



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 326 219**

51 Int. Cl.:
F15D 1/02 (2006.01)
F01D 5/14 (2006.01)
B01F 5/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **03790717 .7**
96 Fecha de presentación : **12.08.2003**
97 Número de publicación de la solicitud: **1529169**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **11.05.2005**

54 Título: **Dispositivo para generar torbellinos así como procedimiento para hacer funcionar el dispositivo.**

30 Prioridad: **14.08.2002 DE 102 37 341**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
05.10.2009

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
05.10.2009

73 Titular/es: **SIEMENS AKTIENGESellschaft**
Wittelsbacherplatz 2
80333 München, DE

72 Inventor/es: **Liebe, Roland y**
Liebe, Wolfgang

74 Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

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

Dispositivo para generar torbellinos así como procedimiento para hacer funcionar el dispositivo.

5 La invención se refiere a un dispositivo para generar y/o destruir torbellinos en un medio de flujo, que comprende uno o varios perfiles dispuestos en un canal de flujo, para circular alrededor con el medio de flujo. Se refiere además a un procedimiento apropiado para hacer funcionar el dispositivo.

10 La generación o destrucción específica de torbellinos juega un papel importante en muchas aplicaciones técnicas de flujo. Debido a que los torbellinos contienen energía de rotación y de este modo pueden absorber y entregar energía, pueden usarse para la transmisión específica de energía de un perfil alrededor del cual existe flujo al medio de flujo o en capa límite, o bien para intercambiar energía, en especial también calor, o materiales entre diferentes regiones de un flujo.

15 Para el transporte eficiente de un medio de flujo se usan por ejemplo sistemas formados por generadores de torbellinos en reposo, que transmiten energía al medio de flujo mediante la generación de torbellinos. Con ello es deseable mantener lo más reducido posible la pérdida de presión, que sufre el medio de flujo a lo largo del sistema formado por generadores de torbellinos. En especial se pretende que el caudal másico medio sea lo mayor posible con relación a la pérdida de presión.

20 Del documento EP 0 517 249 A2 se conoce una disposición para el transporte de un fluido, que se basa en el principio del aleteo de las abejas e imita este movimiento. Para esto se han dispuesto dentro de un canal de transporte varias paletas perfiladas sobre un eje móvil, rígido, en donde un extremo del eje puede accionarse a través de un árbol de levas y el otro extremo del eje puede desplazarse transversalmente a lo largo de un raíl, que se extiende transversalmente a la dirección de flujo principal del fluido en el canal. A causa del giro del árbol de levas se mueven los perfiles fijados rigidamente al eje, tanto transversalmente a la dirección de flujo principal como basculados con relación a la misma.

30 Además de esto se conoce del documento FR 2 528 500 un ventilador especialmente silencioso para un canal, en el que está dispuesto un elemento elástico que puede hacerse oscilar para alimentar el aire que circula a través del canal.

35 Mediante el uso de generadores de torbellinos en el canal de flujo pueden conferirse a un medio de flujo también oscilaciones de velocidad. Estas oscilaciones de velocidad, que se generan por ejemplo mediante ondas de choque que se producen en los generadores de torbellinos, aumentan considerablemente el intercambio tanto de calor como de material en el medio de flujo transversalmente a la dirección de flujo. Mediante la aplicación específica de generadores de torbellinos en el canal de flujo puede conseguirse de este modo una acción refrigerante más intensa del flujo sobre piezas constructivas con una carga térmica especial. Con ello los generadores de torbellinos deberían estar posicionados y dimensionados de tal modo, que el coeficiente de transmisión térmica relacionado con la pérdida de presión, que adquiere el medio de flujo a lo largo del sistema formado por generadores de torbellinos, sea lo mayor posible. De este modo puede por ejemplo ahorrarse aire de refrigeración, mediante el uso del sistema formado por generadores de torbellinos en una turbina de gas, tanto en la región de la cámara de combustión como en la región de las paletas de turbina y, de este modo reducirse, al mismo tiempo que un aumento del grado de eficacia de la turbina de gas, sus emisiones de NO_x .

45 El intercambio de material intensificado transversalmente a la dirección de flujo en un medio de flujo con oscilaciones de velocidad puede usarse para un mezclado más intenso del medio de flujo. Por ejemplo mediante la mezcla especialmente intensa de gas de combustión y aire en una instalación de turbina de gas puede alcanzarse una combustión completa del gas de combustión y, de este modo, reducirse sus emisiones de NO_x .

50 La multiplicidad de aplicaciones técnicas de generadores o destructores de torbellinos exige un gran interés en el cálculo teórico de la aparición y del desarrollo de torbellinos. Son especialmente necesarios para configurar óptimamente la forma y el posicionamiento de generadores y destructores de torbellinos con relación a su efecto sobre un medio de flujo. El cálculo de flujos turbulentos se realiza normalmente, ya sea explícitamente a través de la solución de la ecuación de Navier-Stokes del problema, un modo de procedimiento que sin embargo sobre todo en aplicaciones tridimensionales es excesivamente complejo y costoso, o también a través de modelos correspondientes de la teoría clásica de alas soporte.

60 En el marco de la teoría clásica de alas soporte es cierto que pueden describirse flujos turbulentos en piezas constructivas rígidas, es decir, alrededor de las cuales existe flujo pasivo y que no están aceleradas. Sin embargo, la teoría de alas soporte clásica falla en el caso de piezas constructivas activas, es decir que se mueven con aceleración. Precisamente presupone el arrastre por flujo llano del medio de flujo en la arista trasera del perfil alrededor del cual existe flujo, el llamado requisito de Kutta, así como una velocidad de flujo de ataque finita y un tratamiento lineal semi-estático. Un desprendimiento del flujo del perfil alrededor del cual existe flujo y un enrollamiento de los torbellinos que se producen, como sucede en procesos de flujo no estacionarios en perfiles que se mueven con aceleración, no pueden tratarse en el marco de la teoría. En el caso de aplicaciones técnicas se usan por ello usualmente generadores de torbellinos alrededor de los cuales existe flujo pasivo, que pueden describirse mediante la aerodinámica clásica. Los generadores de torbellinos alrededor de los cuales existe flujo pasivo presentan evidentemente unas resistencias

dinámicas relativamente elevadas. Si se sitúan en un canal de flujo se produce por ello una gran caída de presión indeseada en el medio de flujo.

La invención se ha impuesto por ello la tarea de indicar un dispositivo para generar torbellinos en un medio de flujo de la clase citada anteriormente, con el que de una forma especialmente sencilla y con un consumo de energía especialmente reducido, con una caída de presión lo menor posible, puedan generarse torbellinos en un medio de flujo. Asimismo se quiere indicar un procedimiento especialmente adecuado para hacer funcionar el dispositivo.

Con relación al dispositivo esta tarea es resuelta conforme a la invención mediante un dispositivo conforme a la reivindicación 1.

Como “perfiles” puede estar prevista cualquier estructura interna en el canal de flujo, adecuadamente dimensionada y contorneada, que esté adaptada en especial en cuanto a su conformación a las condiciones de flujo esperadas en el canal de flujo a causa del diseño.

La invención se basa con ello en la idea de que para una mayor eficiencia del generador de torbellinos, el caudal medio de medio de flujo con relación a su pérdida de presión a lo largo del canal de flujo debería ser lo mayor posible. Para mantener reducida la pérdida de presión, debería mejorarse en consecuencia la transmisión de energía del generador de torbellinos al medio de flujo. Una mejor transmisión de la energía puede conseguirse por medio de que se aumente el contenido de energía del torbellino generado. Como ha quedado demostrado, pueden conseguirse mayores contenidos de energía con generadores de torbellinos activos, es decir acelerados, tanto en flujos laminares como turbulentos, por medio de que el torbellino se acelera antes de desprenderse del perfil del generador de torbellinos. Por ello los generadores de torbellinos deberían acelerarse con relación al canal de flujo, para obtener una eficiencia especialmente elevada. Una generación de torbellinos uniforme, que cumpla estos requisitos, puede conseguirse con ello de forma especialmente sencilla mediante un movimiento oscilatorio periódico del generador de torbellinos.

