

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 809 722**

51 Int. Cl.:

F02K 9/52 (2006.01)

F02K 9/95 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.06.2017 PCT/EP2017/065471**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.12.2017 WO17220754**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.06.2017 E 17732883 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.06.2020 EP 3475553**

54 Título: **Aparato de encendido, así como procedimiento de encendido**

30 Prioridad:

24.06.2016 DE 102016111669

06.07.2016 DE 102016112436

08.07.2016 DE 102016112619

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

05.03.2021

73 Titular/es:

BAUER, CHRISTIAN (100.0%)

Sedanstrasse 12

81667 München, DE

72 Inventor/es:

BAUER, CHRISTIAN

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 809 722 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

Aparato de encendido, así como procedimiento de encendido

5 La invención se refiere a un aparato de encendido, a un motor provisto del mismo, así como a un procedimiento de encendido. Además, la invención se refiere a una aeronave y a un vehículo espacial con un motor de este tipo.

10 Del estado de la técnica se conoce que en cavidades excitadas mediante chorros libres de ultrasonidos sub-expandidos para formar fluctuaciones pueden observarse fuertes efectos térmicos. Como factor propulsor se mencionan las inestabilidades naturales dentro del chorro libre - los "choques de barrera" - que inducen en el resonador ondas de choque. Basándose en ello existen numerosos desarrollos que se aprovechan de estos efectos para el encendido de mezclas gaseosas, la mayoría de las veces para la aplicación en motores de cohetes.

15 Una buena recopilación sobre los desarrollos esenciales de aparatos de encendido de motores se representa en el Artículo de RAMAN, G.; SRINIVASAN, K. "The powered resonance tube: From Hartmann's discovery to current active flow control applications." de Progress in Aerospace Sciences, nº 45, 2009, al que con ello se incluye como referencia en la divulgación.

20 Así, el documento US 6 966 769 B2 da a conocer un aparato de encendido de resonancia gasodinámico con un cuerpo que presenta una primera entrada con una tobera supersónica. Una salida del cuerpo contiene un orificio de un tamaño predeterminado con el fin de obtener una presión deseada en el cuerpo. Una abertura en el cuerpo opuesta a la primera entrada procura un acceso a una cavidad de material cerámico del resonador. Un disco de descarga de material cerámico está aplicado en un segundo extremo de la cavidad del resonador. Una tapa extrema contiene un espacio intermedio que está adaptado para el alojamiento de un flujo de oxígeno a alta temperatura procedente de la cavidad del resonador a través del disco de descarga. Un orificio de succión está unido con el espacio intermedio para el oxígeno a alta temperatura que fluye a una cámara de mezcla que introduce un combustible piloto para el encendido de una llama de encendido.

30 El documento CN 1 01 852 146 A da a conocer una culata de motor de hidrógeno-oxígeno para motores de cohetes. El motor es encendido mediante un efecto de caldeo de resonancia que se forma cuando el combustible del motor es irradiado en un tubo de resonancia. Se indica una técnica de encendido por resonancia neumática con una construcción sencilla y una elevada fiabilidad. El aparato de encendido está integrado de forma "orgánica" en la pequeña culata del motor, de modo que el aparato de encendido de resonancia está configurado más pequeño.

35 El documento US 3 994 232 A da a conocer un aparato de encendido accionado por aire para aplicaciones críticas en el tiempo.

40 Los documentos CN 1 01 852 147 A y CN 1 01 699 053 A dan a conocer un aparato de encendido de resonancia gasodinámico para motores de cohetes. La copa de mezcla del aparato de encendido de resonancia está dispuesta entre la tobera de inyección y la cámara de encendido y está provista de dos filas de agujeros. El hidrógeno y oxígeno fluyen de la tobera del aparato de encendido a través de la copa de mezcla a la cámara de encendido.

45 El documento CN 1 01 852 148 A da a conocer un aparato de encendido de resonancia para la combustión de oxígeno/queroseno.

El documento US 8 966 879 B1 da a conocer un aparato de encendido de resonancia acústico que comprende una tobera de inyección que genera un flujo de fluido ultrasónico o superior al ultrasónico sub-expandido.

50 El documento GB 2 256 677 A da a conocer un ramjet eyector que, a diferencia de un ramjet, puede generar también un empuje a velocidad cero.

55 El documento US 5 109 669 A da a conocer un sistema de encendido que se desconecta automáticamente para un motor de cohete accionado por hidrógeno-oxígeno. El hidrógeno es calentado mediante un resonador y es inyectado a una cámara de combustión para el encendido con oxígeno. Después del encendido, aumenta la presión en la cámara, de modo que el hidrógeno ya no se calienta y desconecta el sistema de encendido.

60 Las construcciones conocidas del estado de la técnica tienen en común el que utilizan toberas convergentes con el fin de generar un chorro libre ultrasónico sub-expandido. Investigaciones recientes demuestran, sin embargo, que también gruesas capas de cizallamiento pueden excitar a cavidades del resonador a fluctuaciones, con lo cual se pueden reproducir asimismo fuertes efectos térmicos, pero sin presentar la típica intensa dependencia de las condiciones límite. Estos nuevos reconocimientos se incluyen en las ideas aquí presentadas, con el fin de mejorar particularmente la robustez de aparatos de encendido de resonancia.

Por lo tanto, es misión de la invención indicar medidas mejoradas que posibiliten, en particular, un encendido de mezclas de menor retardo y/o más fiable, con lo cual se puede aumentar particularmente la robustez de aparatos de encendido.

- 5 El problema se resuelve mediante el objeto de las reivindicaciones independientes. Perfeccionamientos ventajosos de la invención son objeto de las reivindicaciones dependientes.

10 La invención crea un aparato de encendido, en particular un aparato de encendido de motores, más particularmente un aparato de encendido de motores de cohetes, para el encendido de una mezcla, en particular de una mezcla para un motor, por ejemplo un motor de cohetes, con un dispositivo de transformación de la energía, que está configurado para transformar en calor la energía del flujo de fluido de al menos un flujo de fluido, con el fin de encender la mezcla y que comprende una cámara de encendido, en particular una cámara de inyección para el al menos un flujo de fluido, y con un dispositivo de inyección del flujo de fluido, el cual, para la inyección de una pluralidad de flujos de fluido en la cámara de encendido, en particular la cámara de inyección, está configurado de manera que un primer flujo de fluido puede ser inyectado en la cámara de encendido, en particular la cámara de inyección, con una velocidad de circulación del fluido mayor que un segundo flujo de fluido, presentando el dispositivo de inyección del flujo de fluido al menos una tobera de inyección para el primer flujo de fluido, comprendiendo la tobera de inyección una sección transversal de la tobera de inyección que, visto en la dirección de circulación del fluido, se estrecha hasta una sección transversal mínima y, a continuación, se ensancha de nuevo a una sección transversal de salida.

20 Se prefiere que el dispositivo de inyección del flujo de fluido esté configurado de manera que el primer flujo de fluido pueda ser inyectado con una primera velocidad de circulación del fluido al menos rápida como el sonido, preferiblemente supersónica.

25 Se prefiere que el dispositivo de inyección del flujo de fluido esté configurado de manera que el primer flujo de fluido pueda ser inyectado con una segunda velocidad de circulación del fluido a lo sumo rápida como el sonido, en particular aproximadamente rápida como el sonido y/o inferior al sonido.

