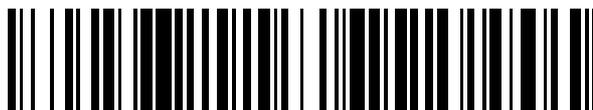


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 454 740**

51 Int. Cl.:

**F01D 25/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.06.2005 E 07024134 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.02.2014 EP 1897806**

54 Título: **Sistema para lavar un aeromotor de turbina de gas**

30 Prioridad:

**14.06.2004 WO PCT/SE2004/000922**

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

**11.04.2014**

73 Titular/es:

**ECOSERVICES, LLC (100.0%)  
100 Great Meadow Road, Suite 202  
Wethersfield, CT 06109, US**

72 Inventor/es:

**HJERPE, CARL-JOHAN**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 454 740 T3**

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

**DESCRIPCIÓN**

Sistema para lavar un aeromotor de turbina de gas

**Campo Técnico**

5 El presente invento se refiere en general al campo de lavado de motores de turbina de gas, y más específicamente a sistemas y a un vehículo para lavar un motor de turbina de gas instalado en un avión o aeronave.

**Antecedentes del invento**

Un motor de avión de turbina de gas comprende un compresor que comprime aire ambiente, una cámara de combustión que quema combustible junto con el aire comprimido y una turbina para accionar el compresor. Los gases de combustión al expandirse accionan la turbina y también dan como resultado un empuje para propulsión.

10 Los aviones que vuelan a altitud elevada aspiran el aire limpio que predomina a estas alturas. Sin embargo, en los aeródromos el aire contiene partículas extrañas en forma de aerosoles que entran en el motor con la corriente de aire. Partículas típicas encontradas en el aire del aeródromo son polen, insectos, hidrocarburos que proceden de actividades industriales y sal que procede del mar cercano. Mientras el avión está en tierra en el aeropuerto hay partículas adicionales a considerar tales como residuos de combustión en los gases de escape del motor procedentes del avión que está rodando, sustancias químicas que proceden del deshielo del avión y material de la tierra tal como polvo. La mayoría de las partículas extrañas seguirán el trayecto del gas a través del motor y saldrán con los gases de escape. Sin embargo, hay partículas con propiedades de pegajosidad sobre componentes en el trayecto del gas del motor, especialmente en la sección del compresor del motor. Esto es conocido como acumulación de material indeseado.

20 El acumulación de material indeseado en el compresor da como resultado un cambio en las propiedades de la corriente de aire de capa límite de los componentes del compresor. La presencia de partículas extrañas da como resultado un aumento de la rugosidad de la superficie del componente. Cuando el aire fluye sobre la superficie el aumento de rugosidad de la superficie da como resultado un engrosamiento de la corriente de aire de la capa límite. El engrosamiento de la corriente de aire de la capa límite tiene efectos negativos sobre la aerodinámica del compresor en forma de un flujo de masa reducido. En el borde posterior del álabe la corriente de aire forma una estela. La estela forma un vórtice tipo de turbulencia con un impacto negativo sobre el flujo de aire. Cuanto más gruesa es la capa límite más fuerte es la turbulencia en la estela y más se reduce el flujo de masa. Además, una capa límite gruesa y una turbulencia de borde posterior más fuerte dan como resultado una ganancia de compresión reducida que a su vez da como resultado que el compresor con acumulación de material indeseado comprime aire a una relación de presión reducida. Cualquier experto en la técnica de ciclos de trabajo del motor en caliente comprende que una relación de presión reducida da como resultado una eficiencia térmica menor del motor. El compresor con acumulación de material indeseado no sólo reduce el flujo de masa y la ganancia de presión sino que también reduce la eficiencia iso-entrópica del compresor. Una eficiencia reducida del compresor significa que el compresor requiere más energía para comprimir la misma cantidad de aire. La energía para accionar el compresor es tomada de la turbina a través del árbol. Con la turbina requiriendo más energía para accionar el compresor habrá menos energía para crear empuje para la propulsión. Para el piloto del avión esto significa que debe regular para obtener más combustible de modo que se compense el empuje reducido. La regulación para obtener más combustible significa que el consumo de combustible aumenta y por ello aumentan los costes operativos.

40 La pérdida de rendimiento causada por la acumulación de material indeseado en el compresor también reduce la durabilidad del motor. Como se ha de quemar más combustible para alcanzar un nivel de empuje requerido, se deriva un aumento en la temperatura de combustión del motor. Cuando el piloto en su recorrido acelera para despegar, los componentes de la sección caliente del motor están bajo una carga de temperatura elevada crítica. Controlar la temperatura del gas de combustión es un factor clave en la vigilancia del rendimiento del motor. La temperatura de control conocida como temperatura de los gases de escape (EGT) es medida con sensores en el trayecto de las aguas abajo de la salida de la cámara de combustión. La EGT es vigilada cuidadosamente registrando tanto la temperatura como el tiempo de exposición. Durante la vida del motor el registro de la EGT es revisado frecuentemente. En un cierto punto se requerirá que el motor sea puesto fuera de servicio para una revisión en la que los componentes de la sección caliente son inspeccionados y reemplazados si se requiere.

50 La acumulación de material indeseado en el compresor tiene también un efecto negativo sobre el medio ambiente. La diferencia en el consumo de combustible de un motor virgen entregado desde la factoría y un motor con un compresor con acumulación de material indeseado puede ser típicamente del 1%. Con el incremento de consumo de combustible se deriva un aumento de emisiones de gas de invernadero tal como dióxido de carbono. Típicamente la combustión de 1 kg de combustible de aviación da como resultado la formación de 3,1 kg de dióxido de carbono. Además, la alta temperatura de la cámara de combustión tiene un efecto negativo sobre el

medio ambiente. Con el aumento de la temperatura de combustión se deriva un incremento de la formación de NOx. La formación de NOx depende en una gran magnitud del diseño del quemador y no puede preverse un número general. Sin embargo, cualquier elevación incremental de temperatura a un diseño de quemador dado tiene como resultado un incremento en la formación de NOx. Por tanto, la acumulación de material indeseado en el compresor tiene efectos negativos en el rendimiento de un aeromotor tal como un consumo de combustible creciente, la reducción de la vida del motor y emisiones crecientes.

Varias técnicas de lavado del motor han sido desarrolladas a lo largo de los años de modo que se reduzcan o eliminen los efectos negativos de la acumulación de material indeseado. El método de lavado más simple es tomar una manguera de jardín y rociar agua en la entrada del motor. Este método tiene sin embargo un éxito limitado debido a la simple naturaleza del proceso. Un método alternativo es restregar a mano lo álabes con un cepillo y líquido. Este método tiene un éxito limitado ya que no permite la limpieza de los álabes en el interior del compresor. Además, requiere tiempo, la Patente Norteamericana nº 5.868.860 de Asplund describe el uso de un múltiple para lavar aeromotores. Además la patente describe el uso de elevada presión de líquido como medio para proporcionar una elevada velocidad de líquido, que junto con la aprobación del árbol del motor mejorará la eficacia de la limpieza.

El documento EP 0628477 A1 describe un sistema de servicio de avión que comprende cuatro brazos robóticos montados en el suelo. Los brazos pueden moverse de modo que una disposición de boquilla ideal en el extremo de cada brazo pueda descongelar o lavar el avión. El fluido de descongelación es pulverizado a lo largo del fuselaje, de las alas y opcionalmente, del motor. El sistema es controlado autónomamente una vez que un operador ha tecleado en el tipo del avión que ha de ser limpiado o descongelado.

La Patente Norteamericana nº 6.394.108, describe una delgada manguera flexible, un extremo de la cual es insertado desde la entrada del compresor hacia la salida del compresor entre los álabes del compresor. En el extremo insertado de la manguera hay una boquilla. La manguera es retirada lentamente fuera del compresor mientras el líquido está siendo bombeado a la nariz y pulverizado a través de la boquilla. Sin embargo, la eficacia del lavado es limitada porque el rotor del compresor no es capaz de girar durante el lavado. A pesar de las tecnologías y patentes de lavado existentes existe una necesidad de nuevas tecnologías que permitan que un lavado práctico sea conducido en un modo de trabajo menos intenso, de bajo coste, simple y seguro.

La Patente Norteamericana nº 5.011.540 describe un bastidor de soporte rectangular dispuesto para aplicarse sobre una parte de boca de campana de un motor de turbina de gas. Un único anillo de múltiple está previsto en un lado de una parte de pared de soporte del bastidor de soporte y doce boquillas se extienden desde el múltiple, a través de la parte de pared de soporte, a la boca del motor de turbina de gas. Se pulveriza disolvente líquido en el motor de turbina de gas desde las boquillas.

### Resumen del invento

El tráfico aéreo comercial se ha desarrollado como un útil eficiente para transportar pasajeros y artículos o géneros de un sitio a otro. La flota aérea comprende hoy en un gran número de tipos de aviones suministrados por muchos fabricantes de aviones. Los motores utilizados para propulsar estos aviones son fabricados por varios fabricantes de motores, que suministran motores de diferente tamaño y con diferentes características de rendimiento. Los fabricantes de motores también suministran motores que son compatibles con motores de otros fabricantes lo que significa que hay motores alternativos, aunque no idénticos, disponibles para el mismo avión. Esto da como resultado una gran combinación posible de motores de avión en tipos de aviones. Esto se ha encontrado que es una desventaja cuando se pone en práctica el lavado ya que el equipo de lavado necesita estar dimensionado y concebido para satisfacer los diseños individuales. Es el propósito de este invento simplificar el lavado de los motores.

