

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 436 436**

51 Int. Cl.:

F02B 27/04	(2006.01)	F01N 1/14	(2006.01)
F01N 13/08	(2010.01)		
F01N 13/10	(2010.01)		
F01N 3/30	(2006.01)		
F01N 3/32	(2006.01)		
F01N 3/34	(2006.01)		
F01N 3/02	(2006.01)		
F01N 1/00	(2006.01)		
F01N 1/02	(2006.01)		
F01N 1/06	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.06.2009 E 09756232 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.10.2013 EP 2325447**

54 Título: **Motor de múltiples cilindros, vehículo, embarcación y método de escape de motor de múltiples cilindros**

30 Prioridad:

13.06.2008 JP 2008155070
22.07.2008 JP 2008188428

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.01.2014

73 Titular/es:

YAMAHA HATSUDOKI KABUSHIKI KAISHA
(100.0%)
2500 Shingai
Iwata-shi, Shizuoka 438-8501, JP

72 Inventor/es:

TAKAHASHI, YUSUKE y
KONAKAWA, TSUGUNORI

74 Agente/Representante:

ARIZTI ACHA, Monica

ES 2 436 436 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

Motor de múltiples cilindros, vehículo, embarcación y método de escape de motor de múltiples cilindros.

CAMPO TÉCNICO

5 La presente invención se refiere a un motor de combustión interna de múltiples cilindros, a un vehículo, a una embarcación marítima y a un método de escape para un motor de combustión interna de múltiples cilindros.

ANTECEDENTES DE LA TÉCNICA

10 Convencionalmente, con el fin de mejorar los rendimientos de motores de combustión interna, se han mejorado dispositivos de escape de gas de los motores de combustión interna. Por ejemplo, tal como se describe en el documento de patente 1, se ha propuesto un motor de combustión interna que incluye una tobera convergente-divergente (denominada generalmente "tobera de Laval") con el fin de mejorar la eficacia de depuración. La tobera incluye una sección convergente que tiene un área de sección transversal de trayecto de flujo que disminuye a medida que avanza un fluido, una sección divergente prevista aguas abajo con respecto a la sección convergente y que tiene un área de sección transversal de trayecto de flujo que aumenta a medida que avanza el fluido, y una sección de garganta prevista entre la sección convergente y la sección divergente. Cuando la razón de presión de la presión P_0 en la sección convergente y la presión P en la sección divergente (es decir, P/P_0) es menor que la razón de presión crítica (para el aire, aproximadamente 0,528), la velocidad del fluido supera la velocidad del sonido en la sección divergente. El documento de patente 1 tiene el objetivo de mejorar la eficacia de depuración usando esta función de esta tobera. Específicamente, tal como se muestra en la figura 1 del documento de patente 1, seis orificios de escape del motor de combustión interna de seis cilindros en línea se fusionan en un tubo de escape fusionado. Además, el trayecto de escape del mismo se establece para tener una longitud tal que aumenta la eficacia de depuración, y la tobera está prevista en la salida de escape del tubo de escape fusionado. El documento de patente 1 describe que el flujo de gas de escape, que ha pasado por la tobera y por tanto ha aumentado su velocidad, absorbe el gas de escape que queda en el tubo de escape fusionado, y por tanto puede mejorarse la eficacia de depuración.

25 El documento US 5216883 da a conocer un conjunto de cabeza colectora para un motor de combustión interna. El conjunto de cabeza colectora incluye un par de tubos colectores que tienen extremos de descarga, un colector montado en los extremos de descarga y tiene una carcasa que dirige impulsos de gas de escape desde ambos tubos hacia el exterior. El colector está formado para producir el flujo de impulsos de escape de manera que se acoplan de manera fluida impulsos de gas de escape desfasados en cada uno de los tubos con los otros en una cantidad suficiente para aumentar la potencia en caballos del motor a sustancialmente todas las velocidades de funcionamiento normal. Los tubos colectores próximos a la entrada al colector de cabeza están formados para la descarga de gases a lo largo de una interface o límite común de longitud transversal sustancial para efectuar el acoplamiento fluido. Adicionalmente, el colector está libre de canalización o salientes para permitir una expansión transversal no restringida de los impulsos a través del tubo colector adyacente.

DOCUMENTOS DE LA TÉCNICA ANTERIOR

35 DOCUMENTOS DE PATENTE

Documento de patente 1: publicación de modelo de utilidad japonés abierta a consulta por el público n.º 1-76520.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION**PROBLEMAS QUE VAN A RESOLVERSE MEDIANTE LA INVENCION**

40 Los presentes inventores han estudiado motores de combustión interna que usan la función de una tobera convergente-divergente tal como se describe en el documento de patente 1. Mientras estudiaban los motores de combustión interna, los presentes inventores descubrieron que cuando la velocidad del gas de escape aumenta a la velocidad del sonido para generar una onda de choque, disminuye la presión en una zona aguas arriba con respecto a la onda de choque. Los presentes inventores concibieron mejorar los rendimientos de un motor de combustión interna generando una presión negativa en el trayecto de escape usando una disminución de este tipo de la presión en la zona aguas arriba con respecto a la onda de choque. Sin embargo, como resultado de estudiar de manera activa el documento de patente 1, los presentes inventores descubrieron que incluso aunque la velocidad del gas de escape se vuelva alta debido a la acción de la tobera convergente-divergente, no puede generarse una presión negativa en una parte del tubo de escape fusionado que está aguas arriba con respecto a la tobera por los siguientes motivos. El motor de combustión interna descrito en el documento de patente 1 es un motor de combustión interna de seis cilindros y explota cada 120 grados del ángulo de manivela. Por tanto, se genera una onda de presión en el trayecto de escape a un intervalo de 120 grados. En general, el ángulo en el que se abre el orificio de escape de un motor de combustión interna (ángulo de trabajo) es de aproximadamente 240 grados. En el motor de combustión interna descrito en el documento de patente 1, los orificios de los cilindros se fusionan en una tobera convergente-divergente en una posición aguas arriba con

5 respecto a la misma. Por tanto, mientras el orificio de escape de un cilindro está abierto, se abre el orificio de escape de al menos uno de los cilindros restantes. Antes de que se cierre el orificio de escape de un cilindro, se abre el orificio de escape del cilindro en el que va a producirse la siguiente explosión y se genera la siguiente onda de presión. Por este motivo, el interior del tubo de escape fusionado está siempre en un estado de presión positiva. Incluso aunque la razón de presión de la presión P0 en la sección convergente y la presión P en la sección divergente (es decir, P/P0) disminuya para que sea menor que la razón de presión crítica y la velocidad del gas de escape supere la velocidad del sonido en la sección divergente, el interior del tubo de escape fusionado siempre se mantiene en estado de presión positiva. Como resultado, no puede esperarse que los rendimientos del motor de combustión interna mejoren completamente.

10 La presente invención realizada a la luz de tales circunstancias tiene el objetivo de proporcionar un motor de combustión interna de múltiples cilindros novedoso que incluye orificios de escape de una pluralidad de cilindros conectados entre sí, que ofrece rendimientos mejorados aplicando el principio de la tobera convergente-divergente.

MEDIOS PARA RESOLVER LOS PROBLEMAS

15 Un motor de combustión interna de múltiples cilindros según la presente invención comprende una pluralidad de cámaras de combustión que tienen cada una al menos un orificio de escape; una pluralidad de válvulas de escape para abrir o cerrar cada una el orificio de escape; y un trayecto de escape para guiar el gas de escape descargado desde cada una de las cámaras de combustión a través del orificio de escape. El trayecto de escape comprende una sección convergente que tiene una menor área de sección transversal de trayecto de flujo en un extremo aguas abajo de la misma que en un extremo aguas arriba de la misma; una sección divergente prevista aguas abajo con respecto a la sección convergente y que tiene un área de sección transversal de trayecto de flujo mayor en un extremo aguas abajo de la misma que en un extremo aguas arriba de la misma; y sección fusionada de escape prevista aguas arriba con respecto a la sección divergente para conectar una pluralidad de cámaras de combustión, cuyos periodos de apertura de los orificios de escape no se solapan, sin conectar una pluralidad de cámaras de combustión, cuyos periodos de apertura de los orificios de escape se solapan. Una onda de choque, que se propaga en la sección fusionada de escape a una velocidad mayor que el gas de escape que fluye al interior de la sección fusionada de escape cuando se abre uno de la pluralidad de orificios de escape conectados por la sección fusionada de escape, se refleja por la válvula de escape que cierra otro de la pluralidad de orificios de escape. El gas de escape que fluye al interior del trayecto de escape desde la cámara de combustión se hace pasar por la sección convergente y se hace colisionar contra la onda de choque reflejada, entre un extremo aguas arriba de la sección fusionada de escape y la sección divergente, aumentando así la presión del gas de escape en la sección convergente. El gas de escape se hace pasar por la sección divergente para generar una nueva onda de choque y generar por tanto una presión negativa en una parte del trayecto de escape que está aguas arriba con respecto a la sección divergente por la nueva onda de choque generada.

EFECTO DE LA INVENCION

35 Según la presente invención, una sección fusionada de escape está prevista aguas arriba con respecto a la sección divergente, que conecta orificios de escape de una pluralidad de cámaras de combustión, cuyos periodos de apertura no se solapan, sin conectar una pluralidad de cámaras de combustión, cuyos periodos de apertura de los orificios de escape se solapan. Como resultado de esta estructura, se generan alternativamente una presión positiva y una presión negativa en una parte del trayecto de escape que está aguas arriba con respecto a la sección divergente. Una onda de choque, que se propaga en la sección fusionada a una velocidad mayor que el gas de escape que fluye al interior de la sección fusionada cuando se abre uno de una pluralidad de orificios de escape conectados por la sección fusionada, se refleja por una válvula de escape que cierra un orificio de escape, y la onda de choque reflejada se hace colisionar contra el gas de escape aguas arriba con respecto a la sección divergente. Por tanto, la presión del gas de escape aumenta. Puesto que el gas de escape se hace pasar por la sección convergente, la presión del gas de escape aumenta. Puesto que tal gas de escape se hace pasar por la sección divergente, se genera una nueva onda de choque que se propaga en una dirección aguas abajo. Por tanto, se generan alternativamente una presión positiva y una presión negativa en una parte del trayecto de escape que está aguas arriba con respecto a la sección divergente, y la presión en una parte aguas arriba con respecto a la nueva onda de choque disminuye. Como resultado, se genera una gran presión negativa en una parte del trayecto de escape que está aguas arriba con respecto a la sección divergente, y por tanto los rendimientos del motor de combustión interna pueden mejorarse.

BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

50 La figura 1 muestra una embarcación marítima que tiene un motor de combustión interna según la presente invención montado en la misma.

La figura 2 es una vista en planta ampliada de una parte de motor de combustión interna de un motor fueraborda.

La figura 3 es una vista lateral de un motor de combustión interna de múltiples cilindros según la realización 1.

La figura 4 es una vista lateral ampliada de una parte de motor de combustión interna de un motor fueraborda.

La figura 5 es una vista esquemática de una tobera convergente-divergente.

La figura 6 muestra la relación entre la razón de presión y el número Mach en la tobera convergente-divergente.

5 La figura 7 proporciona vistas esquemáticas de un dispositivo de escape que muestran el avance de una onda de choque y de gas de escape; (A) muestra un estado inicial de una carrera de escape, (B) muestra un estado en el que la onda de choque se propaga a un trayecto de ramificación, y (C) muestra un estado en el que la onda de choque reflejada por el trayecto de ramificación colisiona contra el gas de escape.

La figura 8 es una vista esquemática dibujada basándose en una fotografía de un interior de la tobera convergente-divergente tomada por el método de Schlieren.

10 La figura 9 es una vista esquemática del trayecto de escape y similar, que muestra una ruta en el trayecto de escape en la que avanza la onda de choque y una ruta en el trayecto de escape en la que avanza el gas de escape.

La figura 10 es un gráfico que muestra la relación entre la velocidad de gas de escape y la presión de gas de escape en posiciones establecidas en un primer tubo de escape.

La figura 11 es un gráfico que muestra la relación entre la velocidad de gas de escape y la temperatura de gas de escape en las posiciones establecidas en el primer tubo de escape.

15 La figura 12 muestra la correspondencia entre el trayecto 16 de escape en la figura 10 y la figura 11 y el trayecto 16 de escape en la realización 1.

La figura 13 proporciona diagramas P-V que representan la pérdida de bombeo; (A) muestra un diagrama P-V de un motor de combustión interna convencional, y (B) muestra un diagrama P-V de un motor de combustión interna según la presente invención.

20 La figura 14 es una vista lateral de un tubo de escape al que está conectado un tubo de suministro de aire secundario, y muestra el tubo de escape y el tubo de suministro de aire secundario en un estado parcialmente interrumpido.

La figura 15 es una vista en planta del tubo de escape al que está conectado el tubo de suministro de aire secundario, y muestra el tubo de suministro de aire secundario, válvulas de avance y tubos de comunicación en un estado parcialmente interrumpido.

25 La figura 16 es una vista esquemática que muestra una estructura de un motor de combustión interna según la realización 3.

La figura 17 muestra la relación entre la velocidad de gas de escape y la presión de gas de escape en el trayecto de escape en secuencia de tiempo.

30 La figura 18 muestra la relación entre la presión de gas de escape y la temperatura de gas de escape en el trayecto de escape en secuencia de tiempo.

La figura 19 muestra una motocicleta que tiene un motor de combustión interna según la presente invención montado en la misma.

La figura 20 proporciona vistas esquemáticas de un dispositivo de escape según otras realizaciones.

MEJOR MODO PARA LLEVAR A CABO LA INVENCION

35 Como resultado de estudios activos, los presentes inventores pensaron en la idea de que puede generarse una gran presión negativa en el trayecto de escape aplicando el principio de la tobera convergente-divergente y usando el siguiente método no conocido convencionalmente. Los presentes inventores descubrieron que esta idea puede mejorar los rendimientos de un motor de combustión interna de múltiples cilindros.