30 Se prefiere que el dispositivo de inyección del flujo de fluido esté configurado de manera que el segundo flujo de fluido pueda ser inyectado con una segunda velocidad de circulación del fluido a lo sumo rápida como el sonido, en particular aproximadamente rápida como el sonido y/o inferior al sonido.

35 Se prefiere que el dispositivo de inyección del flujo de fluido esté configurado de manera que el segundo flujo de fluido pueda ser inyectado con una primera velocidad de circulación del fluido al menos rápida como el sonido, preferiblemente supersónica.

Se prefiere que el dispositivo de inyección del flujo de fluido esté configurado de manera que el primer flujo de fluido y el segundo flujo de fluido puedan ser inyectados de forma coaxial relativamente entre sí.

40 Se prefiere que el primer flujo de fluido rodee al menos en parte, en particular por completo al segundo flujo de fluido, visto en su dirección periférica.

45 Se prefiere que la sección transversal de la tobera de inyección, vista en la dirección de circulación del fluido, se estreche constantemente a una sección transversal mínima y, a continuación, se ensanche de nuevo constantemente a una sección transversal de salida.

50 Se prefiere que el dispositivo de inyección del flujo de fluido comprenda al menos una tobera de inyección con una sección transversal de la tobera de inyección que, vista en la dirección de circulación del fluido, se estreche a una sección transversal de salida mínima, en particular de forma constante.

Se prefiere que una primera tobera de inyección presente una forma en sección transversal circular.

55 Se prefiere que una segunda tobera de inyección presente una forma en sección transversal anular, en particular una forma de anillo circular.

Se prefiere que el dispositivo de transformación de la energía esté distanciado del dispositivo de inyección de fluido en la dirección axial.

60 Se prefiere que el dispositivo de transformación de la energía presente un eje central que coincida con un eje central del dispositivo de inyección de fluido.

Se prefiere que el dispositivo de transformación de la energía presente un dispositivo de generación de fluctuaciones de presión para generar fluctuaciones de presión a partir del al menos un flujo de fluido.

Se prefiere que el dispositivo de generación de fluctuaciones de presión esté dispuesto dentro de la cámara de inyección, de modo que el dispositivo de generación de fluctuaciones de presión pueda ser solicitado con el al menos un flujo de fluido.

5 Se prefiere que el dispositivo de generación de fluctuaciones de presión comprenda una cavidad de generación de fluctuaciones de presión con un orificio de generación de fluctuaciones de presión, en donde el orificio de generación de fluctuaciones de presión del dispositivo de inyección de fluido está orientado de manera que la cavidad de generación de fluctuaciones de presión pueda ser solicitada con el al menos un flujo de fluido.

10 Se prefiere que la cavidad de generación de fluctuaciones de presión esté configurada para enfocar las fluctuaciones de presión al extremo que se encuentra alejado del orificio de generación de fluctuaciones de presión.

Se prefiere que la cavidad de generación de fluctuaciones de presión esté configurada de forma esencialmente cónica.

15 Se prefiere que el dispositivo de transformación de la energía comprenda un dispositivo de reducción del transporte de calor, el cual esté configurado para reducir un transporte del calor generado por el dispositivo de transformación de la energía, en particular el dispositivo de generación de fluctuaciones de presión fuera del dispositivo de transformación de la energía, en particular fuera de la generación de fluctuaciones de presión.

20 Se prefiere que el dispositivo de reducción del transporte de calor comprenda un medio reductor del transporte de calor que rodee al menos en parte, en particular por completo, en la dirección periférica, en particular al dispositivo de generación de fluctuaciones de presión.

25 Se prefiere que el dispositivo de reducción del transporte de calor presente una zona de depresión del transporte de calor que está prevista entre el medio de reducción del transporte de calor y el dispositivo de transformación de la energía, en particular del dispositivo de generación de fluctuaciones de presión.

30 Se prefiere que el dispositivo de reducción del transporte de calor esté configurado de modo que se suprima o reduzca una convección del calor fuera del dispositivo de transformación de la energía, en particular fuera del dispositivo de generación de fluctuaciones de presión.

35 Preferiblemente, el aparato de encendido comprende un dispositivo de salida, a través del cual se puede evacuar el al menos un flujo de fluido.

Preferiblemente, el aparato de encendido comprende un dispositivo de fijación de la presión, mediante el cual se puede fijar una presión de la cámara de encendido.

40 La invención crea, además, un motor, en particular un motor de cohete, para una aeronave, en particular un avión o un vehículo espacial, en particular un satélite, con una cámara de combustión y un aparato de encendido del motor preferido, en donde el aparato de encendido del motor está unido con la cámara de combustión de modo que una mezcla presente en la cámara de combustión puede ser encendida mediante el aparato de encendido del motor.

45 La invención crea, además, una aeronave, en particular un avión o un vehículo espacial, en particular un satélite, con un motor preferido.

50 La invención crea, además, un procedimiento de encendido para el encendido de una mezcla presente en una cámara de combustión de un motor, mediante la inyección de una pluralidad de flujos de fluido en una cámara de encendido, en particular una cámara de inyección, en donde un primer flujo de fluido es inyectado con una velocidad de circulación del fluido mayor que un segundo flujo de fluido, en donde el primer flujo de fluido es inyectado mediante al menos una tobera de inyección del dispositivo de inyección del flujo de fluido, en donde la tobera de inyección comprende una sección transversal de la tobera de inyección que, visto en la dirección de circulación del fluido, se estrecha a una sección transversal mínima y, a continuación, se ensancha de nuevo a una sección transversal de salida.

55 Se prefiere que el primer flujo de fluido sea inyectado con una primera velocidad de circulación del fluido al menos rápida como el sonido, preferiblemente ultrasónica.

60 Se prefiere que el segundo flujo de fluido sea inyectado con una segunda velocidad de circulación del fluido a lo sumo rápida como el sonido, en particular aproximadamente rápida como el sonido y/o inferior al sonido.

Se prefiere que el primer flujo de fluido y el segundo flujo de fluido sean inyectados coaxialmente con relación entre sí.

