería 8 (en el dispositivo de expulsión de espuma 9). En particular, se ha descubierto que es preferible escoger la sección transversal de la tubería 8 al menos igual o más grande que la sección transversal hidráulica de la cámara de formación de espuma 5.

La Figura 2 ilustra una estructura ventajosa para la cámara de formación de espuma 5 que proporciona excelentes rendimientos de formación de espuma. La cámara de formación de espuma tiene la forma de un conducto con puertos de entrada 10, 11 y un puerto de salida 12. la sección transversal de la cámara de formación e espuma 5 puede ser circular con un diámetro dado d-MK como en una tubería. Alternativamente, la sección transversal puede tener una forma diferente como un triángulo o un polígono. La cámara de formación de espuma 5 está diseñada con una sección transversal de tal forma que las velocidades superficiales del aire y de la mezcla de agente espumante y agua permanezcan dentro de los límites mencionados anteriormente; ver fórmulas (1) y (2) anteriores.

El puerto de entrada 10 está diseñado para estar conectado a la tubería para suministrar a la cámara de formación de espuma 5 con la mezcla de agente espumante y agua o alternativamente una mezcla de agente espumante y otro líquido. Si se usa en la realización de la Figura 1, el puerto de entrada 10 está conectado a un regulador del caudal de volumen de agua 4. El puerto de entrada 10 tiene preferiblemente una sección transversal idéntica a la de la cámara de formación de espuma 5.

El puerto de entrada 11 está diseñado para estar conectado a la tubería para suministrar a la cámara de formación de espuma 5 con aire comprimido u otro gas adecuado de acuerdo con el uso pretendido de la espuma. Si se usa en la realización de la Figura 1, el puerto de entrada 11 está conectado al regulador del caudal de volumen de aire 3. El puerto de entrada 11 se extiende dentro de la cámara de formación de espuma 5 con una boquilla 13. La boquilla 13 está preferiblemente localizada centralmente de la sección transversal de la cámara de formación de espuma 5.

El puerto de salida 12 está diseñado para estar conectado a una tubería que transporta espuma a un dispositivo de expulsión de espuma. Si se usa en la realización de la Figura 1, el puerto de salida 12 está conectado a la tubería 8 justo antes de la estructura de regulación de la presión 6,7. El puerto de salida 12 tiene preferiblemente la misma sección transversal que la cámara de formación de espuma 5.

La cámara de formación de espuma 5 comprende un primer tamiz 14 que se extiende a través de la sección transversal completa de la cámara de formación de espuma 5 a una distancia a-D-S hacia abajo de los orificios de salida de la boquilla 13. Preferiblemente comprende un segundo tamiz 15 que se extiende a través de la sección transversal completa de la cámara de formación de espuma 5 a una distancia a-S-S hacia abajo del primer tamiz 14. La distancia a-S-S entre los tamices 14, 15 es preferiblemente seleccionada en el intervalo de 10 hasta 30 veces y más preferiblemente en el intervalo de 15 hasta 25 veces el tamaño de la malla de los tamices 14, 15 y más ventajosamente igual a 20 veces el tamaño de la malla de los tamices 14, 15 siendo mencionado que el tamaño de la malla es el diámetro de la malla homólogo (equivalente) hidráulico. En el caso del tamaño de la malla del tamiz 15

es diferente del tamaño de la malla del tamiz 14, ya que los intervalos anteriores de 10 hasta 30 veces y 15 hasta 25 veces así como el valor ventajoso de 20 veces son calculados con respecto al tamaño de la malla del primer tamiz en la dirección del flujo del fluido, es decir, el tamiz en el lado de los puertos de entrada 10, 11 que es el tamiz 14 en la Figura 1. Además, el tamaño de la malla a ser considerado es un tamaño de malla medio en el caso de que todas las mallas de un tamiz no tengan el mismo tamaño. La Distancia a-S-S se mide entre el borde de la sección de tamizado del primer tamiz y el borde de la sección de tamizado del segundo tamiz - como se muestra en la Figura 2 - cualquiera que sea la forma o longitud de la sección longitudinal de los tamices 14, 15.

La distancia a-D-S está preferiblemente en un intervalo de cero hasta la mitad del diámetro hidráulico (equivalente) d-MK del conducto 5.

Los tamices 13, 14 pueden tener un tamaño de malla u orificio diferentes. Pero es ventajoso para ellos que tengan el mismo tamaño de malla u orificio. De hecho, las pruebas han demostrado que cuando se usan tamices con el mismo tamaño de malla u orificio, las burbujas de espuma generadas después del esparcimiento de la boquilla 9 fueron más homogéneas y el intervalo de los tamaños de burbuja de la espuma expandida más pequeño que cuando se usan tamices con diferentes tamaños para las mallas o los orificios.