40 El método es tal como sigue. (1) Se ramifica una onda de choque que precede al gas de escape descargado desde un orificio de escape al trayecto de escape; (2) se refleja la onda de choque ramificada por una válvula de escape que cierra un orificio de escape que es diferente del orificio de escape desde el que se ha descargado el gas de escape; (3) se hace colisionar la onda de choque reflejada contra el gas de escape para aumentar la presión del gas de escape; (4) se hace pasar el gas de escape que tiene la presión aumentada por la sección divergente para que se acelere a una velocidad ultrasónica, generando de ese modo una onda de choque; y (5) se genera una presión negativa en una parte
45 del trayecto de escape que está aguas arriba con respecto a la sección divergente.

<Realización 1>

A continuación en el presente documento, un motor de combustión interna según una realización de la presente invención se describirá en detalle con referencia a los dibujos. Un motor de combustión interna según esta realización mostrado en la figura 1 es un motor de combustión interna de cuatro cilindros, de cuatro ciclos, en línea, para un motor 101 fueraborda unido a una embarcación 100 marítima.

En la figura, la flecha F representa una dirección hacia delante con respecto al motor 101 fueraborda. En la siguiente descripción, cuando la embarcación marítima que tiene el motor 101 fueraborda montado en la misma avanza, concretamente, cuando el casco de la embarcación marítima avanza hacia delante, la dirección de avance se denomina "dirección hacia delante con respecto al motor 101 fueraborda". Una dirección que tiene un ángulo de 180 grados con respecto a la misma, es decir, una dirección opuesta a la misma se denomina "dirección hacia atrás". Cuando el casco de la embarcación marítima avanza hacia delante, el lado izquierdo con respecto a la dirección de avance se denomina "lado izquierdo con respecto al motor fueraborda" o simplemente "lado izquierdo", y el lado derecho con respecto a la dirección de avance se denomina "lado derecho con respecto al motor fueraborda" o simplemente "lado derecho". Cuando el casco de la embarcación marítima avanza hacia delante, la dirección izquierda-derecha del motor 101 fueraborda se denomina "dirección a lo ancho del motor 101 fueraborda". Los términos "aguas arriba" y "aguas abajo" respectivamente hacen referencia a aguas arriba y aguas abajo con respecto a la dirección en la que fluye el gas de escape.

Tal como se muestra en la figura 2, el motor 1 de combustión interna incluye una caja 42 de cigüeñal y un cuerpo 3 de cilindro para soportar ambos de manera rotatoria un árbol 41 de cigüeñal, una culata 4 de cilindro unida al cuerpo 3 de cilindro, una cubierta 44 de culata unida a la culata 4 de cilindro, y similares. El motor 1 de combustión interna está montado en un estado en el que la caja 42 de cigüeñal está ubicada hacia delante con respecto a la culata 4 de cilindro; en otras palabras, en un estado en el que la caja 42 de cigüeñal está más cerca del casco que la culata 4 de cilindro. Estos elementos están dispuestos en la dirección de delante a atrás del motor 101 fueraborda desde delante hacia atrás en el orden de la caja 42 de cigüeñal, el cuerpo 3 de cilindro, la culata 4 de cilindro y la cubierta 44 de culata. Dentro del cuerpo 3 de cilindro y la culata 4 de cilindro, están formadas cámaras 10 de combustión.

En el cuerpo 3 de cilindro, cuatro cilindros 48 están dispuestos en una dirección de arriba abajo. La culata 4 de cilindro tiene una sección 6 aguas abajo de un trayecto de admisión y una sección 7 aguas arriba de un trayecto de escape de cada cilindro formado en la misma. La culata 4 de cilindro alberga una válvula 8 de admisión para abrir o cerrar un orificio 8a de admisión, y una válvula 9 de escape para abrir o cerrar un orificio 9a de escape. La culata 4 de cilindro también alberga un dispositivo 53 de accionamiento de válvula para accionar la válvula 8 de admisión y la válvula 9 de escape y un inyector 2. El inyector 2 está previsto en cada cilindro e inyecta combustible al interior de la sección 6 aguas abajo del trayecto de admisión. Un extremo aguas arriba de la sección 6 aguas abajo del trayecto de admisión formado en la culata 4 de cilindro está abierto en una superficie de lado derecho de la culata 4 de cilindro. Un extremo aguas abajo de la sección 7 aguas arriba del trayecto de escape está abierto en una superficie de lado izquierdo de la culata 4 de cilindro.

La abertura de la sección 7 aguas arriba del trayecto de escape actúa como salida 38 de gas de escape. Esta abertura es el extremo aguas abajo de la sección 7 aguas arriba del trayecto de escape, que se abre en la superficie de lado izquierdo de la culata 4 de cilindro. La salida 38 de gas de escape se abre en la superficie de lado izquierdo de la culata 4 de cilindro. En otras palabras, la salida 38 de gas de escape se abre en sentido opuesto a la sección 6 aguas abajo del trayecto de admisión en la dirección a lo ancho del motor 101 fueraborda.

Tal como se muestra en la figura 3 y la figura 4, un dispositivo 172 de escape según esta realización incluye una sección 7 aguas arriba del trayecto de escape, un primer tubo 173 de escape, un segundo tubo 174 de escape, un tercer tubo 175 de escape, una cámara 176 de escape, un trayecto 177 de escape principal, un primer catalizador 17 y un segundo catalizador 18. El trayecto 177 de escape principal está formado extendiéndose hacia abajo desde un extremo inferior de la cámara 176 de escape. El trayecto 177 de escape principal se abre en el agua en una parte central de una hélice 106.

Tanto el primer catalizador 17 como el segundo catalizador 18 son un catalizador de tres vías. El primer catalizador 17 está previsto en una parte de conexión del primer tubo 173 de escape y el segundo tubo 174 de escape. El segundo catalizador 18 está previsto en una parte de conexión del segundo tubo 174 de escape y el tercer tubo 175 de escape.

Un extremo aguas arriba del primer tubo 173 de escape está conectado a la salida 38 de gas de escape. El segundo tubo 174 de escape está conectado a un extremo aguas abajo del primer tubo 173 de escape. El tercer tubo 175 de escape está conectado a un extremo aguas abajo del segundo tubo 174 de escape. La cámara 176 de escape está conectada a un extremo aguas abajo del tercer tubo 175 de escape.

El gas de escape descargado de cada uno de los cilindros del motor 1 de combustión interna fluye al interior de la cámara 176 de escape a través del primer tubo 173 de escape, el segundo tubo 174 de escape y el tercer tubo 175 de

5 escape. El gas de escape en cada cilindro del motor 1 de combustión interna, que ha fluido al interior de la cámara 176 de escape, se fusiona en la cámara 176 de escape y se descarga en un extremo aguas arriba del trayecto 177 de escape principal. El gas de escape introducido en el interior del trayecto 177 de escape principal se descarga en el agua desde la parte central de la hélice 106. En esta realización, el trayecto 16 de escape está formado por un espacio formado dentro del primer trayecto 173 de escape, el segundo trayecto 174 de escape, el tercer trayecto 175 de escape, la cámara 176 de escape y el trayecto 177 de escape principal.

10 Tal como se muestra en la figura 4, en el motor 1 de combustión interna, la línea de árbol del árbol 41 de cigüeñal se dirige a la dirección de arriba abajo. El motor 1 de combustión interna está montado en el motor fueraborda en un estado en el que el cilindro n.º 1 al cilindro n.º 4 están ubicados hacia atrás con respecto al árbol 41 de cigüeñal (ubicados de manera opuesta al casco con respecto al árbol 41 de cigüeñal). En esta realización, de entre los cuatro cilindros del motor 1 de combustión interna, el cilindro ubicado en la posición más alta se denomina "cilindro n.º 1", y los cilindros ubicados por debajo del cilindro n.º 1 se denominan secuencialmente "cilindro n.º 2", "cilindro n.º 3" y "cilindro n.º 4". El orden de encendido para el motor 1 de combustión interna es cilindro n.º 1 a cilindro n.º 3 a cilindro n.º 4 a cilindro n.º 2. El cilindro n.º 1 y el cilindro n.º 4 son diferentes en cuanto al tiempo de encendido con un ángulo de cigüeñal de 360 grados, y un periodo en el que el orificio 9a de escape del cilindro n.º 1 está abierto no se solapa con un periodo en el que el orificio 9a de escape del cilindro n.º 4 está abierto. El cilindro n.º 2 y el cilindro n.º 3 son diferentes en cuanto al tiempo de encendido con un ángulo de cigüeñal de 360 grados, y un periodo en el que el orificio 9a de escape del cilindro n.º 2 está abierto no se solapa con un periodo en el que el orificio 9a de escape del cilindro n.º 3 está abierto.

20 De entre dos tubos de escape cada uno formado por dos primeros tubos 173 de escape combinados entre sí, un tubo de escape está formado por una sección 173a aguas arriba para el cilindro n.º 1, una sección 173d aguas arriba para el cilindro n.º 4, una primera sección 173e de conexión, una primera sección 173g aguas abajo y una segunda sección 173h aguas abajo. La primera sección 173e de conexión conecta un extremo aguas abajo de la sección 173a aguas arriba para el cilindro n.º 1 y un extremo aguas abajo de la sección 173d aguas arriba para el cilindro n.º 4 entre sí. La primera sección 173g aguas abajo y la segunda sección 173h aguas abajo están conectadas cada una a la primera sección 173e de conexión y ramificadas desde la primera sección 173e de conexión extendiéndose hacia abajo. De entre los dos tubos de escape cada uno formado por dos primeros tubos 173 de escape combinados entre sí, el otro tubo de escape está formado por una sección 173b aguas arriba para el cilindro n.º 2, una sección 173c aguas arriba para el cilindro n.º 3, una segunda sección 173f de conexión, una tercera sección 173i aguas abajo y una cuarta sección 173j aguas abajo. La segunda sección 173f de conexión conecta la sección 173b aguas arriba para el cilindro n.º 2 y un extremo aguas abajo de la sección 173c aguas arriba para el cilindro n.º 3 entre sí. La tercera sección 173i aguas abajo y la cuarta sección 173j aguas abajo están conectadas cada una a la segunda sección 173f de conexión y ramificadas desde la segunda sección 173f de conexión extendiéndose hacia abajo.

35 En cada una de la primera sección 173g aguas abajo, la segunda sección 173h aguas abajo, la tercera sección 173i aguas abajo y la cuarta sección 173j aguas abajo, está formada una tobera 31 convergente-divergente descrita a continuación.

40 La figura 5 es una vista esquemática de una tobera 31 convergente-divergente general. La tobera 31 convergente-divergente tiene una sección 32 convergente que tiene un área de sección transversal de trayecto de flujo que disminuye a medida que avanza el fluido, una sección 33 divergente prevista aguas abajo con respecto a la sección 32 convergente y que tiene un área de sección transversal de trayecto de flujo que aumenta a medida que avanza el fluido, y una sección 34 de garganta prevista entre la sección 32 convergente y la sección 33 divergente y que tiene la menor área de sección transversal de trayecto de flujo. En la figura 5, la flecha indica la dirección en la que avanza el fluido. En esta realización, el fluido es el gas 36 de escape.

45 La tobera 31 convergente-divergente acelera la velocidad del gas de escape que fluye en el trayecto 16 de escape desde una velocidad subsónica a una velocidad ultrasónica. El área A1 de sección transversal de trayecto de flujo en un extremo aguas arriba de la sección 32 convergente, el área A2 de sección transversal de trayecto de flujo de la sección 34 de garganta, y el área A3 de sección transversal de trayecto de flujo en un extremo aguas abajo de la sección 33 divergente tienen las relaciones de $A1 > A2$ y $A2 < A3$. El área A2 de sección transversal de trayecto de flujo de la sección 34 de garganta es la misma que el área A2 de sección transversal de trayecto de flujo en un extremo aguas abajo de la sección convergente 32 y el área de sección transversal de trayecto de flujo en un extremo aguas arriba de la sección 33 divergente. En esta realización, las áreas de sección transversal de trayecto de flujo de la sección 32 convergente y la sección 33 divergente cambian cada una a un ritmo constante en la dirección de flujo. No hay limitación específica acerca de la forma de la sección 32 convergente y la sección 33 divergente. La sección 32 convergente y la sección 33 divergente pueden formarse para tener una forma que tiene un área de sección transversal de trayecto de flujo que cambia paso a paso como una tobera empleada en cohetes, o pueden formarse para tener una forma curvada suavemente.

La tobera 31 convergente-divergente está formada para cumplir con las condiciones representadas mediante las expresiones (1) y (2) a continuación. Al alcanzar la velocidad del gas de escape que fluye al interior de la sección 34 de

garganta Mach 1 (es decir, la velocidad del sonido), el gas de escape en la sección 33 divergente puede acelerarse a una velocidad ultrasónica.

[Expresión 1]

$$\frac{dM}{dx} = \frac{\Lambda}{1 - M^2} \text{-----} (1)$$

5 [Expresión 2]

$$\Lambda \equiv M \left[1 + \frac{\gamma - 1}{2} M^2 \right] \left[\frac{\gamma M^2}{2} \left(\frac{4f}{D} \right) - \frac{1}{A} \frac{dA}{dx} \right] \text{-----} (2)$$

10 Entre estas expresiones, la expresión (1) representa la relación entre la forma del tubo de escape y el número Mach en un flujo primario que va acompañado de fricción viscosa. La expresión (2) representa Λ en la expresión (1). En estas expresiones, M representa el número Mach, A representa el área de sección transversal del tubo de escape en una sección transversal arbitraria, D representa el diámetro del tubo en la sección transversal arbitraria, γ representa la razón de calor específica, x representa la distancia en la dirección de flujo, y f representa el coeficiente de fricción.

15 Con la tobera 31 convergente-divergente que tiene la estructura descrita anteriormente, cuando la razón de presión de la presión total P0 del fluido en la sección 32 convergente y la presión estática P del fluido en la sección 33 divergente, es decir, P/P0, es menor que la razón de presión crítica de 0,528, la velocidad del fluido es la velocidad del sonido en la sección de garganta y es una velocidad ultrasónica en la sección 33 divergente. La figura 6 muestra la razón de presión de la presión total P0 del fluido en la sección 32 convergente y la presión estática P del fluido en la sección 33 divergente, es decir, P/P0, y la velocidad del fluido que pasa por la sección 33 divergente a cada razón de presión. Cuando la presión total P0 en la sección 32 convergente aumenta con el fin de hacer P/P0 menor que la razón de presión crítica, la velocidad puede ser una velocidad ultrasónica en la tobera 31 convergente-divergente.