- Se prefiere que el primer flujo de fluido sea inyectado rodeando al menos en parte, en particular por completo al segundo flujo de fluido, visto en su dirección periférica.
- 5 Se prefiere que un dispositivo generador de fluctuaciones de presión dispuesto dentro de la cámara de inyección sea solicitado con el al menos un flujo de fluido.
- Se prefiere que una cavidad generadora de fluctuaciones de presión sea solicitada con el al menos un flujo de fluido a través de un orificio generador de fluctuaciones de presión.
- 10 Se prefiere que las fluctuaciones de presión sean enfocadas al extremo que se encuentra alejado del orificio generador de fluctuaciones de presión.
- Se prefiere que el calor generado por el dispositivo transformador de la energía sea concentrado en su extremo cerrado.
- 15 Se prefiere que se reduzca o impida una convección del calor fuera del dispositivo de transformación de la energía, en particular fuera del dispositivo generador de fluctuaciones de presión.
- 20 En el caso del aparato de encendido aquí presentado, el cual puede denominarse también aparato de encendido por resonancia gasodinámico, se aprovechan los efectos mecánicos del fluido con el fin de encender de forma pasiva una mezcla (gaseosa) sin partes móviles y sin aportación externa de energía. Premisa para ello es, en particular, que esté presente un componente en forma comprimible con una presión suficiente.
- 25 Los medios son descomprimidos por un dispositivo de inyección de fluido, por ejemplo a través de una tobera especial y son introducidos en una cavidad/resonador y, con ello, son excitados a fuertes fluctuaciones. Mediante efectos irreversibles (por ejemplo rozamiento, ondas de choque), la energía almacenada en el fluido es liberada en forma de calor, lo cual conduce habitualmente a un aumento continuo de la temperatura dentro del resonador hasta el autoencendido de la mezcla. En cierto modo, la energía del fluido es transformada en calor por un dispositivo de transformación de la energía.
- 30 El aparato de encendido aquí presentado se basa en un concepto de tobera que, comparado con los aparatos de encendido de resonancia anteriores ofrece algunas ventajas.
- 35 En virtud de la estructura sencilla y robusta, un aparato de encendido gasodinámico es particularmente interesante para accionamientos de satélites que, por norma general, deben funcionar sin mantenimiento y de manera fiable durante más de 10 años. No obstante, también pueden beneficiarse la mayoría de otros procesos de combustión técnicos en los que se encuentran a disposición fluidos con una presión suficiente tal como, por ejemplo, en el caso de aeronaves.
- 40 El aparato de encendido de acuerdo con la invención comprende un inyector coaxial, el resonador, una carcasa y un diafragma de salida convergente. Distanciadores sirven para el ajuste de la distancia de tobera-resonador. La carcasa puede servir al mismo tiempo como interfaz para una cámara de combustión situada aguas abajo, que ha de ser encendida.
- 45 El diámetro del diafragma de salida se elige preferiblemente de manera que dentro del aparato de encendido se ajusta la presión p_{frio} deseada, de modo que el diafragma puede ser recorrido de forma crítica (es decir, con la velocidad del sonido). Con ello se puede reducir o incluso impedir la influencia de fluctuaciones de presión del lado de la cámara de combustión o bien del lado de salida sobre el aparato de encendido.
- 50 La salida del inyector coaxial, configurada preferiblemente como rendija anular, puede estar configurada, a diferencia de otras construcciones, como tobera convergente-divergente adaptada a la presión p_{frio} , en particular con el fin de acelerar particularmente el caudal másico del oxidante aportado a la velocidad supersónica. Mediante la adaptación a la presión de aguas abajo pueden evitarse los típicos "choques de barril". Además, ya no se necesita estrictamente aporte secuencial alguno de los dos combustibles; en su lugar, ambos fluidos pueden ser aportados de manera simultánea. El inyector de combustible dispuesto particularmente de forma centrada está realizado preferiblemente de forma convergente. Los diámetros de inyección se eligen preferiblemente de modo que el caudal másico de combustible requerido pueda ser descomprimido asimismo a p_{frio} en el caso de una circulación crítica.
- 55 Mediante la descompresión a números de Mach preferiblemente diferentes pueden formarse entre los dos medios fuertes efectos de cizallamiento que pueden ser inherentemente inestables. Con ello puede provocarse un desprendimiento de vórtices. Estos vórtices inciden aguas abajo sobre el resonador que es un ejemplo para un dispositivo generador de fluctuaciones de presión. En el resonador, los vórtices pueden inducir, dentro de la cavidad del resonador, fuertes choques o bien fluctuaciones de presión que pueden comprimir y descomprimir de manera repetida al gas encerrado. Mediante efectos irreversibles, el fluido puede ser calentado en la proximidad del extremo cerrado del resonador. Con el fin de alcanzar un calentamiento lo más rápido posible, por ejemplo mediante un
- 60
- 65

diseño adecuado del resonador, se minimizan las pérdidas de calor con respecto al entorno. La forma cónica de la cavidad puede enfocar los choques hacia el extremo cerrado, con el fin de aumentar allí la producción de calor. Al mismo tiempo, el resonador puede estar realizado con las paredes más delgadas posibles. Preferiblemente, el resonador está protegido en el extremo que se calienta mediante un revestimiento frente a fuertes pérdidas de calor de convección con el entorno.

Después de una breve pausa de calentamiento, se inflama habitualmente el fluido premezclado en el resonador. La combustión puede extenderse en toda la zona aguas abajo del inyector. El gas caliente resultante abandona el aparato de encendido a través del diafragma de salida y, con ello, se encuentra a disposición para el encendido de una cámara de combustión de un motor. Dado que no se establecen requisitos a la cámara de combustión situada aguas abajo, el aparato de encendido puede ser empleado múltiples veces en el caso de un rendimiento térmico suficiente.

La relación de mezcla O/F (del inglés oxidante/combustible) dentro del aparato de encendido se elige preferiblemente de manera que la temperatura de combustión permanece siendo compatible con los distintos materiales de los que está hecho el aparato de encendido del motor. Por ejemplo, como oxidante se utiliza oxígeno, mientras que como combustible pasa a emplearse metano. En el caso de una elección adecuada del diámetro de las toberas pueden utilizarse y encenderse casi cualquier combinación de combustible arbitraria con el aparato de encendido del motor.

Con el fin de realizar las estructuras complejas del aparato de encendido del motor, puede utilizarse como procedimiento de fabricación, por ejemplo, la fusión por láser microselectiva. Esto permite un modo constructivo fácil e integral de los distintos componentes.

La configuración del aparato de encendido del motor se ve influenciada, entre otros, por la energía térmica, la combinación de combustibles, la relación de mezcla y la presión del aparato de encendido. La combinación de combustibles y la energía térmica necesarias vienen determinados la mayoría de las veces por el sistema global. En el caso de un aparato de encendido para un motor de cohete de metano-oxígeno se utiliza aproximadamente la misma combinación también para el aparato de encendido. La relación de mezcla puede elegirse, por el contrario, de manera relativamente libre. En este caso, deben tenerse en cuenta, sin embargo, diferentes condiciones límites. Aquí se eligió una relación de mezcla (O/F) de 30.

Con ello, la mezcla se encuentra dentro del intervalo capaz de ser encendida, en la proximidad del límite de encendido normal. En el este intervalo, las temperaturas de la llama adiabática ideales ascienden aproximadamente a 1600 K y varían solo ligeramente con la relación de mezcla. Una variación local de la relación de mezcla repercute, por lo tanto, solo ligeramente sobre las temperaturas de combustión y, de esta forma, puede prevenir un sobrecalentamiento local. A pesar de que estas temperaturas alcanzables por norma general en el intervalo ideal pueden rebasar ya las temperaturas de partida de materiales de alta temperatura convencionales, las temperaturas que realmente se manifiestan son la mayoría de las veces claramente inferiores. Esto permite, por ejemplo, emplear aleaciones base de cobalto, cromo o níquel resistentes a la corrosión.

Se prefiere, pero no es necesario, un funcionamiento superior al estequiométrico del aparato de encendido, dado que los motores de cohetes son siempre hechos funcionar con un alto contenido de combustible. Un aparato de encendido de un motor que es hecho funcionar, por ejemplo, con un exceso de oxígeno, no solo puede proporcionar de manera correspondiente una energía térmica para el proceso de encendido, sino también generar radicales de oxígeno calientes, que reaccionan de forma solícita con la circulación principal rica en combustible. Con ello, puede simplificarse y/o acelerarse considerablemente el proceso de encendido. Esto puede ser particularmente ventajoso en el caso de aplicaciones críticas en el tiempo.

