

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 642 407**

51 Int. Cl.:

B64C 23/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.03.2014 PCT/GB2014/050761**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.09.2014 WO14140590**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.03.2014 E 14711574 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.08.2017 EP 2969748**

54 Título: **Supresión de tonos acústicos en cavidades**

30 Prioridad:

15.03.2013 GB 201304718
15.03.2013 EP 13275065

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.11.2017

73 Titular/es:

BAE SYSTEMS PLC (100.0%)
6 Carlton Gardens
London SW1Y 5AD, GB

72 Inventor/es:

PATIENCE, DAVID, EUAN

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 642 407 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

Supresión de tonos acústicos en cavidades

CAMPO DE LA INVENCION

5 La presente invención se refiere a métodos y sistemas para la supresión de tonos acústicos y/o de la resonancia y/o de otros efectos de los tonos acústicos en cavidades para cuando estos se mueven con relación a un fluido exterior. La presente invención se refiere en particular a, aunque no está limitada a, dichos métodos y sistemas para cavidades entrantes en una superficie, por ejemplo, en una superficie de un vehículo, por ejemplo, cavidades en aeronaves, por ejemplo, los compartimentos, cuando la aeronave se desplaza a través del aire.

ANTECEDENTES

10 Considerando el caso de una superficie con una cavidad entrante en la superficie, cuando la superficie, y por tanto, la cavidad entrante, se mueven en un fluido exterior, por ejemplo, cuando una aeronave con un compartimento abierto, por ejemplo, un compartimento para bombas abierto o un compartimento para el tren de aterrizaje abierto, se mueve en el aire, se forma una capa de esfuerzos tangenciales entre (i) el aire exterior en movimiento que fluye a través de la superficie y a través de la parte superior de la cavidad entrante, y (ii) el aire estático en la cavidad (con
15 respecto al punto de referencia de la aeronave). Desde el borde anterior de la cavidad se desprende un vórtice y crece al tiempo que se desplaza a lo largo de la capa de esfuerzos tangenciales e impacta en la pared posterior (trasera) del compartimento, lo que da como resultado la emisión de un sonido. Además, la onda acústica se desplaza de vuelta aguas arriba en el interior del compartimento. La presión fluctuante de la onda acústica puede dar como resultado tanto unos vórtices que se desprenden del labio de la cavidad del borde anterior como un
20 aumento en la velocidad de crecimiento de los vórtices, de modo que se forme una serie de vórtices a lo largo de la capa de esfuerzos tangenciales a una velocidad preferencial que está relacionada con la frecuencia de la onda acústica aguas arriba. Los vórtices crecen hasta ser estructuras de gran escala al tiempo que se propagan aguas abajo en la capa de esfuerzos tangenciales y, a continuación, impactan con la pared posterior (trasera) del compartimento a una velocidad característica. Esto da como resultado que se genere un sonido acústico a una
25 velocidad característica que se puede describir como tonos acústicos de una frecuencia característica.

La frecuencia de los tonos se puede formular utilizando la ecuación de Rossiter. Se puede observar que hay un bucle de realimentación formado por el paso de los vórtices y la onda acústica que se propaga aguas arriba.

30 El documento US 5.699.981, que se considera que es la técnica anterior más parecida, expone un sistema de supresión de la resonancia acústica en la cavidad de una aeronave que comprende un elemento con forma sustancialmente cilíndrica de pequeño diámetro dispuesto sustancialmente paralelo a la superficie de una aeronave, cerca del borde anterior de la cavidad y transversal al flujo de aire que lo atraviesa, y separado de esta hasta una distancia correspondiente a aproximadamente tres grosores de la capa límite del flujo de aire. Se dispone un actuador para seleccionar el ajuste de la separación entre el elemento y la superficie de la aeronave de acuerdo con
35 velocidades operativas diferentes y, por tanto, grosores operativos diferentes de la capa límite, ya que la separación del elemento de aproximadamente tres grosores de la capa límite del flujo de aire desde la superficie de la aeronave se expone como crítica.

Más en general, existe constancia de tomas de aire u otras disposiciones similares de túnel. Dichas disposiciones, incluso si se consideran como que incluyen una cavidad de este tipo, no incluyen las cavidades que son del tipo al que se hace referencia en la presente invención, que por el contrario, incluye las cavidades entrantes en una
40 superficie.

COMPENDIO DE LA INVENCION

45 El inventor de la presente ha descubierto que sería deseable proporcionar una forma de supresión mediante la generación de múltiples turbulencias a pequeña escala, es decir, que den como resultado múltiples vórtices pequeños dentro de la capa de esfuerzos tangenciales, lo que perturba de ese modo la formación de vórtices a gran escala en la capa de esfuerzos tangenciales que son parte del proceso de generación de tonos, y además disponer que las múltiples turbulencias a pequeña escala no tiendan a combinarse en unas mayores. El inventor de la presente ha descubierto además que una manera, por ejemplo, para impedir la combinación de las turbulencias a pequeña escala en unas mayores sería aumentar el grosor de la capa de esfuerzos tangenciales formada en la cavidad (destacar, por ejemplo, que en cambio la disposición de la técnica anterior expuesta en el documento US
50 5.699.981 no tiene una tendencia a aumentar el grosor de la capa de esfuerzos tangenciales). El inventor de la presente ha descubierto que, de manera convencional, unas estructuras que en cualquier otro caso jugarían un papel fundamental en la generación de tonos acústicos no deseados. El inventor de la presente ha descubierto además que sería deseable proporcionar un sistema de supresión que comprenda elementos que se acomoden con facilidad a grosores diferentes de la capa límite sin que requieran un ajuste de su posición, en contraste con el
55 sistema expuesto en el documento US 5.699.981.

En un primer aspecto, la presente invención proporciona una superficie de un vehículo con un sistema para cavidades, que comprende: una cavidad y una pluralidad de varillas; las varillas están situadas cerca del borde

anterior de la cavidad, donde el borde anterior lo es con relación a una dirección del flujo real o de diseño de un fluido sobre la cavidad; extendiéndose las varillas a través de al menos una parte de una anchura de la cavidad con un ángulo perpendicular u oblicuo con respecto a la dirección del flujo real o de diseño.

El sistema para cavidades se puede disponer con todas las varillas aguas abajo con respecto al borde anterior.

- 5 Una o más de las varillas se pueden situar más alejadas a lo largo de la dirección del flujo en comparación con una o más de las demás varillas. El posicionamiento de una o más de las varillas más alejadas a lo largo de la dirección del flujo en comparación con una o más de las demás varillas puede proporcionar un patrón en zigzag de posiciones de varillas.

Se pueden disponer uno o más elementos de alteración del flujo en una o más de las varillas.

- 10 Al menos algunos de los elementos de alteración del flujo pueden comprender un canal que pasa a través de la varilla.

Al menos algunos de los elementos de alteración del flujo pueden comprender una protusión que se extiende desde la varilla.

- 15 Los elementos de alteración del flujo pueden estar en posiciones diferentes a lo largo de la varilla en varillas diferentes.

Se pueden disponer al menos dos tipos diferentes de elementos de alteración del flujo.

Las varillas se pueden situar a una distancia con respecto al borde anterior que sea ≤ 0.2 x la distancia entre el borde anterior y un borde posterior.

- 20 Las varillas se pueden situar a una distancia con respecto al borde anterior que sea ≤ 0.1 x la distancia entre el borde anterior y un borde posterior.

Se pueden disponer uno o más elementos de alteración del flujo en una o más de las varillas.

Al menos algunos de los elementos de alteración del flujo pueden comprender o proporcionar bordes adicionales en la o las varillas, que se añaden al borde o a los bordes que proporcionan la forma base de la varilla o las varillas.

- 25 Al menos algunos de los elementos de alteración del flujo pueden comprender un canal que pasa a través de la varilla.