20 Cuando la velocidad se vuelve una velocidad ultrasónica en la tobera 31 convergente-divergente, se generan una onda de choque que se propaga en una dirección aguas abajo en la sección 33 divergente y una onda de expansión que se propaga en una dirección aguas arriba en la sección 33 divergente. Por tanto, el fluido en un espacio entre la onda de choque que avanza en la dirección aguas abajo en el trayecto 16 de escape y la onda de expansión que avanza en la dirección aguas arriba en el trayecto 16 de escape se expande rápidamente, y así puede disminuir la presión del gas 36 de escape que fluye en el trayecto 16 de escape. Como resultado, la temperatura del gas 36 de escape puede disminuir rápidamente mediante un efecto de enfriamiento adiabático provocado por una expansión adiabática. Como resultado de estudios activos, los presentes inventores han logrado tal estado proporcionando la tobera 31 convergente-divergente en el trayecto 16 de escape y conectando una parte del trayecto de escape que está aguas arriba con respecto a la tobera 31 convergente-divergente de una manera específica.

30 Ahora, con referencia a las figuras 7 (A) a 7 (C), se describirá un método para generar una presión negativa grande en el trayecto de escape. Las figuras 7 (A) a 7 (C) muestran esquemáticamente el dispositivo 172 de escape en esta realización. El cilindro n.º A y el cilindro n.º B son diferentes en cuanto al tiempo de encendido con un ángulo de cigüeñal de 360 grados, y el periodo en el que el orificio 9a de escape del cilindro n.º A está abierto no se solapa con el periodo en el que el orificio 9a de escape de cilindro n.º B está abierto.

35 En las figuras 7(A) a 7(C), una parte del trayecto 16 de escape que está aguas arriba con respecto al extremo aguas arriba de la sección 33 divergente se denomina "sección fusionada de escape". En la sección fusionada de escape, una parte que está aguas arriba con respecto a una sección 181 de conexión y está conectada al orificio 9a de escape del cilindro n.º A se denomina "primera sección 19a aguas arriba fusionada". Una parte que está aguas arriba con respecto a la sección 181 de conexión y está conectada al orificio 9a de escape de cilindro n.º B se denomina "segunda sección 19b aguas arriba fusionada". Las partes de la sección fusionada de escape que están aguas abajo con respecto a la sección 181 de conexión se denominan cada una "sección 19c aguas abajo fusionada". En las figuras 7(A) a 7(C), elementos idénticos o equivalente a aquéllos en cualquiera de la figura 1 a la figura 5 tienen asignados a los mismos números de referencia idénticos, y las descripciones de los mismos se omiten cuando no son necesarias.

45 Tal como se muestra en la figura 7 (A), cuando se abre el orificio 9a de escape en una carrera de escape en el cilindro n.º A, el gas 36 de escape a alta presión se inyecta desde la cámara 10 de combustión al interior de la primera sección 19a aguas arriba fusionada del trayecto 16 de escape. En el momento en el que el orificio 9a de escape comienza a abrirse, la diferencia de presión entre la cámara 10 de combustión y la primera sección 19a aguas arriba fusionada es grande. Por tanto, la velocidad del gas 36 de escape se vuelve la velocidad del sonido y por tanto se genera una onda

35 de choque en la primera sección 19a fusionada de escape. A medida que aumenta el ángulo de apertura del orificio 9a de escape, la cantidad del gas 36 de escape que fluye al interior de la primera sección 19a fusionada de escape aumenta pero la velocidad del gas 36 de escape disminuye. La velocidad del gas 36 de escape también disminuye a medida que el gas 36 de escape avanza en la primera sección 19a fusionada de escape. La onda 35 de choque se propaga en la dirección aguas abajo en la primera sección 19a fusionada de escape a alta velocidad. Mientras tanto, el gas 36 de escape avanza en la dirección aguas abajo en la primera sección 19a fusionada de escape con un ligero retardo con respecto a, y a una menor velocidad que, la onda 35 de choque.

Tal como se muestra en la figura 7(B), la onda 35 de choque que avanza dentro de la primera sección 19a fusionada de escape se separa en ondas de choque que se propagan respectivamente en dos secciones 19c aguas abajo fusionadas y una onda de choque que se propaga en la segunda sección 19b fusionada de escape cuando pasa por la sección 181 de conexión. Estas ondas de choque avanzan por separado en las secciones 19c aguas abajo fusionadas y la segunda sección 19b fusionada de escape. Las ondas 35 de choque que avanzan en las secciones 19c aguas abajo fusionadas se atenúan y desaparecen después de pasar por la tobera 31 convergente-divergente. En cambio, la onda 35 de choque que avanza en la segunda sección 19b fusionada de escape se refleja por la válvula 9 de escape que cierra el orificio 9a de escape del cilindro n.º B y avanza en sentido opuesto en la segunda sección 19b fusionada de escape para volver a la sección 181 de conexión.

Tal como se muestra en la figura 7(C), el tamaño de la sección 19 fusionada de escape está diseñado de manera que el momento en el que la onda 35 de choque reflejada vuelve a la sección 181 de conexión desde la segunda sección 19b fusionada de escape es el mismo que, o posterior a, el momento en el que el gas 36 de escape a alta presión descargado desde cilindro n.º A y que avanza en la primera sección 19a fusionada de escape con un retardo con respecto a la onda 35 de choque alcanza la sección 181 de conexión. Por tanto, la onda 35 de choque reflejada y el gas 36 de escape colisionan entre sí en una posición que está aguas abajo con respecto a un extremo aguas arriba de la sección 181 de conexión y aguas arriba con respecto al extremo aguas arriba de la sección 33 divergente.

Haciendo colisionar la onda 35 de choque reflejada y el gas 36 de escape entre sí en una posición que está aguas abajo con respecto al extremo aguas arriba de la sección 181 de conexión y aguas arriba con respecto a la sección 33 divergente, puede aumentarse la presión del gas 36 de escape que fluye en el trayecto de escape. Cuando esto se produce, aumenta la presión total P0 en la sección convergente de la tobera 31 convergente-divergente. Por tanto, la razón de la presión total P0 en la sección convergente y la presión estática P en la sección divergente, es decir, P/P0, se vuelve menor que la razón de presión crítica de 0,528. Como resultado, la velocidad del gas 36 de escape alcanza la velocidad del sonido en la sección 34 de garganta.

La figura 8 es una vista esquemática dibujada basándose en una fotografía de un interior de la tobera convergente-divergente tomada por el método de Schlieren. Como resultado de que la velocidad del gas 36 de escape alcanza la velocidad del sonido, se genera una nueva onda 35b de choque en la tobera 31 convergente-divergente. La nueva onda 35b de choque se acelera cuando pasa por la sección 33 divergente de la tobera 31 convergente-divergente. Tal como se muestra en la figura 8, cuando se genera la onda 35b de choque, se genera una onda 35c de expansión que avanza en sentido opuesto a la onda 35b de choque. Como resultado de que la onda 35b de choque se acelera en la sección 33 divergente y porque la onda 35c de expansión avanza en sentido opuesto a la onda 35b de choque, la presión del gas 36 de escape presente entre la onda 35b de choque y la onda 35c de expansión disminuye significativamente para que sea igual a o menor que la presión atmosférica por expansión adiabática.

Tal como se muestra en la figura 9, el punto en el que la línea central X de la sección transversal de trayecto de flujo de la primera sección 19a aguas arriba fusionada y la línea central Y de la sección transversal de trayecto de flujo de la segunda sección 19b aguas arriba fusionada se cruzan entre sí se establece como centro 181c de conexión. La distancia entre el centro 9ac del orificio 9a de escape de cilindro n.º A y el centro 181c de conexión se establece como Le1, y la distancia entre la válvula 9 de escape del cilindro n.º B y el centro 181c de conexión se establece como Le2. La velocidad del gas 36 de escape se establece como Ve, y la velocidad de propagación de la onda 35 de choque se establece como Vs. En este caso, el tiempo T1, que es desde que se abre el orificio 9a de escape del cilindro n.º A hasta que el gas 36 de escape alcanza la sección 181 de conexión, se representa por la expresión (3). El tiempo T2, que es desde que se abre el orificio 9a de escape de cilindro n.º A hasta que la onda 35 de choque se refleja por la válvula 9 de escape del cilindro n.º B y alcanza la sección 181 de conexión, se representa por la expresión (4).

$$T_1 = Le1/Ve \dots (3)$$

$$T_2 = (Le1 + 2Le2)/Vs \dots (4)$$

Cuando $T_1 \leq T_2$, la onda 35 de choque y el gas 36 de escape colisionan entre sí aguas abajo con respecto a la sección 181 de conexión. Específicamente, cuando $Le1/Ve \leq (Le1 + 2Le2)/Vs$, la onda 35 de choque y el gas 36 de escape

colisionan entre sí aguas abajo con respecto al extremo aguas arriba de la sección 181 de conexión. Por motivos de conveniencia, por ejemplo, la velocidad máxima del gas 36 de escape puede considerarse como la velocidad V_e , o la velocidad promedio del gas 36 de escape puede considerarse como la velocidad V_e . De manera similar, por ejemplo, la velocidad de propagación máxima de la onda 35 de choque puede considerarse como la velocidad de propagación V_s , o la velocidad de propagación promedio de la onda 35 de choque puede considerarse como la velocidad de propagación V_s .

Tal como se muestra en la figura 9, la distancia desde el centro 181c de conexión hasta el extremo aguas arriba de la sección 33 divergente de la tobera 31 convergente-divergente se establece como L_d , y el tiempo desde que se abre el orificio 9a de escape hasta que se cierra el orificio 9a de escape se establece como t_v . Tiempo T_3 , que es desde que se abre el orificio 9a de escape del cilindro n.º A hasta que un extremo posterior del gas 36 de escape alcanza el extremo aguas arriba de la sección 33 divergente, se representa por la expresión (5). El tiempo T_4 , que es desde que se abre el orificio 9a de escape del cilindro n.º A hasta que la onda 35 de choque se refleja por la válvula 9 de escape de cilindro n.º B y alcanza el extremo aguas arriba de la sección 33 divergente, se representa por la expresión (6).

$$T_3 = t_v + (L_{e1} + L_d) / V_e \dots (5)$$

$$T_4 = (L_{e1} + 2L_{e2} + L_d) / V_s \dots (6)$$

Cuando $T_4 \leq T_3$, la onda 35 de choque y el gas 36 de escape colisionan entre sí antes de que la totalidad del gas 36 de escape alcance el extremo aguas arriba de la sección 33 divergente. Específicamente, cuando $(L_{e1} + 2L_{e2} + L_d) / V_s \leq t_v + (L_{e1} + L_d) / V_e$, la onda 35 de choque y el gas 36 de escape colisionan entre sí antes de que la totalidad del gas 36 de escape alcance el extremo aguas arriba de la sección 33 divergente.

En la descripción anterior, el cilindro n.º A está en la carrera de escape. Mientras el cilindro n.º B cumpla sustancialmente las mismas condiciones que el cilindro n.º A, se proporciona sustancialmente el mismo efecto. Específicamente, basta con que el cilindro n.º B cumpla las siguientes expresiones (7) y (8).

$$L_{e2} / V_e \leq (L_{e2} + 2L_{e1}) / V_s \dots (7)$$

$$(L_{e2} + 2L_{e1} + L_d) / V_s \leq t_v + (L_{e2} + L_d) / V_e \dots (8)$$

La figura 10 y la figura 11 muestran los resultados de simulaciones realizadas por los presentes inventores. La figura 12 muestra la correspondencia entre el trayecto 16 de escape en la figura 10 y la figura 11 y el trayecto 16 de escape en esta realización. La figura 10 muestra la velocidad de gas de escape y la presión de gas de escape en puntos en el trayecto 16 de escape inmediatamente después de que se genere la nueva onda de choque en la tobera 31 convergente-divergente. La figura 10 muestra la velocidad de gas de escape y la temperatura de gas de escape en los puntos en el trayecto 16 de escape inmediatamente después de que se genere la nueva onda de choque en la tobera 31 convergente-divergente. Después de que se genere la onda de choque en la tobera 31 convergente-divergente, la onda de choque se acelera en la sección divergente. Cuando esto se produce, tal como se muestra en la figura 10 y la figura 11, la velocidad del gas de escape aumenta rápidamente, mientras que la presión y la temperatura del gas de escape disminuyen rápidamente. La figura 10 y la figura 11 muestran la velocidad del gas de escape y no muestran la velocidad de propagación de la onda de choque.

En esta realización, la sección 34 de garganta de la tobera 31 convergente-divergente se establece como relativamente larga. Después de que la onda de choque reflejada por la sección de ramificación colisione contra el gas de escape, la onda de choque se propaga en la sección 34 de garganta precediendo al gas de escape. En este punto, se genera una expansión adiabática en el espacio entre el gas 36 de escape y la onda 35a de choque y por tanto disminuye ligeramente la presión. Por tanto, se aspira el gas 36 de escape por la onda 35 de choque para que fluya en la sección 34 de garganta, sin disminuir su velocidad. Por tanto, estableciendo la longitud de la sección 34 de garganta con un área de sección transversal de trayecto de flujo constante según el motor de combustión interna, el momento en el que la onda 35b de choque debe acelerarse en la sección 33 divergente, en otras palabras, el momento en el que el gas 36 de escape debe ponerse en un estado de baja presión y baja temperatura, puede establecerse según el motor de combustión interna.

Tal como se describió anteriormente, el motor 1 de combustión interna según esta realización puede disminuir significativamente la temperatura y presión del gas 36 de escape en el trayecto 16 de escape en comparación con la técnica convencional. En el motor 1 de combustión interna según esta realización, sólo los orificios 9a de escape de las cámaras de combustión, cuyos periodos de apertura no se solapan, se conectan aguas arriba con respecto a la sección

33 divergente. Por tanto, el motor 1 de combustión interna no se ve afectado por el gas de escape desde los otros cilindros a diferencia de la técnica convencional. Disminuyendo la temperatura y la presión del gas de escape de esta manera, pueden mejorarse los rendimientos del motor 1 de combustión interna, por ejemplo, tal como se describe a continuación.