Además, con el oxígeno como gas de resonancia pueden alcanzarse eventualmente temperaturas del resonador superiores que con metano. Así, es sabido que el calentamiento en el caso de utilizar aire como gas de resonancia es aproximadamente 200 K mayor en comparación con el metano. Dado que el aire, nitrógeno y oxígeno presentan propiedades de resonancia casi idénticas, el comportamiento de encendido del aparato de encendido del motor en funcionamiento con aire es transferible, por norma general, directamente al calentamiento que se espera en el caso del funcionamiento con oxígeno.

Por el contrario, si debe pasar a emplearse la combinación hidrógeno/oxígeno, se ha de preferir habitualmente un funcionamiento rico en combustible del aparato de encendido del motor; entre otros, dado que el hidrógeno puede presentar mejores propiedades de resonancia y, con ello, un mejor grado de acción que el oxígeno.

La presión del aparato de encendido (del motor) del aparato de encendido (del motor) en estado "frío", es decir en el caso de medios afluyentes (oxidante/combustible) antes del encendido propiamente dicho, rebasa preferiblemente la relación de presión crítica de aproximadamente 2 entre la presión del aparato de encendido del motor y la presión ambiente. Con ello, en la salida puede alcanzarse un número de Mach de 1. El aparato de encendido puede ser desacoplado con ello por convección por completo del entorno. Debe tenerse en cuenta que un aumento de la

presión del aparato de encendido va acompañado de mayores presiones de afluencia. Para la aplicación en el caso de vehículos espaciales, por ejemplo en forma de un aparato de encendido de etapas superiores o satélite, sin embargo, esto es la mayoría de las veces no crítico en virtud de la expansión en el vacío.

5 Partiendo de la combinación deseada de combustible, de la relación de mezcla deseada y de la energía térmica deseada pueden dimensionarse los caudales máxicos de combustible necesarios. Con la presión del aparato de encendido del motor requerida, puede calcularse, asumiendo $Ma = 1$, la sección transversal de salida.

10 Una capa de cizallamiento puede generarse, por ejemplo, al bloquear una aguja axial una parte de una tobera convergente-divergente. Con ello, se crea una zona de recirculación detrás de esta aguja.

Con el fin de crear una capa de cizallamiento lo suficientemente gruesa, se propone aquí inyectar un flujo de fluido, preferiblemente el oxidante, con una velocidad esencialmente mayor que el combustible. El fluido más lento está dispuesto entonces en el centro y es rodeado por el flujo de fluido exterior.

15 Ejemplos de realización del aparato de encendido se describen con mayor detalle con referencia a los dibujos adjuntos. En estos muestran:

20 La Figura 1, un ejemplo de realización de una aeronave;
 la Figura 2, un corte a través de un ejemplo de realización de un motor;
 la Figura 3, un ejemplo de realización de un aparato de encendido;
 la Figura 4, un corte a lo largo de la línea IV-IV de la Figura 3;
 la Figura 5, una vista en detalle de la zona E;
 la Figura 6, un ejemplo de realización de un vehículo espacial;
 25 la Figura 7, un ejemplo de realización de un aparato de encendido;
 la Figura 8, un corte a lo largo de la línea VIII-VIII de la Figura 7; y
 la Figura 9, una vista en detalle de la zona J.

30 Se hace primero referencia a las Figura 1 a Figura 5, que muestran un ejemplo de realización de una aeronave con un motor 11. El motor 11 está configurado esencialmente de forma cilíndrica y se extiende en una dirección axial y comprende una entrada 12 en la que está dispuesto un soplante 13. El motor 11 comprende, además, un condensador 14 que está dispuesto aguas abajo del soplante 13. Más aguas abajo del condensador 14 se une una cámara de combustión 15. En la cámara de combustión 15 se inyecta una mezcla 16 que contiene un oxidante (por ejemplo aire-oxígeno) y un combustible (por ejemplo queroseno). A continuación, aguas abajo está prevista una turbina 17 que ha de accionar al soplante 13 y al condensador 14. A continuación de la turbina 17 está prevista una tobera de propulsión 18 que expulsa un chorro de gas de escape.

40 El motor 11 comprende un ejemplo de realización de un aparato de encendido 20 del motor. El aparato de encendido 20 del motor está conectado a la cámara de combustión 15 de modo que la mezcla puede ser encendida mediante el aparato de encendido 20 del motor.

45 El aparato de encendido del motor está hecho, por ejemplo, de una aleación de cromo-cobalto o de una aleación a base de níquel tal como, en particular, Inconel®. El aparato de encendido 20 del motor está configurado esencialmente de forma rotacionalmente simétrica y se extiende en una dirección axial. El aparato de encendido 20 del motor comprende una carcasa 21.

50 A la carcasa 21 está conectado un dispositivo de inyección de flujo de fluido 22. El dispositivo de inyección de flujo de fluido 22 presenta un tramo de entrada 30 en el que puede penetrar una pluralidad de flujos de fluido, y un tramo de salida 31. El tramo de salida 31 está conectado a la carcasa 21, de modo que puede salir la pluralidad de flujos de fluido dentro de la carcasa 21.

55 El tramo de entrada 30 contiene, en particular, una primera conexión 32 de suministro de fluido, por ejemplo como conexión 32 de suministro de fluido externa y/o una segunda conexión 33 de suministro de fluido, por ejemplo como conexión 33 de suministro de fluido interna. A través de la conexión 32 de suministro de fluido externa puede aportarse el oxidante, mientras que a través de la conexión 33 de suministro de fluido interna puede aportarse el combustible.

60 El tramo de salida 31 puede presentar una primera tobera de inyección 36, por ejemplo como tobera de inyección 36 externa, y/o una segunda tobera de inyección 37, por ejemplo como tobera de inyección 37 interna. La tobera de inyección 36 externa está unida para fluido a través de una tubería 34 de suministro de fluido externa con la conexión 32 de suministro de fluido externa. Asimismo, la tobera de inyección 37 interna puede estar unida para fluido a través de una tubería de suministro de fluido 35 interna con la conexión 33 de suministro de fluido interna. Por consiguiente, un primer flujo de fluido 38, por ejemplo un flujo de fluido 38 externo y/o un segundo flujo de fluido 39, por ejemplo un flujo de fluido 39 interno puede fluir del tramo de entrada 30 al tramo de salida 31 y salir en el tramo de salida 31.

Una vista en detalle del tramo de salida 31 se representa, en particular, en la Figura 5. La tobera de inyección 36 externa está configurada de forma rotacionalmente simétrica, en particular esencialmente en forma de anillo circular. La tobera de inyección 36 externa presenta una sección transversal Q1 de la tobera de inyección externa. La sección transversal Q1 de la tobera de inyección externa se estrecha primeramente, visto en la dirección de circulación del fluido del flujo de fluido externo 38, hasta una sección transversal mínima Qmin. En la sección transversal mínima Qmin, la velocidad de circulación del fluido v1 externa alcanza la velocidad del sonido, y la sección transversal mínima Qmin es recorrida de forma crítica. A continuación se ensancha la sección transversal Q1 de la tobera de inyección externa a una sección transversal de salida Qa. Con ello la velocidad de circulación del fluido v1 externa es aumentada a la velocidad supersónica.