Para entender los procesos en generadores de torbellinos que se mueven periódicamente puede utilizarse el reconocimiento de que un torbellino, generado por un generador de torbellinos de este tipo y que se desprende, puede describirse bien mediante un torbellino limitado tridimensionalmente con un núcleo rígido, un llamado “torbellino marginal finito”. Un torbellino de este tipo se completa justo después de su formación en la arista trasera del perfil alrededor del cual existe flujo, mediante medio de flujo que afluye a su centro, hasta su radio a supuestamente constante en el recorrido ulterior en el tiempo. Por medio de esto se hace rotar el torbellino y su velocidad de rotación sigue aumentando durante la siguiente “fase de adherencia”. Con ello a través del torbellino se produce un flujo neto con medio de flujo y la componente del flujo, desde la dirección de la arista trasera de perfil aumenta hasta un valor máximo. El torbellino se adhiere al perfil, después de haber alcanzado su tamaño estable, hasta que se alcanza este valor máximo y después de desprende.

Mientras el torbellino sigue adhiriéndose al perfil, su rotación induce un flujo tangencial a lo largo de la superficie de perfil, la llamada “flujo de envuelta”. La interacción aerodinámica de la flujo de envuelta con el flujo de ataque del medio de flujo sobre el perfil genera un par de fuerzas ortogonal, el impulso y la resistencia. Según cuál de las dos fuerzas domine, se modifica el carácter de la interacción entre el medio de flujo y el perfil. De este modo domina el carácter impulsivo de la interacción por ejemplo durante un movimiento del perfil con una frecuencia relativamente alta y se transmite energía desde el generador de torbellinos al medio de flujo, mientras que en un movimiento con una frecuencia menor domina el carácter resistivo y se transmite energía desde el medio de flujo al generador de torbellinos.

Este reconocimiento en el marco del llamado “modelo de torbellino marginal finito” se aprovecha a la hora de utilizar nuevos valores característicos. Como valor característico, que describa el carácter impulsivo o resistivo de la flujo, es adecuada la relación entre la velocidad de flujo promediada durante un periodo de movimiento del perfil, con relación a la sección transversal media del perfil, y la velocidad de flujo máxima en la arista trasera de perfil. Si este valor $f := v_m/v_{\max}$ es de entre 0,2 y 0,5, el flujo presenta carácter impulsivo. Si por el contrario f es superior a 0,5, presenta carácter resistivo.

Como valores característicos importantes adicionales pueden utilizarse el número de Reynolds del flujo máximo alrededor de la arista, la frecuencia reducida y el número de Strouhal. El número de Reynolds del flujo máximo alrededor de la arista se define como el producto entre la velocidad de flujo máxima en la arista trasera de perfil y la extensión longitudinal del perfil alrededor del cual existe flujo, dividido por la viscosidad cinemática del medio de flujo, la frecuencia reducida como producto entre la frecuencia circular del movimiento oscilatorio periódico y la extensión longitudinal del perfil alrededor del cual existe flujo, dividido por la velocidad de flujo promediada durante un periodo de movimiento con relación a la sección transversal media del perfil, y el número de Strouhal como frecuencia del movimiento periódico y de la extensión longitudinal del perfil alrededor del cual existe flujo, dividida por la velocidad de flujo promediada durante un periodo de movimiento del perfil con relación a la sección transversal media del perfil. Los citados valores característicos se utilizan en lugar de la velocidad de flujo de ataque de perfil externa y constante, utilizada en la aerodinámica clásica, y permiten una caracterización bastante diferenciada y realista del flujo resultante.

De forma ventajosa se han elegido la forma, el número y el tamaño de los perfiles de tal modo, que en caso de funcionamiento del generador de torbellinos el cociente entre la velocidad de flujo promediada durante un periodo de

movimiento, con relación a la sección transversal media del perfil, y la velocidad de flujo máxima en la arista trasera de perfil presente un valor prefijado. Este valor puede elegirse en especial de tal modo que, dependiendo de la clase de aplicación técnica, resulte un flujo con carácter resistivo o con carácter impulsivo.

- 5 Dependiendo de la tarea técnica a cumplir del generador de torbellinos son imaginables y favorables diferentes clases de movimientos oscilatorios periódicos de los perfiles.

En algunas aplicaciones es favorable destruir de nuevo un torbellino generado, después de que haya cubierto un tramo determinado en el canal de flujo. Este es por ejemplo el caso cuando la energía residual de avance del torbellino se quiere aprovechar de la forma más completa posible. En un caso así está conectada al generador de torbellinos ventajosamente, en el lado del medio de flujo, un dispositivo para destruir torbellinos.

A causa del hecho de que los generadores de torbellinos activos son capaces, con una potencia de accionamiento reducida, de transmitir energía y material de un modo especialmente eficiente, pueden usarse en muchos campos técnicos. Para la alimentación de un medio de flujo a través de un canal de flujo o de una tubería se busca por ejemplo un caudal másico lo más elevado posible, al mismo tiempo que una pérdida de presión reducida en el medio de flujo. Un aumento deseado de la velocidad de flujo del medio de flujo, con una pérdida de presión reducida, puede conseguirse sin embargo precisamente con ayuda de un generador de torbellinos activo. Por ello en el canal de flujo de un tramo de alimentación está dispuesto ventajosamente un dispositivo para la generación activa de torbellinos, que comprende varios generadores de torbellinos, que ejecutan un movimiento periódico con la misma frecuencia circular ω y la misma fase. Alternativamente a esto la fase de los generadores de torbellinos también puede ser contrapuesta, es decir desplazada mutuamente en 180° .

Otra aplicación importante de los generadores de torbellinos activos es el aumento de la eficiencia de los flujos de rejilla. Las flujos de rejilla se usan para maximizar el grado de eficacia medio de una rejilla axial, al mismo tiempo que una pérdida de presión lo más reducida posible. Para esto se preconectan por ejemplo álabes guía a los álabes de paleta de una turbina de gas en el lado del medio de flujo. Para seguir aumentando el grado de eficacia de la rejilla se preconecta a la rejilla axial, ventajosamente, un dispositivo para la generación activa de torbellinos en el lado del medio de flujo, que comprende varios perfiles que ejecutan un movimiento periódico con la misma frecuencia circular ω y la misma fase. De este modo pueden generarse en especial impulsos de flujo periódicos, cuyo periodo y cuya longitud están sintonizados al verdadero flujo de rejilla también periódica. Asimismo puede aprovecharse el llamado “efecto clocking”, que aumenta la eficacia de la rejilla y que teóricamente todavía no se ha entendido por completo, que se tiene en cuenta cuando interactúan rejillas aisladas que se mueven unas respecto a las otras.

Las oscilaciones de velocidad conferidas a un medio de flujo pueden aprovecharse para obtener una refrigeración especialmente eficiente de piezas constructivas con una fuerte carga térmica. Estas oscilaciones de velocidad pueden generarse de una forma especialmente eficiente mediante generadores de torbellinos activos y aumentan considerablemente el intercambio tanto de calor como de material, transversalmente a la dirección de flujo. Mediante la aplicación específica de generadores de torbellinos activos en el canal de flujo puede conseguirse de este modo una refrigeración eficiente de piezas constructivas con una carga térmica especial. Para esto un dispositivo de refrigeración comprende ventajosamente un canal de flujo, una corriente de refrigeración conducida a través del canal de flujo, así como un dispositivo dispuesto dentro del canal de flujo, que presenta uno o varios perfiles que se mueven periódicamente para la generación activa de torbellinos.