- 5 Como resultado de la disminución significativa de la presión del gas de escape tal como en esta realización, puede reducirse la pérdida de bombeo del motor 1 de combustión interna. Puesto que la presión del gas 36 de escape en el trayecto 16 de escape disminuye significativamente, se tira del pistón (no mostrado) del motor 1 de combustión interna hacia el trayecto 16 de escape, concretamente, hacia el centro muerto superior, en la carrera de escape, y por tanto se reduce el trabajo necesario para accionar el pistón en la carrera de escape.
- 10 Esto se describirá adicionalmente con referencia a la figura 13. La figura 13(A) muestra un diagrama P-V de un motor de combustión interna convencional, y la figura 13 (B) muestra un diagrama P-V del motor 1 de combustión interna en esta realización. Tal como se muestra en la figura 13(B), en esta realización, una zona rodeada por la curva cerrada aparece en las proximidades del centro muerto superior de la carrera de escape del motor de combustión interna (en la zona rodeada por la línea de rayas y puntos). La zona rodeada por la curva cerrada corresponde al trabajo efectuado por el
- 15 motor 1 de combustión interna. Específicamente, cuando la presión del gas de escape se reduce significativamente por la generación de la onda 35b de choque en la sección 33 divergente, se tira del pistón por el gas de escape, lo que permite que el motor 1 de combustión interna realice un trabajo positivo en la carrera de escape.

En esta realización, la temperatura del gas 36 de escape en el trayecto 16 de escape puede disminuir aguas arriba con respecto al primer catalizador 17. A una temperatura excesivamente alta, la eficacia de limpieza de un catalizador de tres vías disminuye por el fenómeno denominado "sinterización". Sin embargo, en esta realización, puede evitarse que la temperatura del primer catalizador 17 y el segundo catalizador 18 se vuelva excesivamente alta, y por tanto la sinterización puede evitarse de manera eficaz. Según esta realización, aun cuando el motor de combustión interna se accione en un estado de carga alta, la temperatura del gas 36 de escape puede disminuirse. Por tanto, el combustible puede quemarse a la razón aire/combustible teórica. Por tanto, el gas 36 de escape puede limpiarse de manera eficaz

20 por el primer catalizador 17 y el segundo catalizador 18.

Tal como se muestra en la figura 4, según la invención, la longitud de la sección 173a aguas arriba para el cilindro n.º 1 y la longitud de la sección 173d aguas arriba para el cilindro n.º 4 son iguales. La longitud de la sección 173b aguas arriba para el cilindro n.º 2 y la longitud de la sección 173c aguas arriba para el cilindro n.º 3 son iguales. Por tanto, en la carrera de escape, el tiempo necesario para que la onda 35 de choque generada en la sección 173a aguas arriba para el cilindro n.º 1 se propague a la sección 173d aguas arriba para el cilindro n.º 4 desde la primera sección 173e de conexión y vuelva a la primera sección 173e de conexión después de haberse reflejado por la válvula 9 de escape del cilindro n.º 4 es igual que el tiempo necesario para que la onda 35 de choque generada en la sección 173d aguas arriba para el cilindro n.º 4 se propague a la sección 173a aguas arriba para el cilindro n.º 1 desde la primera sección 173e de conexión y vuelva a la primera sección 173e de conexión después de haberse reflejado por la válvula 9 de escape de cilindro n.º 1. Esto también es aplicable a la sección 173b aguas arriba para el cilindro n.º 2 y la sección 173c aguas arriba para el cilindro n.º 3.

30

35

Tal como se describió anteriormente, con respecto al primer tubo 173 de escape del motor 1 de combustión interna, la longitud de la sección 173a aguas arriba para el cilindro n.º 1 y la longitud de la sección 173d aguas arriba para el cilindro n.º 4 son iguales, y la longitud de la sección 173b aguas arriba para el cilindro n.º 2 y la longitud de la sección 173c aguas arriba para el cilindro n.º 3 son iguales. Por tanto, la velocidad del gas 36 de escape puede aumentarse uniformemente en la tobera convergente-divergentes 31 prevista en las secciones 173g a 173j aguas abajo primera a cuarta, y por tanto la presión en todos los trayectos 16 de escape puede disminuirse de manera sustancialmente uniforme.

40

<Realización 2>

- 45 Según la presente invención, puesto que se genera una presión negativa grande en el trayecto 16 de escape, se suministra fácilmente aire secundario al trayecto 16 de escape. Por tanto, tal como se muestra en 14 y la figura 15, puede preverse en el trayecto 16 de escape un sistema 120 de suministro de aire secundario. Excepto por esta diferencia estructural, la realización 2 es igual que la realización 1. Por consiguiente, la descripción detallada de la realización 2 se proporciona por la descripción detallada de la figura 1 a la figura 13 con respecto a la realización 1.
- 50 Tal como se muestra en la figura 14 y la figura 15, el sistema 120 de suministro de aire secundario incluye un tubo 122 de suministro de aire secundario, una primera válvula 123 de avance y una segunda válvula 124 de avance. El tubo de 122 de suministro de aire secundario está formado a partir de un primer tubo 122a de suministro de aire secundario conectado a la primera sección 173e de conexión y un segundo tubo 122b de suministro de aire secundario conectado a la segunda sección 173f de conexión. El primer tubo 122a de suministro de aire secundario está conectado a un dispositivo 65 de admisión del motor 1 de combustión interna a través de la primera válvula 123 de avance. El segundo
- 55

tubo 122b de suministro de aire secundario está conectado al dispositivo 65 de admisión del motor 1 de combustión interna a través de la segunda válvula 124 de avance.

5 El primer tubo 122a de suministro de aire secundario está formado por una parte 122c inferior formada de manera solidaria con el primer tubo 173 de escape mediante fundición y una parte 122d superior unida a un extremo aguas arriba de la parte 122c inferior. El segundo tubo 122b de suministro de aire secundario está formado por una parte 122e inferior formada de manera solidaria con el primer tubo 173 de escape preferiblemente mediante fundición, por ejemplo, y una parte 122f superior unida a un extremo aguas arriba de la parte 122e inferior.

10 La provisión de la primera válvula 123 de avance y la segunda válvula 124 de avance puede impedir que el gas de escape fluya al interior del dispositivo 65 de admisión del motor 1 de combustión interna desde un trayecto 121 de suministro de aire secundario. El primera válvula 123 de avance y la segunda válvula 124 de avance se abren por una presión negativa generada en el trayecto 16 de escape para suministrar aire al trayecto 16 de escape a través del tubo 122 de suministro de aire secundario.

15 En esta realización, el aire puede suministrarse de manera eficaz al interior del trayecto 16 de escape mediante una presión negativa generada en el trayecto 16 de escape. La presión negativa es significativamente mayor que, concretamente, la presión es significativamente menor que, la de un motor de combustión interna general que no incluye la tobera 31 convergente-divergente. El fenómeno de que se genera una presión negativa mediante la acción de la tobera 31 convergente-divergente continúa incluso cuando la velocidad de rotación del motor 1 de combustión interna aumenta para ser mayor que la velocidad de rotación en el momento de la salida de potencia máxima. Por tanto, en esta
20 realización, incluso cuando la velocidad de rotación del motor 1 de combustión interna se vuelve alta, puede suministrarse una cantidad suficiente de aire al trayecto 16 de escape. En un motor de combustión interna convencional, no se genera presión negativa en el trayecto de escape en un estado de alta velocidad de rotación o de carga alta, y por tanto se usa una bomba grande para suministrar de manera forzada el aire. Puesto que la bomba se acciona por el motor de combustión interna, la pérdida de la salida del motor de combustión interna es grande. En cambio, en esta
25 realización, puede suministrarse una cantidad suficiente de aire al trayecto 16 de escape sin usar un dispositivo separado para suministrar de manera forzada el aire al interior del trayecto 16 de escape, tal como una bomba de aire o similar. Incluso cuando se usa una bomba para suministrar aire, la carga aplicada a la bomba puede ser pequeña y por tanto la pérdida de la salida del motor de combustión interna puede ser pequeña.

30 La temperatura del aire que va a suministrarse al trayecto 16 de escape es aproximadamente igual a la temperatura del aire externo, y es significativamente menor que la del gas de escape. Por tanto, en esta realización, la temperatura del gas de escape puede disminuir adicionalmente porque el aire tiene una baja temperatura, que se suministra al interior del trayecto 16 de escape en una gran cantidad. También en esta realización puede suministrarse una gran cantidad de
35 aire aguas arriba con respecto al primer catalizador 17. Por tanto, incluso cuando la cantidad de combustible que va a inyectarse se aumenta con el fin de hacer que la razón aire/combustible del motor 1 de combustión interna sea menor que la razón aire/combustible teórica, puede suministrarse al primer catalizador 17 gas de escape que contiene una cantidad de oxígeno equivalente a cuando la razón aire/combustible es la razón aire/combustible teórica. Por tanto, en esta realización, la temperatura del gas de escape también puede disminuirse haciendo que la razón aire/combustible del motor 1 de combustión interna sea menor que la razón aire/combustible teórica y por tanto disminuyendo la temperatura de combustión. Además, puesto que la razón aire/combustible es menor que la razón aire/combustible teórica, es posible enfriar los elementos en las proximidades de la cámara 10 de combustión (válvula 8 de admisión,
40 válvula 9 de escape, asiento de válvula, pistón, etc.) con el combustible extra. Por tanto, puede mejorarse la fiabilidad del motor 1 de combustión interna.

<Realización 3>

45 En esta realización, la sección convergente está formada por un método diferente al de la realización 1 ó 2. Excepto por esta diferencia estructural, la realización 3 es igual que la realización 1. Por consiguiente, la descripción detallada de la realización 3 se proporciona mediante la descripción detallada de la figura 1 a la figura 13 con respecto a la realización 1. Tal como se muestra en la figura 16, en esta realización, la sección convergente está formada por la primera sección 19a aguas arriba fusionada, la segunda sección 19b aguas arriba fusionada y las secciones 19c aguas abajo fusionadas. La figura 16 muestra sólo una de una pluralidad de secciones 19c aguas abajo fusionadas del trayecto 16
50 de escape. El área de sección transversal de trayecto de flujo de la primera sección 19a aguas arriba fusionada se establece como A5, el área de sección transversal de trayecto de flujo de la segunda sección 19b aguas arriba fusionada se establece como A4, y el área de sección transversal de trayecto de flujo de la sección 19c fusionada aguas abajo se establece como A7. Cuando el área A5 de sección transversal de trayecto de flujo de la primera sección 19a aguas arriba fusionada, el área A4 de sección transversal de trayecto de flujo de la segunda sección 19b aguas arriba fusionada, y el área A7 de sección transversal de trayecto de flujo de la sección 19c fusionada aguas abajo son sustancialmente iguales entre sí, A5, A4 y A7 tienen la siguiente relación. La suma del área A5 de sección transversal de trayecto de flujo de la primera sección 19a aguas arriba fusionada y el área A4 de sección transversal de trayecto de

5 flujo de la segunda sección 19b aguas arriba fusionada es mayor que el área A7 de sección transversal de trayecto de
 flujo de la sección 19c fusionada aguas abajo ($A4 + A5 > A7$). Por consiguiente, fusionando entre sí la primera sección
 19a aguas arriba fusionada y la segunda sección 19b aguas arriba fusionada que tienen cada una sustancialmente el
 mismo diámetro de tubo, puede formarse una sección convergente que tiene una menor área de sección transversal de
 trayecto de flujo en un extremo aguas abajo de la misma que en un extremo aguas arriba de la misma, aguas abajo
 con respecto a la sección 181 de conexión. Por tanto, previendo meramente la sección 33 divergente aguas abajo con
 respecto a la sección 181 de conexión, la tobera 31 convergente-divergente puede formarse sustancialmente. Una parte
 10 entre la sección 181 de conexión y la sección 33 divergente es la sección 34 de garganta. La sección 34 de garganta
 puede ser larga a lo largo de la dirección de flujo tal como se muestra en este caso. El área de sección transversal de
 trayecto de flujo de la sección 33 divergente no está limitada a aumentar suavemente en la dirección aguas abajo, y
 puede aumentar paso a paso. El área de sección transversal de trayecto de flujo de la sección convergente puede
 disminuir paso a paso.

15 En las realizaciones 1 a 3, el motor 1 de combustión interna pone el gas de escape en un estado de baja presión y baja
 temperatura tal como sigue. El combustible se quema en la cámara 10 de combustión. La válvula 9 de escape para abrir
 o cerrar el orificio 9a de escape de la cámara 10 de combustión de cilindro n.º A se abre para descargar el gas 36 de
 escape a la primera sección 19a aguas arriba fusionada desde la cámara 10 de combustión. Se genera una onda 35 de
 20 choque que se propaga en la primera sección 19a aguas arriba fusionada a una velocidad mayor que el gas 36 de
 escape. Al menos una parte de la onda 35 de choque se ramifica desde la primera sección 19a aguas arriba fusionada,
 y la onda 35 de choque ramificada se propaga en la segunda sección 19b aguas arriba fusionada para reflejar la onda
 35 de choque por la válvula 9 de escape del cilindro n.º B. La onda 35 de choque reflejada se propaga en sentido
 opuesto en la segunda sección 19b aguas arriba fusionada y se hace colisionar contra el gas de escape, aumentando
 de ese modo la presión del gas de escape. El área de sección transversal de trayecto de flujo del trayecto 16 de escape
 disminuye para aumentar la presión del gas 36 de escape. Específicamente, la presión del gas de escape se aumenta
 25 haciendo que el gas de escape fluya en una parte del trayecto 16 de escape en la que el área de sección transversal de
 trayecto de flujo disminuye en la dirección aguas abajo. Además, la velocidad del gas 36 de escape se aumenta
 aumentando el área de sección transversal de trayecto de flujo del trayecto 16 de escape. Específicamente, la velocidad
 del gas de escape se aumenta haciendo que el gas de escape fluya en una parte del trayecto 16 de escape en la que
 30 aumenta el área de sección transversal de trayecto de flujo en la dirección aguas abajo. La nueva onda 35b de choque
 que se propaga en la dirección aguas abajo en el trayecto 16 de escape se genera para formar una zona de una presión
 negativa en el trayecto 16 de escape. Por tanto, el gas de escape se pone en un estado de baja presión y baja
 temperatura mediante un efecto de enfriamiento adiabático provocado por una expansión adiabática. Por tanto, el gas
 de escape puede ponerse en un estado de presión baja y temperatura baja incluso cuando el motor 1 de combustión
 interna se acciona en un estado de carga alta o a una velocidad alta.