La puesta en práctica del lavado de motor descrito con referencia a la fig. 1 es además considerada como de conocimiento común en este campo. Una vista en sección transversal de un motor de turboventilador de dos árboles esta mostrada en la fig. 1. Las flechas muestran el flujo de gas a través del motor. El motor 1 está construido alrededor de un árbol rotor 14 que en su extremo frontal está conectado al ventilador 15 y en el extremo posterior a la turbina 16. La turbina 16 acciona el ventilador 15. Un segundo árbol 19 tiene forma de un árbol coaxial al primer árbol 14. El árbol 19 está conectado en su extremo frontal al compresor 17 y en el extremo posterior a la turbina 18. La turbina 18 acciona el compresor 17. El motor 1 tiene una entrada 110 donde entra el aire de entrada al motor. El carenado 11 sirve como una guía para la corriente de aire de entrada. El flujo de aire de entrada es accionado por el ventilador 15. Una parte del aire de entrada sale por la salida 11. La parte restante del aire de entrada entra en el motor central en la entrada 13. El aire al núcleo del motor es a continuación comprimido por el compresor 17. El aire comprimido junto con el combustible (no mostrado) es quemado en la cámara de combustión 101 dando como resultado gases de combustión calientes presurizados. Los gases de combustión calientes presurizados se expanden hacia la salida 12 del núcleo del motor. La expansión de los gases

de combustión calientes es hecha en dos etapas. En una primera etapa los gases de combustión se expanden a una presión intermedia mientras accionan la turbina 18. En una segunda etapa los gases de combustión caliente se expanden hacia la presión ambiente mientras accionan la turbina 16. Los gases de combustión salen del motor por la salida 12 a elevada velocidad proporcionando empuje. El gas procedente de la salida 12 junto con el aire procedente de la salida 11 constituyen juntos el empuje del motor.

Un dispositivo de lavado de acuerdo con la técnica anterior consiste en un múltiple 102 en forma de un tubo que en un extremo está conectado a una boquilla 103 y en el otro extremo conectado a un acoplamiento 104. La manguera 105 está en un extremo conectada al acoplamiento 104 mientras el otro extremo está conectado a una bomba de líquido (no mostrada). El múltiple 102 está descansando sobre el carenado de entrada 11 y es mantenido en posición firme durante el lavado asegurándolo con una correa o medios similares. El procedimiento de lavado comienza haciendo girar el árbol del motor con ayuda del motor de arranque. La bomba bombea un líquido de lavado boquilla 103 donde lo atomiza y forma una pulverización 104. La rotación del árbol da como resultado un flujo de aire a través del motor. Este flujo de aire acciona el líquido a través del motor y libera el material de acumulación indeseado. El material de acumulación indeseado es liberado por una acción mecánica y química del líquido de lavado. El efecto de limpieza es mejorado por la rotación del árbol ya que él humedecimiento de los álabes crea una película de líquido que será sometida a fuerzas tales como la aspiración de aire y las fuerzas centrífugas durante el lavado.

La técnica anterior describe el uso de un múltiple con boquillas para inyectar el fluido de lavado a la entrada del motor. Es corriente que el múltiple sea colocado en el carenado de entrada al tiempo que utiliza el carenado para su soporte. El múltiple es así instalado temporalmente para el proceso de lavado y es retirado después de la terminación del lavado. La fig. 2 muestra un ejemplo de un múltiple de la técnica anterior cuando está instalado en la entrada de un motor de turboventilador. Las partes similares son mostradas con los mismos números de referencia que en la fig. 1. El múltiple 102 está descansando sobre el carenado de entrada 11 de la admisión de aire al motor 1. El múltiple 102 es fabricado para adaptarse a la forma del carenado de entrada de modo que esté en una posición firme durante el lavado. Para asegurarse de que el múltiple es mantenido en una posición firme, una correa 21 es unida al múltiple fuera de la entrada y apretada contra un gancho (no mostrado) enganchado a la salida del motor. El líquido de lavado es bombeado por una bomba (no mostrada) a través de la manguera 105 mediante el acoplamiento 104 al múltiple 102 y además a las boquillas 103. El múltiple 102 tiene la forma de un tubo que sirve como un conducto para el líquido de lavado. El múltiple 102 actúa también como un soporte rígido de las boquillas de modo que mantenga las boquillas en posición firme durante el lavado. Para un resultado de lavado bueno es obligatorio un posicionamiento apropiado del múltiple. Con este propósito el múltiple ha de ser diseñado y concebido con respecto a la forma del carenado de entrada y la geometría característica del motor. Además, el múltiple ha de ser diseñado y concebido de modo que soporte apropiadamente las boquillas contra las fuerzas de reacción de la pulverización durante el lavado.

Como se ha mencionado anteriormente hay muchos tipos de aviones diferentes y muchos motores de aviones diferentes lo que da como resultado muchos diseños de carenado de aire de entrada diferentes. Como el múltiple se soporta sobre el carenado de entrada esto significa que muchos múltiples diferentes tendrán que ser fabricados de modo que den servicio a una gran flota de aviones.

Los múltiples de acuerdo con la técnica anterior son de grandes dimensiones como resultado de la gran geometría de admisión de grandes motores de avión. Los múltiples requieren por ello un espacio de almacenamiento significativo en el almacenamiento.

El invento como se ha descrito en la realizaciones preferidas describe un múltiple universal que es significativamente de menor tamaño comparado con los múltiples de la técnica anterior. Es el propósito de este invento reducir el espacio de almacenamiento previendo un múltiple pequeño.

Los múltiples de acuerdo con el diseño de la técnica anterior dan como resultado una cantidad de horas de trabajo significativas para concebir, fabricar y ensayar para su ajuste. Además, el múltiple es puesto en producción sólo en pequeñas series ya que puede no haber demasiados aviones con una combinación específica del motor y carenado de entrada. Este invento como se ha descrito en la realizaciones preferidas describe un múltiple universal aplicable a un gran rango de aviones y motores de aviones. El múltiple de acuerdo con el invento está concebido de manera principal de una vez pero puede ser puesto en producción en grandes series. Esto reducirá los costes para el múltiple universal. Es el propósito de este invento reducir los costes para el operador aéreo.

El lavado de los motores de avión puede ser conducido por un operador de la línea aérea o por una organización especialista como un Centro de Servicio de Lavado de Motores del Aeropuerto. Si el lavado es conducido por un centro de servicios la desventaja de tener muchos múltiples en esto es incluso más un factor de importancia ya que el centro de servicio prestará servicio a un gran número de aviones diferentes y de motores de avión diferentes. Es el propósito de este invento reducir los costes para el operador del Centro del Servicio de Lavado de

Motores del Aeropuerto.

Así, el invento proporciona un sistema de lavado para lavar un motor de turbina de gas de un avión según ha sido definido en las reivindicaciones adjuntas.

5 Otros objetos y ventajas del presente invento serán descritos a continuación por medio de una realización ejemplar.

### Breve descripción de los dibujos

A continuación se describirá una realización preferida del invento en mayor detalle con referencia a los dibujos adjuntos, en los que

10 La fig. 1 muestra la sección transversal de un motor de turboventilador de dos árboles con múltiple y boquillas para lavar de acuerdo con la técnica anterior.

La fig. 2 muestra el múltiple instalado en la entrada de un aeromotor de acuerdo con la técnica anterior.

La fig. 3 muestra una unidad de lavado con una cabeza de pulverización sin contacto que está fuera del marco del invento.

La fig. 4a muestra la aplicación de la unidad de lavado de la fig. 3 cuando se lava un motor montado "bajo el ala".

15 La fig. 4b muestra la aplicación de la unidad de lavado de la fig. 3 cuando se lava un motor montado "en la cola".

La fig. 5 muestra detalles de la cabeza de pulverización de la unidad de lavado de la fig. 3.

La fig. 6 muestra un ejemplo alternativo de la cabeza de pulverización.

La fig. 7a muestra el lavado del ventilador de un motor de turboventilador utilizando la unidad de lavado de la fig. 3.

20 La fig. 7b muestra el lavado del motor central de un motor de turboventilador utilizando la unidad de lavado de la fig. 3.

La fig. 8 muestra cómo es controlado el procedimiento de lavado por medio de una cámara y un dispositivo medidor de distancia instalado en la cabeza de pulverización.

La fig. 9 muestra una cabeza de pulverización universal de acuerdo con el invento.

25 La fig. 10 muestra la cabeza de pulverización universal y un dispositivo de recogida de agua residual con tratamiento del agua residual para reutilización del líquido de lavado.

### Descripción de la realización preferida

30 El múltiple aquí descrito es universal en el sentido de que puede dar servicio a motores pequeños así como a motores grandes ya que el múltiple tiene capacidades para múltiples tamaños. Un múltiple que tiene capacidades para múltiples tamaños elimina la dificultad de fabricar muchos múltiples para motores de avión de tamaños variables.