Las oscilaciones de velocidad conferidas a un medio de flujo refuerzan también el intercambio de material transversalmente a la dirección de flujo. Este efecto puede aprovecharse específicamente para el mezclado reforzado de un medio de flujo. Puede conseguirse una calidad de mezclado especialmente alta, al mismo tiempo que una pérdida de presión baja, por medio de que para generar las oscilaciones de velocidad se usen generadores de torbellinos activos. Casi siempre es deseable que las oscilaciones de velocidad conferidas al medio de flujo a causa de los torbellinos generados se destruyan de nuevo una vez terminado el mezclado. Por ello un tramo de mezclado comprende ventajosamente un dispositivo para la generación activa de torbellinos, al que está post-conectado en el lado del medio de flujo un dispositivo para destruir torbellinos.

Con un generador de torbellinos activo pueden generarse y/o reforzarse de modo y forma especialmente eficientes, al mismo tiempo que con una caída de presión reducida dentro del medio de flujo, corrientes de material y energía, por ejemplo al mezclar gas de combustión y aire en un compresor o al refrigerar piezas constructivas con una carga térmica especial. Por ello el generador de torbellinos activo se usa ventajosamente en una turbina de gas.

Con relación al procedimiento, la citada tarea es resuelta mediante el procedimiento conforme a la reivindicación 9.

Nuevos reconocimientos en el marco del llamado “modelo de torbellino marginal finito” muestran, como es posible influir específicamente en la concesión del carácter resistivo o impulsivo a un flujo alrededor de perfiles que se mueven, es decir la dirección de la transmisión de energía entre perfil y medio de flujo. Un valor característico importante dentro del modelo es el cociente entre la velocidad de flujo promediada durante un periodo de movimiento del perfil, con relación a la sección transversal media del perfil, y la velocidad de flujo máxima en la arista trasera de perfil. Conforme a la invención, la dirección de la transmisión de energía entre el perfil que se mueve y el medio de flujo se ajusta a través de este cociente. Alternativamente puede ajustarse la dirección de la transmisión de energía entre perfil

y medio de flujo también a través del producto entre la velocidad de flujo máxima en la arista trasera de perfil y la extensión longitudinal del perfil, alrededor del cual existe flujo, dividido por la viscosidad cinemática del medio de flujo.

- 5 En algunas aplicaciones técnicas pueden producirse inconvenientes, si los torbellinos generados provocan, en el recorrido ulterior del flujo, un grado de turbulencia relativamente elevado en el flujo. Por ello los torbellinos generados se destruyen de nuevo ventajosamente total o parcialmente, corriente abajo de la posición en el canal de flujo en la que se generaron.
- 10 Como se ha obtenido de cálculos en el marco del “modelo de torbellino marginal finito”, mediante el uso de generadores de torbellinos activos pueden generarse y/o reforzarse, de forma especialmente eficiente y con una caída de presión relativamente reducida dentro del medio de flujo, corrientes de material y energía. Por ello el procedimiento para generar torbellinos mediante generadores de torbellinos activos es especialmente apropiado para diferentes aplicaciones técnicas, por ejemplo para transportar o mezclar medios de flujo, para aumentar la eficiencia de corrientes de
- 15 rejilla y para refrigerar piezas constructivas con una carga térmica especial.

Las ventajas obtenidas con la invención consisten en especial en que, mediante la utilización prevista a partir de ahora de generadores de torbellinos que se mueven periódicamente, pueden generarse torbellinos con un consumo energético relativamente reducido. El movimiento periódico de los perfiles puede transformarse con ello, técnicamente de un modo relativamente sencillo, mediante la utilización de un accionamiento exterior mecánico, eléctrico o electrohídrico. En el caso de la utilización de generadores de torbellinos activos, en contraposición a los pasivos, pueden generarse y/o reforzarse eficazmente en un medio de flujo corrientes de material y energía, al mismo tiempo que unas pérdidas de presión especialmente reducidas dentro del medio de flujo. La pérdida de presión reducida puede atribuirse con ello a que los generadores de torbellinos activos se caracterizan por unas resistencias muy bajas.

25 Los generadores de torbellinos activos tienen, a causa de las citadas características técnicas favorables, un gran número de posibilidades aplicativas. Mediante la utilización de generadores de torbellinos activos puede configurarse de forma más eficiente la corriente de rejilla en el compresor de una turbina de gas y aprovecharse de forma reforzada el efecto de clocking. También la refrigeración de piezas constructivas con una carga térmica puede mejorarse mediante los generadores de torbellinos activos y de este modo ahorrarse aire de refrigeración. Asimismo, mediante la utilización de generadores de torbellinos activos es posible un mezclado más profundo, por ejemplo de gas de combustión y aire, antes de la combustión para reducir las emisiones de NO_x . De este modo puede conseguirse un aumento del grado de eficacia de la turbina de gas y una reducción de sus emisiones con una complejidad técnica relativamente baja.

35 Se explica con más detalle un ejemplo de ejecución de la invención con base en la figura 2. Aquí muestran:

la figura 1 un perfil alrededor del cual circula un medio de flujo, en cuya arista trasera se genera un torbellino,

40 la figura 2 diferentes ejecuciones de un dispositivo que comprende uno o varios perfiles para generar torbellinos en un medio de flujo, debajo en la figura 2a la ejecución conforme a la invención,

la figura 3 un tramo para el transporte de un medio de flujo, que comprende un dispositivo para generar torbellinos,

45 la figura 4 otro tramo para el transporte de un medio de flujo,

la figura 5 un corte cilíndrico desenrollado en el plano a través de una fila de álabes guía y álabes de paleta de una turbina de gas, a la que está preconectado un dispositivo para generar torbellinos,

50 la figura 6 un dispositivo para refrigerar piezas constructivas con una carga térmica, y

la figura 7 un dispositivo para mezclar un medio de flujo.

Las piezas iguales están dotadas en todas las figuras de los mismos símbolos de referencia.

55 La figura 1 muestra un dispositivo para generar torbellinos con un perfil 1 alrededor del cual circula un medio de flujo S, que puede encontrarse por ejemplo en un canal de flujo no representado en la figura 1. La dirección de flujo del medio de flujo S se indica mediante las flechas 2 a modo de líneas de corriente. El perfil 1 puede moverse mediante un accionamiento exterior no representado en la figura 1, en donde el movimiento se compone en general de un desplazamiento del perfil 1 durante un tramo x y una rotación del perfil 1 con un ángulo φ . El movimiento se realiza

60 periódicamente con una frecuencia circular ω . Durante el movimiento del perfil 1 con relación al medio de flujo S, se forman durante cada periodo del movimiento dos torbellinos en la arista trasera 4 del perfil 1, que crecen justo después de su formación, durante un tiempo breve se adhieren a la arista trasera 4 y después se desprenden.

Los torbellinos que se forman pueden describirse de forma relativamente realista con ayuda del “modelo de torbellino marginal finito”. En el marco de este modelo se describen los torbellinos que se forman en la arista trasera 4 del perfil 1, no como torbellinos ideales sino como torbellinos con radio definido nítidamente y núcleo que rota rígidamente. En la figura 1 se ha representado un llamado “torbellino marginal finito” 6 de este tipo. El torbellino marginal finito 6 se repone justo después de su formación en la arista trasera 4 del perfil 1, alrededor del cual existe

flujo, mediante medio de flujo S que afluye a su centro hasta su radio a y se pone en rotación. Su velocidad de rotación sigue aumentando durante la subsiguiente “fase de adherencia”, en donde el torbellino marginal finito 6 sufre un flujo neto con medio de flujo S y la componente del flujo aumenta, desde la dirección de la arista trasera 4, hasta un valor máximo. El torbellino marginal finito 6 se desprende de la arista trasera 4, en el momento en el que se alcanza este valor máximo. Durante la fase de adherencia la rotación del torbellino marginal finito 6 induce un flujo tangencial a lo largo de la superficie del perfil, el llamado “flujo de envuelta”. El flujo de envuelta interactúa con el medio de flujo S en corriente de ataque, en donde se produce un par de fuerzas ortogonal, el impulso V, indicado mediante la flecha 8, y la resistencia W, indicada mediante la flecha 10.