Al menos algunos de los elementos de alteración del flujo pueden comprender una protusión que se extiende desde la varilla.

Los elementos de alteración del flujo pueden estar en posiciones diferentes a lo largo de la varilla en varillas diferentes.

- 30 Se pueden disponer al menos dos tipos diferentes de elementos de alteración del flujo.

Las varillas se pueden situar a una distancia desde el borde anterior que sea ≤ 0.2 x la distancia entre el borde anterior y un borde posterior.

Las varillas se pueden situar a una distancia con respecto al borde anterior que sea ≤ 0.1 x la distancia entre el borde anterior y un borde posterior.

- 35 Las varillas se pueden situar a una distancia con respecto al borde anterior que sea ≤ 0.05 x la distancia entre el borde anterior y un borde posterior.

El número (n) de varillas en la pluralidad puede ser $2 \leq n \leq 6$.

El número (n) de varillas en la pluralidad puede ser $3 \leq n \leq 6$.

El efecto de las varillas puede ser incrementar el grosor de la capa de esfuerzos tangenciales.

- 40 DESCRIPCIÓN BREVE DE LOS DIBUJOS

La figura 1 es una ilustración esquemática (no a escala) de una vista en perspectiva de un sistema de supresión de tonos acústicos en cavidades;

la figura 2 es una vista de una sección transversal esquemática (no a escala) del sistema de supresión de la figura 1;

- 45 la figura 3 es una vista de una sección transversal esquemática adicional (no a escala) del sistema de supresión 1 de las figuras 1 y 2;

la figura 4 es una vista en perspectiva de una varilla con elementos de alteración del flujo dispuestos en esta;

la figura 5 es una vista de una sección transversal de la varilla de la figura 4;

la figura 6 es una vista en perspectiva de una varilla con elementos de alteración del flujo dispuestos en esta;

5 la figura 7 es una vista de una sección transversal esquemática (no a escala) de un sistema de supresión en el que todas las varillas están desplazadas lateralmente entre sí;

la figura 8 es una vista de una sección transversal esquemática (no a escala) de un sistema de supresión en el que algunas de las varillas están desplazadas lateralmente con respecto a algunas, pero no todas de las demás varillas;

la figura 9 es una vista de una sección transversal esquemática (no a escala) de un sistema de supresión en el que todas las varillas están situadas aguas arriba del borde anterior de una cavidad; y

10 la figura 10 es una vista de una sección transversal esquemática (no a escala) de un sistema de supresión en el que algunas de las varillas están situadas aguas arriba del borde anterior de una cavidad y algunas de las varillas están situadas aguas abajo del borde anterior de la cavidad.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

15 Se apreciará que los términos relativos, tales como horizontal y vertical, superior e inferior, encima y debajo, frontal y trasero, etc., se utilizan anteriormente solo para facilitar la referencia en las figuras, y estos términos no tienen carácter limitante como tal, y se puede implementar cualquiera de dos direcciones o posiciones, etc., diferentes, en lugar de verdaderamente horizontal y vertical, superior e inferior, etc. En particular, por conveniencia, en las figuras se muestra una cavidad con esta abierta en la parte superior de la página, y así, por conveniencia, la palabra "superior" se utiliza para indicar la abertura de la cavidad, y la palabra "encima" indica alejada de la cavidad. No obstante, se apreciará que la presente invención también se refiere a cavidades situadas, por ejemplo, debajo del ala o fuselaje de, p. ej., una aeronave, es decir, invertida con respecto a lo que se muestra en las figuras, aunque la utilización descriptiva de la palabra "superior" aún se referirá a la parte abierta de la cavidad y la palabra "encima" aún se referirá a estar alejado de la cavidad.

20 La figura 1 es una ilustración esquemática (no a escala) de una vista en perspectiva de una primera realización de un sistema de supresión de tonos acústicos en cavidades 1 (denominado a partir de ahora en la presente como el sistema de supresión 1). El sistema de supresión de tonos acústicos en cavidades comprende una cavidad 2 y una pluralidad de varillas 4. En esta realización, la cavidad 2 está en una superficie 19. En esta realización, el número de varillas 4 en la pluralidad de varillas 4 es cuatro.

25 En esta realización, la cavidad 2 es una cavidad 2 entrante en una superficie 19 de una aeronave (en la figura 2 el límite externo de la superficie 19 se identifica de manera esquemática mediante una línea en zigzag para indicar con un formato de estilo gráfico convencional que la extensión de la superficie 19 que se muestra de manera esquemática no está limitada necesariamente a la página del dibujo). La superficie 19 es sustancialmente plana, aunque no necesariamente lisa y no necesariamente sin irregularidades o componentes fijados a esta. En esta realización, la cavidad 2 es rectangular y comprende una base plana 3. En la figura 1, la base plana 3 se muestra de manera esquemática con un sombreado de rayado sencillo. La cavidad 2 comprende, además, definida con relación a una dirección del flujo real o de diseño 6 (siendo la dirección del flujo 6 a través de o sobre la superficie 19 y la cavidad 2), una pared anterior 8, una pared posterior (trasera) 10 y dos paredes laterales 12. En esta realización, estas paredes son todas perpendiculares a la base plana 3. En la parte superior de la cavidad 2, la cavidad 2 comprende para cada una de estas paredes un borde anterior 14, un borde posterior (trasero) 16 y dos bordes laterales 18, respectivamente.

30 En esta realización, las varillas 4 se extienden a través de la anchura de la cavidad, es decir, en una dirección transversal (es decir, perpendicular) (o en otras realizaciones, formando un ángulo oblicuo) con respecto a la dirección del flujo 6, es decir, en esta realización paralelas a los bordes y paredes frontales y posteriores (traseros).

35 En esta realización, las varillas 4 están situadas aguas abajo del borde anterior 14 (es decir, encima de la cavidad 2), y las varillas 4 están situadas más cerca del borde anterior 14 que del borde posterior (trasero) 16. Más en particular, en esta realización, las varillas 4 están situadas de modo que la distancia de las varillas 4 desde el borde anterior 14 en la dirección del flujo sea igual a $0.05 \times$ la distancia total entre el borde anterior 14 y el borde posterior (trasero) 14.

40 La figura 2 es una vista de una sección transversal esquemática (no a escala) del sistema de supresión 1 de la figura 1. Los elementos del sistema mostrados en la figura 2 que también se mostraron en la figura 1 son los siguientes: la cavidad 2, la base plana 3, la pluralidad de varillas 4, la dirección del flujo 6, la pared anterior 8, la pared posterior (trasera) 10, el borde anterior 14, el borde posterior (trasero) 16 y la superficie 19 (que también se puede considerar como el plano de la superficie).