35 La fig. 3 muestra la aplicación de un múltiple universal que está fuera del marco de las reivindicaciones. Un aeromotor 1 instalado en un avión (no mostrado) es sometido a lavado. La unidad de lavado 31 es una unidad para entregar líquido de lavado a una cabeza de pulverización 33. La cabeza de pulverización 33 incluye un múltiple 36 para distribuir el líquido a las boquillas (no mostradas por claridad) sobre el múltiple 36. Las boquillas inyectan el líquido de lavado a la entrada del motor. Las boquillas pueden o bien pulverizar el líquido o inyectar el líquido como una corriente maciza. La unidad de lavado 31 comprende el equipo necesario y los componentes para permitir el lavado de elementos tales como depósitos para almacenar líquido de lavado, calentadores para calentar el líquido, una bomba para aumentar la presión del líquido, controles requeridos para permitir y vigilar la operación de lavado. El líquido puede ser agua solamente o agua con sustancias químicas o sustancias químicas solamente tales como disolventes. Típicamente el líquido es calentado ya que lavar con líquido caliente mejora el resultado del lavado. El líquido de lavado es presurizado por la bomba para distribución a las boquillas. Los controles comprende típicamente un manómetro de líquido, un caudalímetro de líquido, un medidor de temperatura del líquido y un interruptor de conexión-desconexión de la bomba. La unidad de lavado 31 puede entonces ser móvil de modo resulte práctica para el uso de lavar motores de avión en un aeropuerto. La unidad de lavado 31 puede entonces ser parte de un vehículo 32. El vehículo 32 puede ser una carretilla arrastrada a mano o una carretilla motorizada o un vehículo que lleva una persona tal como un pequeño camión. Alternativamente, la unidad de lavado 31 puede no ser móvil.

La cabeza de pulverización 33 es mantenida en posición fija en la entrada del motor 1 por el brazo robótico 34. El brazo robótico 34 está en un extremo instalado sobre la unidad de lavado 31 y tiene una cabeza de pulverización 33 en el otro extremo. El brazo robótico 34 tiene al menos una junta articulada y un muñón que permite el posicionamiento apropiado de la cabeza de pulverización 33 en la entrada 301 del motor 1. El brazo robótico es móvil con al menos tres grados de libertad. El brazo robótico 34 opera mediante un dispositivo operativo hidráulico o neumático o eléctrico o a mano mecánicamente (no mostrado) o puede ser movido a mano. En una realización del presente invento, el brazo robótico puede comprender una o varias partes telescópicas. Por ejemplo, una parte entre dos juntas puede ser telescópica.

La cabeza de pulverización 33 esta dimensionada para ser menor que la abertura de entrada 301. La cabeza de pulverización 33 es preferiblemente posicionada en la entrada 301 por el brazo robótico operativo 34 desde un panel de control (no mostrado) por un operador. La cabeza de pulverización 33 es posicionada esencialmente en el centro de la abertura de entrada 301. Cuando la cabeza de pulverización 33 está en su posición apropiada no hay contacto entre el avión y la cabeza de pulverización o cualesquiera otras partes del dispositivo de lavado. La unidad de lavado 31 entrega el líquido de lavado presurizado a la cabeza de pulverización 33 mediante el conducto 35 donde el conducto 35 comprende o bien una manguera flexible o un dispositivo similar para ese servicio. En la cabeza de pulverización 33 el líquido es distribuido a un múltiple de boquillas mediante el múltiple 36 donde las boquillas tienen el propósito de inyectar el líquido de lavado al motor.

La figura 4a ejemplifica la unidad de lavado 31 cuando está en posición para su uso cuando se lava un motor de un avión del tipo de 'motor bajo el ala'. Se han mostrado partes similares con los mismos números de referencia que en la fig. 1 y en la fig. 3. El avión 40 tiene un ala 41 sobre la que está instalado el motor 1. El vehículo 32 con la unidad de lavado es aparcado junto al motor. El vehículo 32 es aparcado preferiblemente a un lado del motor de modo que no permanezca en la corriente de aire directa durante el lavado. Esto es para evitar que cualesquiera objetos sueltos en el vehículo puedan ser llevados accidentalmente por la corriente de aire al motor. El brazo robótico 34 mantiene la cabeza de pulverización con su múltiple 36 en posición en la entrada del motor. No hay contacto entre el avión y el múltiple o cualesquiera otras partes de la unidad de lavado. La fig. 4b ejemplifica la unidad de lavado 31 cuando está en posición de utilización cuando se lava un motor de un avión del tipo de "motor en la cola". Las partes similares están mostradas con los mismos números de referencia que en la fig. 1 y en la fig. 3. El vehículo 32 con la unidad de lavado es aparcado junto al motor. El brazo robótico 34 mantiene la cabeza de pulverización y su múltiple 36 en posición en la entrada del motor. No hay contacto entre el avión y el múltiple o cualesquiera otras partes de la unidad de lavado. La unidad de lavado no está limitada a las ilustraciones en las fig. 4a y en la fig. 4b ya que hay muchos otros aviones de diseños diferentes en los que la unidad de lavado (31) es igualmente aplicable. Además puede haber aviones en los que sea beneficioso disponer que el equipo de lavado sea soportado por el carenado u otras partes del avión.

La fig. 5 muestra los detalles de la cabeza de pulverización 33. La cabeza de pulverización 33 está mostrada en una vista en perspectiva donde la flecha muestra la dirección del flujo de aire del motor. Partes similares están mostradas con los mismos números de referencia que en la fig. 3. La cabeza de pulverización 33 comprende una unidad con simetría esencialmente rotacional, siendo el eje 501 el centro de simetría. Cuando la cabeza de pulverización 33 está en posición para lavar, el eje 501 está esencialmente alineado con el centro de simetría del árbol del motor. La cabeza de pulverización 33 tiene un cuerpo central 509. El cuerpo 50 tiene un extremo frontal 58 enfrentado hacia el motor. El cuerpo 50 tiene un extremo posterior 59 opuesto al extremo frontal 58. El extremo posterior 59 está conectado al brazo robótico 34. El cuerpo 50 incluye un dispositivo detector óptico 55 utilizado como una ayuda para posicionar la cabeza de pulverización 33 y para vigilar la operación de lavado. El dispositivo detector óptico 55 está dirigido esencialmente hacia la entrada del motor. El dispositivo detector óptico 55 puede comprender una cámara en la que la visión de la cámara puede ser vista instantáneamente por el operador en el panel de control. Alternativamente, el dispositivo detector óptico puede comprender un dispositivo de fibra óptica con el mismo propósito que la cámara. Alternativamente, hay otros medios de registrar la vista de la cabeza de pulverización. El dispositivo detector óptico 55 sirve para el propósito de entregar una vista de la entrada del motor al operador. La vista de la cámara es utilizada para ayudar al operador a alinear la cabeza de pulverización con el centro del árbol del motor maniobrando el brazo robótico desde el panel de control del operador. Además, la vista de la cámara permite que el operador posicione la cabeza de pulverización a la distancia apropiada aguas arriba del motor. Además, la visión de la cámara permite que el operador vigile el proceso de lavado entregando una vista desde la línea central del motor durante el lavado. Además, la vista de la cámara ayuda al operador a tomar la decisión en el ajuste de cualquier parámetro de lavado a partir de la vista que la cámara entrega. Además, la visión de la cámara es un dispositivo que mejora la seguridad ya que el operador puede detener el proceso de lavado cuando observa alguna cosa en la cámara.

El cuerpo 50 en la fig. 5 incluye un dispositivo medidor de distancia para medir la distancia al motor. Típicamente el dispositivo medidor de distancia comprende un transmisor 56 y un receptor 57. El dispositivo medidor de distancia podría comprender un dispositivo detector de sonido tal como un dispositivo detector de ultrasonidos donde el transmisor emite un haz de sonido que se refleja sobre la parte cónica de la nariz del motor y donde el

haz reflejado es recibido por el receptor. La distancia desde el transmisor al receptor es entonces estimada por la diferencia de tiempo para la señal procedente del transmisor al receptor. Alternativamente, el dispositivo medidor de distancia podría ser un dispositivo medidor óptico tal como un láser en que el transmisor emite un haz láser que se refleja sobre la parte cónica de la nariz del motor y es recibido por el receptor. Alternativamente, hay otros dispositivos medidores de distancia que podrían ser utilizados. La distancia registrada es entregada al panel operativo donde el operador utilizará la información cuando ajuste la posición apropiada de la cabeza de pulverización aguas arriba del motor. Durante el lavado la distancia medida ayuda al operador a controlar el proceso de lavado informando de cualesquiera cambios en las distancias. La medición de la distancia ayuda al operador a tomar la decisión de ajustar cualquier parámetro de lavado si encuentra que la distancia no es apropiada. El dispositivo medidor de distancia es un dispositivo de mejora de la seguridad ya que el operador puede detener el proceso de lavado si encuentra que la distancia no es segura. El dispositivo medidor de distancia puede incluir alarmas que emiten una señal de alarma en forma de un sonido acústico o un ligero destello si la distancia está fuera de rango. Por ejemplo, si la distancia medida disminuye por debajo de un valor predeterminado. Este valor límite puede ser ajustado por el operador por medio del panel de control.

El cuerpo 50 incluye una lámpara 52 para iluminar la entrada del motor. La iluminación mejora la visión desde la cámara así como la visión de contacto directo del ojo con la entrada del motor. El cuerpo 50 puede incluir otro dispositivo para mejorar la seguridad o para mejorar la operación de lavado.

Como el experto en la técnica percibe fácilmente, pueden cada una de las siguientes características: el dispositivo detector óptico 55, el dispositivo medidor de distancia 56, 57, o la lámpara 52 ser usadas de manera independiente de las otras. Es decir, la cabeza pulverizadora 33 puede, por ejemplo, incluir solamente los medios detectores ópticos 55 o solo el dispositivo medidor de distancia 56, 57.