Las mallas o los orificios de los tamices son definidos en consideración del tamaño de las burbujas de la espuma a ser producidas. En particular, es preferible seleccionar el diámetro de malla homólogo (equivalente) hidráulico más pequeño que el diámetro equivalente medio de las burbujas en la espuma expandida a ser producida. Por espuma expandida, se debe entender la espuma expulsada en el dispositivo de expulsión de espuma 9. Si los tamices tienen un tamaño de malla diferente con respecto unos de los otros, el diámetro de malla homólogo (equivalente) hidráulico se aplica preferiblemente al último tamiz de acuerdo con la dirección del flujo, es decir, al tamiz 15 en la realización descrita. Generalmente, es ventajoso definir el tamaño de la malla de los tamices para obtener un diámetro equivalente medio para las burbujas en la espuma expandida en el intervalo de 0,5 a 1 mm, especialmente cuando se usan en aplicaciones de extinción de incendios. Se determinó que el tamaño de malla preferido se puede determinar de la manera siguiente:

$$D_{malla} = \frac{\sqrt{d}}{k}$$

en donde:

- $D_{malla}$ : es el tamaño de la malla;
- $d$ : es el diámetro homólogo hidráulico de las burbujas expandidas; y
- $k$ : es un factor que varía de 2 a 11 dependiendo de los parámetros del proceso, especialmente la proporción agua-aire y la presión de mezclado en la cámara de formación de espuma 5.

Por lo tanto, el tamaño de la malla de cada uno de los tamices 14, 15 es elegido preferiblemente dentro del intervalo de 0,13 a 0,5 mm para proporcionar burbujas en la espuma expandida en el intervalo de 0,5 a 1 mm.

Los tamices 13, 14 pueden tener diferentes formas de sección transversal como la forma de un "sombbrero", una pirámide, un segmento esférico, un cono o un cono truncado. Sin embargo, se prefiere que la sección transversal libre de cada tamiz 13, 14 sea al menos igual a la sección transversal hidráulica del mencionado conducto que forma la pared circundante de la cámara de formación de espuma 5. Esto se debe al hecho de que el ajuste de los caudales se hace de acuerdo con los intervalos preferidos de velocidades superficiales del aire comprimido y de la mezcla de agua y agente espumante. De manera similar, también se desea ajustar la "proporción de la velocidad del aire" dentro de un cierto intervalo. En la medida que la sección transversal libre de los tamices no es más pequeña que la sección transversal del conducto, no resulta en un cambio en estos parámetros. Además la pérdida de presión de la corriente a través de los tamices permanece muy pequeña.

Se pueden usar diferentes tipos de boquillas para la boquilla 13. Ventajosamente, la boquilla 13 está diseñada con una serie de orificios radiales 16 para expulsar aire en la cámara de formación de espuma 5 perpendicularmente a la corriente de la mezcla del agente espumante y agua con el fin de proporcionar una distribución regular de aire dentro de la cámara de formación de espuma 5.

La invención ha sido descrita con referencia a las realizaciones preferidas. Sin embargo, son posibles muchas variaciones dentro del ámbito de la invención. Se debe entender que el CAFS de acuerdo con la invención se puede usar para otros propósitos distintos de la lucha contra incendios. Por ejemplo, se puede usar para la descontaminación de objetos. Por supuesto, se selecciona un agente espumante apropiado de acuerdo con el uso pretendido. A pesar de que los fluidos mencionados en la realización descrita fueron aire y agua, la invención no



5 está limitada a estos fluidos. Dependiendo del uso pretendido de la espuma producida, el aire puede ser reemplazado por otro gas o una mezcla de gases o alternativamente, el aire puede ser mezclado con uno o varios otros gases. De manera similar, el agua puede ser reemplazada por otro líquido o por una mezcla de varios líquidos o alternativamente el agua puede ser mezclada con uno o varios otros líquidos. En tal caso, la descripción anterior hecha en relación al aire y al agua se aplica *mutatis mutandis*. En particular, las condiciones mencionadas en las velocidades superficiales  $V_{\text{aire}}$  y  $V_{\text{agua}}$  y en la proporción de velocidad del aire relativa "R" se aplican *mutatis mutandis*.

