

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 628 183**

51 Int. Cl.:

**B64F 1/26** (2006.01)

**G10K 11/168** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.04.2008 PCT/EP2008/054668**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.10.2009 WO09127258**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.04.2008 E 08736329 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.01.2017 EP 2271805**

54 Título: **Método para la reducción de sonido**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**02.08.2017**

73 Titular/es:  
**STICHTING NATIONAAL LUCHT- EN  
RUIMTEVAART LABORATORIUM (100.0%)  
Anthony Fokkerweg 2  
1059 CM Amsterdam, NL**

72 Inventor/es:  
**VAN VEEN, THEO ANTOON**

74 Agente/Representante:  
**ARIAS SANZ, Juan**

ES 2 628 183 T3

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

## DESCRIPCIÓN

Método para la reducción de sonido

5 La invención se refiere a un sistema para la reducción de sonido que se desplaza en una guía de ondas situada en el aire por encima del suelo de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación principal.

Dicho sistema se conoce a partir del documento US-A-4 244 439. También el documento US2004/0058095 describe un sistema de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación principal.

10 En circunstancias específicas, el ruido, por ejemplo, el ruido de aeronaves durante la primera parte del despegue cuando la aeronave está ganando velocidad en una pista, puede ser muy perturbador a gran distancia de la fuente del ruido. Esto se aplica especialmente a frecuencias de sonido en el intervalo de 15 Hz a 40 Hz. En el ejemplo anterior de ruido de una aeronave, un aumento del ruido de baja frecuencia sobre todo se produce cuando la aeronave todavía tiene contacto con la pista y sus motores funcionan a alta potencia, mientras que las condiciones del viento son tales que el viento sopla sustancialmente hacia una zona de interés (el área que sufre el ruido perturbador) con el correcto gradiente de viento (vertical). Otros factores que pueden ser de influencia son, entre otros, el gradiente de temperatura (vertical) y/o una combinación de los gradientes de viento y temperatura.

20 En tales condiciones puede crearse una situación en la que el ruido que emana de la fuente de ruido en un intervalo específico de ángulos se propagará por encima del suelo en una llamada guía de ondas entre la superficie del suelo y un límite superior virtual. Las ondas sonoras se reflejarán sucesivamente hacia abajo en el límite superior debido al gradiente (vertical) (la velocidad efectiva del sonido aumenta con la altitud) en la velocidad del sonido causada por la suma de los efectos del gradiente del viento y el gradiente de temperatura y al llegar a la superficie del suelo las reflejará hacia arriba de nuevo, y así sucesivamente. Básicamente, la reflexión en la superficie del suelo es el resultado de un límite de impedancia acústica presente en el suelo.

30 El efecto de guía de onda anterior se produce especialmente en un intervalo de frecuencias de sonido de aproximadamente 15 Hz a aproximadamente 40 Hz. El sonido que se propaga a través de esta guía de ondas es menos atenuado durante la propagación en comparación con la atenuación que se produce con la propagación esférica del sonido.

35 Otros intentos del estado de la técnica para reducir el ruido perturbador comprenden sustancialmente estructuras tales como escudos, colinas, árboles y vegetación situados entre la fuente de ruido y el área de interés. Cuando se aplican para reducir el ruido de las aeronaves en un aeródromo, tales estructuras conocidas no son compatibles con requisitos de seguridad que requieren zonas libres y sin obstáculos junto a la pista. Además, estas estructuras solo son eficaces para reducir el ruido de alta frecuencia, mientras que el ruido en el intervalo anterior de 15 Hz a 40 Hz apenas se reduce.

40 A la vista de lo anterior, es un objeto de la presente invención proporcionar un sistema mejorado para la reducción de sonido que se desplaza en una guía de ondas en el aire por encima del suelo.

45 De acuerdo con la presente invención, el sistema se caracteriza por que está especialmente diseñado para la reducción de sonidos de aeronaves en el intervalo de 15 Hz a 40 Hz durante la primera parte del despegue, en el que la capa superior es parte de un conjunto que comprende al menos dos capas superpuestas con diferente densidad y/o diferente velocidad de sonido y/o diferente espesor.

50 Como resultado, la superficie del suelo ya no actúa como una superficie acústicamente "dura" que refleja el sonido hacia arriba. Debido a la mejor relación de impedancia entre el aire y la capa superior adyacente del suelo, el sonido ahora puede entrar en el suelo donde se propaga y, por lo tanto, se absorbe por medio de diferentes mecanismos. Por ejemplo, puede producirse una excitación de la estructura del suelo que absorbe la energía sonora; o puede provocarse un acoplamiento a poros en el suelo llenos de aire. Para las frecuencias menores mencionadas anteriormente, se espera que el mecanismo anterior sea el más práctico.