35 Con referencia a la figura 17 y la figura 18, se describirá en más detalle el método de escape descrito anteriormente
 para el motor de combustión interna. La figura 17 muestra la relación entre la velocidad de gas de escape y la presión
 de gas de escape en el trayecto 16 de escape en secuencia de tiempo. La figura 18 muestra la relación entre la presión
 de gas de escape y la temperatura de gas de escape en el trayecto 16 de escape en secuencia de tiempo. Las formas
 de onda mostradas en la figura 10 representan la relación entre la velocidad de gas de escape y la presión de gas de
 40 escape cuando la onda de choque está acelerándose tal como se muestra en la figura 17(C). La figura 17 (A) y la figura
 18 (A) muestran la respectiva relación inmediatamente después de que se abra el orificio de escape. La figura 17(B) y la
 figura 18(B) muestran la respectiva relación inmediatamente después de que el gas de escape y la onda de choque
 colisionen entre sí aguas abajo con respecto a la sección 181 de conexión. La figura 17 (C) y la figura 18 (C) muestran
 la respectiva relación cuando la onda de choque está acelerándose en la sección 33 divergente. La figura 17(D) y la
 figura 18(D) muestran la respectiva relación después de que se haya acelerado la onda de choque.

45 El método de escape para el motor de combustión interna de múltiples cilindros en esta realización es tal como sigue.

1) El combustible se quema en la cámara de combustión de cilindro n.º A. Al abrir el orificio 9a de escape en la cámara
 de combustión, el gas de escape se descarga al interior de la primera sección 19a aguas arriba fusionada desde la
 cámara de combustión, y también se genera la onda de choque que se propaga en la primera sección 19a aguas arriba
 50 fusionada a una velocidad mayor que el gas de escape. La figura 17 (A) muestra la velocidad de gas de escape y la
 presión de gas de escape inmediatamente después de que se abra el orificio 9a de escape. Tal como se muestra en la
 figura 17 (A), cuando se abre el orificio 9a de escape, la presión del gas de escape en las proximidades del orificio 9a de
 escape se vuelve mayor que la presión atmosférica. La figura 18 (A) muestra la presión de gas de escape y la
 temperatura de gas de escape inmediatamente después de que se abra el orificio 9a de escape. Tal como se muestra
 en la figura 18 (A), la temperatura del gas de escape se vuelve muy alta al recibir el calor de combustión.

55 2) La segunda sección 19b aguas arriba fusionada ramifica al menos una parte de la onda de choque que se propaga
 en la primera sección 19a aguas arriba fusionada. El orificio 9a de escape de cilindro n.º B refleja la onda de choque
 ramificada. La onda de choque reflejada se propaga en la segunda sección 19b aguas arriba fusionada en sentido
 opuesto a la sección 181 de conexión. La onda de choque reflejada colisiona contra el gas de escape que fluye en la
 sección 181 de conexión o la sección 19c fusionada aguas abajo, lo que aumenta la presión del gas de escape. El área

de sección transversal de trayecto de flujo del trayecto 16 de escape disminuye en la sección 32 convergente, lo que aumenta la presión del gas de escape. Puede producirse en primer lugar o bien el aumento de la presión de gas de escape provocado por la colisión de la onda de choque y el gas de escape, o bien el aumento de la presión de gas de escape provocado por la disminución del área de sección transversal de trayecto de flujo. Específicamente, la colisión de la onda de choque y el gas de escape puede producirse antes o después de que aumente la presión de gas de escape en la sección 32 convergente. La figura 17 (B) muestra la velocidad de gas de escape y la presión de gas de escape inmediatamente después de que aumente la presión de gas de escape. Tal como se muestra en la figura 17 (B), en las proximidades de la sección 32 convergente, la presión de gas de escape es mayor que la del momento de la figura 17 (A). Aguas arriba con respecto a la sección 32 convergente, la velocidad de gas de escape es mayor que la del momento de la figura 17 (A). La figura 18 (B) muestra la presión de gas de escape y la temperatura de gas de escape inmediatamente después de que aumente la presión de gas de escape. Tal como se muestra en la figura 18 (B), temperatura de gas de escape es menor en las proximidades del orificio 9a de escape, pero es mayor aguas arriba con respecto a la sección 32 convergente, que la del momento de la figura 18 (A).

3) El área de sección transversal de trayecto de flujo del trayecto 16 de escape aumenta en la sección 33 divergente para disminuir la presión de gas de escape. Cuando la presión de gas de escape disminuye para que sea igual a o menor que la razón de presión crítica, se genera una nueva onda de choque que se propaga en la dirección aguas abajo en el trayecto 16 de escape. Cuando se genera la onda de choque, al mismo tiempo se genera una onda de expansión que avanza en la dirección aguas arriba. La nueva onda de choque se acelera en la sección 33 divergente. Por tanto, el fluido presente en el espacio entre la onda de choque que avanza en la dirección aguas abajo en el trayecto 16 de escape y la onda de expansión que avanza en la dirección aguas arriba en el trayecto 16 de escape se expanden rápidamente. Esto puede disminuir la presión del gas de escape que fluye en el trayecto 16 de escape. Por tanto, puede generarse una zona de una presión negativa en el trayecto 16 de escape. En este punto, la temperatura de gas de escape puede disminuir aguas arriba con respecto a la onda de choque mediante un efecto de enfriamiento adiabático provocado por una expansión adiabática. La figura 17(C) muestra la velocidad de gas de escape y la presión de gas de escape cuando la onda de choque está acelerándose en la sección divergente. Tal como se muestra en la figura 17(C), la presión de gas de escape disminuye rápidamente desde la del momento de la figura 17 (B) aguas arriba con respecto a la sección 33 divergente, para volverse una presión negativa. Junto con esto, la velocidad de gas de escape aguas arriba con respecto a la sección 33 divergente aumenta rápidamente. La figura 18 (C) muestra la presión de gas de escape y la temperatura de gas de escape cuando la onda de choque está acelerándose en la sección 33 divergente. Tal como se muestra en la figura 18(C), junto con la disminución de la presión de gas de escape aguas arriba con respecto a la sección 33 divergente, la temperatura de gas de escape disminuye rápidamente desde la del momento de la figura 18(B).

La figura 17 (D) muestra la velocidad de gas de escape y la presión de gas de escape después de que se haya acelerado la onda de choque. Tal como se muestra en la figura 17(D), la influencia de la presión de gas de escape, que disminuye aguas arriba con respecto a la sección 33 divergente en el momento de la figura 17 (C), se ejerce incluso en el orificio 9a de escape aguas arriba con respecto a la sección 32 convergente. Por tanto, la presión de gas de escape se vuelve una presión negativa también en las proximidades del orificio 9a de escape. La figura 18(D) muestra la presión de gas de escape y la temperatura de gas de escape después de que se haya acelerado la onda de choque. Tal como se muestra en la figura 18(D), puesto que la presión de gas de escape se vuelve una presión negativa también en las proximidades del orificio 9a de escape, la temperatura de gas de escape también puede disminuir significativamente en las proximidades del orificio de escape. Esto también puede enfriar la válvula 9 de escape y evitar un deterioro de la misma.

Tal como se muestra en la figura 18, la temperatura de gas de escape aguas abajo con respecto a la sección 33 divergente no cambia mucho. En otras palabras, puesto que el gas de escape a una temperatura alta en las proximidades del orificio 9a de escape mostrado en la figura 18(A) se enfría mediante un efecto de enfriamiento adiabático en la sección 33 divergente, puede impedirse que cambie la temperatura de gas de escape aguas abajo con respecto a la sección 33 divergente.

En el ejemplo mostrado en la figura 17 y la figura 18, el primer catalizador 17 y el segundo catalizador 18 están previstos aguas abajo con respecto a la sección 33 divergente. Puesto que puede impedirse que cambie la temperatura de gas de escape aguas abajo con respecto a la sección 33 divergente tal como se describió anteriormente, puede impedirse que la temperatura del gas de escape que pasa por el primer catalizador 17 y el segundo catalizador se vuelva excesivamente alta. Esto puede impedir la sinterización de los catalizadores incluso cuando el motor 1 de combustión interna se acciona a una carga alta o en un intervalo de velocidad de rotación alta.

Cuando se conecta un trayecto de suministro de aire secundario para suministrar aire secundario a una zona en la que se genera una presión negativa, el aire secundario puede suministrarse al trayecto 16 de escape. Específicamente, tal como se muestra en la figura 17(C) y la figura 17(D), después de que se haya acelerado la onda 35b de choque, se genera una zona de una presión negativa aguas arriba con respecto a la sección 33 divergente. Por tanto, conectando el trayecto de suministro de aire secundario aguas arriba con respecto a la sección 33 divergente, puede suministrarse aire secundario al trayecto 16 de escape.

<Otras realizaciones>

5 No hay limitación en el objetivo de aplicación del motor de combustión interna según la presente invención. El motor de combustión interna según la presente invención se aplica a, por ejemplo, un vehículo tal como una motocicleta. La figura 19 muestra un ejemplo en el que el motor 1 de combustión interna según la presente invención se aplica a una motocicleta 200.

En cada una de las realizaciones anteriores, el motor 1 de combustión interna incluye dos toberas 31 convergente-divergente aguas abajo con respecto a una sección 181 de conexión. La forma del motor 1 de combustión interna según la presente invención no está limitada a esto. Por ejemplo, pueden preverse una tobera 31 convergente-divergente o tres o más toberas 31 convergente-divergente para una sección 181 de conexión.

10 En cada una de las realizaciones anteriores, el motor 1 de combustión interna es un motor en línea. La forma del motor 1 de combustión interna según la presente invención no está limitada a esto. Por ejemplo, el motor 1 de combustión interna puede ser un motor de tipo V, un motor opuesto horizontalmente o un motor radial.

15 En cada una de las realizaciones anteriores, tal como se muestra en la figura 20 (A), el motor 1 de combustión interna incluye cuatro cilindros y dos secciones 19 fusionadas de escape. Cada sección 19 fusionada de escape conecta orificios 9a de escape formados en dos cámaras de combustión aguas arriba con respecto a la sección 33 divergente. Para el motor 1 de combustión interna según la presente invención, basta con que sólo los orificios 9a de escape de las cámaras de combustión, cuyos periodos de apertura no se solapan, se conecten aguas arriba con respecto a la sección 33 divergente. Por ejemplo, tal como se muestra en la figura 20 (B), el motor 1 de combustión interna según la presente invención puede incluir seis cilindros y tres secciones 19 fusionadas de escape, y cada sección 19 fusionada de escape puede conectar orificios 9a de escape formados en dos cámaras 10 de combustión aguas arriba con respecto a la sección 33 divergente. Alternativamente, tal como se muestra en la figura 20(C), el motor 1 de combustión interna según la presente invención puede incluir seis cilindros y dos secciones 19 fusionadas de escape, y cada sección 19 fusionada de escape puede conectar orificios 9a de escape formados en tres cámaras 10 de combustión aguas arriba con respecto a la sección 33 divergente. Aún alternativamente, tal como se muestra en la figura 20(D), el motor 1 de combustión interna según la presente invención puede incluir dos cilindros y una sección 19 fusionada de escape, y la sección 19 fusionada de escape puede conectar orificios 9a de escape formados en dos cámaras 10 de combustión aguas arriba con respecto a la sección 33 divergente. Aún alternativamente, tal como se muestra en la figura 20(E), el motor 1 de combustión interna según la presente invención puede incluir tres cilindros y una sección 19 fusionada de escape, y la sección 19 fusionada de escape puede conectar orificios 9a de escape formados en tres cámaras 10 de combustión aguas arriba con respecto a la sección 33 divergente. Aún alternativamente, tal como se muestra en la figura 20(F), el motor 1 de combustión interna según la presente invención puede incluir ocho cilindros y cuatro secciones 19 fusionadas de escape, y cada sección 19 fusionada de escape puede conectar orificios 9a de escape formados en dos cámaras 10 de combustión aguas arriba con respecto a la sección 33 divergente.

25 En los ejemplos específicos mostrados en la figura 20 (A), la figura 20 (B), la figura 20(D) y la figura 20(F), cada sección 19 fusionada de escape conecta los orificios 9a de escape formados en dos cámaras de combustión aguas arriba con respecto a la sección 33 divergente. Por tanto, se proporcionan los mismos efectos que los de la realización 1 cuando se cumplen sustancialmente las mismas condiciones que las de la realización 1.

30 En los ejemplos específicos mostrados en la figura 20(C) y la figura 20(E), cada sección 19 fusionada de escape conecta los orificios 9a de escape formados en tres cámaras de combustión aguas arriba con respecto a la sección 33 divergente. Por tanto, sólo tienen que conectarse los orificios de escape de las cámaras de combustión, cuyos periodos de apertura no se solapan, aguas arriba con respecto a la sección 33 divergente. Además, tienen que cumplirse las siguientes expresiones (9) a (20).

$$Le1/Ve \leq (Le1 + 2Le2) / Vs \dots (9)$$

$$Le1/Ve \leq (Le1 + 2Le3) / Vs \dots (10)$$

45 $Le2/Ve \leq (Le2 + 2Le1) / Vs \dots (11)$

$$Le2/Ve \leq (Le2 + 2Le3) / Vs \dots (12)$$

$$Le3/Ve \leq (Le3 + 2Le1) / Vs \dots (13)$$

$$Le3/Ve \leq (Le3 + 2Le2) / Vs \dots (14)$$

$$(Le1 + 2Le2 + Ld) / Vs \leq tv + (Le1 + Ld) / Ve \dots (15)$$

$$(Le1 + 2Le3 + Ld) / Vs \leq tv + (Le1 + Ld) / Ve \dots (16)$$

$$(Le2 + 2Le1 + Ld) / Vs \leq tv + (Le2 + Ld) / Ve \dots (17)$$

$$(Le2 + 2Le3 + Ld) / Vs \leq tv + (Le2 + Ld) / Ve \dots (18)$$

$$5 \quad (Le3 + 2Le1 + Ld) / Vs \leq tv + (Le3 + Ld) / Ve \dots (19)$$

$$(Le3 + 2Le2 + Ld) / Vs \leq tv + (Le3 + Ld) / Ve \dots (20)$$

10 En las expresiones anteriores, Le1, Le2 y Le3 son respectivamente la distancia entre el orificio 9a de escape de cilindro n.º A y la sección 181 de conexión, la distancia entre el orificio 9a de escape de cilindro n.º B y la sección 181 de conexión, y la distancia entre el orificio 9a de escape de cilindro n.º C y la sección 181 de conexión en la figura 20 (C) y la figura 20 (E). Ld es la distancia desde la sección 181 de conexión hasta el extremo aguas arriba de la sección 33 divergente, tv es el tiempo desde que se abre el orificio 9a de escape hasta que se cierra el orificio 9a de escape, Ve es la velocidad del gas 36 de escape, y Vs es la velocidad de propagación de la onda 35 de choque.