**REIVINDICACIONES**

- 5 **1.** El método para producir continuamente espuma de gas comprimido, preferiblemente espuma de aire comprimido, particularmente para la lucha contra incendios o para descontaminación, suministrando tanto gas comprimido, preferiblemente aire comprimido, y una mezcla de líquido, preferiblemente agua, y al menos un agente espumante a una cámara de formación de espuma (5) que tiene una salida para proporcionar espuma, que comprende los pasos de:
- 10 - suministrar continuamente la mezcla del agente espumante y líquido a la cámara de formación de espuma a una primera presión constante y a un primer caudal de volumen constante;
- suministrar continuamente el gas comprimido a la cámara de formación de espuma a una segunda presión constante y a un segundo caudal de volumen constante;
- 15 - regular la presión de la espuma a la salida de la cámara de formación de espuma para mantener la presión de mezclado de espuma en la cámara de formación de espuma constante; y **caracterizado porque** la presión de la espuma se regula usando una válvula auto-operativa (6) conectada a la salida de la cámara de formación de espuma.
- 2.** El método de acuerdo con la reivindicación 1, comprendiendo además:
- 20 - regular la presión de la espuma en la salida de la cámara de formación de espuma para mantener la presión de mezclado de la espuma en la cámara de formación de espuma a un valor determinado.
- 3.** El método de acuerdo con la reivindicación 2, comprendiendo además:
- 25 - proporcionar la posibilidad de ajustar selectivamente el mencionado valor determinado.
- 4.** El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde la válvula auto-operativa es una válvula de pellizco.
- 30 **5.** El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde la válvula auto-operativa está adaptada para regular la presión de la espuma en la salida de la cámara de formación de espuma con respecto a una presión de gas objetivo aplicada a la válvula auto-operativa.
- 35 **6.** El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, usando un regulador de presión (2) y un regulador del caudal de volumen (4) para suministrar continuamente la mezcla de agente espumante y líquido a la cámara de formación de espuma a una primera presión constante y a un primer caudal de volumen constante.
- 40 **7.** El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, usando un regulador de presión (1) y un regulador del caudal de volumen (3) para suministrar continuamente el gas comprimido a la cámara de formación de espuma a una segunda presión constante y a un segundo caudal de volumen constante.
- 8.** El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, comprendiendo el paso de:
- 45 - ajustar el primer caudal de volumen para provocar que la velocidad superficial de la mezcla de agente espumante y líquido en la cámara de formación de espuma sea al menos 0.3 m/s, y más preferiblemente al menos 2 m/s.
- 9.** El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, comprendiendo el paso de:
- 50 - ajustar el primer caudal de volumen para provocar que la velocidad superficial de la mezcla de agente espumante y líquido en la cámara de mezclado no sea más de 3 m/s.
- 10.** El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, comprendiendo el paso de:
- 55 - ajustar el segundo caudal de volumen para provocar que la velocidad superficial del gas comprimido en la cámara de mezclado sea al menos 0,3 m/s, y más preferiblemente al menos 2 m/s.
- 11.** El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, comprendiendo el paso de:
- 60 - ajustar el segundo caudal de volumen para provocar que la velocidad superficial del gas comprimido en la cámara de mezclado no sea más de 3 m/s.
- 12.** El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, comprendiendo el paso de:
- 65 - ajustar el primer y el segundo caudales del volumen para proporcionar en la cámara de mezclado una proporción de la velocidad del gas relativa mayor que 0,3, más preferiblemente mayor que o igual a 0,4,

todavía más preferiblemente mayor que o igual a 0,5, pero no más de 0,95, más preferiblemente no más de 0,8 y más ventajosamente no más de 0,75,

en donde la proporción de la velocidad del gas relativa, indicada R, se calcula con la siguiente fórmula:

$$R = V_{\text{gas}} / (V_{\text{gas}} + V_{\text{líquido}})$$

en donde  $V_{\text{gas}}$  y  $V_{\text{líquido}}$  se calculan con las siguientes fórmulas:

$$V_{\text{gas}} = \text{VFR}_{\text{gas}} / S$$

$$V_{\text{líquido}} = \text{VFR}_{\text{líquido}} / S$$

en donde:

$\text{VFR}_{\text{gas}}$  es el segundo caudal de volumen constante,  
 $\text{VFR}_{\text{líquido}}$  es el primer caudal de volumen constante, y  
 S es la sección transversal hidráulica de la cámara de formación de espuma.

13. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, comprendiendo los pasos de:

- conectar un extremo de la tubería (8) a la salida de la cámara de formación de espuma, el otro extremo de la tubería estando conectado a un dispositivo de expulsión de espuma (9),

en donde la sección transversal hidráulica de la tubería es al menos igual o mayor que la sección transversal hidráulica del cámara de formación de espuma.