El carácter de la interacción entre el medio de flujo S y el perfil 1 depende predominantemente de cuál de las dos fuerzas domina. Como muestran tanto investigaciones teóricas en el marco del “modelo de torbellino marginal finito” como descubrimientos experimentales, durante un movimiento del perfil 1 con una frecuencia circular ω relativamente alta domina el carácter impulsivo de la interacción y se transmite energía del perfil 1 al medio de flujo S. Durante un movimiento de ataque, en donde se produce un par de fuerzas ortogonal, el impulso V, indicado mediante la flecha 8, se realiza a la inversa desde el medio de flujo S al perfil 1.

El relativamente sencillo “modelo de torbellino marginal finito” permite, al contrario que la teoría clásica de alas soporte, la descripción del flujo alrededor de un perfil 1 que se mueve con aceleración. De este modo hace posible el uso específico de generadores de torbellinos activos, que también comprenden varios perfiles 1 que se mueven con aceleración. Un perfil 1 que se mueve con aceleración causa una pérdida de potencia bastante menor al contrario que uno rígido con una resistencia dinámica bastante menor. En otras palabras: un perfil 1 que se mueve causa una pérdida de presión bastante menor dentro del medio de flujo S que uno rígido. Puede usarse de este modo por ejemplo para el transporte o mezclado eficiente de medios de flujo S, en donde a causa de la reducida resistencia dinámica del perfil 1 se consigue un caudal relativamente elevado de medio de flujo, con una pérdida de presión relativamente baja.

Puede pensarse en diferentes clases del movimiento periódico del perfil 1. La figura 2 muestra diferentes posibilidades del movimiento periódico del perfil 1 con relación al medio de flujo S. El medio de flujo S circula a través de un canal de flujo 12 en la dirección indicada por la flecha 12. Como se ha representado en la figura 2a, en el medio de flujo S puede generarse un torbellino marginal finito 6, por medio de que conforme a la invención se desplaza un perfil 1 transversalmente a la dirección de flujo periódicamente durante un tramo x , es decir, ejecuta un movimiento de traslación puro.

La figura 2 muestra otra posibilidad del movimiento periódico del perfil 1, en el que el perfil 1 ejecuta un movimiento de rotación puro alrededor de un eje de giro 14, perpendicularmente a la dirección de flujo, con un ángulo φ . En aplicaciones técnicas es ventajoso, en ciertas circunstancias, el uso de combinaciones de movimientos de traslación y de rotación. Pueden usarse también, como se muestra en la figura 2c, varios perfiles 1 para generar torbellinos. Con una configuración como en la figura 2c, en la que oscila una pareja de perfiles 1 a la salida de otro canal de flujo 16 dispuesto en el canal de flujo 12 en contrafase o en fase, pueden mezclarse y/o transportarse de forma eficiente por ejemplo dos medios de flujo que circulan en el canal de flujo 12 o en el otro canal de flujo 16. En una disposición así, en cada periodo de oscilación de los perfiles 1 se desprenden dos parejas de torbellinos marginales finitos 6 de las aristas traseras de perfil 4 y forman un llamado flujo final 18 en el canal de flujo 12. La figura 12d muestra un dispositivo para generar torbellinos marginales finitos 6 sin componentes que se muevan periódicamente. A su vez está dispuesto aquí dentro del canal de flujo 12 otro canal de flujo 16, a través del cual circula un medio de flujo S. Evidentemente circula el medio de flujo S del otro canal de flujo 16 con una variación periódica de su caudal másico m . A la salida 22 del otro canal de flujo se forma en cada periodo una pareja de torbellinos marginales finitos 6, que se desprende después de la fase de adherencia y forma un flujo final 18 en el canal de flujo 12.

Como han dado como resultado cálculos en el campo del modelo de torbellino marginal finito, los perfiles 1 deberían seguir ciertas reglas en cuanto a su forma y dimensionamiento. Los perfiles 1 deberían presentar en especial una arista trasera 4 lo más larga posible, aunque viva, de tal modo que la velocidad de flujo máxima en la arista trasera 4 sea lo mayor posible y el torbellino marginal finito 6 que se produce presenta un radio relativamente pequeño. Con ello no es deseable en cualquier caso una forma de oscilación armónica del perfil 1, para conseguir una fase de adherencia larga del torbellino marginal finito 6 y una propulsión elevada. Según el campo de aplicación del generador de torbellinos deben optimizarse la frecuencia y amplitud de oscilación, la posición del eje de giro 14 durante una rotación y la forma general del perfil 1, de tal modo que tenga lugar, con un accionamiento exterior lo más reducido posible y una caída de presión reducida, una transmisión de energía óptima entre el perfil 1 y el medio de flujo S.

A causa de las características favorables de los torbellinos marginales finitos 6, su generación puede aprovecharse por ejemplo para transportar un medio de flujo. La figura 3 muestra un tramo para transportar un medio de flujo, que comprende un dispositivo para generar torbellinos marginales finitos 6. Como puede reconocerse en la figura 3a, en un canal de flujo 12 están dispuestos varios perfiles 1, por ejemplo tres, que ejecutan un movimiento periódico en fase. El movimiento periódico puede componerse de una rotación con un ángulo φ alrededor del eje de giro 14 o también en una combinación de la rotación con un desplazamiento periódico del perfil 1. En las aristas traseras 4 respectivas de los perfiles 1 que oscilan en fase se producen en cada periodo, en cada caso, dos torbellinos de arista finitos 6. La energía transmitida desde los perfiles 1 mediante la formación de torbellinos al medio de flujo S se aprovecha para el transporte del medio de flujo S a través del canal de flujo 12. Si los perfiles 1 ejecutan un movimiento de rotación puro, pueden accionarse mediante el accionamiento exterior representado en la figura 3. Los perfiles 1 están aplicados para esto en la región de su arista trasera 4 a una barra de unión 23, que está unida a través de una palanca articulada

ES 2 326 219 T3

24 a un accionamiento de manivela 26. En caso de funcionamiento del generador de torbellinos el accionamiento de manivela 26 mueve la barra de unión 23 hacia arriba y hacia abajo y acciona de este modo la rotación de los perfiles 1 alrededor de su respectivo eje de giro 14.

5 Si por el contrario los perfiles 1 ejecutan una combinación entre movimiento de traslación y de rotación, pueden accionarse mediante el accionamiento exterior representado en la figura 3c. El dispositivo de accionamiento representado comprende para esto una barra de unión 23, a la que están aplicados el o los perfiles 1 en su región trasera así como otra barra de unión 30, que une entre sí los perfiles 1 en su región delantera. Tanto la barra de unión 23 como la otra barra de unión 30 ejecutan, en caso de funcionamiento del dispositivo, un movimiento periódico en
10 dirección ascendente y descendente, que se produce mediante un accionamiento electromagnético 27 o a través de otro accionamiento electromagnético 28. Para conseguir una rotación de los perfiles 1 alrededor del eje de giro 14, el accionamiento electromagnético 27 y el otro accionamiento electromagnético 28 no trabajan en fase. En lugar de ello el accionamiento electromagnético 27 puede presentar un avance de fase de 90° con relación al otro accionamiento electromagnético 28. Los perfiles 12 ejecutan de este modo una combinación entre un movimiento de traslación a lo
15 largo del tramo x y un movimiento de rotación con el ángulo φ dentro del canal de flujo 12.