La cabeza pulverizadora 33 en la fig. 5 muestra el múltiple como un tubo de forma anular, es decir, un toroide. El líquido es bombeado desde la unidad de lavado (no mostrada) mediante una manguera (no mostrada) al múltiple 36. El múltiple 36 es esencialmente circular con el centro del círculo alineado con el eje 501. El plano del múltiple 36 es esencialmente perpendicular al eje 501. El múltiple 36 está conectado al cuerpo 50. El múltiple 36 tiene múltiples boquillas dispuestas alrededor del múltiple para diferentes servicios de lavado. Por ejemplo, la boquilla 53 sirve para el propósito de lavar el ventilador del motor. La boquilla 54 sirve para el propósito de lavar el núcleo del motor. La boquilla 510 sirve para el propósito de lavar la parte cónica de la nariz. La boquilla 511 sirve para el propósito de lavar el carenado. Además de las boquillas 53, 54, 510 y 511 el múltiple puede comprender otras boquillas (no mostradas) para lavar otros detalles del motor. El múltiple 36 tiene al menos una boquilla 54. Las boquillas pueden pulverizar el líquido en una pulverización de gotitas. Alternativamente, las boquillas pueden entregar el líquido como un chorro no pulverizado. El objetivo de utilizar múltiples de forma anular es que los múltiples pueden ser fabricados a partir de un tubo que es curvado a un anillo requiriendo solo una unión (una soldadura). Esta es una ventaja sobre diseños alternativos que requieren más uniones. Cualquier reducción en las uniones es considerada como una característica de seguridad ya que las uniones pueden romperse y pueden causar daño si las partes sueltas entran en el motor. Además, el múltiple de forma anular es considerado seguro ya que cualquier contacto accidental entre el múltiple y cualesquiera partes del avión no implicaría contacto con ningún borde afilado. Alternativamente el múltiple puede ser equipado con un cojín tal como de material de esponja de caucho (no mostrado) de modo que absorba cualquier fuerza en caso de un contacto accidental con el motor.

La fig. 6 muestra una cabeza de pulverización alternativa. Las partes similares están mostradas con los mismos números de referencia que en la fig. 3 y en la fig. 5. El múltiple de forma anular está aquí sustituido por tubos 61 que sujetan las boquillas en posición. Alternativamente, el múltiple puede estar hecho de forma diferente.

Las figs. 7a, 7b y 8 muestran la aplicación de la unidad de lavado (31) cuando se lava un motor de turboventilador. Las partes similares están mostradas con los mismos números de referencia que en las figuras previas. La fig. 7a muestra el lavado del ventilador del motor 1 de turboventilador mediante el uso de boquillas para lavar el ventilador. Durante el lavado el ventilador es forzado a rotación mediante el uso del motor de arranque del motor. La boquilla 53 está atomizando el líquido de lavado a la pulverización 71. Las boquillas tienen un diseño de pulverización que da como resultado una distribución de líquido limitada por un lado por la línea de corriente 75 y por el otro lado por la línea de corriente 76. La distribución de la pulverización en el borde delantero del álabe 72 del ventilador es esencialmente igual a toda la longitud del álabe limitada por el punto 702 de la punta y el punto 701 del cubo. La pulverización cubre así toda la longitud del álabe. El múltiple 51 puede comprender solo una boquilla 53 que entonces cubre solamente una parte de la entrada del motor. El humedecimiento del ventilador completo es entonces conseguido por la rotación del ventilador. La fig. 7b muestra el lavado del núcleo del motor del motor 1 de turboventilador. Durante el lavado el árbol del motor es hecho girar mediante el uso del motor de arranque. La boquilla 54 está atomizando el líquido de lavado a la pulverización 73. Las boquillas tienen un diseño de pulverización que da como resultado una distribución de líquido limitada en un lado por la línea de corriente 77 y en el otro lado por la línea de corriente 78. El propósito de la pulverización es entregar líquido a la entrada 74 del núcleo del motor. La entrada del núcleo del motor es limitada por el divisor de aire 705 y un punto 704 sobre el

cubo en el lado opuesto del divisor de aire 705. La distribución de pulverización en la entrada del núcleo del motor es igual a la abertura de la entrada del núcleo del motor limitada por el divisor de aire 705 y el punto 704. Por ello el líquido que emana desde la boquilla 54 entrará en la entrada 74 del núcleo del motor. Además, la boquilla 54 está orientada de modo que permita que el líquido penetre entre los álabes durante la rotación del ventilador. La fig. 7a y la fig. 7b describen el lavado del motor de turboventilador mediante el uso del motor de arranque del motor. Alternativamente puede ser utilizado otro dispositivo de arranque tal como un arrancador APU separado. Alternativamente, el lavado puede ser conducido sin hacer girar el árbol del motor.

La fig. 8 muestra el uso de la cámara y del dispositivo medidor de distancia. Partes similares están mostradas con los mismos números de referencia que en las figuras previas. Una cámara 55 tiene un ángulo de visión limitado por las líneas 81. La cámara proporcionará una visión de la parte cónica de la nariz del motor que permite que el operador mueva la cabeza de pulverización a la posición apropiada para el lavado. Cuando el motor es accionado por su motor de arranque la visión de la cámara es utilizada para vigilar la rotación del árbol. La cámara puede entonces estar unida a un dispositivo informático (no mostrado) con software para estimar la velocidad rotacional. La velocidad rotacional sirve como un parámetro de entrada al operador cuando pone en marcha el bombeo del líquido. Tener control de la velocidad rotacional es esencial para un buen resultado del lavado. Además, la visión de la cámara permite ver la distribución del líquido sobre el ventilador así como la penetración del líquido en el núcleo del motor.

Esta visión sirve con una entrada importante al operador ya que puede ajustar el posicionamiento de la cabeza de pulverización o ajustar los parámetros de lavado de modo que sirvan mejor a sus objetivos. Para evitar que la lente de la cámara resulte contaminada con líquido aéreo, la lente es purgada mediante una corriente de aire suministrado desde una fuente de aire comprimido (no mostrada). El dispositivo medidor de distancia comprende un transmisor 56 que emite un haz 82 hacia la parte cónica 83 de la nariz donde se refleja y vuelve el haz reflejado al receptor 57. La señal es alimentada a una unidad informática (no mostrada) para calcular la distancia. La unidad informática puede ser establecida con niveles de alarma de modo que proporcione, por ejemplo una alarma acústica, si la distancia a cualquier objeto resulta críticamente corta. El dispositivo medidor de distancia puede ser dirigido hacia otros objetos distintos de la parte cónica de la nariz en la entrada del motor de manera que proporcione información sobre distancias medidas. Para evitar que los sensores del dispositivo medidor resulten contaminados con líquido aéreo son purgados mediante una corriente de aire suministrada desde una fuente de aire comprimido (no mostrada).

La fig. 9 muestra una cabeza de pulverización universal de acuerdo con el invento y que dará servicio a un amplio rango de motores de diferente tamaño. La cabeza de pulverización 90 está mostrada en una vista en perspectiva donde la flecha muestra la dirección del flujo de aire. La cabeza de pulverización 90 tiene un cuerpo central 91 con cámara, dispositivo medidor de distancia y lámpara similares a como se ha descrito anteriormente en la cabeza de pulverización 33 en la fig. 5. La cabeza de pulverización 90 comprende varios múltiples 92 de forma anular cada uno con un diámetro diferente. Los anillos 92 están dispuestos simétricamente alrededor del eje central 501. Los anillos 92 están todos esencialmente en el mismo plano donde los planos son esencialmente perpendiculares al eje 501. Los anillos están dispuestos con un espacio entre anillos de modo que permitan el flujo de aire a través de la cabeza de pulverización. Cada anillo comprende una o múltiples boquillas 93 donde el tipo de boquilla, el número de boquillas y la separación entre boquillas es acorde con el servicio de lavado que hará el anillo. Las boquillas pueden ser utilizadas para lavar el ventilador, el núcleo del motor, el carenado, la parte cónica de la nariz o para un servicio similar. En principio, los anillos interiores son utilizados para lavar motores menores mientras que los anillos exteriores son utilizados para lavar motores mayores. Además, un anillo pueden estar dedicado a lavar un tipo específico de motor o una familia de motores específica. El anillo con el mayor diámetro, es decir el anillo exterior, tiene un diámetro menor que el diámetro del carenado de entrada de los motores más pequeños a los que dará servicio la cabeza de pulverización. Por ejemplo, los motores de aerolíneas comerciales populares que transportan pasajeros tienen un diámetro de carenado de entrada variable de entre 1,5 a 3 m. La cabeza de pulverización para dar servicio a esos motores tendría entonces un diámetro exterior menor de 1,5 m.

Para lavar un motor típicamente solo está en servicio un anillo. Esto se consigue teniendo cada anillo 92 conectado mediante un conducto a un distribuidor (no mostrado por claridad) en la cabeza de pulverización. El distribuidor comprende válvulas individuales para cerrar cada conducto. Antes de establecer el lavado el operador activaría el anillo que ha de ser usado abriendo la válvula correspondiente. Todas las demás válvulas estarían entonces cerradas.