14. Un sistema de espuma de gas comprimido, preferiblemente un sistema de espuma de aire comprimido, que comprende:

- una cámara de formación de espuma (5) que tiene:
  - o un primer puerto de entrada (11) para suministrar gas comprimido, preferiblemente aire comprimido, a la cámara de formación de espuma,
  - o un segundo puerto de entrada (10) para suministrar una mezcla de líquido, preferiblemente agua, y al menos un agente espumante a la cámara de formación de espuma, y
  - o un puerto de salida (12) para la salida de la espuma; y
- una estructura de regulación de la presión (6, 7) conectada al puerto de salida (12) para mantener constante la presión de la espuma en la salida de la cámara de formación de espuma, **caracterizado porque** la estructura de regulación de la presión comprende una válvula auto-operativa (6).

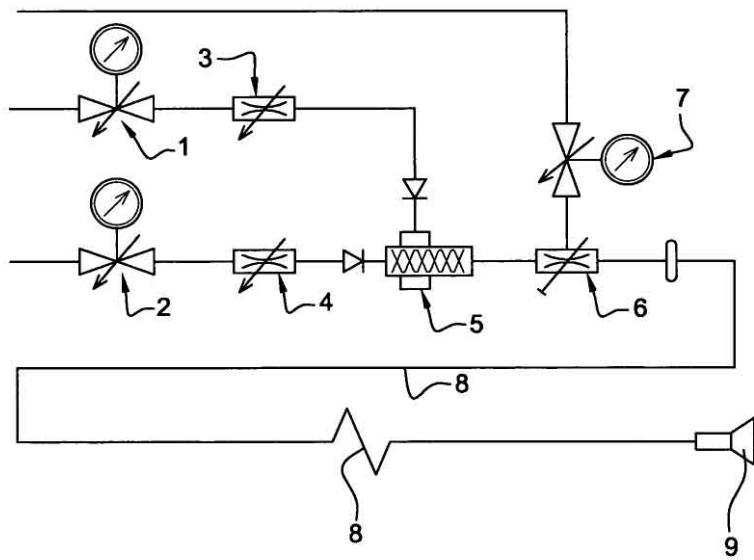
15. El sistema de acuerdo con la reivindicación 14, comprendiendo además un regulador de presión (2) y un regulador del caudal de volumen (4) para suministrar continuamente la mezcla de agente espumante y líquido a la cámara de formación de espuma a una primera presión constante y a un primer caudal de volumen constante.

16. El sistema de acuerdo con la reivindicación 14 ó 15, comprendiendo además un regulador de presión (1) y un regulador del caudal de volumen (3) para suministrar continuamente el gas comprimido a la cámara de formación de espuma a una segunda presión constante y a un segundo caudal de volumen constante.

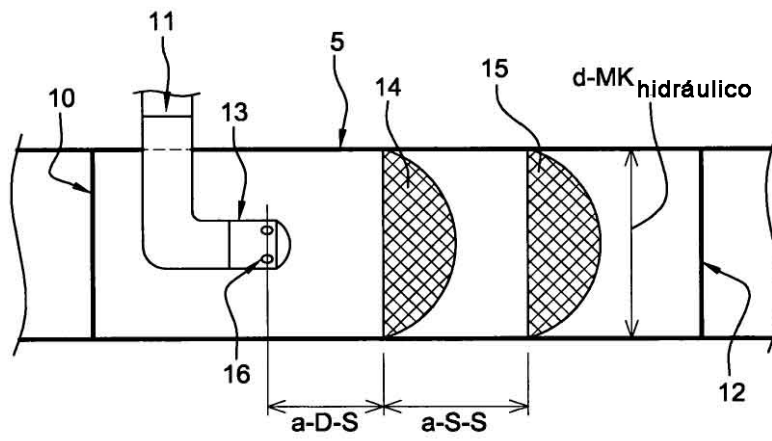
17. El sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 14 a 16, en donde la válvula auto-operativa (6) es una válvula de pellizco.

18. El sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 14 a 17, comprendiendo además una tubería (8) conectada a la salida de la cámara de formación de espuma, el otro extremo de la tubería estando conectada a un dispositivo de expulsión de espuma (9), en donde la sección transversal hidráulica de la tubería es al menos igual o mayor que la sección transversal hidráulica de la cámara de formación de espuma.

**19.** El sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 14 a 18, diseñado para implementar el método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13.



**Fig. 1**



**Fig. 2**