Mediante el uso del dispositivo representado en la figura 3 a través de un canal de flujo 12 puede transportarse el medio de flujo S de forma especialmente eficiente a través de un canal de flujo 12. Como han dado como resultado cálculos en el marco del “modelo de torbellino marginal finito”, el movimiento periódico de los perfiles 1 asegura
20 precisamente que se transmita, de forma especialmente eficiente, de los perfiles 1 al medio de flujo S. En especial puede de este modo maximizarse el causal de medio de flujo S, referido a la pérdida de presión, a través del canal de flujo 12.

Para el transporte eficiente de un medio de flujo S a través de un canal de flujo 12 son también adecuados perfiles
25 1 que oscilen en contrafase, lo que se ha representado en la figura 4. La figura 4a muestra un tramo alternativo para el transporte eficiente de un medio de flujo S. Dentro del canal de flujo 12 está dispuesto otro canal de flujo 16, por ejemplo dispuesto concéntricamente, a cuya salida está dispuesta una pareja de perfiles 1 que ejecutan en cada caso movimientos de rotación periódicos. Para esto oscilan en contrafase, es decir con un desplazamiento de fase de 180° , y generan en su arista trasera 4 por periodo en cada caso dos torbellinos marginales finitos 6, que después de
30 su fase de adherencia se desprenden de las aristas traseras 4 y generan en el canal de flujo 12 un flujo final 18. En aplicaciones técnicas puede ser favorable, por ejemplo para aprovechar la energía residual de avance, destruir de nuevo los torbellinos desprendidos total o parcialmente. Para esto puede estar post-conectado a los perfiles 1, en el lado del medio de flujo, un destructor de torbellinos no representado en la figura 4.

35 La figura 4b muestra un accionamiento adecuado para hacer funcionar el generador de torbellinos representado en la figura 4. Para esto el accionamiento comprende un accionamiento electromagnético 27, que activa un cilindro de trabajo 32 que trabaja hidráulicamente, y dos palancas articuladas 24, que están aplicadas a los perfiles 1 y producen, a través de su movimiento provocado por el cilindro de trabajo 32, una rotación de los perfiles 1 alrededor de su respectivo eje de giro 14.

40 Aparte de para un transporte eficiente de un medio de flujo, los generadores de torbellinos activos pueden aplicarse también en otros campos técnicos diferentes. La figura 5 representa el principio de la aplicación de generadores de torbellinos activos para aumentar la eficiencia de un flujo de rejilla. Para esto se preconectan a una rejilla axial, representada en la figura 5a por un corte cilíndrico, desenrollado en el plano, varios generadores de torbellinos activos.
45 La figura 5a muestra una fila de álabes guía 33 que comprende varios álabes guía 34 de una turbina de gas, a la que está post-conectada en el lado del medio de flujo una fila de álabes de paleta 35, que comprende varios álabes de paleta 36. La fila de álabes guía 34 y la fila de álabes guía 35 están dispuestas en un canal de flujo no representado con más detalle, a través del cual circula medio de flujo S en la dirección indicada por la flecha 2. A la fila de álabes guía 34 está preconectada una fila de generadores de torbellinos 38 en el lado del medio de flujo, que comprende
50 varios perfiles 1. Los perfiles 1 están diseñados de tal modo, que un accionamiento exterior los hace rotar alrededor de su respectivo eje de giro 14. Durante un periodo oscilatorio completo de los perfiles 1, cada perfil 1 genera en su arista trasera 4 dos torbellinos marginales finitos 6, que después de la fase de adherencia se desprenden y se mueven sobre la pista indicada mediante la flecha 40 a través del canal de flujo. Los torbellinos marginales finitos 6 se mueven alrededor de los álabes guía 34, mediante la energía transmitida a los mismos por los perfiles 1 sobre su pista e
55 inciden sobre los álabes de paleta 36, post-conectados a los álabes guía 34 en el lado del medio de flujo y a los que entregan su energía. Los impulsos de flujo generados de este modo aumentan la eficiencia del flujo de rejilla, entre otras cosas, mediante el aprovechamiento del llamado “efecto de clocking” todavía no entendido por completo, que se basa en la interacción aerodinámica de diferentes rejillas entre sí y que se utiliza cuando las rejillas asumen entre ellas una posición definida con precisión. El efecto de clocking, aprovechado ya durante el posicionamiento de los
60 álabes guía 34 con relación a los álabes de paleta 36, se refuerza ulteriormente mediante la generación de impulsos de flujo, generados de forma ajustada en duración y frecuencia al movimiento de los álabes de paleta 36, mediante los perfiles 1. Aumenta la eficiencia del flujo de rejilla de forma medible y de este modo puede contribuir al aumento de eficiencia, por ejemplo de una turbina de gas y con ello a la reducción de sus emisiones.

65 En la figura 5b se muestra un posible accionamiento para los perfiles 1 representados en la figura 5a. Los perfiles 1 están aplicados en la región de su arista trasera 4 a una barra de unión común 23 y están montados, en su región delantera sobre otra barra de unión 30, de forma giratoria alrededor de su respectivo eje de giro 14. En caso de funcionamiento del generador de torbellinos el accionamiento electromagnético 27 mueve, a través del cilindro de

ES 2 326 219 T3

trabajo 32 que trabaja hidráulicamente, la barra de unión 23 hacia arriba o hacia abajo. De ello resulta un giro en fase de los perfiles 1 alrededor de su respectivo eje de giro 14.

El intercambio de calor y material en un medio de flujo, transversalmente a su dirección de flujo, puede aumentarse considerablemente mediante las fluctuaciones de velocidad conferidas al medio de flujo. Estas fluctuaciones de velocidad pueden conferirse de forma especialmente sencilla y con una pérdida de presión relativamente reducida en el medio de flujo mediante el uso de generadores de torbellinos activos. La figura 6 muestra una disposición, en la que pueden aprovecharse torbellinos marginales finitos 6, generados por los perfiles 1, para refrigerar piezas constructivas con una carga térmica especial. Para esto se han dispuesto en un canal de flujo 12, por ejemplo de una turbina de gas, varios perfiles 1, por ejemplo tres perfiles 1, sobre una barra de unión común 23. La barra de unión 23 puede moverse mediante un accionamiento exterior en la dirección indicada mediante la flecha 42, periódicamente hacia arriba y a continuación de nuevo hacia abajo. El accionamiento de la barra de unión 23 puede realizarse con ello mecánicamente como en la figura 6a, o alternativamente a esto electromagnéticamente como en la figura 6b. Los perfiles 1 ejecutan en caso de funcionamiento, a causa del accionamiento exterior, un movimiento de traslación durante el tramo x dentro del canal de flujo 12 y confieren al medio de flujo S, por medio de ello, el perfil de velocidad p. Los torbellinos marginales finitos 6, que se producen en las aristas traseras 4 con movimiento de los perfiles 1 y que se desprenden de los perfiles 1, confieren de nuevo al perfil de velocidad p fluctuaciones de velocidad periódicas, que aumentan considerablemente el intercambio de calor transversalmente a la dirección de flujo y de este modo contribuyen a la mejora deseada de la refrigeración de la pared 44. La mejora de la acción refrigerante del flujo sobre el desplazamiento corriente arriba del punto de repliegue laminar-turbulento debe atribuirse en especial al uso del generador de torbellinos. Por medio de esto aumenta claramente el coeficiente de transición y se mejora la acción refrigerante. De este modo puede ahorrarse medio de flujo S, en el caso de una temperatura igual de la pared 44, o con el mismo consumo de medio de flujo S conseguirse un aumento de potencia y eficacia de la turbina de gas.