La tobera de inyección 37 interna está configurada de forma rotacionalmente simétrica, en particular esencialmente de forma circular. La tobera de inyección 37 interna presenta una sección transversal Q2 de la tobera de inyección interna. La sección transversal Q2 de la tobera de inyección interna se estrecha, visto en la dirección de circulación de fluido del flujo de fluido interno 39, a una sección transversal de salida mínima Qmin,a. En la sección transversal de salida mínima Qmin,a, la velocidad de circulación de fluido v2 interna alcanza a lo sumo la velocidad del sonido. El flujo de fluido 38 externo presenta, por lo tanto, una velocidad de circulación del fluido claramente mayor que el flujo de fluido 39 interno; se cumple $v1 > v2$. Debe tenerse en cuenta que también puede ser útil la configuración inversa.

Se hace referencia particularmente a la Figura 4. El aparato de encendido 20 del motor contiene, además, un dispositivo transformador de la energía 23. El dispositivo transformador de la energía 23 está configurado para transformar en calor la energía del flujo de fluido 38 externo y del flujo de fluido 39 interno. El dispositivo de transformación de la energía 23 está configurado de manera rotacionalmente simétrica, en particular en esencia en forma de cilindro, y puede estar separado del dispositivo de inyección de fluido 22 mediante un separador 26 del lado la inyección de fluido.

El dispositivo de transformación de la energía 23 comprende un dispositivo generador de fluctuaciones de presión 42, así como una cámara de inyección 47. El dispositivo generador de fluctuaciones de presión 46 limita en la cámara de inyección 47. El dispositivo de transformación de la energía 23 puede comprender un casquillo de apoyo 40 esencialmente cilíndrico, con el fin de apoyar el dispositivo generador de fluctuaciones de presión 42 en la carcasa 21. El dispositivo generador de fluctuaciones de presión 42 es apoyado en el casquillo de apoyo 40 en particular por una pluralidad de tirantes de apoyo 41.

El dispositivo generador de fluctuaciones de presión 42 está dispuesto con relación al dispositivo de inyección de fluido 22 de modo que el dispositivo generador de fluctuaciones de presión 42 puede ser solicitado con el flujo de fluido 38 externo y/o el flujo de fluido 39 interno. Por consiguiente, la cámara de inyección 47 comprende el espacio que se encuentra en la dirección axial entre el dispositivo de inyección de fluido 22 y el dispositivo generador de fluctuaciones de presión 42.

El dispositivo generador de fluctuaciones de presión 42 presenta un tramo de tubo 43 el cual delimita a una cavidad generadora de fluctuaciones de presión 45. La cavidad generadora de fluctuaciones de presión 45 está separada por una cámara de envolvente 48, por ejemplo mediante el tramo de tubo 43. La cámara de envolvente 48 se une a la cámara de inyección 47 y rodea en particular a la cavidad generadora de fluctuaciones de presión 45. La cámara de envolvente 48 está limitada en dirección radial hacia fuera por el casquillo de apoyo 40, mientras que la pluralidad de tirantes de apoyo 41 discurre en la cámara de envolvente 48.

El tramo de tubo 43 está configurado preferiblemente como un tramo cónico tubular 44, con el fin de enfocar las fluctuaciones de presión generadas al extremo cerrado del dispositivo generador de fluctuaciones de presión 42. El tramo de tubo 43 está abierto en particular hacia el dispositivo de inyección de fluido 22. Según ello, el dispositivo generador de fluctuaciones de presión 42 comprende un orificio 43, generador de fluctuaciones de presión. El orificio 46 generador de fluctuaciones de presión limita en la cámara de inyección 47, pero no la cámara de envolvente 48.

El dispositivo de transformación de la energía 23 puede comprender, además, un dispositivo reductor del transporte de calor 50. El dispositivo reductor del transporte de calor 50 está previsto junto al extremo cerrado del dispositivo generador de fluctuaciones de presión 42 para reducir el transporte de calor. El dispositivo reductor del transporte de calor 50 comprende un medio reductor del transporte de calor 51 que está configurado esencialmente en forma cilíndrica de manera correspondiente al contorno externo del dispositivo generador de fluctuaciones de presión 42 con una forma de la línea de flujo a modo de una tapa.

El dispositivo reductor del transporte de calor 50 presenta, además, una zona supresora del transporte de calor 52 que está prevista entre el dispositivo generador de fluctuaciones de presión 42 y el medio reductor del transporte de calor 51. La zona supresora del transporte de calor 52 está dimensionada de modo que se dificulta claramente o se hace totalmente imposible el transporte de calor, en particular el transporte de calor mediante convección.

Además, el dispositivo reductor del transporte de calor 50 presenta un orificio de acabado 53. El orificio de acabado 53 está previsto junto al extremo del lado de salida del dispositivo reductor del transporte de calor 50 y sirve para eliminar el material en exceso de la fabricación de la zona supresora del transporte de calor 52. En funcionamiento, el calor que resulta en la mezcla 16 es encerrado mediante el medio reductor del transporte de calor 51 en el dispositivo generador de fluctuaciones de presión 42, en particular en la cavidad 45, generadora de fluctuaciones de presión.

El aparato de encendido 20 del motor comprende, además, un dispositivo de salida 24, con el fin de expulsar al entorno la mezcla 16 formada por el flujo de fluido 38 externo y el flujo de fluido 39 interno, por ejemplo la cámara de combustión 15. El dispositivo de salida 24 puede estar configurado como dispositivo de establecimiento de la presión 25 con el que se establece la presión del aparato de encendido del motor. El dispositivo de salida 24 comprende una tobera de inyección 61 que se estrecha, la cual se une aguas abajo a una cámara de encendido 60. La cámara de encendido 60 comprende la cámara de inyección 47, la cámara de envolvente 48 y la cavidad 45, generadora de fluctuaciones de presión. La tobera de inyección 61 se estrecha hasta una sección transversal de eyección Q_e en la que la mezcla 16 efluente alcanza preferiblemente la velocidad del sonido.