55 Debido a que, además, la capa superior es parte de un conjunto que comprende al menos dos capas superpuestas con diferente densidad y/o diferente velocidad de sonido y/o diferente espesor, la transmisión de sonido de baja frecuencia a través de las capas en el suelo por debajo de la superficie del suelo puede optimizarse en la forma de un filtro de sonido de baja frecuencia.

60 En una realización preferida del sistema de acuerdo con la presente invención, el agua se excluye lo más posible de dicha al menos una capa superior. Esta medida es eficaz para mejorar el acoplamiento aire-tierra (acoplamiento de impedancia). Cuando hay mucha agua en el suelo, la reflexión del suelo y, por lo tanto, la guía de ondas para las ondas de tierra es más pronunciada (como puede verse en la diferencia entre verano e invierno: en verano, se refleja menos energía sonora mediante el suelo acústicamente más blando).

65 Un efecto secundario positivo de proporcionar una reducción significativa del agua en la superficie es una reducción

substancial de la posibilidad de creación de niebla local, lo cual es una ganancia importante para la seguridad y capacidad de un aeropuerto.

5 La absorción del sonido que se propaga en el suelo puede mejorarse aún más cuando, de acuerdo con otra realización del presente sistema, el conjunto de al menos dos capas superpuestas está diseñado para crear un sistema de masa-muelle.

10 Otras medidas que dan lugar a tal mejor absorción son proporcionadas por sistemas en los que el conjunto de al menos dos capas superpuestas proporciona un acoplamiento de modo a ondas secundarias (es decir, partículas que se mueven perpendicularmente a la dirección de propagación del sonido) y/u ondas primarias (es decir, ondas sísmicas, propagación longitudinal del sonido) y/u ondas de Rayleigh (es decir, rotación de partículas) y/u ondas de Love por debajo de la superficie del suelo.

15 En una realización práctica del sistema de acuerdo con la presente invención, el ensamblaje de capas superpuestas comprende al menos tres capas superpuestas con una alternancia de dos tipos de capas diferentes. Esto significa que se crean sucesivas capas horizontales en las que todas las capas impares son del mismo tipo, al igual que las capas pares.

20 Se observa que "del mismo tipo" no significa necesariamente que dichas capas tengan las mismas dimensiones (especialmente espesor), sino que simplemente trata de expresar que dichas capas están constituidas por los mismos materiales (o equivalentes).

25 Por ejemplo, es posible que el conjunto comprenda capas alternas de arena y espuma de poliestireno. Dichas capas pueden estar diseñadas para un ángulo óptimo de incidencia del sonido y la frecuencia en cuestión, e incluso para múltiples sonidos y múltiples frecuencias. Dependiendo de la densidad y la velocidad del sonido en las capas, el conjunto puede optimizarse para la absorción del mencionado ruido de baja frecuencia.

30 Como una posibilidad adicional para mejorar el sistema de acuerdo con la presente invención, la impedancia acústica efectiva de la capa o capas en el suelo está adaptada para las propiedades de ondas sonoras incidentes, tales como por ejemplo frecuencias, dirección de propagación del sonido, dependiendo del tipo de capa(s) en el suelo.

35 Cuando, de acuerdo con otra realización del sistema de acuerdo con la presente invención, cada capa por debajo del suelo está orientada en una dirección perpendicular a la intensidad máxima del sonido, la onda sonora contactará con el suelo más eficazmente con respecto al acoplamiento aire-tierra.

40 De acuerdo con otra realización del presente sistema, debajo del suelo se proporciona además una estructura de rejilla para dispersar el sonido. Dicha rejilla, por ejemplo, puede comprender barras. Las barras pueden estar optimizadas por la dimensión y la distancia entre sí. También se puede optimizar la densidad y velocidad del sonido en las barras y en el terreno circundante con respecto a la dispersión del sonido.

45 Como ejemplo, además de las estructuras estratificadas, las estructuras cilíndricas con aire en su interior se pueden situar justo debajo de la superficie del suelo. Cuando son excitadas por las fluctuaciones de presión del sonido de baja frecuencia en los modos acústicos correctos, estas estructuras son capaces de absorber energía acústica. Esta absorción puede lograrse mediante la transferencia de energía acústica a energía de vibración y calor en las tuberías que están situadas por debajo de la superficie. La energía de vibración será absorbida por el suelo circundante. Se debe tener cuidado de mantener el agua fuera de estas tuberías. La absorción acústica de las tuberías se puede aumentar haciendo agujeros en la tubería que hacen frente al aire. Estos agujeros accionarán los modos de la tubería más eficientemente por los cambios de presión del sonido que incide sobre la tubería en el suelo.