El mayor intercambio de material a causa del uso de un generador de torbellinos, transversalmente a la dirección de flujo, puede aprovecharse también para mezclar entre sí medios de flujo. Para esto se ha dispuesto como se ha representado en la figura 7a, en un canal de flujo 12 por el que circula un medio de flujo S en la dirección de la flecha 2, un perfil 1 que se mueve periódicamente mediante un accionamiento exterior. Con ello el accionamiento se produce, como se ha representado en la figura 7b, mecánicamente a través de un mecanismo de palanca giratoria. El perfil 1 que se mueve periódicamente genera durante cada periodo dos torbellinos marginales finitos 4, que se producen en su arista posterior 4 y se desprenden después de la fase de adherencia. Las turbulencias generadas específicamente de este modo aseguran un mezclado eficiente del medio de flujo S, que por ejemplo puede estar compuesto por varios componentes como aire y gas de combustión o aceite de calefacción ligero y agua, que se pretende mezclar entre sí. En el caso de una turbina de gas puede conseguirse, mediante el mezclado especialmente profundo de gas de combustión y aire, una combustión completa de gas de combustión del gas de combustión y con ello una reducción de las emisiones de NO_x de la turbina de gas. Al perfil 1 para generar torbellinos puede estar post-conectado, en el lado del medio de flujo, un perfil no representado en la figura 7, para destruir torbellinos, en el caso de que no se desee un flujo turbulento en el recorrido ulterior.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para generar y/o destruir torbellinos en un medio de flujo (S), que comprende un canal de flujo (12) y uno o varios perfiles (1) dispuestos en el canal de flujo (12), para circular alrededor con el medio de flujo (S), en donde al o a cualquier perfil (1) está asociado un accionamiento exterior perteneciente al dispositivo y diseñado para generar un movimiento oscilatorio periódico del perfil respectivo (1) con relación al medio de flujo (S), con una frecuencia circular ω , **caracterizado** porque el movimiento oscilatorio periódico se compone de un desplazamiento de traslación puro de los perfiles (1) en perpendicular a una dirección de flujo del medio de flujo (S).

2. Dispositivo según la reivindicación 1, en donde se han elegido la forma y el tamaño de los perfiles (1) de tal modo, que en caso de funcionamiento el cociente entre la velocidad de flujo del perfil (1) promediada durante un periodo de movimiento, con relación a la sección transversal media del perfil (1), y la velocidad de flujo máxima en la arista trasera de perfil (4) presenta un valor prefijado.

3. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 2, al que puede post-conectarse en el lado del medio de flujo un dispositivo para destruir torbellinos.

4. Tramo de alimentación para transportar un medio de flujo (S), que comprende un dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende varios perfiles (1) que ejecutan un movimiento oscilatorio periódico con la misma frecuencia circular ω y la misma fase.

5. Rejilla axial para que circule a través de ella un medio de flujo (S), que comprende un dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 3, que está preconectado en el lado del medio de flujo a la rejilla axial y comprende varios perfiles (1), que ejecutan un movimiento oscilatorio periódico con la misma frecuencia circular ω y la misma fase.

6. Dispositivo de refrigeración para refrigerar piezas constructivas con una carga térmica, que comprende un canal de flujo (12), una corriente de refrigeración dirigida a través del canal de flujo (12) así como un dispositivo dispuesto dentro del canal de flujo (12), según una de las reivindicaciones 1 a 3.

7. Tramo de mezclado para mezclar uno o varios medios de flujo (S) entre sí, que comprende un canal de flujo (12) a través del cual circula el medio de flujo (S) así como un dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 3.

8. Turbina de gas con un dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 7.

9. Procedimiento para generar torbellinos en un medio de flujo (S), mediante uno o varios perfiles (1) dispuestos en un canal de flujo (12) y previstos para circular alrededor con el medio de flujo (S), en donde el perfil (1) o los perfiles (1) oscilan periódicamente con la frecuencia circular ω mediante un accionamiento exterior, **caracterizado** porque para la transmisión de energía en el medio de flujo el cociente entre la velocidad de flujo promediada durante un periodo de movimiento del perfil (1), con relación a la sección transversal media del perfil (1), y la velocidad de flujo máxima en la arista trasera (4) del perfil es de entre 0,2 y 0,5, y/o para transmitir energía en el perfil (1) el cociente es superior a 0,5.

10. Procedimiento según la reivindicación 9, en el que los torbellinos generados se destruyen de nuevo total o parcialmente, corriente abajo de la posición en el canal de flujo (12) en la que se generaron.

11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 9 a 10, que se usa para el transporte de un medio de flujo (S) a través de un canal de flujo (12).

12. Procedimiento según una de las reivindicaciones 9 a 11, que se usa para aumentar la eficiencia de un flujo de rejilla del medio de flujo (S) a través de una rejilla dispuesta dentro del canal de flujo (12).

13. Procedimiento según una de las reivindicaciones 9 a 11, que se usa para refrigerar piezas constructivas con una carga térmica mediante un medio de flujo (S).

14. Procedimiento según una de las reivindicaciones 9 a 11, que se usa para mezclar uno o varios medios de flujo (S) en un canal de flujo (12).