- 5 Tal como se puede apreciar además a partir de la figura 2, un hueco o un cambio importante en las orientaciones de la superficie 19 proporciona en efecto la abertura de la cavidad 2, y la cavidad 2 tiene la forma de un entrante en la superficie 19. Cabe destacar, que la terminología "cavidad entrante en una superficie" tal como se utiliza en la presente incluye los casos donde el efecto o geometría global de la cavidad es que esta será reconocida como una "cavidad entrante en una superficie", incluso si estrictamente hablando la superficie 19 y/o una o más de las paredes 8, 10, 12 y/o la base plana 3 no están fabricadas a partir de una pieza continua o tipo de material únicos.
- También se muestra (en forma de línea a trazos) en la figura 2, para una mayor facilidad de explicación posterior a continuación, una extensión hipotética 20 de la superficie 19 sobre la cavidad 2.
- 10 Además, se muestra en la figura 2 una indicación esquemática (no a escala) de la separación o distancia x (en la dirección a lo largo de la cavidad, es decir, en la dirección del flujo) de las varillas 4 desde el borde anterior 14.
- En esta realización, tal como se muestra de manera esquemática (no a escala) en la figura 2, todas las varillas 4 están situadas directamente una encima de otra, es decir, cada varilla 4 está situada sustancialmente a la misma distancia x (en la dirección a lo largo de la cavidad, es decir, en la dirección del flujo) desde el borde anterior 14.
- 15 Las varillas 4 se pueden mantener en posición mediante cualquier accesorio o fijación adecuada, sujeto tanto a la superficie en la que se forma la cavidad como a cualquier otra parte conveniente del vehículo que contiene la cavidad. Preferentemente, el accesorio se dimensiona y ubica de modo que se evite o al menos se minimice cualquier impacto en el efecto operativo de las varillas en relación a la cavidad 2. Por ejemplo, las varillas se pueden montar en una barra o placa vertical o a través de esta en los extremos de las varillas o cerca de estos.
- En esta realización, todas las varillas 4 tienen una forma de la sección transversal circular.
- 20 En esta realización, todas las varillas tienen la misma forma de la sección transversal (circular) que las demás, y todas tienen el mismo diámetro que las demás.
- En esta realización, cada una de las varillas tiene una forma uniforme de la sección transversal a lo largo de toda su longitud.
- En esta realización, las varillas 4 se extienden completamente a través de la anchura de la cavidad 2.
- 25 En esta realización, todas las varillas 4 tienen la misma longitud que las demás y se extienden a través de la misma extensión de la anchura de la cavidad que las demás.
- En esta realización, las varillas 4 están todas separadas de manera equidistante de la varilla 4 adyacente, en el sentido de la dirección de la altura, es decir, en la dirección que se extiende alejándose de la base 3 de la cavidad 2 (y perpendicular a la dirección del flujo 6), es decir, tal como se muestra de manera esquemática (no a escala) en la figura 2, las distancias respectivas $y_1 = y_2 = y_3$.
- 30 La tendencia del sistema de supresión 1 a suprimir tonos acústicos cuando está en operación se describirá a continuación haciendo referencia a la figura 3. La figura 3 es una vista de una sección transversal adicional (no a escala) del sistema de supresión 1 de las figuras 1 y 2 (y de hecho muestra la misma vista que la figura 2, aunque para mayor claridad omite ciertas características y números de referencia de la figura 2). Los elementos del sistema mostrados en la figura 3 que también se mostraron en la figura 1 y/o en la figura 2 son los siguientes: la cavidad 2, la base plana 3, la pluralidad de varillas 4, la dirección del flujo 6, la pared anterior 8, la pared posterior (trasera) 10, el borde anterior 14, el borde posterior (trasero) 16, la superficie 19 que rodea la cavidad 2 y la extensión hipotética 20 de la superficie 19 sobre la cavidad 2.
- 35 En operación, un efecto de la pluralidad de varillas 4 es tender a aumentar el grosor de la capa de esfuerzos tangenciales 22 comparada a si las varillas 4 no estuvieran presentes. Esto se debe, al menos en parte, a que las varillas presentan una obstrucción al flujo de aire para desviar el flujo dentro y fuera de la cavidad, debido al menos en parte a la presencia de más de una varilla 4. La capa de esfuerzos tangenciales 22 se representa de manera esquemática en la figura 2, como la región entre una línea que representa la parte superior 24 (es decir, la más alejada de la cavidad 2) de la capa de esfuerzos tangenciales 22 y una línea que representa la parte inferior 26 (es decir, la más cercana a la cavidad 2) de la capa de esfuerzos tangenciales. El grosor 28 de la capa de esfuerzos tangenciales 22 en cualquier punto a lo largo de la cavidad 2 es de manera correspondiente la distancia entre la parte superior 24 de la capa de esfuerzos tangenciales 22 y la parte inferior 26 de la capa de esfuerzos tangenciales 22.
- 40 En operación, un efecto adicional de la pluralidad de varillas 4, en particular la presencia de más de una varilla a diferentes alturas, es que tienden a proporcionar múltiples fuentes de turbulencia a pequeña escala lo que da lugar a una pluralidad de vórtices pequeños 30 a diferentes alturas. Debido, al menos en parte, a la capa de esfuerzos tangenciales 22 más gruesa, en particular la pluralidad de alturas a las cuales se desprenden los vórtices debido a las diferentes alturas de las diferentes varillas 4, los vórtices 30 tienden a no combinarse en unos mayores. Al proporcionar la capa de esfuerzos tangenciales 22 más gruesa, y la pluralidad de alturas a las cuales se desprenden los vórtices debido a las diferentes alturas de las diferentes varillas 4, los vórtices 30 más cercanos a la parte
- 45
- 50
- 55

- superior 24 de la capa de esfuerzos tangenciales 22 (es decir, más cercanos al flujo del fluido exterior) se propagan aguas abajo más rápido que aquellos vórtices 30 más cercanos a la parte inferior 26 de la capa de esfuerzos tangenciales 22 (es decir, más cercanos al aire estático en la cavidad 2). En consecuencia, los vórtices 30 llegan a puntos dados aguas abajo en diferentes instantes, es decir, hay una pérdida de coherencia temporal, y en consecuencia existe una disrupción de la tendencia convencional a la formación de estructuras turbulentas a gran escala que en caso contrario jugarían un papel fundamental en la generación de tonos acústicos no deseados. Asimismo, en virtud de la altura adicional lograda en total mediante la utilización de una pluralidad de varillas 4 separadas verticalmente, tienden a poder acomodarse fácilmente grosores diferentes de la capa límite (sin requerir un ajuste posicional).
- 5
- 10 En realizaciones adicionales, se disponen elementos de alteración del flujo en una o más (preferentemente en todas) de las varillas 4. Los elementos de alteración del flujo pueden incrementar la desviación de los vórtices 30 hacia dentro y/o hacia fuera de la cavidad 2, lo que aumenta adicionalmente de ese modo el engrosamiento de la capa de esfuerzos tangenciales 22. Los elementos de alteración del flujo pueden servir adicionalmente o como alternativa como fuentes adicionales de turbulencia a pequeña escala, lo que da lugar a aún más vórtices pequeños 30 y por tanto tiende a proporcionar aún más pérdida de coherencia temporal.
- 15
- Las figuras 4 y 5 son ilustraciones esquemáticas (no a escala) de una varilla 4 de una de dichas realizaciones con elementos de alteración del flujo dispuestos en una o más (preferentemente en todas) de las varillas 4. La figura 4 es una vista en perspectiva de la varilla 4, y la figura 5 es una vista de una sección transversal de la varilla 4.
- 20 La varilla 4 incluye una serie de canales 34 (es decir, en esta realización los elementos de alteración del flujo son los canales 34) que pasan a través de la varilla 4 (tanto paralelos a la dirección del flujo 6 como formando un ángulo oblicuo con respecto a la dirección del flujo 6) y dispuestos de modo que, en operación, parte del fluido que impacta en la varilla 4 pase a través del canal 34 y parte del flujo se desvíe alrededor de la varilla 4, lo que proporciona de ese modo fuentes adicionales de turbulencia a pequeña escala (por tanto vórtices 30 adicionales) y/o un incremento de la desviación de los vórtices 30 hacia dentro y/o hacia fuera de la cavidad 2, lo que aumenta adicionalmente de ese modo el engrosamiento de la capa de esfuerzos tangenciales 22.
- 25
- En esta realización, los canales se disponen con sus aberturas separadas de igual manera en una única línea recta a lo largo de la longitud de la varilla. No obstante, este no es siempre el caso y en otras realizaciones las aberturas del canal pueden estar colocadas a distintas distancias y/o en más de una línea recta y/o con algunas de o todas ellas no dispuestas en líneas rectas.
- 30 La figura 6 es una ilustración esquemática (no a escala), de una varilla 4 de una más de dichas realizaciones con elementos de alteración del flujo dispuestos en una o más (preferentemente en todas) de las varillas 4. La varilla 4 se muestra en una vista en perspectiva.
- La varilla 4 incluye una pluralidad de protrusiones 38, que sirven como elementos de alteración del flujo, que se extienden desde la superficie de la varilla 4. En esta realización, las protrusiones 38 son protrusiones 38 similares a aletas. Las protrusiones están situadas y dispuestas (extendiéndose, por ejemplo, por encima y por debajo de las extremidades más superior e inferior de las extensiones longitudinales de la varilla 4 para proporcionar una sección transversal más alta frente a la dirección del flujo 6 exterior en partes de la varilla 4) de modo que en operación parte del fluido impacte en las protrusiones 38, lo que proporciona de ese modo fuentes adicionales de turbulencia a pequeña escala (por tanto de vórtices 30 adicionales) y/o incremente la desviación de los vórtices 30 hacia dentro y/o hacia fuera de la cavidad 2, lo que aumenta más el engrosamiento de la capa de esfuerzos tangenciales 22.
- 35
- 40
- En realizaciones donde los elementos de alteración del flujo se disponen en una o más de las varillas 4, tales como aquellas realizaciones descritas anteriormente haciendo referencia a las figuras 3-6, son posibles, por ejemplo, las siguientes variaciones (i) a (vii).
- 45 (i) Para una o más de las varillas provistas de elementos de alteración del flujo, la varilla puede comprender uno o una pluralidad de elementos de alteración del flujo. Por ejemplo, cuando cada elemento de alteración del flujo es un canal a través de una varilla, se pueden disponer dos o más canales en una única varilla (o en cada una de una pluralidad de varillas), donde los canales se disponen, por ejemplo, uno encima de otro y/o uno al lado de otro.
- 50 (ii) Cuando los elementos de alteración del flujo son protrusiones, y hay una pluralidad de protrusiones en una varilla dada, la pluralidad de protrusiones se puede disponer todas en el mismo lado de la varilla o en ambos lados de la varilla.
- (iii) Cuando los elementos de alteración del flujo son protrusiones, y hay una pluralidad de protrusiones en una varilla dada, una o más de las protrusiones se pueden extender una distancia diferente desde la varilla, es decir, pueden tener una altura diferente, a otras protrusiones.
- 55 (iv) Los elementos de alteración del flujo se pueden disponer perpendiculares y/o paralelos a los lados y/o superficies de una varilla dada, o pueden formar un ángulo oblicuo con respecto a esta.