50 En una realización práctica del sistema de acuerdo con la presente invención, dicha capa o capas bajo el suelo se proporcionan en un intervalo que comienza en el lado lateral de la pista y se extiende hasta al menos 100 metros de la pista. El intervalo puede variar dependiendo de la reducción de ruido requerida en una situación específica.

55 La eficacia de dicho sistema se mejora adicionalmente cuando dicho intervalo se extiende hasta una distancia de por lo menos 300 metros de la pista y más preferiblemente cuando dicho intervalo se extiende hasta una distancia de al menos 500 metros de la pista.

60 Se observa que el presente sistema para reducir el sonido que se desplaza en una denominada guía de ondas se puede combinar con sistemas conocidos para absorber sonido mediante, por ejemplo, estructuras de absorción de sonido (por ejemplo, escudos) o vegetación (estructuras que, cuando se utilizan en el contexto de la reducción del ruido de la aeronave se pueden colocar a una mayor distancia de la pista para no crear ningún riesgo para la seguridad). La reducción del sonido que puede lograrse con el método de acuerdo con la invención puede ser considerable (hasta 6 dB y más).

65

Además, se observa que el sistema de acuerdo con la presente invención también se puede aplicar en otras situaciones, tales como en portaaviones o en lugares en los que se requiere una reducción de fuentes de ruido de alta intensidad y/o baja frecuencia.

- 5 La invención no está limitada a las realizaciones descritas anteriormente, que pueden variarse ampliamente dentro del alcance de la invención como se define en las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Sistema configurado para la reducción de sonidos de aeronaves que se desplazan en una guía de ondas en el aire por encima del suelo en el lado lateral de una pista, que comprende, por debajo del suelo en dicho lado lateral de la pista, al menos una capa superior que se extiende hacia abajo desde una interfaz entre dicha capa superior y el aire y que, en dicha interfaz, tiene una impedancia acústica que coincide sustancialmente con la impedancia acústica del aire, **caracterizado por que** el sistema está configurado para la reducción de sonidos de aeronaves en el intervalo de 15 Hz a 40 Hz durante la primera parte del despegue, en el que la capa superior forma parte de un conjunto que comprende al menos dos capas superpuestas con diferente densidad y/o diferente velocidad del sonido y/o diferente espesor.
2. Sistema según la reivindicación 1, en el que el agua se excluye tanto como sea posible de dicha al menos una capa superior.
3. Sistema según la reivindicación 1 o 2, en el que el conjunto de al menos dos capas superpuestas está diseñado para crear un sistema de masa-muelle.
4. Sistema según la reivindicación 3, en el que el conjunto de al menos dos capas superpuestas proporciona un acoplamiento de modo a ondas secundarias (es decir, partículas que se mueven perpendicularmente a la dirección de propagación del sonido) y/u ondas primarias (es decir, ondas sísmicas, propagación de sonido longitudinal) y/u ondas de Rayleigh (es decir, rotación de partículas) y/u ondas de Love por debajo de la superficie del suelo.
5. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el conjunto de capas superpuestas comprende al menos tres capas superpuestas con una alternancia de dos tipos de capas diferentes.
6. Sistema según la reivindicación 5, en el que el conjunto comprende capas alternas de arena y espuma de poliestireno.
7. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la impedancia acústica efectiva de la capa o capas en el suelo se adapta para las propiedades de ondas sonoras incidentes, tales como por ejemplo frecuencias, dirección de propagación del sonido, dependiendo del tipo de capa(s), las dimensiones de las capas y la orientación en el suelo.
8. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que cada capa por debajo del suelo está orientada en una dirección perpendicular a la intensidad máxima del sonido.
9. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que por debajo del suelo se proporciona además una estructura de rejilla para dispersar y/o absorber el sonido.
10. Sistema según la reivindicación 9, en el que la estructura de rejilla comprende barras.
11. Sistema según la reivindicación 9, en el que la estructura de rejilla comprende estructuras cilíndricas, por ejemplo, tubos, llenos de aire.
12. Sistema según la reivindicación 11, en el que las estructuras cilíndricas tienen agujeros orientados hacia el aire.
13. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha capa(s) bajo el suelo están provistas en un intervalo que comienza en el lado lateral de la pista y que se extiende hasta al menos 100 metros de la pista.
14. Sistema según la reivindicación 13, en el que dicho intervalo se extiende hasta una distancia de al menos 300 metros de la pista.
15. Sistema según la reivindicación 14, en el que dicho intervalo se extiende hasta una distancia de al menos 500 metros de la pista.