Aunque la cabeza de pulverización 90 es universal en el significado de que puede dar servicio a un amplio rango de tipos de aviones y tipos de motores, es práctico tener múltiples cabezas de pulverización que sean intercambiables. Esto puede ser razonado por diferentes requisitos establecidos por las instituciones de aviación u otras instrucciones. Otra razón puede ser una cabeza de pulverización separada para satisfacer requisitos militares de aviación. Puede haber razones adicionales. Para conseguir cambiar las cabezas de pulverización, la cabeza de pulverización está montada sobre el brazo robótico con un acoplamiento que permite un intercambio fácil.

5 El invento como se ha descrito aquí proporciona medios para reducir el tiempo de lavado así como para reducir los requisitos de trabajo. La fig. 10 muestra la disposición para lavar motores que requiere tanto menos tiempo como menor intensidad de trabajo comparada con la técnica anterior. Partes similares están mostradas con los mismos números de referencia que en las figuras previas. El proceso descrito aquí requeriría típicamente sólo un operador para conducir el lavado. Una unidad de lavado 31 suministra líquido de lavado mediante el conducto 35 a una cabeza de pulverización sujeta por el brazo robótico 34. Durante el lavado el operador controla el proceso desde el panel de control 113. Controlar incluye ver la imagen de la cámara de la cabeza de pulverización desde el monitor 112. El líquido de lavado residual que emana desde el motor es recogido por el dispositivo de recogida 114 en la parte posterior del motor. El líquido residual recogido entra en un depósito (no mostrado) en la unidad 116 a través del conducto 115. La unidad 116 puede estar equipada con ruedas para su movilidad. Un dispositivo de recogida adecuado esta descrito en la solicitud internacional PCT/SE 2004/000922, en la que el contenido de dicha solicitud está aquí incluido como referencia. El líquido residual es bombeado a través del conducto 118 a un depósito en la unidad de lavado 31 donde el material de acumulación indeseada liberado es separado del líquido mediante un proceso de tratamiento adecuado del agua residual. El agua tratada será a continuación utilizada para lavar el siguiente motor o será descargada a un sumidero. Mientras el agua residual está siendo tratada el operador puede mover su vehículo 32 y otro equipo al siguiente motor para ajustarlo para el siguiente lavado.

10 Aunque se ha mostrado y descrito una realización específica aquí con propósitos de ilustración y ejemplificación, se comprenderá por los expertos en la técnica que la realización específica mostrada y descrita puede ser sustituida para una amplia variedad de puestas en práctica alternativas y/o equivalentes sin salir del marco del presente invento. Consecuentemente el presente invento es definido por los textos de las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

- 1.- Un sistema de lavado para lavar un motor (1) de turbina de gas de un avión (40) que comprende:
- un dispositivo de pulverización (90);
  - 5 una unidad de lavado (31,35) adaptada para distribuir líquido de lavado a dicho dispositivo de pulverización (90); y
  - un dispositivo de posicionamiento (34) adaptado para situar dicho dispositivo de pulverización (90) permitiendo por ello un posicionamiento de dicho dispositivo de comunicación (90) en una posición de operación de lavado con relación a una entrada (110) de dicho motor (1) de turbina de gas,
  - 10 caracterizado por que el dispositivo de pulverización (90) incluye:
    - un cuerpo central (91);
    - varios múltiples (92) de forma anular cada uno con diámetros diferentes, dispuestos simétricamente alrededor del cuerpo central (91); y
    - 15 múltiples boquillas (93) dispuestas simétricamente alrededor del cuerpo central (91), estando dispuestas las boquillas (93) alrededor de los múltiples (92) y adaptadas para inyectar dicho líquido de lavado a dicha entrada (110) del motor durante una operación de lavado,
    - en el que dicho dispositivo de pulverización (90) comprende una unidad con simetría esencialmente rotacional siendo un eje de simetría (501) el centro de simetría; y
    - 20 en el que, cuando el dispositivo de pulverización (90) está en dicha posición de operación de lavado, el eje central (501) del dispositivo de pulverización (90) está esencialmente alineado con el árbol del motor del motor (1) de turbina de gas.
- 2.- El sistema de lavado según la reivindicación 1, en el que dicho dispositivo de posicionamiento (34) comprende un brazo robótico (34) que incluye juntas que permiten un movimiento de dicho dispositivo de pulverización (90) en dichas tres dimensiones.
- 25 3.- El sistema de lavado según la reivindicación 2, en el que dicho brazo robótico (34) incluye al menos una parte telescópica.
- 4.- El sistema de lavado según la reivindicación 1, 2 ó 3, que comprende además un panel de control (113) adaptado para permitir que un operador ajuste la posición de dicho dispositivo de pulverización (90) en tres dimensiones con relación a dicha entrada (110) del motor por medio de dicho dispositivo de posicionamiento (34).
- 30 5.- El sistema de lavado según la reivindicación 4, en el que dicho dispositivo de pulverización (90) comprende además un dispositivo detector óptico (55) adaptado para vigilar una operación de lavado de un motor (1).
- 6.- El sistema de lavado según la reivindicación 5, en el que dicho dispositivo detector óptico (55) está conectado a dicho panel de control (113) y está adaptado para entregar una vista de dicha entrada (110) del motor a un operador de dicho sistema de lavado en un monitor (112).
- 35 7.- El sistema de lavado según la reivindicación 5 ó 6, en el que dicho dispositivo detector óptico (55) comprende una cámara.
- 8.- El sistema de lavado según la reivindicación 5 ó 6, en el que dicho dispositivo detector óptico (55) comprende un dispositivo de fibra óptica.
- 9.- El sistema de lavado según cualquiera de las reivindicaciones precedentes 5-7, en el que dicho dispositivo de pulverización (90) comprende además un dispositivo medidor de distancia (56, 57) adaptado para medir la
- 40 distancia entre dicho dispositivo de pulverización (90) y dicho motor (1).
- 10.- El sistema de lavado según la reivindicación 9, en el que dicho dispositivo medidor de distancias (56, 57) está conectado a dicho panel de control (113) y está adaptado para entregar una indicación de la distancia entre dicho dispositivo de comunicación (90) y dicho motor (1), informando por ello a un operador de una distancia actual entre dicho dispositivo de pulverización (90) y dicho motor (1) por medio de dicho monitor (112).
- 45 11.- El sistema de lavado según la reivindicación 9 ó 10, en el que dicho dispositivo medidor de distancia (56, 57) es un dispositivo detector de ultrasonidos que comprende un transmisor (56) adaptado para emitir un haz de

sonidos y un receptor (57) adaptado para recibir dicho haz, en el que dicha distancia es estimada por la diferencia de tiempos para dicho haz desde dicho transmisor (56) a dicho receptor (57).

5 12.- El sistema de lavado según la reivindicación 9 ó 10, en el que dicho dispositivo medidor de distancia (56, 57) es un dispositivo medidor óptico que comprende un transmisor (56) adaptado para emitir un haz láser y un receptor (57) adaptado para recibir dicho haz, en el que dicha distancia es estimada por la diferencia de tiempos para dicho haz desde dicho transmisor (56) a dicho receptor (57).

13.- El sistema de lavado según cualquiera de las reivindicaciones precedentes 8-12, en el que dicho dispositivo medidor de distancias (56, 57) comprende además un medio de alarma adaptado para emitir una señal de alarma si dicha distancia medida disminuye por debajo de un valor predeterminado.

10 14.- El sistema de lavado según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dicho dispositivo de pulverización (90) comprende además medios de iluminación (52).

15.- El sistema de lavado según cualquiera de las reivindicaciones precedentes 1-13, en el que dicho dispositivo de pulverización (33) comprende al menos un tubo (61) dispuesto en un cuerpo (50), estando dispuesto al menos dicho conducto (61) con al menos una boquilla (54).