DESCRIPCIÓN DE LOS NÚMEROS DE REFERENCIA

- 1 Motor de combustión interna
- 15 9 Válvula de escapea
- 9a Orificio de escape
- 10 Cámara de combustión
- 16 Trayecto de escape
- 17 Primer catalizador
- 20 18 Segundo catalizador
- 19 Sección fusionada de escape
- 31 Tobera convergente-divergente
- 32 Sección convergente
- 33 Sección divergente
- 25 34 Sección de garganta
- 35 Onda de choque
- 36 Gas de escape
- 101 Motor fueraborda
- 173a Sección aguas arriba para el cilindro n.º 1
- 30 173d Sección aguas arriba para el cilindro n.º 4
- 173e Primera sección de conexión
- 173g Primera sección aguas abajo
- 173j Cuarta sección aguas abajo
- 181 Sección de conexión

REIVINDICACIONES

1. Motor (1) de combustión interna de múltiples cilindros, que comprende:

una pluralidad de cámaras (10) de combustión que tienen cada una al menos un orificio (9a) de escape;

una pluralidad de válvulas (9) de escape para abrir o cerrar cada una el orificio (9a) de escape; y

5 un trayecto (16) de escape para guiar gas de escape descargado desde cada una de las cámaras (10) de combustión a través del orificio (9a) de escape:

en el que:

el trayecto (16) de escape comprende:

10 una sección (32) convergente que tiene una menor área de sección transversal de trayecto de flujo en un extremo aguas abajo de la misma que en un extremo aguas arriba de la misma;

una sección (33) divergente prevista aguas abajo con respecto a la sección (32) convergente y que tiene una mayor área de sección transversal de trayecto de flujo en un extremo aguas abajo de la misma que en un extremo aguas arriba de la misma; y

15 una sección (173e; 181) fusionada de escape prevista aguas arriba con respecto a la sección (33) divergente para conectar una pluralidad de cámaras (10) de combustión, cuyos periodos de apertura de los orificios (9a) de escape no se solapan, sin conectar una pluralidad de cámaras (10) de combustión, cuyos periodos de apertura de los orificios (9a) de escape se solapan, en el que la sección fusionada de escape (173e; 181) está configurada para conectar una primera sección (19a; 173a) aguas arriba para guiar el gas de escape descargado desde un primer orificio (9a) de escape y una segunda sección (19b; 173d) aguas arriba para guiar el gas (9a) de escape descargado desde un segundo orificio (9a) de escape, en el que la longitud de la primera sección (19a; 173a) aguas arriba y la longitud de la segunda sección (19b; 173d) aguas arriba son iguales;

20 una onda de choque, que se propaga en la sección (173e; 173f; 181) fusionada de escape a una velocidad mayor que el gas de escape que fluye al interior de la sección (131) fusionada de escape cuando se abre uno de la pluralidad de orificios de escape conectados por la sección (131) fusionada de escape, se refleja por la válvula (9) de escape que cierra otro de la pluralidad de orificios (9a) de escape;

25 el gas de escape que fluye al interior del trayecto (16) de escape desde la cámara (10) de combustión se hace pasar por la sección (32) convergente y colisionar contra la onda de choque reflejada, entre un extremo aguas arriba de la sección (131) fusionada de escape y la sección (33) divergente, aumentando por tanto la presión del gas de escape en la sección convergente; y

30 el gas de escape se hace pasar por la sección (33) divergente para generar una nueva onda de choque y generar por tanto una presión negativa en una parte del trayecto (16) de escape que está aguas arriba con respecto a la sección (33) divergente por la nueva onda de choque generada.

2. Motor (1) de combustión interna de múltiples cilindros según la reivindicación 1, que comprende:

35 una primera cámara (10) de combustión que tiene el primer orificio (9a) de escape;

una segunda cámara (10) de combustión que tiene el segundo orificio (9a) de escape;

una primera válvula (9) de escape para abrir o cerrar el primer orificio (9a) de escape; y

una segunda válvula (9) de escape para abrir o cerrar el segundo orificio (9a) de escape;

40 en el que la velocidad del gas de escape que fluye al interior del trayecto (16) de escape cuando se abre cada uno de los orificios (9a) de escape es V_e y la velocidad de propagación de la onda de choque que se propaga en el trayecto (16) de escape es V_s , la distancia Le_1 entre el primer orificio (9a) de escape y la sección (181) de conexión y la distancia Le_2 entre el segundo orificio (9a) de escape y la sección (181) de conexión cumplen las relaciones de:

$$Le_1/V_e \leq (Le_1 + 2Le_2)/V_s$$

45 y

$$Le2/Ve \leq (Le2 + 2Le1)/Vs;$$

y

5 en el que el tiempo desde que se abre cada uno de los orificios (9a) de escape hasta que se cierra cada uno de los orificios (9a) de escape es t_v , la distancia L_d entre la sección de conexión y el extremo aguas arriba de la sección divergente cumple las relaciones de:

$$(Le1 + 2Le2 + Ld)/Vs \leq t_v + (Le1 + Ld)/Ve$$

y

$$(Le2 + 2Le1 + Ld)/Vs \leq t_v + (Le2 + Ld)/Ve.$$

3. Motor de combustión interna de múltiples cilindros según la reivindicación 2, que comprende además:

10 una tercera cámara (10) de combustión que tiene un tercer orificio (9a) de escape; y

una tercera válvula (9) de escape para abrir o cerrar el tercer orificio (9a) de escape;

en el que:

una tercera sección aguas arriba fusionada para guiar el gas de escape descargado desde el tercer orificio (9a) de escape está conectada a la sección de conexión;

15 un periodo en el que el tercer orificio de escape está abierto no se solapa con el periodo en el que el primer orificio de escape está abierto o el periodo en el que el segundo orificio de escape está abierto; y

la distancia $Le3$ entre el tercer orificio de escape y la sección de conexión cumple las relaciones de:

$$Le1/Ve \leq (Le1 + 2Le3)/Vs,$$

$$Le2/Ve \leq (Le2 + 2Le3)/Vs,$$

$$Le3/Ve \leq (Le3 + 2Le1)/Vs,$$

$$Le3/Ve \leq (Le3 + 2Le2)/Vs,$$

$$(Le1 + 2Le3 + Ld)/Vs \leq t_v + (Le1 + Ld)/Ve,$$

$$(Le2 + 2Le3 + Ld)/Vs \leq t_v + (Le2 + Ld)/Ve,$$

$$(Le3 + 2Le1 + Ld)/Vs \leq t_v + (Le3 + Ld)/Ve$$

25 y

$$(Le3 + 2Le2 + Ld)/Vs \leq t_v + (Le3 + Ld)/Ve.$$

4. Método de escape para un motor de combustión interna de múltiples cilindros, que comprende las etapas de:

quemar combustible en una primera cámara (10) de combustión;

- abrir una válvula (9) de escape para abrir o cerrar un primer orificio (9a) de escape de la primera cámara (10) de combustión para descargar gas de escape desde la primera cámara (10) de combustión a un trayecto (16) de escape y generar una onda de choque que se propaga en el trayecto (16) de escape a una velocidad mayor que el gas de escape;
- 5 reflejar al menos una parte de la onda de choque por una válvula (9) de escape que cierra un segundo orificio (9a) de escape de una segunda cámara (10) de combustión y provocar que la onda de choque reflejada colisione contra el gas de escape, aumentando de ese modo la presión del gas de escape;
- 10 provocar que el gas de escape fluya al interior de una parte (32) convergente del trayecto (16) de escape que tiene una menor área de sección transversal de trayecto de flujo en una sección aguas abajo de la misma que en una sección aguas arriba de la misma, aumentando de ese modo la presión del gas de escape; y
- 15 provocar que el gas de escape fluya al interior de una parte (33) divergente del trayecto (16) de escape que tiene una mayor área de sección transversal de trayecto de flujo en una sección aguas abajo de la misma que en una sección aguas arriba de la misma, generando de ese modo una nueva onda de choque que se propaga en una dirección aguas abajo en el trayecto de escape para generar una zona de una presión negativa en el trayecto de escape,
- 20 en el que el trayecto (16) de escape comprende una sección (173e; 181) fusionada de escape prevista aguas arriba con respecto a la sección divergente y configurada para conectar una primera sección (19a; 173a) aguas arriba para guiar el gas de escape descargado desde el primer orificio (9a) de escape y una segunda sección (19b; 173d) aguas arriba para guiar el gas (9a) de escape descargado desde el segundo orificio (9a) de escape, en el que la longitud de la primera sección (19a; 173a) aguas arriba y la longitud de la segunda sección (19b; 173d) aguas arriba son iguales.
5. Motor de combustión interna de múltiples cilindros según la reivindicación 1, que comprende:
- cuatro de las cámaras de combustión; y
- dos de las secciones (181) fusionadas de escape;
- 25 en el que cada una de las secciones fusionadas de escape conecta los orificios (9a) de escape formados en dos de las cámaras (10) de combustión.
6. Motor de combustión interna de múltiples cilindros según la reivindicación 1, que comprende:
- seis de las cámaras (10) de combustión; y
- dos de las secciones fusionadas de escape;
- 30 en el que cada una de las secciones fusionadas de escape conecta los orificios de escape formados en tres de las cámaras de combustión.
7. Motor de combustión interna de múltiples cilindros según la reivindicación 1, que comprende:
- seis de las cámaras de combustión; y
- tres de las secciones fusionadas de escape;
- 35 en el que cada una de las secciones fusionadas de escape conecta los orificios de escape formados en dos de las cámaras de combustión.
8. Motor de combustión interna de múltiples cilindros según la reivindicación 1, que comprende:
- dos de las cámaras de combustión; y
- una de las secciones fusionadas de escape;
- 40 en el que cada una de las secciones fusionadas de escape conecta los orificios de escape formados en dos de las cámaras de combustión.
9. Motor de combustión interna de múltiples cilindros según la reivindicación 1, que comprende:
- tres de las cámaras de combustión; y una de las secciones fusionadas de escape;

en el que cada una de las secciones fusionadas de escape conecta los orificios de escape formados en tres de las cámaras de combustión.

10. Motor de combustión interna de múltiples cilindros según la reivindicación 1, que comprende:

ocho de las cámaras de combustión; y

5

cuatro de las secciones fusionadas de escape;

en el que cada una de las secciones fusionadas de escape conecta los orificios de escape formados en dos de las cámaras de combustión.