El proceso de encendido discurre entonces como sigue. El oxidante y/o el combustible se alimentan al aparato de encendido 20 del motor a través del tramo de entrada 30. El flujo de fluido 38 externo y el flujo de fluido 39 interno fluyen a través de la tobera de inyección 36 externa y la tobera de inyección 37 interna a la cámara de inyección 47. El flujo de fluido 38 externo es inyectado con la velocidad de circulación de fluido externa v_1 , que es mayor que la velocidad de circulación del fluido interna v_2 . Se forma la mezcla 16, cuya circulación se divide entre el dispositivo generador de fluctuaciones de presión 42 y la cámara de envolvente 48. La sollicitación del dispositivo generador de fluctuaciones de presión 42 genera fluctuaciones de presión que son enfocadas hacia el extremo cerrado. Mediante rozamiento interno, interacción con los componentes del aparato de encendido 20 del motor y otros efectos mecánicos de fluido irreversibles se forma con ello calor, a saber, principalmente en el extremo cerrado del dispositivo generador de fluctuaciones de presión 42. El calor es concentrado para el encendido mediante el dispositivo reductor del transporte de calor 50, debido a que mediante el medio reductor del transporte de calor 51 se reduce una pérdida de calor y/o se suprime o al menos reduce la convección en la zona de supresión del transporte de calor 52. Con ello, aumenta la temperatura en la cámara de encendido 60, en particular ante todo en la cavidad 45 generadora de fluctuaciones de presión en tal medida que la mezcla 16 que se encuentra en la cámara de encendido 60 se enciende comenzando en el extremo cerrado del dispositivo generador de fluctuaciones de presión 42. La combustión se expande partiendo de allí a toda la cavidad 42 generadora de fluctuaciones de presión y continúa discurriendo por encima de la cámara de inyección 47 y la cámara de envolvente 48 hacia la tobera de eyección 61. La mezcla 16 encendida fluye por encima de la tobera de eyección 61 con la velocidad del sonido a la cámara de combustión 15, de modo que asimismo también allí se enciende la mezcla 16 presente. Las mezclas no tienen que ser idénticas.

Seguidamente se describe un ejemplo de realización de un aparato de encendido 20 del motor solo en la medida en que se diferencie del ejemplo de realización hasta ahora descrito.

Se hace referencia las Figura 8 a Figura 9, que muestran un ejemplo de realización de un vehículo espacial, por ejemplo de un satélite 110, con un motor de cohete 111. El motor de cohete 111 es hecho funcionar, por ejemplo, con oxígeno como oxidante y metano como combustible y comprende un ejemplo de realización de un aparato de encendido 120 del motor. El aparato de encendido 120 del motor está conectado a la cámara de combustión del motor 111 del cohete.

El aparato de encendido 120 del motor está configurado esencialmente de forma rotacionalmente simétrica y se extiende en una dirección axial. El aparato de encendido 120 del motor comprende una carcasa 121 y un dispositivo de inyección de flujo de fluido 122. A diferencia del ejemplo de realización precedente, en el caso de este ejemplo de realización, la carcasa 121 y el dispositivo de inyección de flujo de fluido 122 están configurados integralmente como un único elemento de un solo material. El aparato de encendido 120 del motor contiene, además, un dispositivo transformador de la energía 123 y un dispositivo de salida 124. El dispositivo transformador de la energía 123 y el dispositivo de salida 124 están configurados integralmente, a diferencia del ejemplo anterior, como un único elemento de un solo material. Los dos componentes se introducen uno en otro y son separados entre sí por un distanciador 126 del lado de inyección de fluido.

El dispositivo transformador de la energía 123 puede comprender, además, un dispositivo reductor del transporte de calor 150. El dispositivo reductor del transporte de calor 150 se extiende en la dirección periférica a lo largo de toda la longitud del dispositivo generador de fluctuaciones de presión 42. El dispositivo reductor del transporte de calor 150 comprende un medio reductor del transporte de calor 151 que está configurado esencialmente de forma cilíndrica con una forma de línea de flujo que termina en punta. El medio reductor del transporte de calor 151 se extiende a lo largo de toda la longitud del dispositivo generador de fluctuaciones de presión 42 y rodea a éste.

El dispositivo reductor del transporte de calor 150 presenta, además, una zona supresora del transporte de calor 152 que está prevista entre el dispositivo generador de fluctuaciones de presión 42 y el medio reductor del transporte de

calor 151. La zona supresora del transporte de calor 152 aumenta constantemente en volumen visto en la dirección de la circulación de fluido. En funcionamiento, el calor que resulta en el dispositivo generador de fluctuaciones de presión 42 es encerrado en cierta medida por el medio reductor del transporte de calor 151 y puede concentrarse mediante la convección reducida en la zona supresora del transporte de calor 152 en el extremo cerrado del dispositivo generador de fluctuaciones de presión 42.

5

Lista de símbolos de referencia:

	10	aeronave (avión)
10	11	motor
	12	entrada
	13	soplante
	14	condensador
	15	cámara de combustión
15	16	mezcla
	17	turbina
	18	boquilla de propulsión
	20	aparato de encendido del motor
20	21	carcasa
	22	dispositivo de inyección de flujo de fluido
	23	dispositivo transformador de la energía
	24	dispositivo de salida
	25	dispositivo de establecimiento de la presión
25	26	separador del lado de la inyección de fluido
	27	separador del lado de salida
	30	tramo de entrada
	31	tramo de salida
30	32	conexión de suministro de fluido externa
	33	conexión de suministro de fluido interna
	34	tubería de suministro de fluido externa
	35	tubería de suministro de fluido interna
	36	tobera de inyección externa (primera tobera de inyección)
35	37	tobera de inyección interna (segunda tobera de inyección)
	38	flujo de fluido externo (primer flujo de fluido)
	39	flujo de fluido interno (segundo flujo de fluido)
	40	casquillo de apoyo
	41	tirante de apoyo
40	42	dispositivo generador de fluctuaciones de presión
	43	tramo de tubo
	44	tramo cónico de tubo
	45	cavidad generadora de fluctuaciones de presión
	46	orificio generador de fluctuaciones de presión
45	47	cámara de inyección
	48	cámara de envolvente
	50	dispositivo reductor del transporte de calor
	51	medio reductor del transporte de calor
	52	zona supresora del transporte de calor
50	53	orificio de fabricación
	60	cámara de encendido
	61	tobera de eyección
55	110	satélite (vehículo espacial)
	111	motor de cohete
	120	aparato de encendido del motor
	121	carcasa
60	122	dispositivo de inyección de flujo de fluido
	123	dispositivo transformador de la energía
	124	dispositivo de salida
65	126	distanciador del lado de la inyección de fluido

ES 2 809 722 T3

	150	dispositivo reductor del transporte de calor
	151	medio reductor del transporte de calor
	152	zona supresora del transporte de calor
5	Q1	sección transversal externa de la tobera de inyección (primera sección transversal de la tobera de inyección)
	Q2	sección transversal interna de la tobera de inyección (segunda sección transversal de la tobera de inyección)
	Qmin	sección transversal mínima
10	Qa	sección transversal de salida
	Qe	sección transversal de eyección
	Qmin,a	sección transversal de salida mínima
	v1	velocidad de circulación del fluido externa (primera velocidad de circulación del fluido)
15	v2	velocidad de circulación del fluido interna (segunda velocidad de circulación del fluido)