(v) Los elementos de alteración del flujo se pueden disponer perpendiculares y/o paralelos a la dirección del flujo, o pueden formar un ángulo oblicuo con respecto a esta, p. ej., pueden estar inclinados.

5 (vi) Para varillas con una pluralidad de elementos de alteración del flujo dispuestos en estas, la pluralidad de elementos de alteración del flujo pueden ser todos canales, o pueden ser todos protrusiones, o pueden ser una mezcla de cada uno.

10 (vii) En las realizaciones anteriores con elementos de alteración del flujo en las varillas, los elementos de alteración del flujo son canales a través de una varilla y/o protrusiones en la varilla. No obstante, en otras realizaciones, se pueden disponer adicionalmente o como alternativa cualesquiera otras formas de elementos de alteración del flujo. Por ejemplo, uno o más de los elementos de alteración del flujo puede comprender un rebaje u otra perturbación/irregularidad en la superficie o forma de la varilla.

15 (viii) En las realizaciones anteriores, un elemento de alteración del flujo es un canal a través de una varilla o una protrusión en una varilla. Ambos de estos tipos se pueden considerar como elementos que comprenden o proporcionan bordes adicionales sobre o en la o las varillas, además del borde o bordes proporcionados por la forma base de la varilla o las varillas. En otras realizaciones, además o en lugar de los canales a través de una varilla y/o las protrusiones sobre una varilla, se puede disponer cualquier otro tipo o tipos adecuados de elementos de alteración del flujo que comprendan o proporcionen bordes adicionales sobre o en la o las varillas, además del borde o los bordes proporcionados por la forma base de la o las varillas. En otras realizaciones adicionales, además de o en lugar de los elementos que comprenden o proporcionan bordes adicionales sobre o en la o las varillas, además del borde o los bordes proporcionados por la forma base de la o las varillas, se puede disponer cualquier otro tipo o tipos adecuados de elementos de alteración del flujo que alteren el flujo de modo que proporcionen fuentes adicionales de turbulencia a pequeña escala (por tanto de vórtices 30 adicionales) y/o incrementen la desviación de los vórtices 30 hacia dentro y/o hacia fuera de la cavidad 2, lo que aumenta más el engrosamiento de la capa de esfuerzos tangenciales 22.

25 Volviendo a un análisis más general de realizaciones adicionales, en las realizaciones anteriores, todas las varillas 4 tienen una forma de la sección transversal circular. No obstante, este no es siempre el caso y en otras realizaciones todas las varillas 4 pueden tener la misma forma de la sección transversal, donde esa forma es diferente a la circular, p. ej., una forma curva no circular, o una forma no curva, p. ej., rectangular.

30 En las realizaciones anteriores, todas las varillas 4 se extienden completamente a través de la anchura de la cavidad 2. No obstante, este no es siempre el caso y en otras realizaciones una o más de las varillas 4 se pueden extender únicamente a través de una parte de la anchura de la cavidad 2, aunque esta será preferentemente al menos la mitad de la anchura de la cavidad 2, y aún más preferentemente de más de al menos tres cuartos ($\frac{3}{4}$) de la anchura de la cavidad 2.

35 En las realizaciones anteriores, todas las varillas 4 tienen la misma longitud que las demás y se extienden a través de la misma extensión de la anchura de la cavidad que las demás. No obstante, este no es siempre el caso y en otras realizaciones una o más de las varillas pueden tener longitudes diferentes que las demás varillas y/o se pueden extender a través de una extensión de la anchura de la cavidad diferente que las demás varillas.

40 En general, se apreciará que cualquier no uniformidad introducida en forma de una o más de las varillas 4 individuales (por ejemplo, mediante, aunque sin carácter limitante, la inclusión de uno o más elementos de alteración del flujo tal como se describe anteriormente) y/o cualquier no uniformidad introducida entre una o más de las diferentes varillas 4 y/o sus disposiciones/posiciones relativas, etc., tenderá a proporcionar la posibilidad de un mayor número o variación de fuentes de turbulencia a pequeña escala, con el correspondiente incremento del número de vórtices pequeños y/o de la capa de esfuerzos tangenciales y/o el incremento de la perturbación de la coherencia temporal de los vórtices pequeños, donde cualquiera de los efectos puede mejorar además el rendimiento de la supresión del sistema de supresión 1. Las siguientes realizaciones adicionales (i) a (v) son ejemplos adicionales de realizaciones que introducen o mejoran dicha no uniformidad.

50 (i) En las realizaciones anteriores, todas las varillas tienen la misma forma de la sección transversal (circular) que las demás, y todas tienen el mismo diámetro que las demás. No obstante, este no es siempre el caso y en otras realizaciones una o más de las varillas pueden tener una forma de la sección transversal diferente y/o pueden tener un diámetro u otra dimensión relevante diferente a las demás varillas.

(ii) En las realizaciones anteriores, cada una de las varillas 4 tiene una forma de la sección transversal uniforme a lo largo de toda su longitud. No obstante, este no es siempre el caso y en otras realizaciones una o más de las varillas 4 pueden tener una forma de la sección transversal no uniforme a lo largo de toda su longitud.