11. Vehículo, que comprende un motor de combustión interna según la reivindicación 1.

12. Embarcación marítima, que comprende un motor de combustión interna según la reivindicación 1.

10

Fig. 1

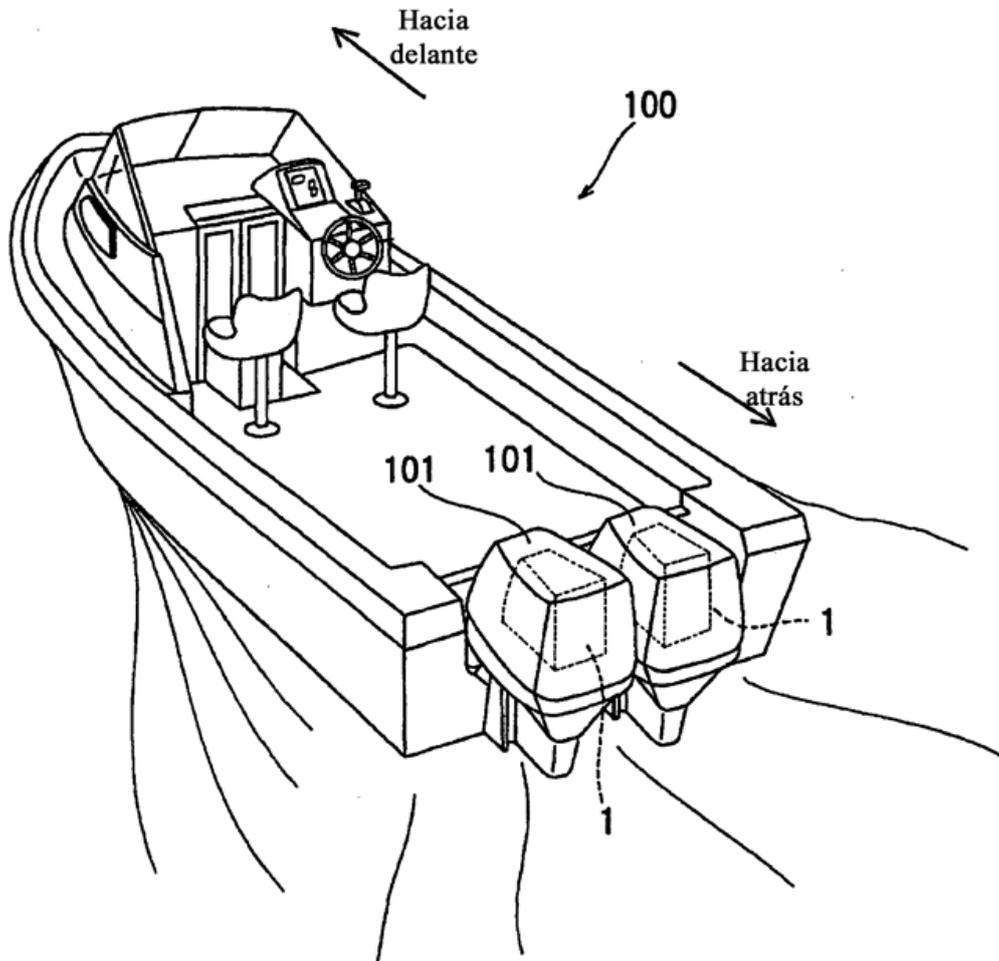


Fig. 2

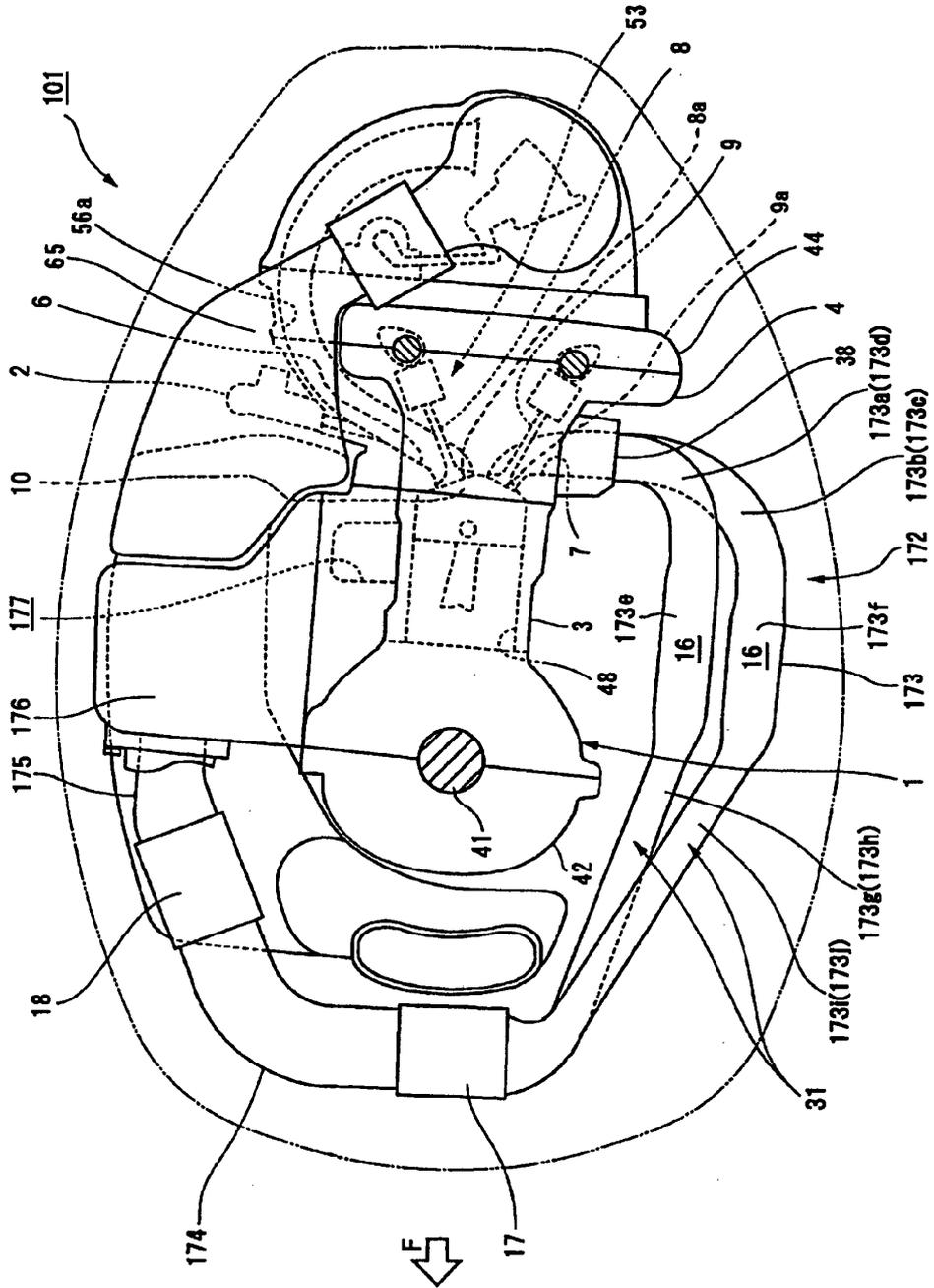


Fig. 3

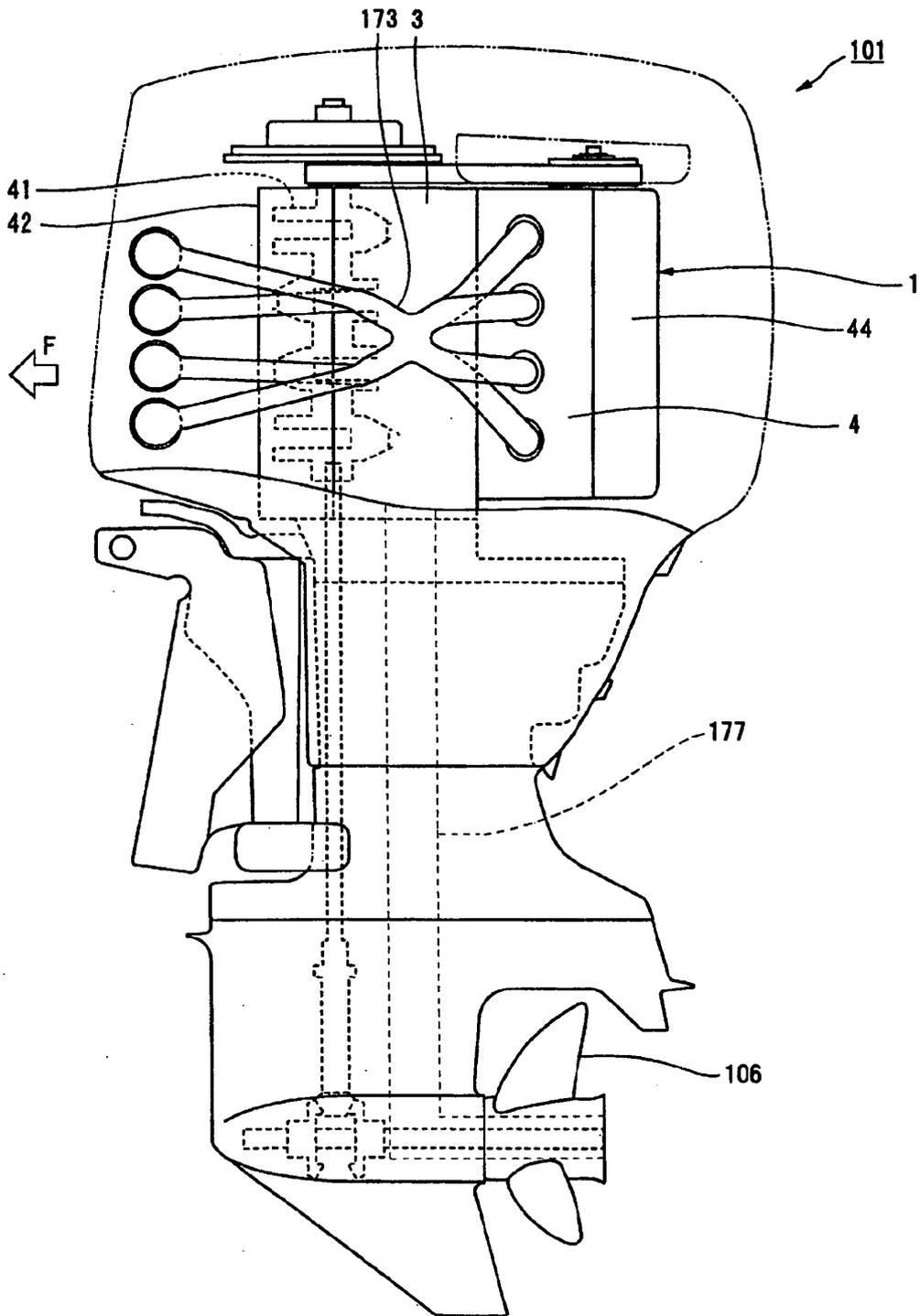


Fig. 4

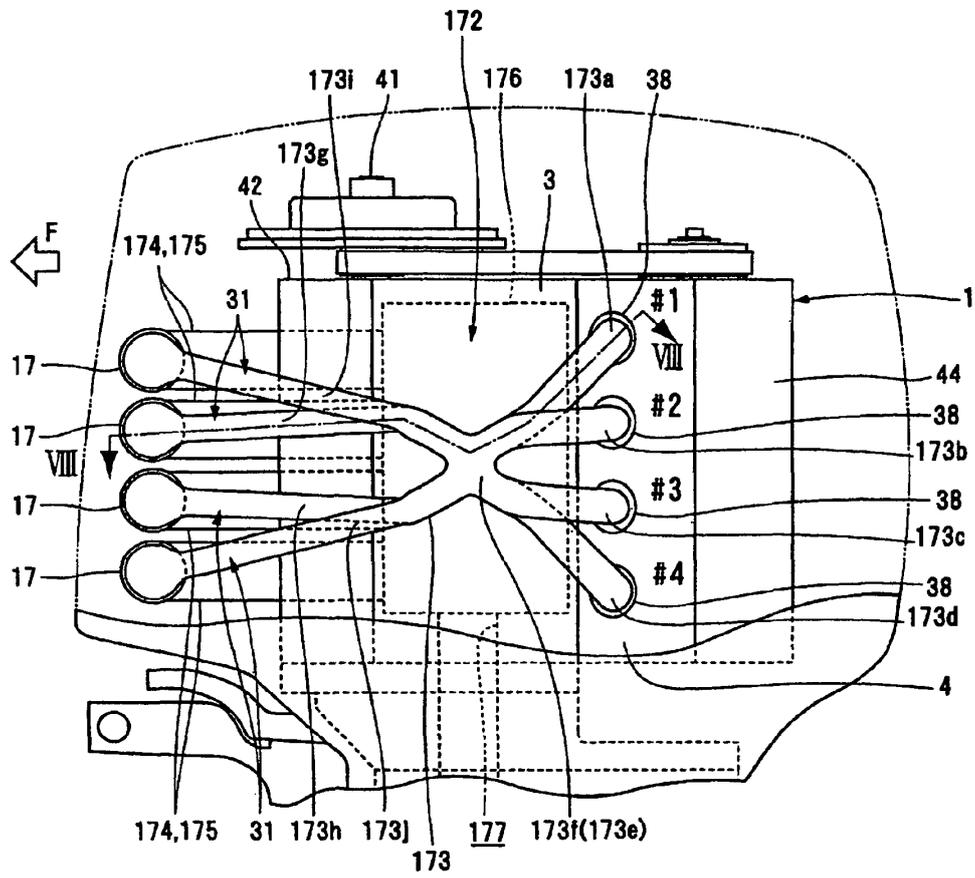