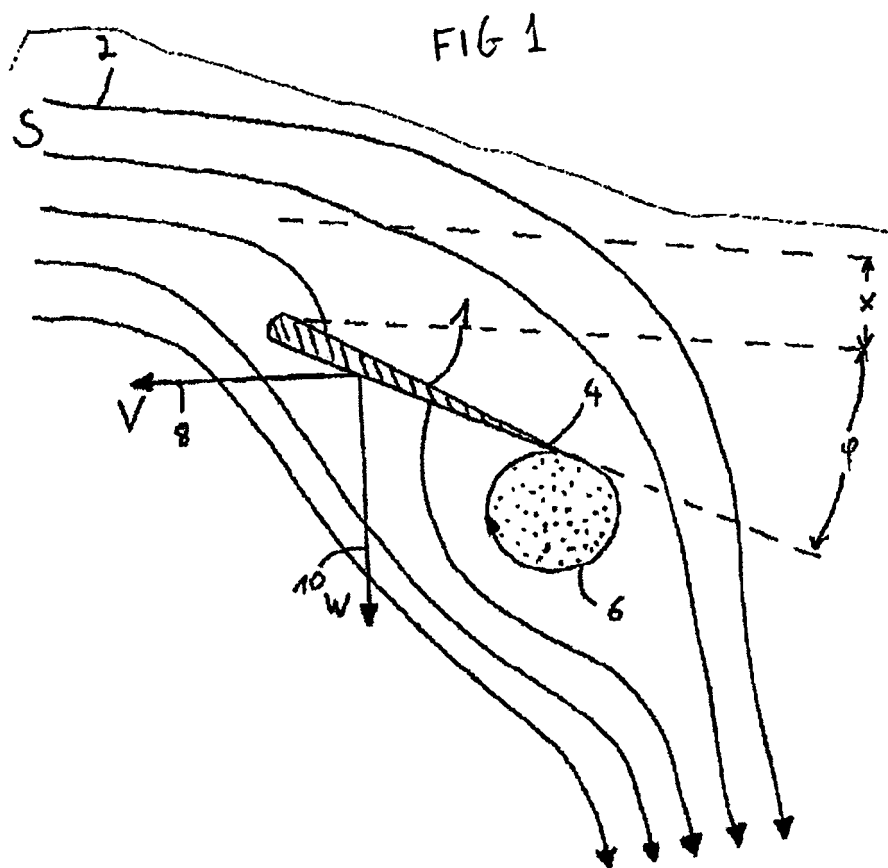


FIG 2

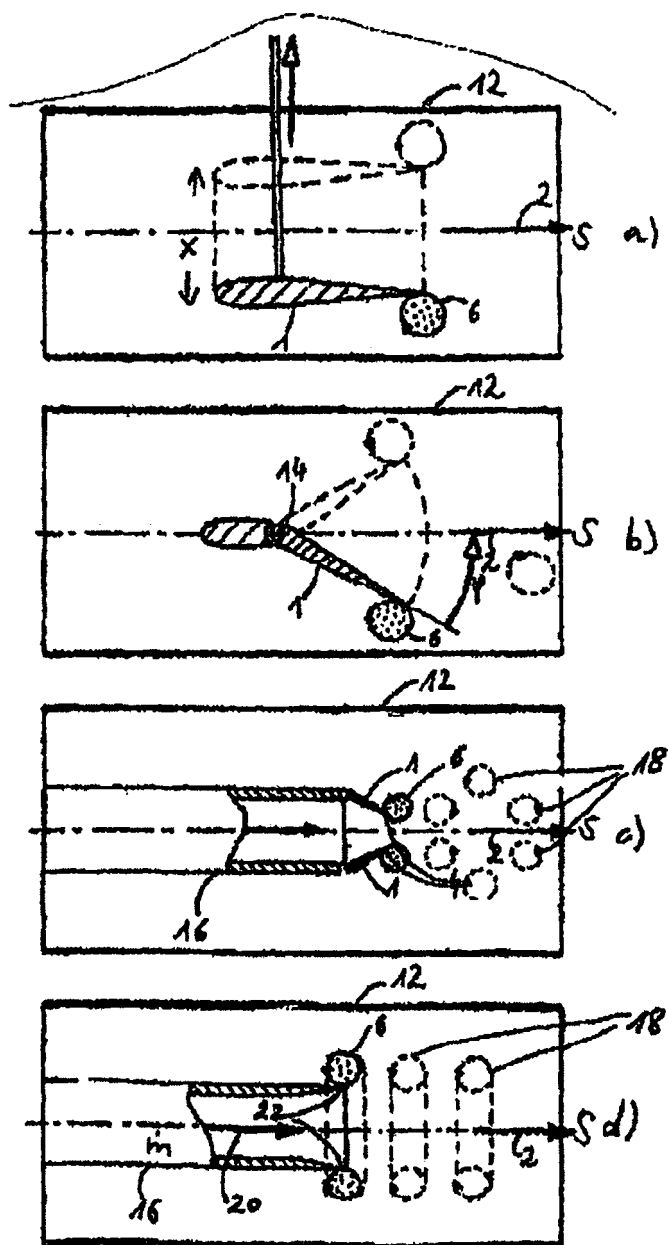


FIG 3

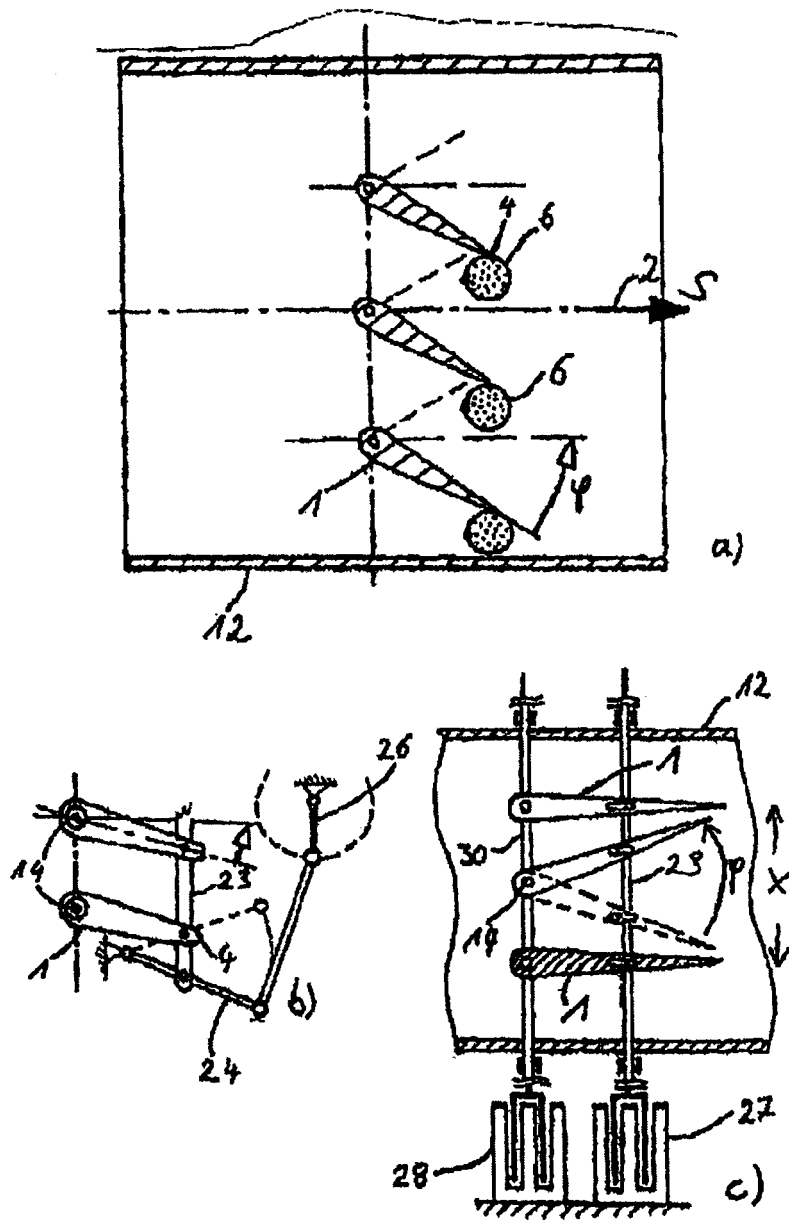
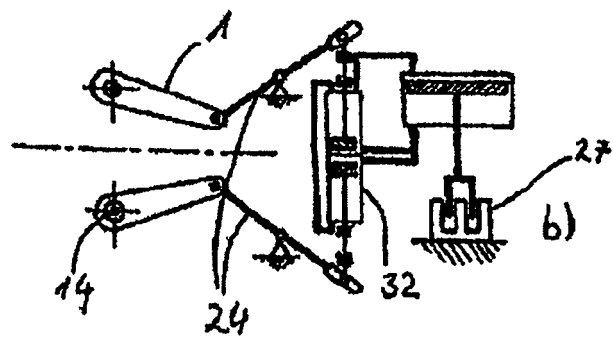
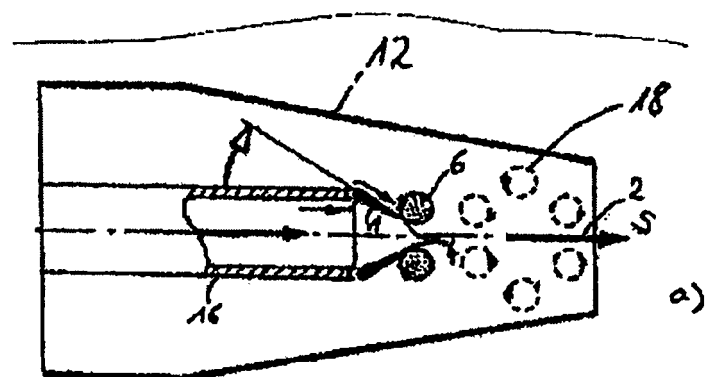
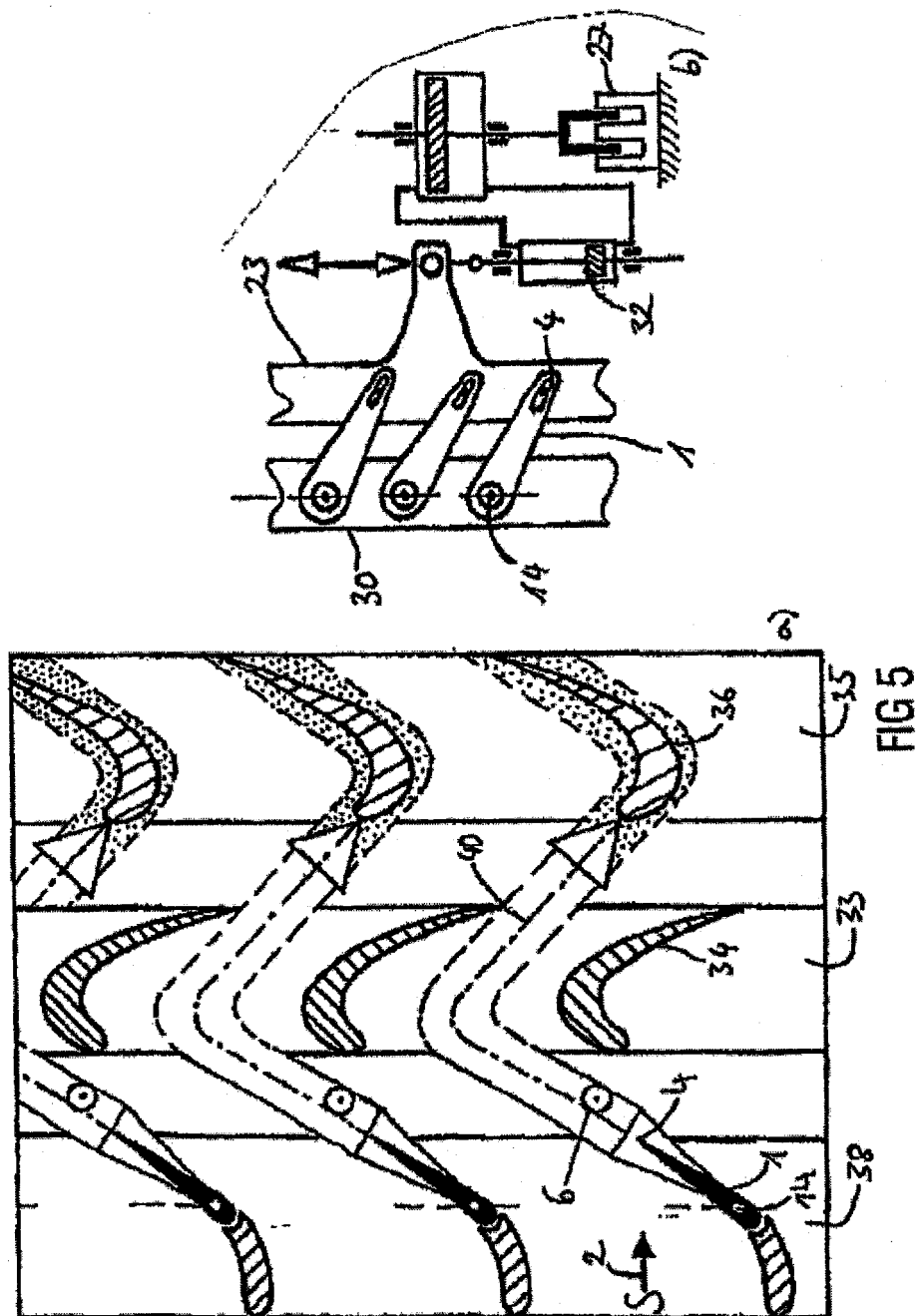