55 (iii) En las realizaciones anteriores, todas las varillas 4 están separadas de manera equidistante de la varilla adyacente 4 en el sentido de la dirección de la altura, es decir, en la dirección que se aleja de la base 3 de la cavidad 2 (y perpendicular a la dirección del flujo 6), es decir, tal como se muestra de manera esquemática (no a escala) en la figura 2, las distancias $y_1 = y_2 = y_3$ respectivas. No obstante, este no es

siempre el caso y en otras realizaciones una o más de las distancias entre varillas adyacentes 4 en la dirección mencionada anteriormente pueden ser desiguales a la distancia entre otras dos varillas adyacentes 4, p. ej., $y_1 \neq y_2 \neq y_3$, o $y_1 \neq y_2 = y_3$, etc.

(iv) En las realizaciones anteriores, tal como se muestra de manera esquemática (no a escala) en la figura 2, todas las varillas 4 están situadas directamente una encima de otra, es decir, cada varilla 4 está situada sustancialmente a la misma distancia x (en la dirección a lo largo de la cavidad, es decir, en la dirección del flujo) desde el borde anterior 14. No obstante, este no es siempre el caso y en otras realizaciones una o más de las varillas 4 pueden estar situadas a diferentes distancias (en la dirección a lo largo de la cavidad, es decir, en la dirección del flujo) desde el borde anterior 14, es decir, una o más de las varillas 4 pueden estar desplazadas lateralmente con respecto a una o más de las demás varillas 4 en la dirección a lo largo de la cavidad, es decir, en la dirección del flujo. Esto tenderá a fomentar que el desprendimiento de los vórtices 30 tenga lugar en instantes diferentes, es decir, en etapas diferentes de la formación de la capa de esfuerzos tangenciales 2 (proporcionando fuentes de turbulencia a pequeña escala en instantes de tiempo diferentes a lo largo del flujo), por tanto, tiende a aumentar además la extensión de la perturbación de coherencia temporal entre los diferentes vórtices 30 que se desprenden de las diferentes varillas. Cualquier desplazamiento lateral puede ser tal que las dos varillas estén completamente desplazadas lateralmente, es decir, que no haya ninguna superposición, es decir, la diferencia entre sus diferencias respectivas es igual a o mayor que la anchura de las varillas, o como alternativa puede haber una superposición entre ambas, es decir, la diferencia entre sus diferencias respectivas es menor que la anchura de las varillas. Algunos ejemplos de realizaciones en las que una o más de las varillas 4 está desplazada lateralmente con respecto a una o más de las demás varillas 4 en la dirección a lo largo de la cavidad, es decir, en la dirección del flujo, se muestran en la figura 7 y la figura 8. Por ejemplo, en la figura 7 se muestra una realización donde todas las varillas 4 están desplazadas lateralmente de las demás varillas 4, y en la figura 8 se muestra una realización donde algunas de las varillas 4 están desplazadas lateralmente de algunas, pero no todas, de las demás varillas 4. En la figura 7 y la figura 8 el sistema de supresión 1 (no a escala) se observa desde la misma vista lateral que las figuras 2 a 6, y se utilizan los mismos números de referencia para las mismas características que los que se utilizaron en las figuras anteriores.

(v) En las realizaciones anteriores, todas las varillas 4 están situadas encima de la cavidad 2 y alejadas de la pared anterior 8 (más cerca de la pared anterior 8 que de la pared posterior (trasera) 10). En otras palabras, existe un hueco entre las varillas 4 y la pared anterior 8, y por tanto un hueco entre las varillas 4 y el borde anterior 14 en la dirección del flujo 6. No obstante, este no es siempre el caso y en otras realizaciones una o más de las varillas 4 pueden estar directamente encima de la pared anterior 8/del borde anterior 14. Para el caso de realizaciones donde la pared anterior 8 no sea paralela con la dirección de extensión de las varillas 4, en algunas de esas realizaciones, únicamente parte de la varilla puede estar directamente encima del borde anterior 14.

Volviendo a un análisis más general de realizaciones adicionales, en las realizaciones anteriores, las varillas 4 están situadas aguas abajo del borde anterior 14 (es decir, encima de la cavidad 2), y las varillas 4 están situadas más cerca del borde anterior 14 que del borde posterior (trasero) 16. Más en particular, en esta realización, las varillas 4 están situadas de modo que la distancia de las varillas 4 desde el borde anterior 14 sea igual a $0.05 \times$ la distancia total entre el borde anterior 14 y el borde posterior (trasero) 14. No obstante, este no es siempre el caso y en otras realizaciones las varillas 4 pueden estar situadas en cualquier posición aguas abajo del borde anterior que esté cerca del borde anterior. Esto puede incluir, por ejemplo, cualquier posición aguas abajo del borde anterior que sea más cercana al borde anterior 14 que al borde posterior (trasero) 16, ya que aún tenderá a producirse cierto grado de supresión. No obstante, las varillas 4 están situadas preferentemente más cercanas al borde anterior que eso, ya que en ese caso tenderá a producirse un grado incluso mayor del efecto de supresión. Por ejemplo, así como el posicionamiento preferido a una distancia aguas abajo desde el borde anterior de $0.05 \times$ la distancia total entre el borde anterior 14 y el borde posterior (trasero) 16, se prefiere incluso más cualquier posicionamiento a una distancia $\leq 0.05 \times$ la distancia total, aunque también se prefiere más en general el posicionamiento a una distancia $\leq 0.1 \times$ la distancia total, y aún más en general cualquier posicionamiento a una distancia $\leq 0.2 \times$ la distancia total.

En las realizaciones anteriores (todas) las varillas 4 están situadas aguas abajo del borde anterior 14 (es decir, encima de la cavidad 2). No obstante, este no es siempre el caso y en otras realizaciones pueden estar situadas una o más de las varillas aguas arriba del borde anterior 14, es decir, encima de la superficie 19 en lugar de encima de la cavidad 2. En dichas realizaciones, las varillas 4 pueden estar situadas aguas arriba con respecto al borde anterior 14 en cualquier posición cerca del borde anterior, la cual puede estar a cualquier distancia desde el borde anterior \leq la mitad de la distancia entre el borde anterior 14 y el borde posterior (trasero) 16. No obstante, preferentemente, las varillas 4 están situadas aguas arriba con respecto al borde anterior a una distancia desde el borde anterior $\leq 0.2 \times$ la distancia entre el borde anterior 14 y el borde posterior (trasero) 16; más preferentemente a una distancia desde el borde anterior $\leq 0.1 \times$ la distancia entre el borde anterior 14 y el borde posterior (trasero) 16; y aún más preferentemente a una distancia desde el borde anterior $\leq 0.05 \times$ la distancia entre el borde anterior 14 y el borde posterior (trasero) 16. Por ejemplo, en la figura 9 se muestra una realización donde todas las varillas 4 están situadas aguas arriba con respecto al borde anterior 14, y en la figura 10 se muestra una realización donde algunas de las varillas 4 están situadas aguas arriba con respecto al borde anterior 14 y algunas de las varillas están situadas aguas abajo con respecto al borde anterior 14 (es decir, sobre la cavidad 2). En la figura 9 y la figura 10 el

sistema de supresión 1 (no a escala) se observa desde la misma vista lateral que en las figuras 2 a 8 y se utilizan los mismos números de referencia para las mismas características que los que se utilizaron en las figuras anteriores. Además, de manera adicional una o más de las varillas pueden estar situadas directamente sobre el borde anterior 14, tal como se ha analizado anteriormente más arriba.