REIVINDICACIONES

1. Aparato de encendido (20, 120) para el encendido de una mezcla (16), con un dispositivo de transformación de la energía (23, 123), que está configurado para transformar en calor la energía del flujo de fluido de al menos un flujo de fluido (38, 39), con el fin de encender la mezcla (16) y que comprende una cámara de encendido (60) para el al menos un flujo de fluido (38, 39), y con un dispositivo de inyección del flujo de fluido (22, 122), el cual, para la inyección de una pluralidad de flujos de fluido (38, 39) en la cámara de encendido (60), está configurado de manera que un primer flujo de fluido (38) puede ser inyectado en la cámara de encendido (60) con una velocidad de circulación del fluido mayor que un segundo flujo de fluido (39), **caracterizado por que** el dispositivo de inyección del flujo de fluido (22, 122) presenta al menos una tobera de inyección (36) para el primer flujo de fluido (38), comprendiendo la tobera de inyección (36) una sección transversal (Q1) de la tobera de inyección que, visto en la dirección de circulación del fluido, se estrecha hasta una sección transversal mínima (Qmin) y, a continuación, se ensancha de nuevo a una sección transversal de salida (Qa).
2. Aparato de encendido (20, 120) según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el dispositivo de inyección del flujo de fluido (22, 122) está configurado de manera que el primer flujo de fluido (38) puede ser inyectado con una primera velocidad de circulación del fluido (v1) supersónica.
3. Aparato de encendido (20, 120) según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** el dispositivo de inyección del flujo de fluido (22, 122) está configurado de manera que el segundo flujo de fluido (39) puede ser inyectado con una segunda velocidad de circulación del fluido (v2) inferior al sonido hasta a lo sumo rápida como el sonido, en particular rápida como el sonido.
4. Aparato de encendido (20, 120) según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** el dispositivo de inyección del flujo de fluido (22, 122) está configurado de manera que el primer flujo de fluido (38) y el segundo flujo de fluido (39) son inyectados de forma coaxial relativamente entre sí.
5. Aparato de encendido (20, 120) según la reivindicación 4, **caracterizado por que** el primer flujo de fluido (38) rodea al menos en parte, en particular por completo al segundo flujo de fluido (29), visto en su dirección periférica.
6. Aparato de encendido (20, 120) según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** el dispositivo de transformación de la energía (23, 123) presenta un dispositivo de generación de fluctuaciones de presión (42) para generar fluctuaciones de presión a partir del al menos un flujo de fluido (38, 39).
7. Aparato de encendido (20, 120) según la reivindicación 6, **caracterizado por que** el dispositivo de generación de fluctuaciones de presión (42) está dispuesto dentro de la cámara de encendido (60) de modo que el dispositivo de generación de fluctuaciones de presión (42) puede ser solicitado con el al menos un flujo de fluido (38, 39).
8. Aparato de encendido (20, 120) según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** el dispositivo de generación de fluctuaciones de presión (42) comprende una cavidad de generación de fluctuaciones de presión (45) con un orificio (46) de generación de fluctuaciones de presión, en donde el orificio (46) de generación de fluctuaciones de presión del dispositivo de inyección de fluido (22) está orientado de manera que la cavidad de generación de fluctuaciones de presión (45) puede ser solicitada con el al menos un flujo de fluido (38, 39).
9. Aparato de encendido (20, 120) según la reivindicación 8, **caracterizado por que** la cavidad de generación de fluctuaciones de presión (45) está configurada para enfocar las fluctuaciones de presión al extremo que se encuentra alejado del orificio (46) de generación de fluctuaciones de presión.
10. Aparato de encendido (20, 120) según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** el dispositivo de transformación de la energía (23, 123) comprende un dispositivo de reducción del transporte de calor (50), el cual esté configurado para reducir o impedir un transporte del calor generado por el dispositivo de transformación de la energía (23, 123), fuera del dispositivo de transformación de la energía (23, 123).
11. Motor (11, 111), en particular un motor de cohete (111), para una aeronave (10) o un vehículo espacial (110), con una cámara de combustión (15) y un aparato de encendido (20, 120) según una de las reivindicaciones precedentes, en donde el aparato de encendido (20, 120) está unido con la cámara de combustión (15) de modo que una mezcla (16) presente en la cámara de combustión (15) puede ser encendida mediante el aparato de encendido (20, 120).
12. Aeronave (10) o vehículo espacial (110) con un motor según la reivindicación 11.
13. Procedimiento de encendido para el encendido de una mezcla (16) presente en una cámara de combustión (15) de un motor (11, 111), mediante la inyección de una pluralidad de flujos de fluido (38, 39) en una cámara de encendido (60), en el que está previsto un dispositivo de transformación de la energía (23, 123) que está configurado para transformar energía del flujo de fluido de al menos un flujo de fluido (38, 39) en energía térmica para encender

5 la mezcla (16), en el que un primer flujo de fluido (38) es inyectado con una velocidad de circulación del fluido mayor que un segundo flujo de fluido (39), **caracterizado por que** el primer flujo de fluido (38) es inyectado mediante al menos una tobera de inyección (36) del dispositivo de inyección del flujo de fluido (22, 122), en donde la tobera de inyección (36) comprende una sección transversal (Q_1) de la tobera de inyección que, visto en la dirección de circulación del fluido, se estrecha a una sección transversal mínima (Q_{min}) y, a continuación, se ensancha de nuevo a una sección transversal de salida (Q_a).