FIG 4





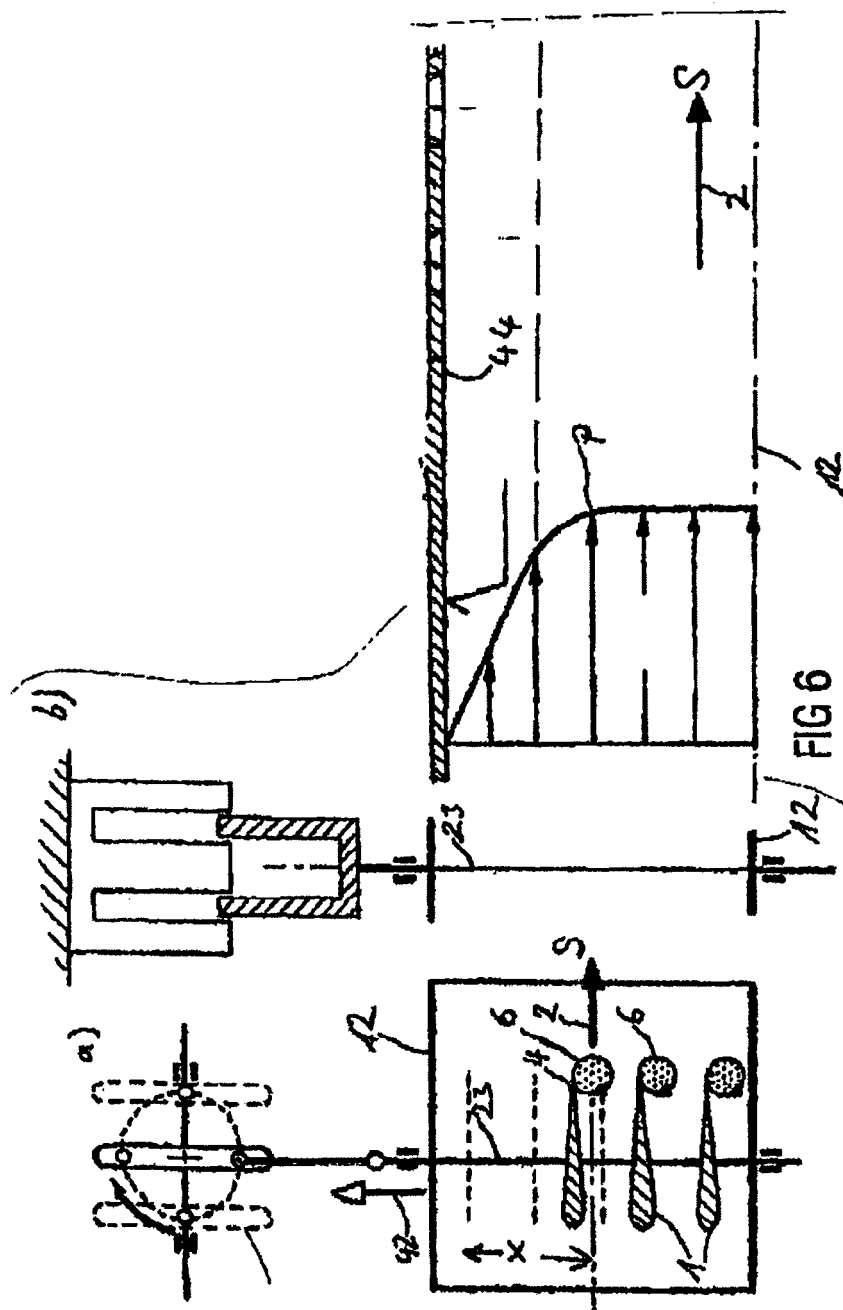


FIG 7a

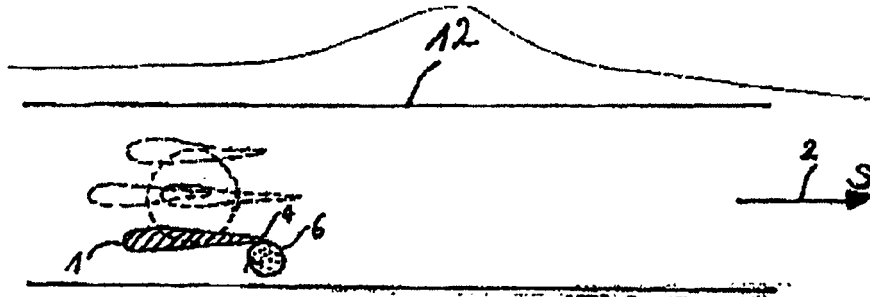


FIG 7b