- 5 En las realizaciones anteriores, la cavidad 2 es rectangular y comprende una base plana 3, la cavidad 2 comprende, además, definida con relación a una dirección de flujo real o de diseño 6, una pared anterior 8, una pared posterior (traseira) 10 y dos paredes laterales 12, y estas paredes son todas perpendiculares a la base plana 3. No obstante, estos detalles específicos de la cavidad no son esenciales, y en otras realizaciones puede estar presente una cavidad con cualquier otra forma. Por ejemplo, no es necesario tener únicamente cuatro paredes, las paredes no es necesario que sean rectas o perpendiculares, la cavidad puede estar definida mediante una o más paredes que forman un perímetro curvo o parcialmente curvo de la cavidad, el perímetro puede tener forma irregular, una o más paredes pueden estar inclinadas, la base y o una o más paredes pueden ser onduladas o inclinadas, etc. No obstante, la supresión tenderá a producirse con mayor intensidad cuanto de manera más lineal se defina o se presente el borde anterior (en comparación con la dirección del flujo de aire real o de diseño).
- 10
- 15 En las realizaciones anteriores, el número de varillas 4 en la pluralidad de varillas 4 es cuatro. No obstante, este no es siempre el caso y en otras realizaciones puede haber cualquier otro número de varillas en la pluralidad, por ejemplo, dos, tres, cinco, etc., aunque depende de las dimensiones de la cavidad y de las varillas, la utilización habitual de solo dos varillas ofrecerá únicamente parte de los efectos beneficiosos disponibles, y el efecto útil de varillas adicionales disminuirá habitualmente con más de seis varillas, por tanto, un primer intervalo preferido para el número (n) de varillas en la pluralidad de varillas es $n \geq 3$, otro intervalo preferido para el número (n) de varillas en la pluralidad es $2 \leq n \leq 6$, y otro intervalo preferido para el número (n) de varillas en la pluralidad es $3 \leq n \leq 6$.
- 20

La superficie descrita anteriormente en la que la cavidad es entrante puede ser una superficie de un vehículo. El vehículo puede ser una aeronave, o un misil, o cualquier otro tipo de vehículo, por ejemplo, un coche o un camión, o un buque, que incluye, por ejemplo, un submarino.

25

REIVINDICACIONES

1. Una superficie de un vehículo (19) con un sistema de cavidades, que comprende:
una cavidad (2) y una pluralidad de varillas (4);
- 5 las varillas (4) están situadas cerca de un borde anterior (14) de la cavidad (2), siendo el borde anterior (14) con relación a una dirección del flujo real o de diseño (6) de un fluido sobre la cavidad (2);
extendiéndose las varillas (4) a través de al menos una parte de una anchura de la cavidad (2) de una manera perpendicular o formando un ángulo oblicuo con respecto a la dirección del flujo real o de diseño (6).
- 10 2. Una superficie de un vehículo con un sistema para cavidades de acuerdo con la reivindicación 1, donde todas las varillas (4) están aguas abajo con respecto al borde anterior (14).
3. Una superficie de un vehículo con un sistema para cavidades de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, donde una o más de las varillas (4) están situadas más alejadas a lo largo de la dirección del flujo (6) comparadas con una o más de las demás varillas (4).
- 15 4. Una superficie de un vehículo con un sistema para cavidades de acuerdo con la reivindicación 3, donde el posicionamiento de una o más de las varillas (4) más alejada a lo largo de la dirección del flujo (6) comparada con una o más de las demás varillas (4) proporciona un patrón en zigzag de posiciones de varillas.
5. Una superficie de un vehículo con un sistema para cavidades de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, donde se disponen uno o más elementos de alteración del flujo (34, 38) en una o más de las varillas (4).
- 20 6. Una superficie de un vehículo con un sistema para cavidades de acuerdo con la reivindicación 5, donde al menos algunos de los elementos de alteración del flujo (34, 38) comprenden o proporcionan bordes adicionales en la o las varillas (4), que se añaden al borde o a los bordes que proporciona la forma base de la varilla o las varillas (4).
7. Una superficie de un vehículo con un sistema para cavidades de acuerdo con la reivindicación 5 o la reivindicación 6, donde al menos algunos de los elementos de alteración del flujo (34, 38) comprenden un canal (34) que pasa a través de la varilla (4).
- 25 8. Una superficie de un vehículo con un sistema para cavidades de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, donde al menos algunos de los elementos de alteración del flujo (34, 38) comprenden una protrusión (38) que se extiende desde la varilla (4).
9. Una superficie de un vehículo con un sistema para cavidades de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5 a 8, donde los elementos de alteración del flujo (34, 38) están en posiciones diferentes a lo largo de la varilla (4) en
30 varillas diferentes (4).
10. Una superficie de un vehículo con un sistema para cavidades de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5 a 9, donde se disponen al menos dos tipos diferentes de elementos de alteración del flujo (34, 38).
11. Una superficie de un vehículo con un sistema para cavidades de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, donde las varillas (4) están situadas a una distancia desde el borde anterior (14) que es ≤ 0.2 x la distancia
35 entre el borde anterior (14) y un borde posterior (16).
12. Una superficie de un vehículo con un sistema para cavidades de acuerdo con la reivindicación 11, donde las varillas (4) están situadas a una distancia desde el borde anterior (14) que es ≤ 0.1 x la distancia entre el borde anterior (14) y el borde posterior (16).
- 40 13. Una superficie de un vehículo con un sistema para cavidades de acuerdo con la reivindicación 12, donde las varillas (4) están situadas a una distancia desde el borde anterior (14) que es ≤ 0.05 x la distancia entre el borde anterior (14) y el borde posterior (16).
14. Una superficie de un vehículo con un sistema para cavidades de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, donde el número (n) de varillas en la pluralidad es $2 \leq n \leq 6$.
- 45 15. Una superficie de un vehículo con un sistema para cavidades de acuerdo con la reivindicación 14, donde el número (n) de varillas en la pluralidad es $3 \leq n \leq 6$.