15

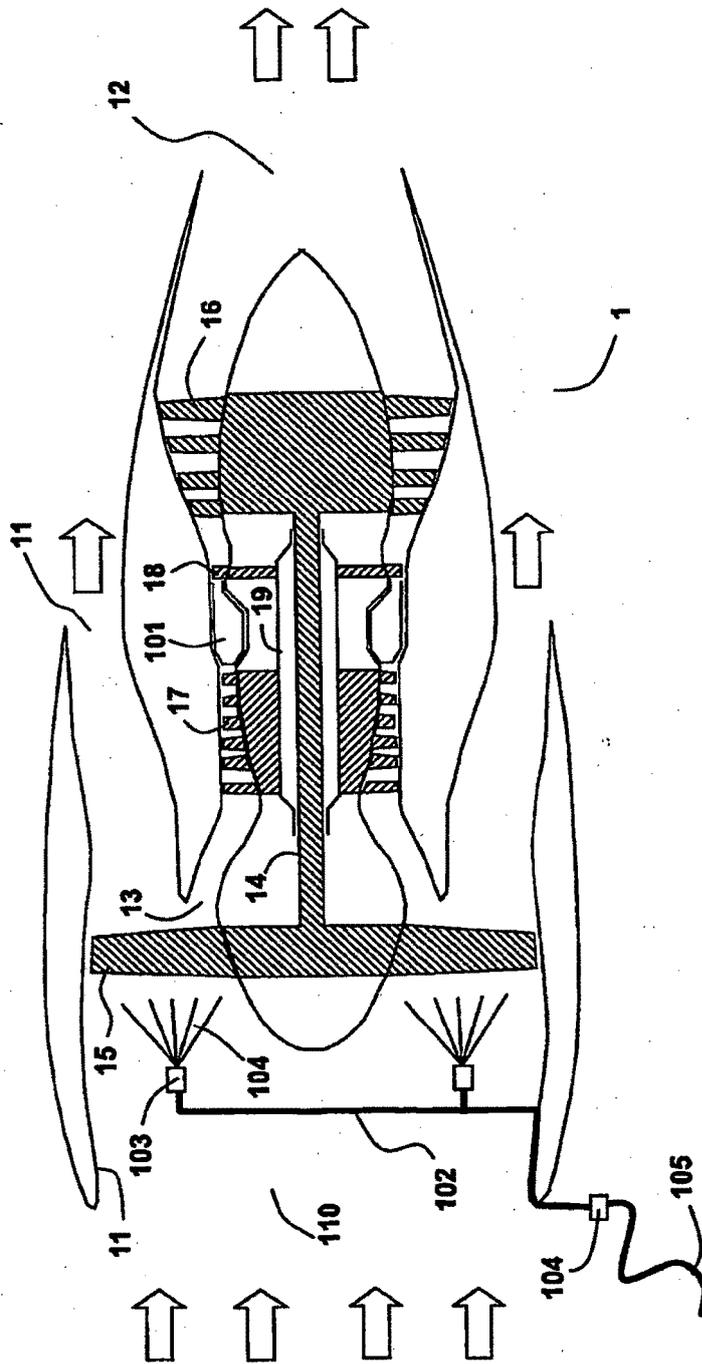


Fig. 1

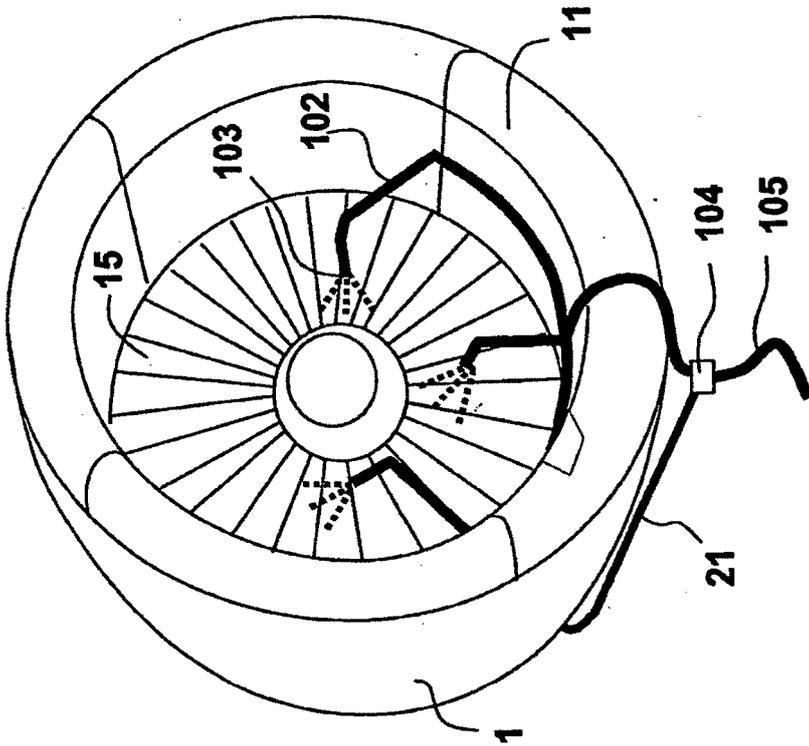
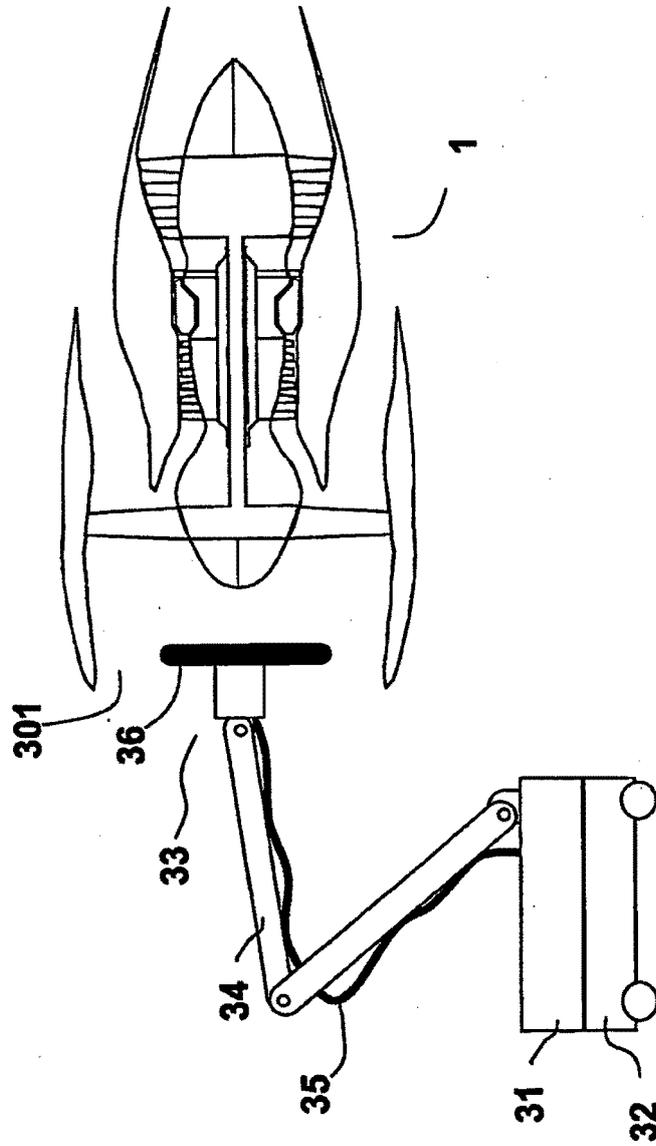
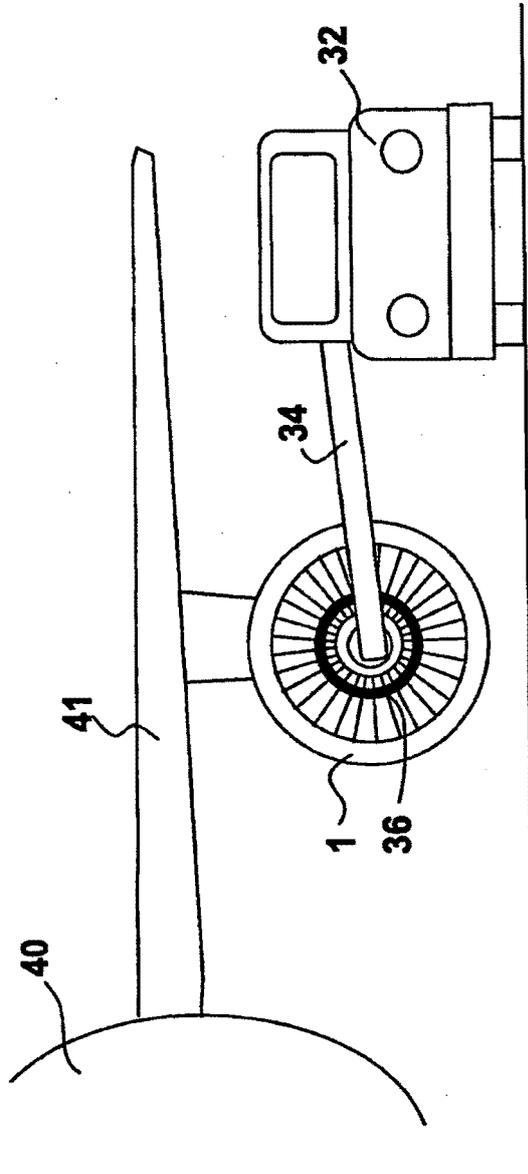