Fig. 1

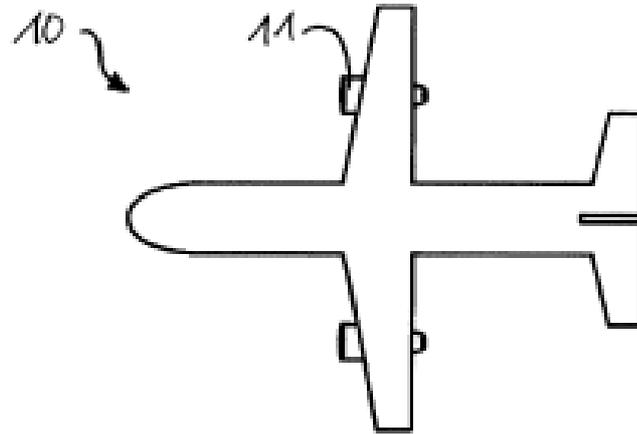


Fig. 2

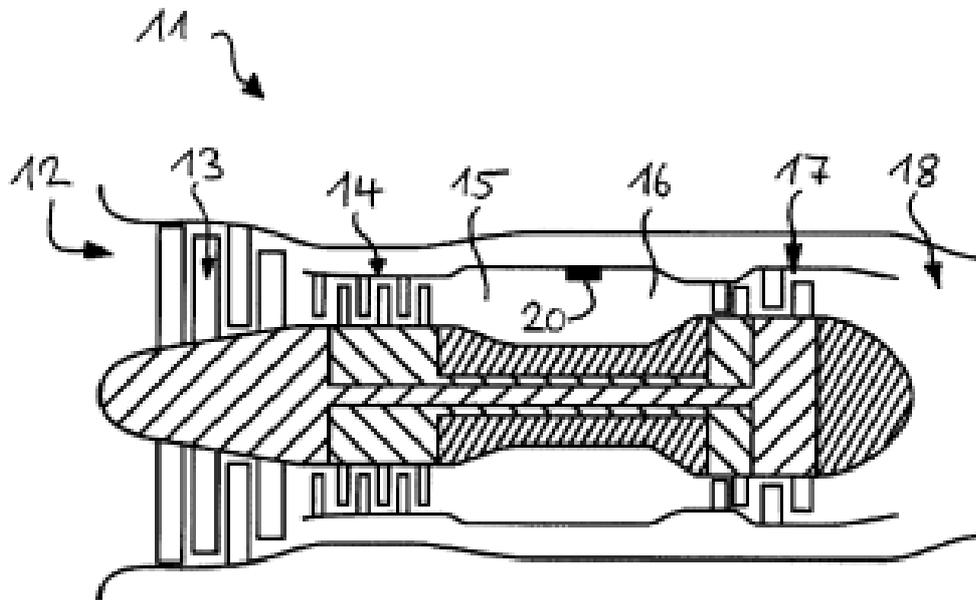


Fig. 3

20

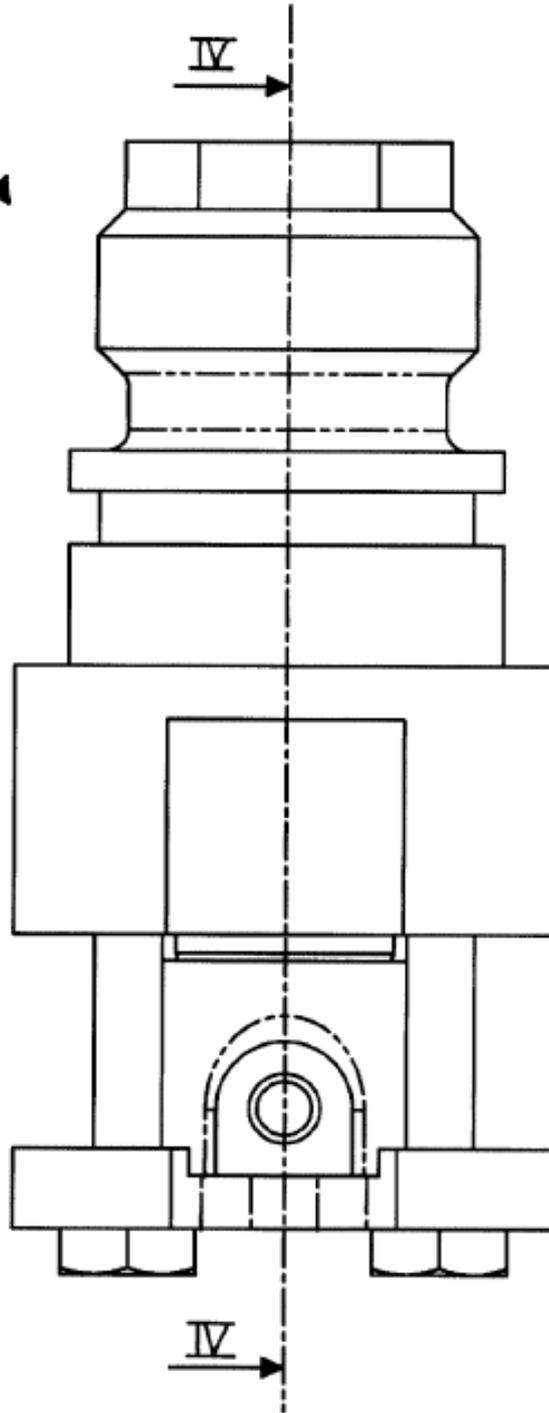


Fig. 5

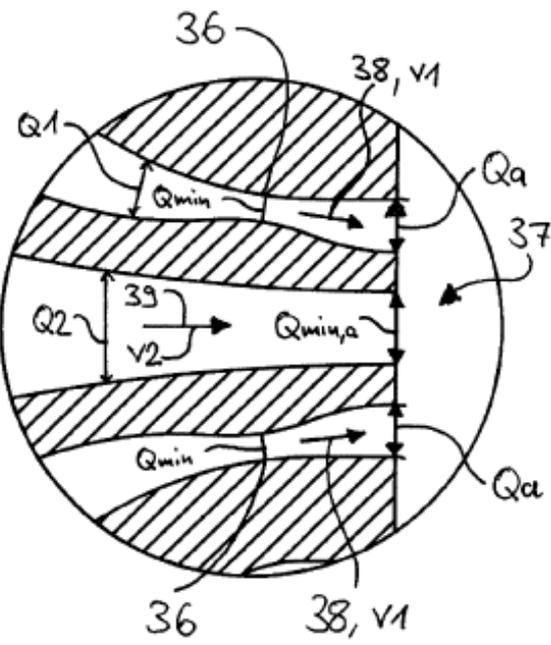


Fig. 6

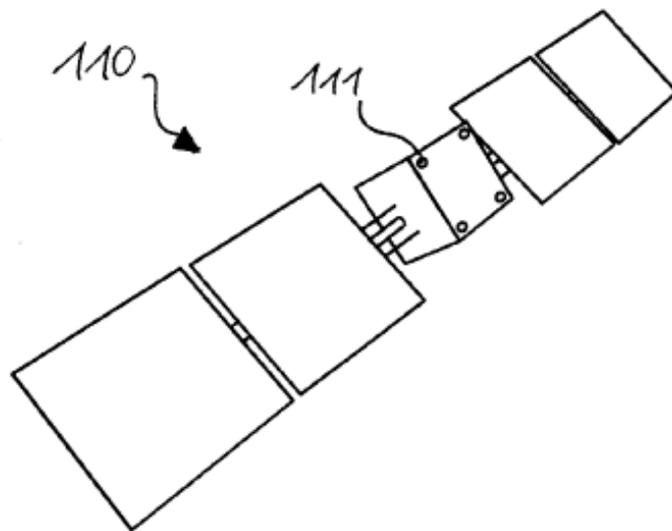


Fig. 7

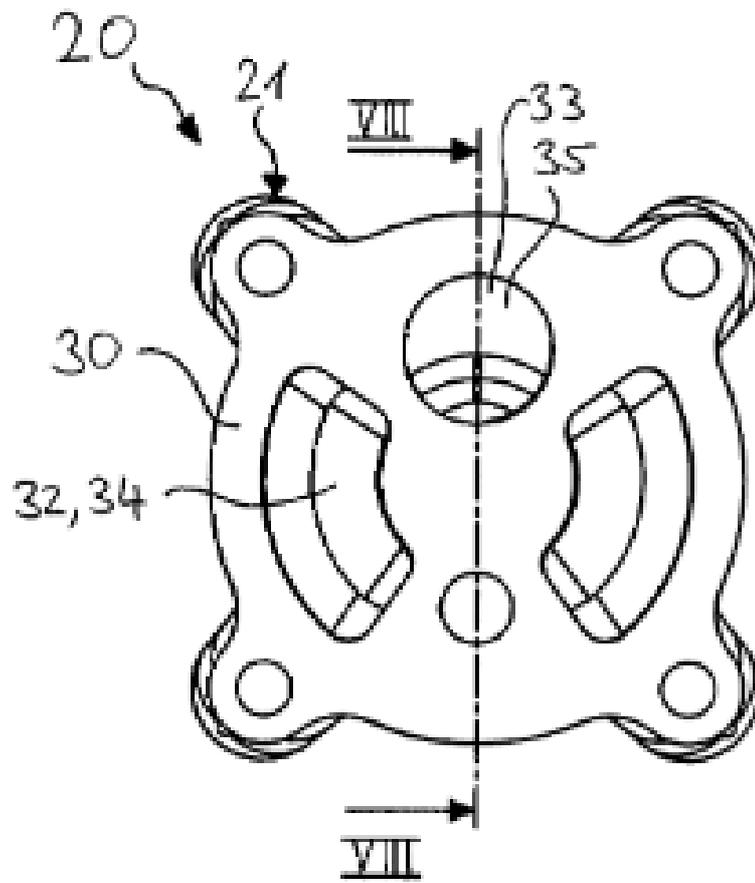


Fig. 9