Fig. 1

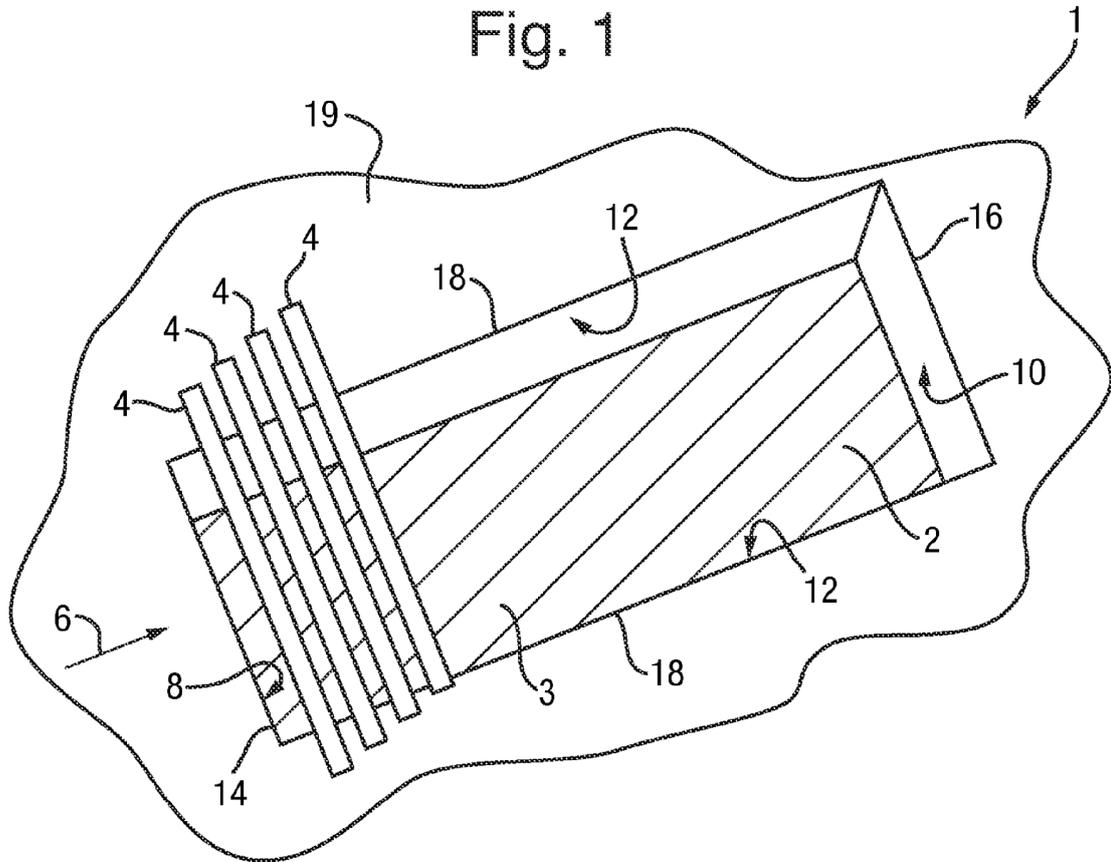


Fig. 2

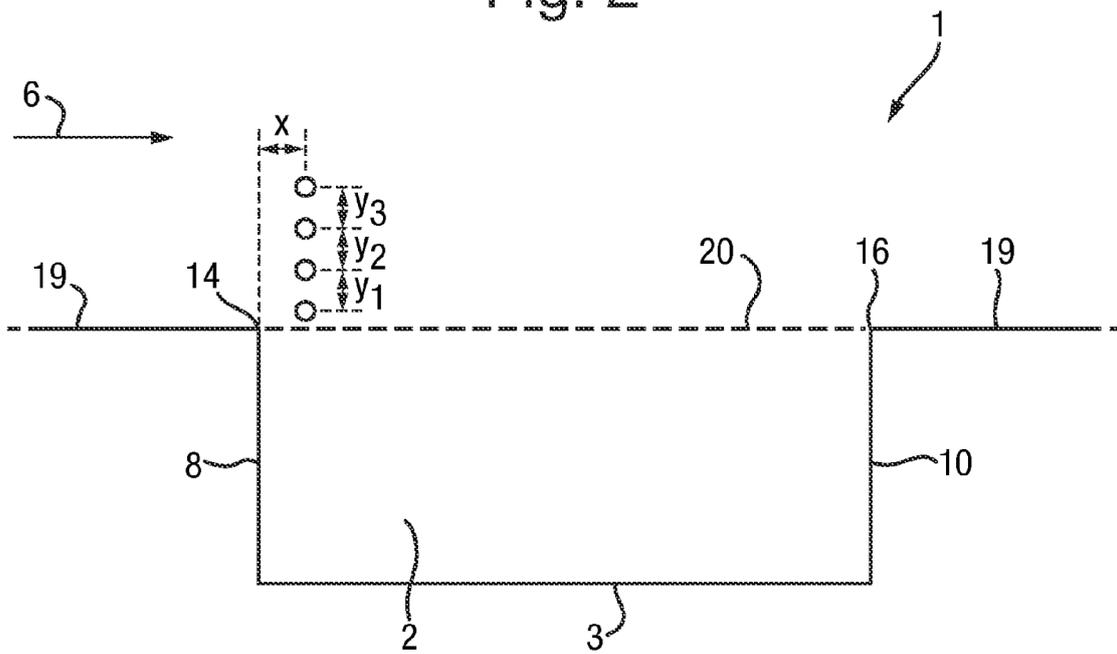


Fig. 3

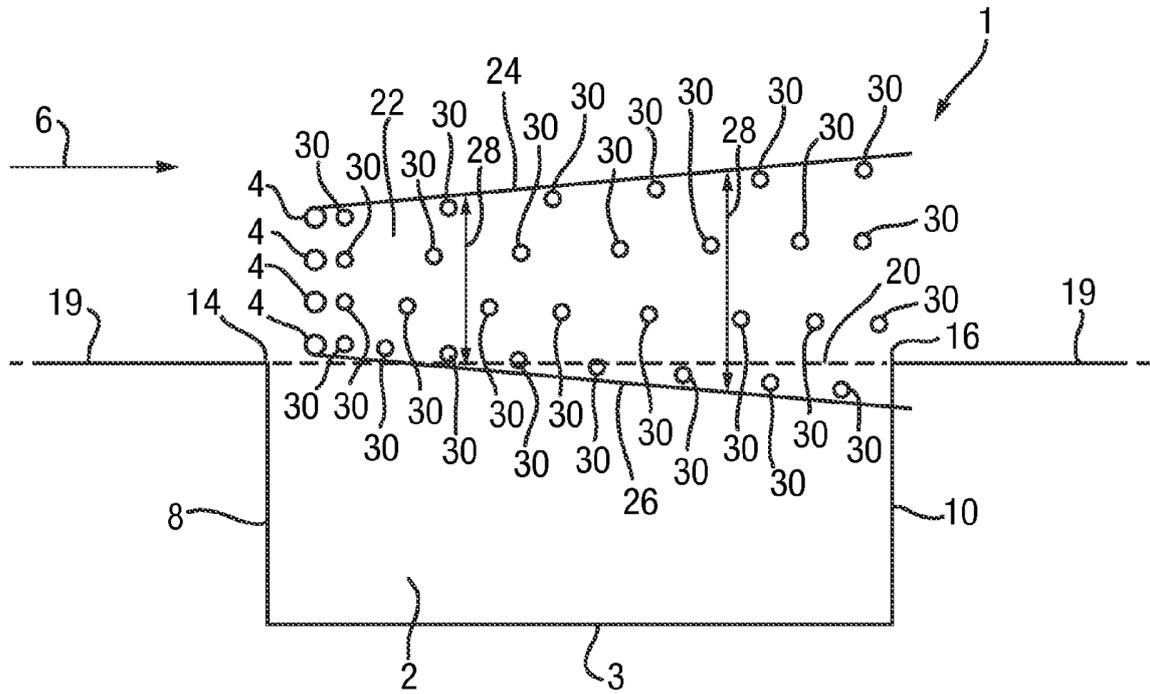


Fig. 4

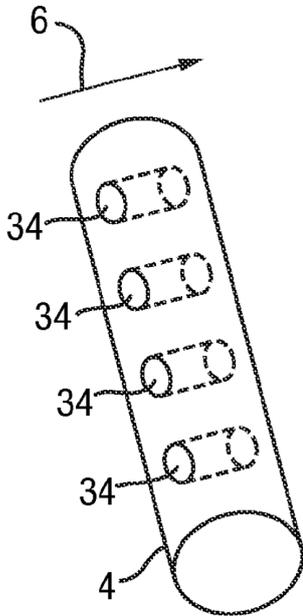


Fig. 5

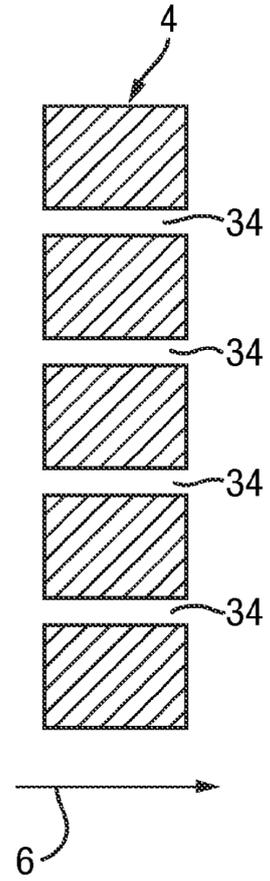