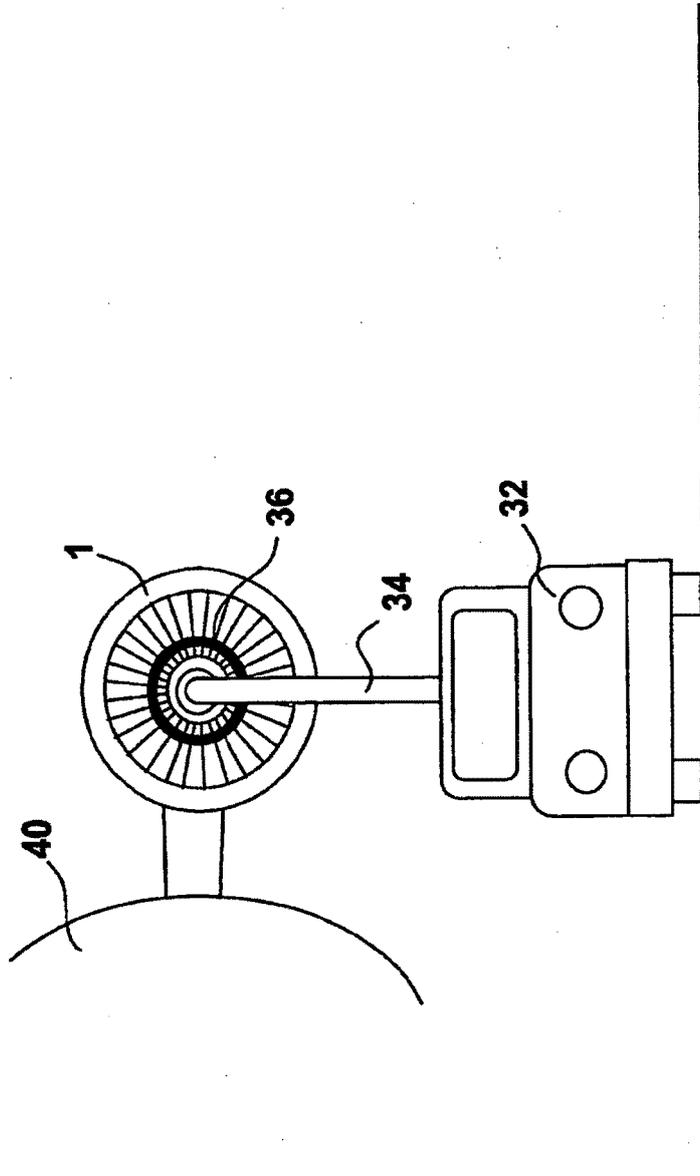
Fig. 2



**Fig. 3**



**Fig. 4a**



**Fig. 4b**

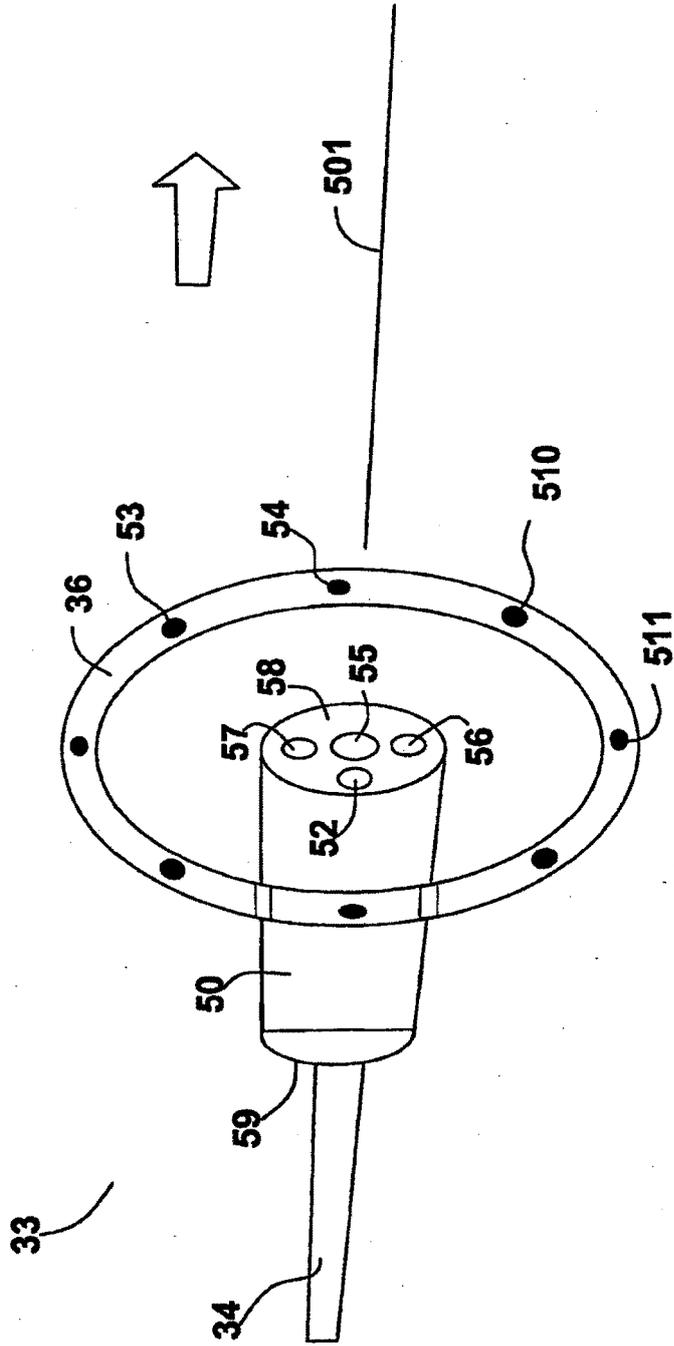
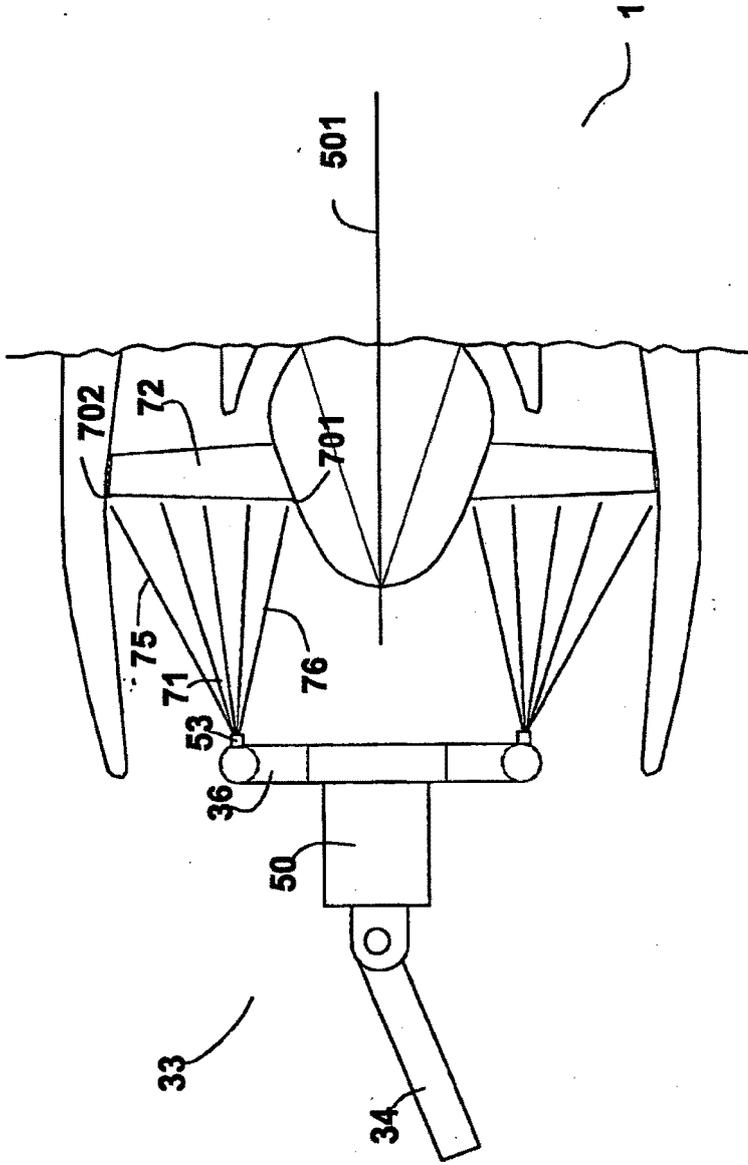
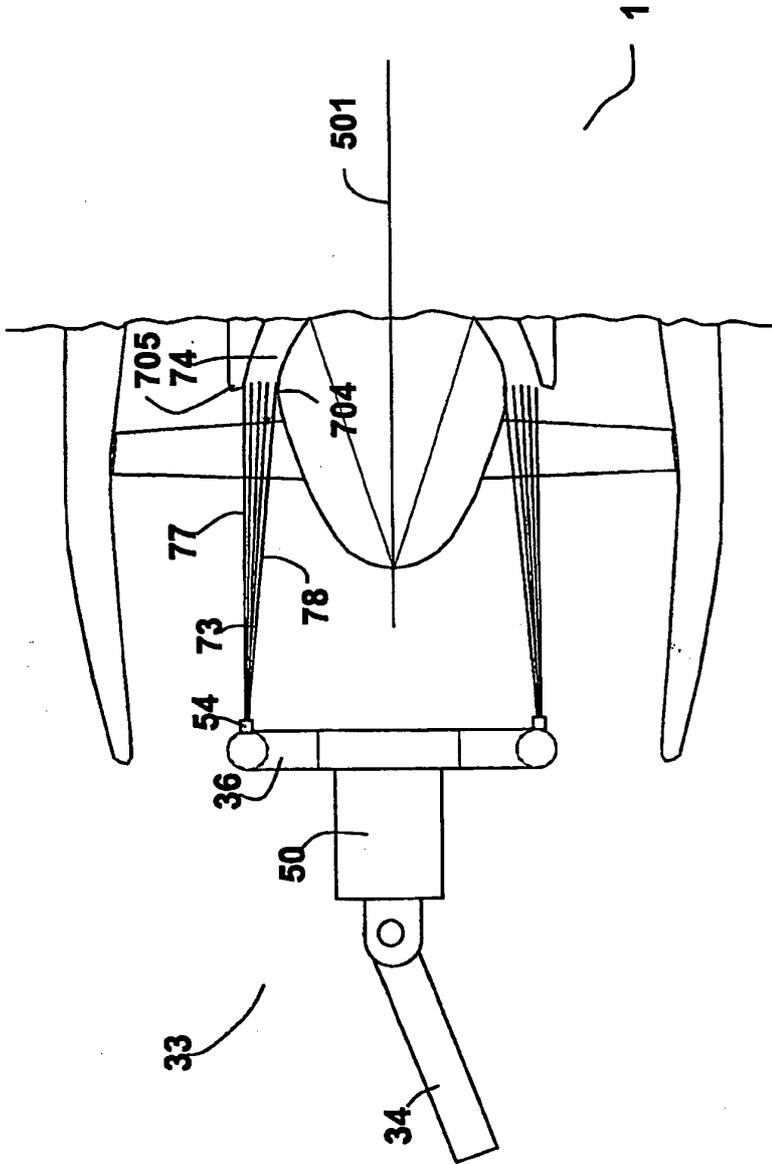


Fig. 5

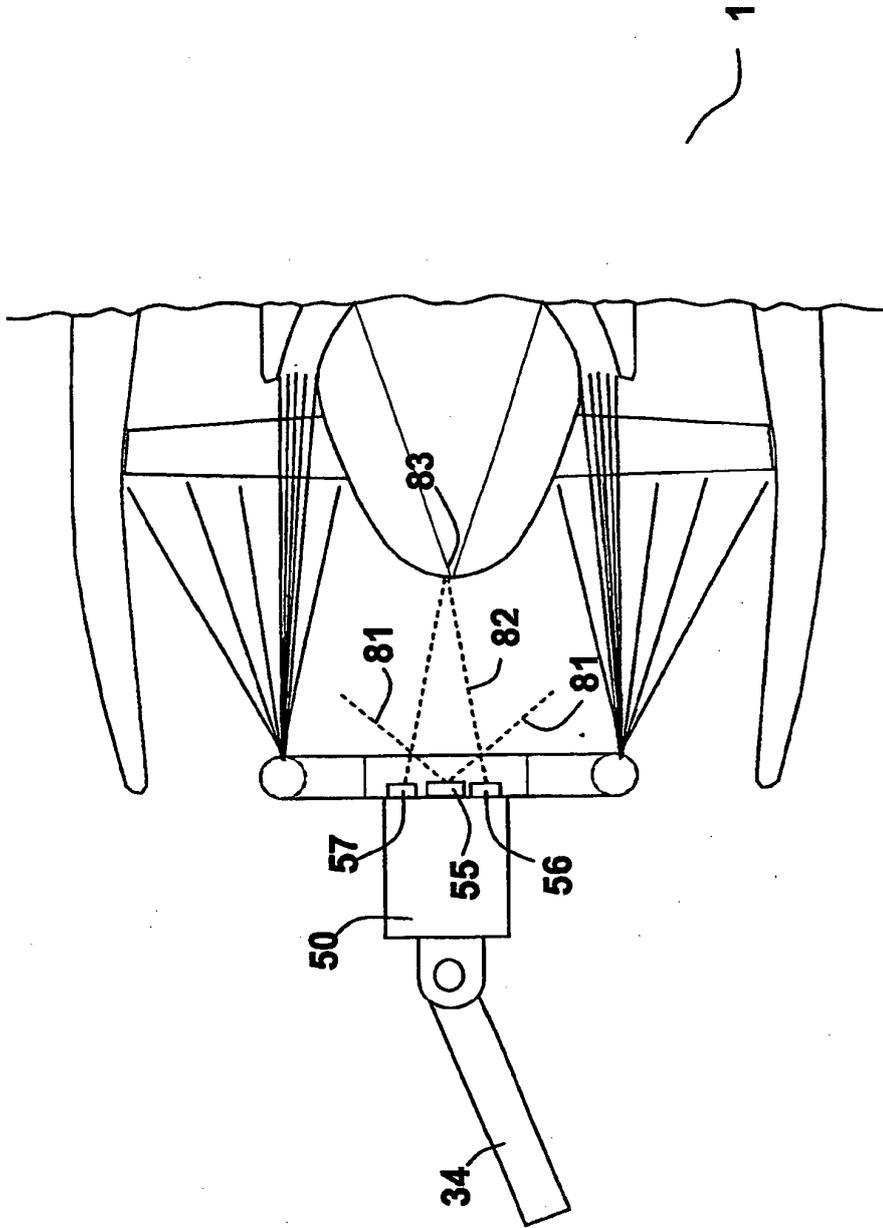




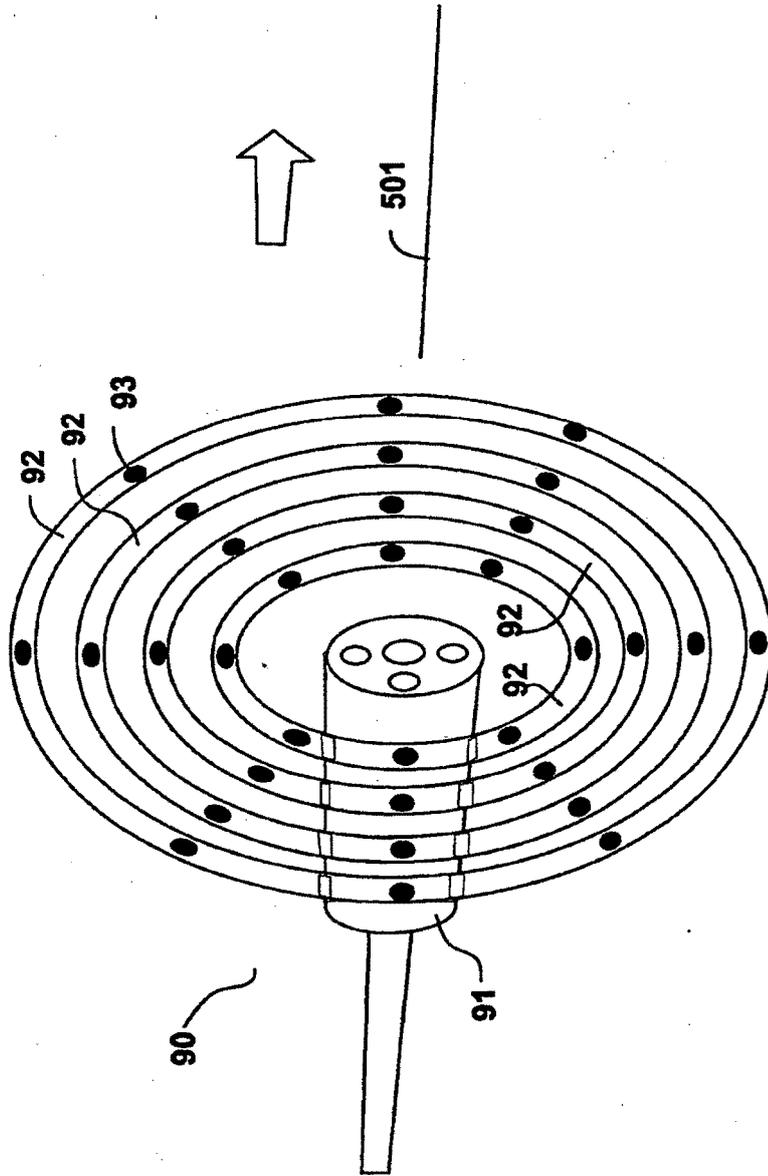
**Fig. 7a**



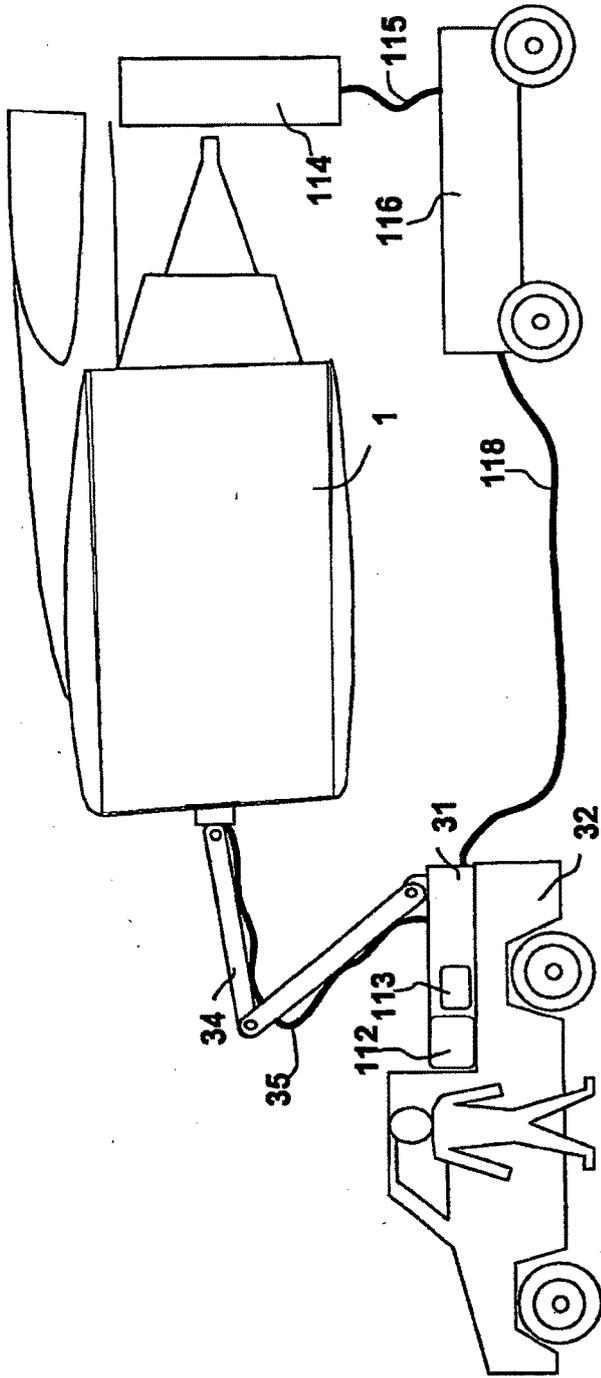
**Fig. 7b**



**Fig. 8**



**Fig. 9**



**Fig. 10**