Fig. 6

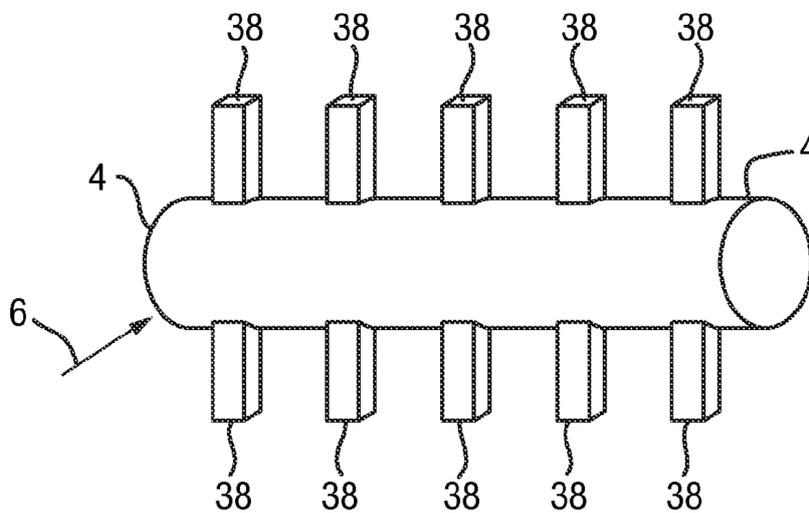


Fig. 7

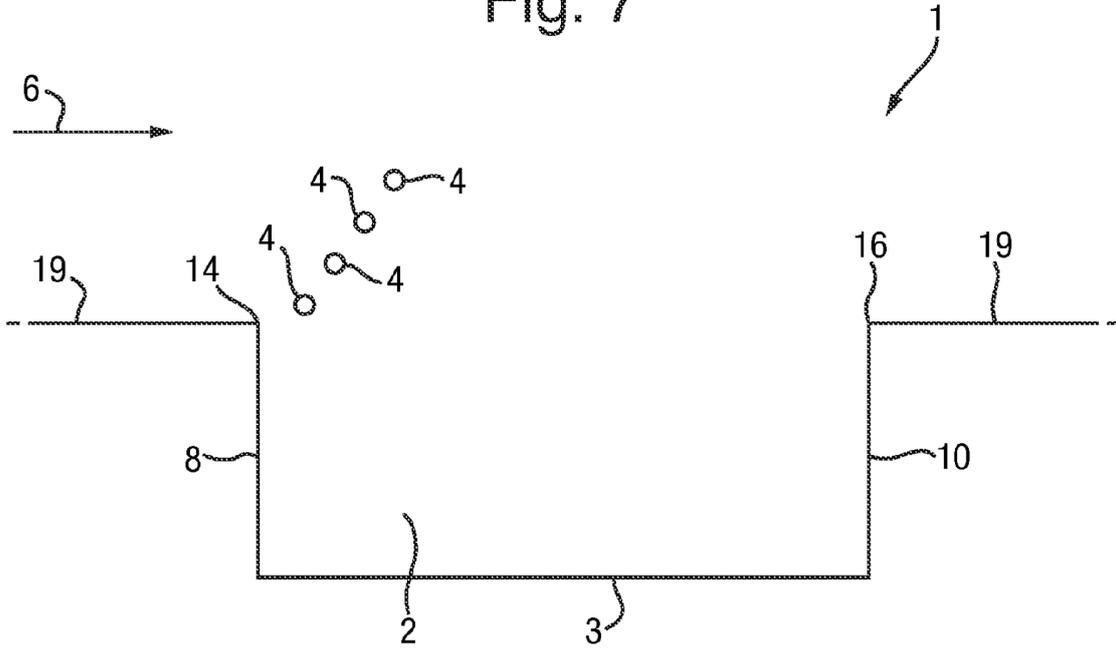


Fig. 8

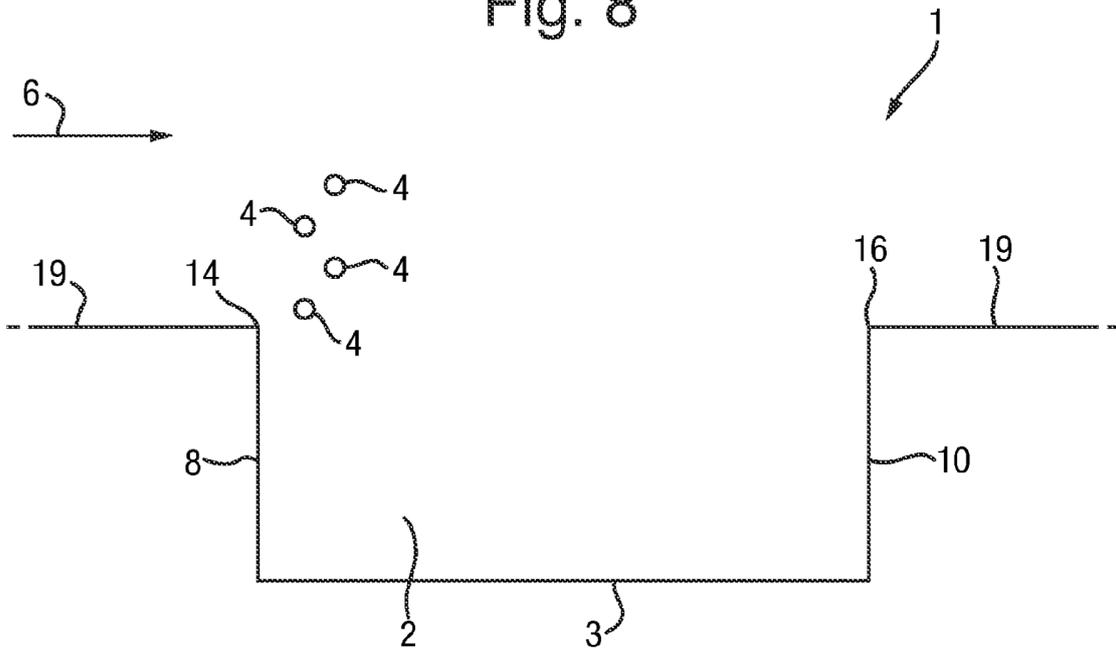


Fig. 9

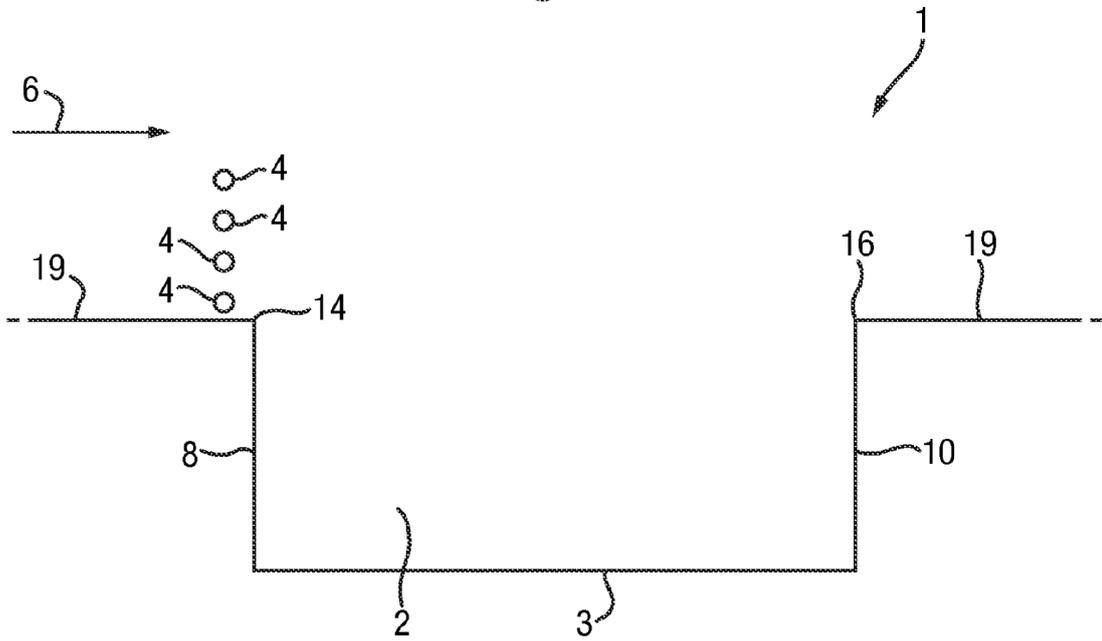


Fig. 10