Fig. 5

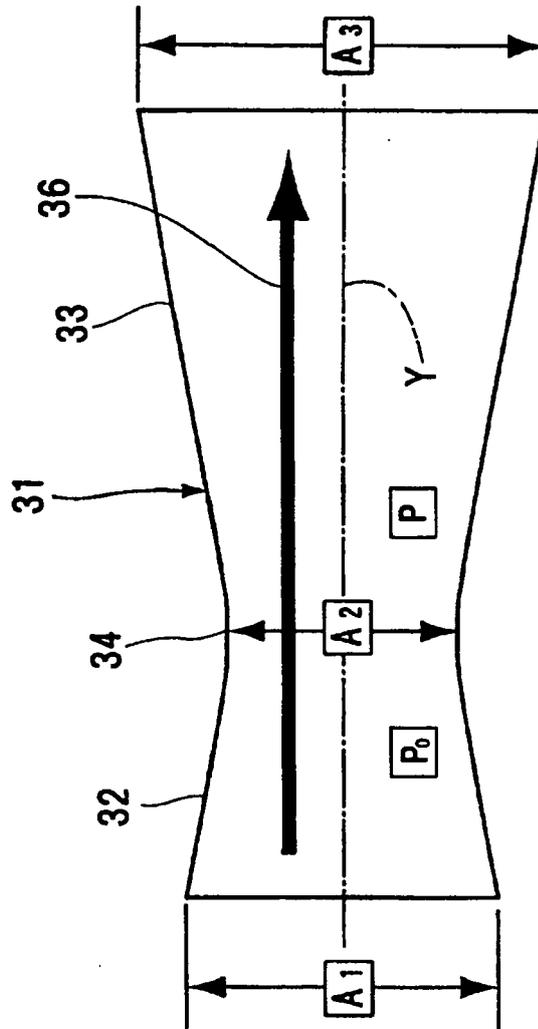


Fig. 6

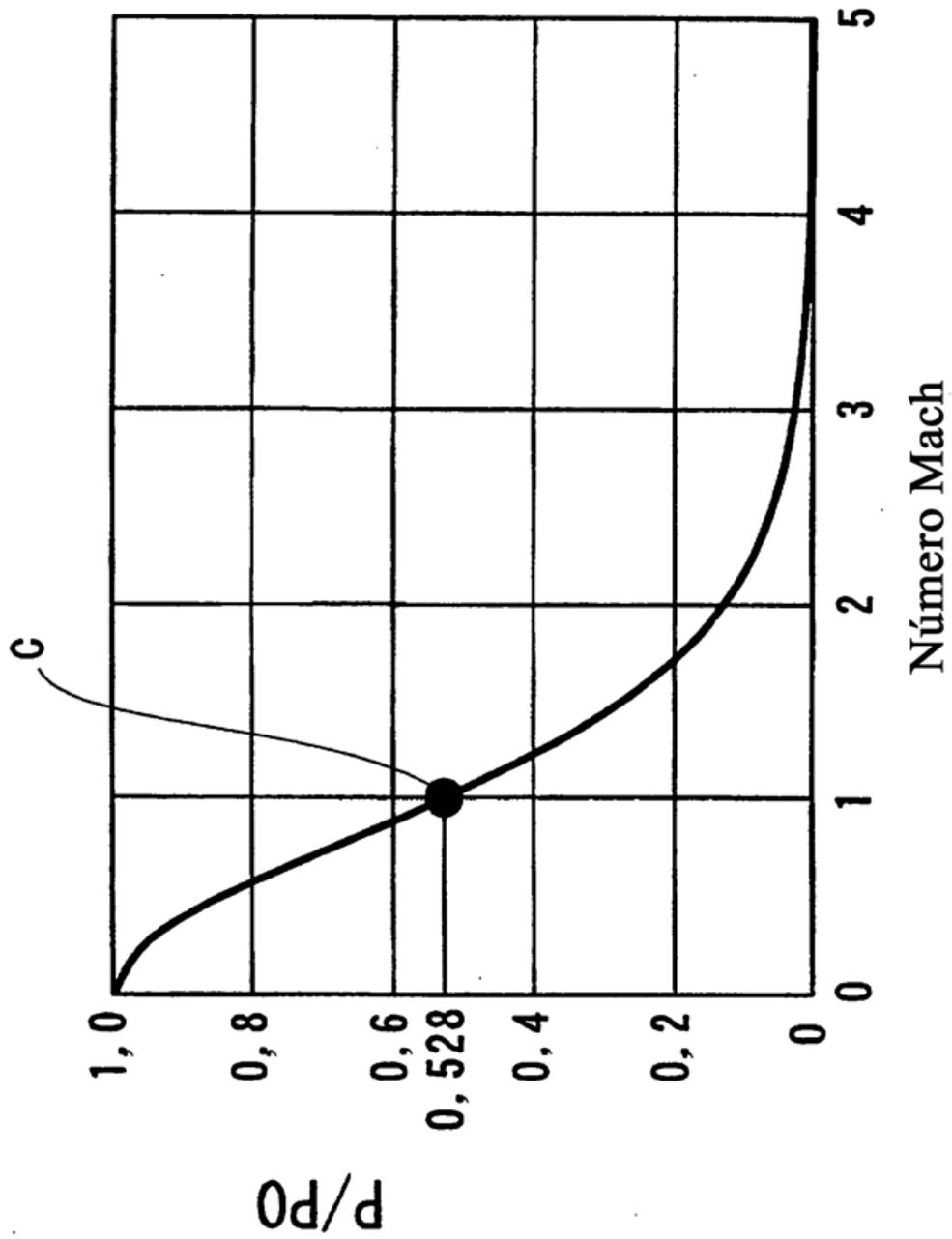


Fig. 7

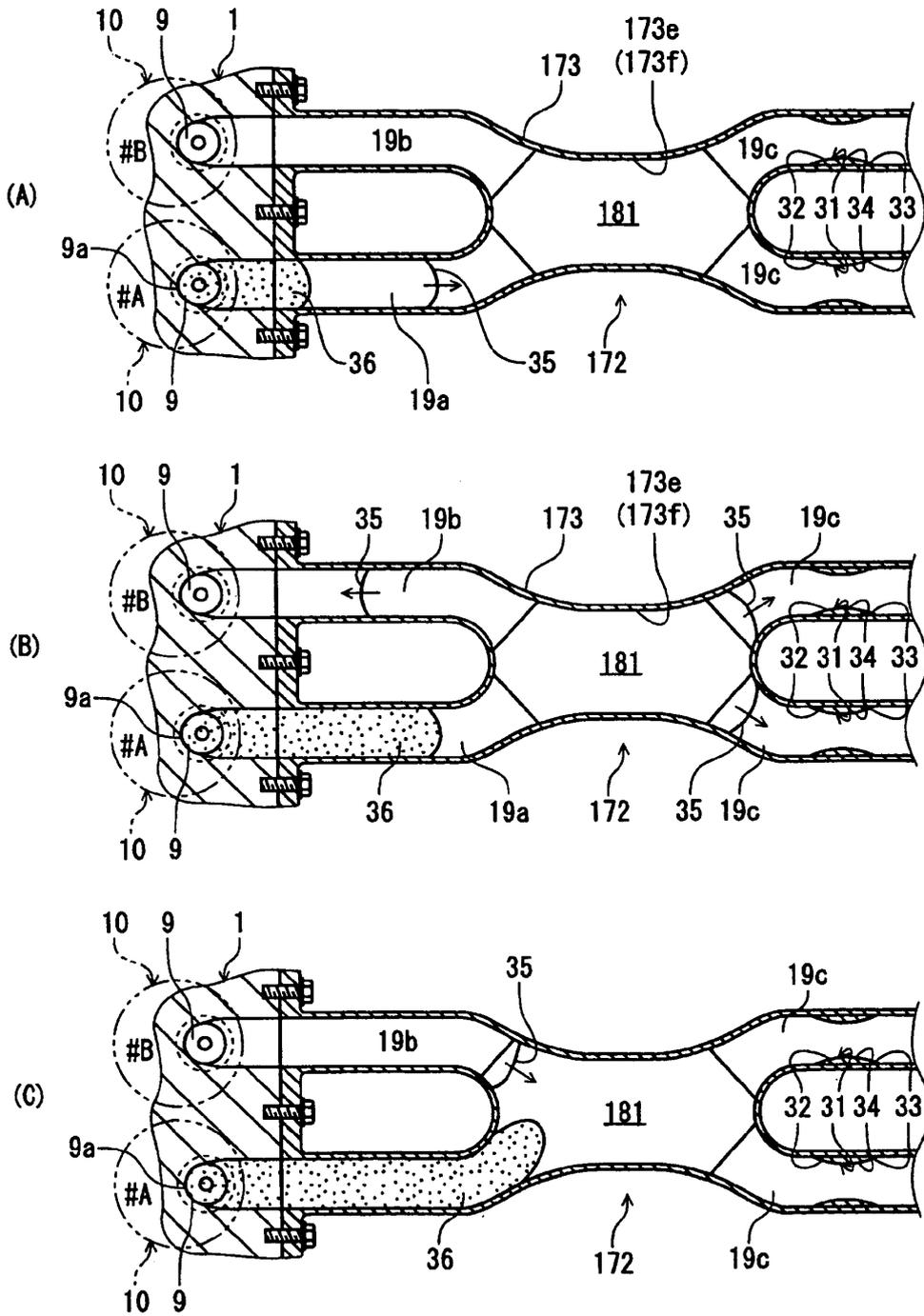


Fig. 8

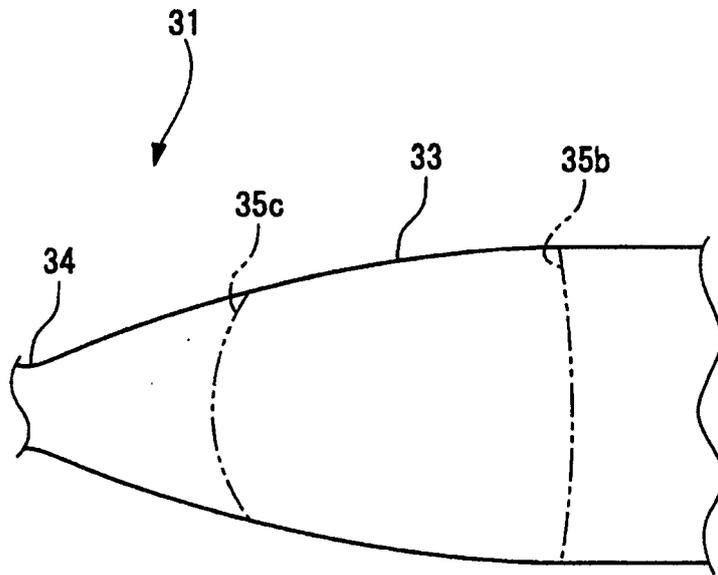


Fig. 10

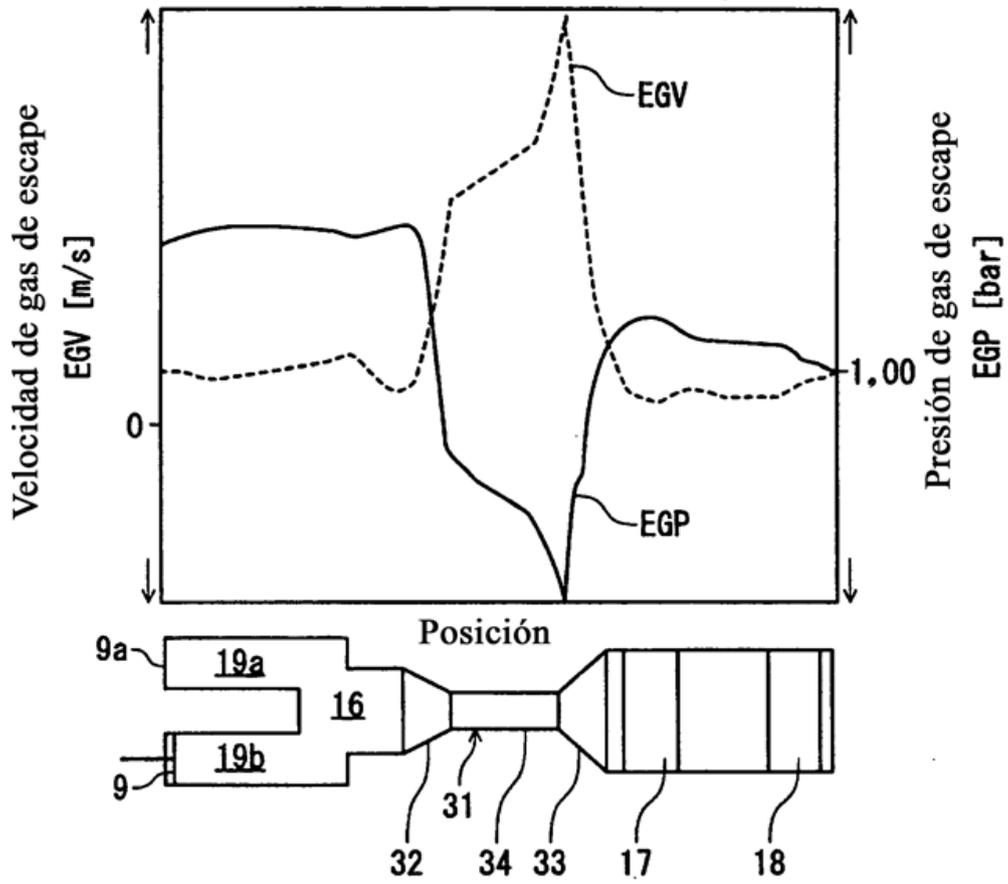


Fig. 11

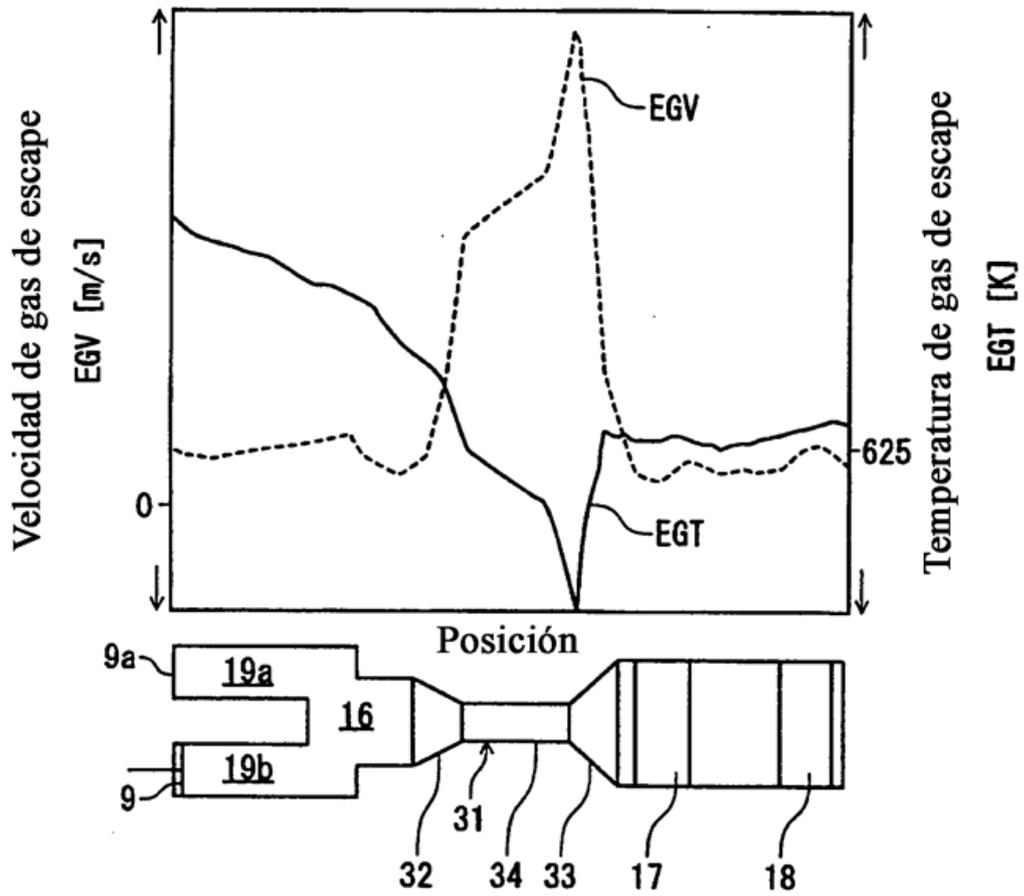


Fig. 12

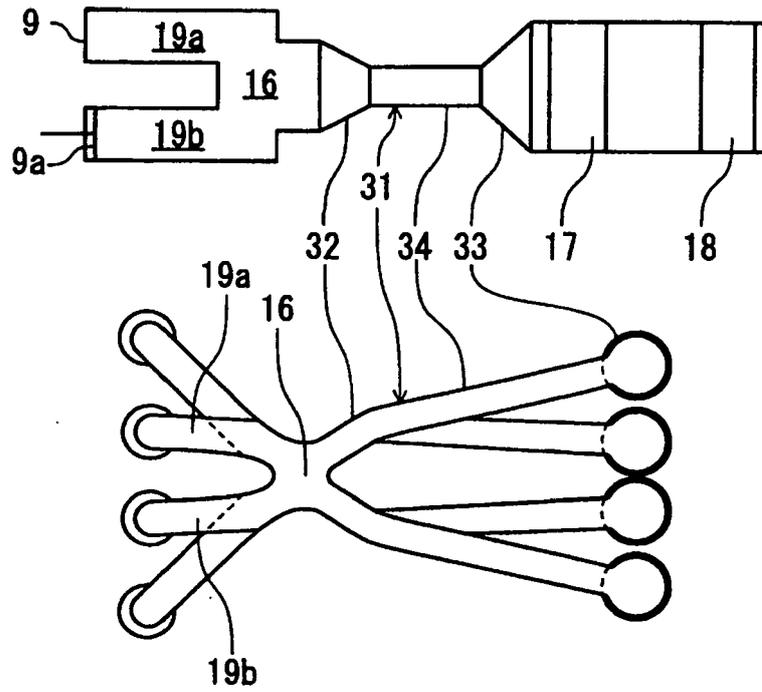
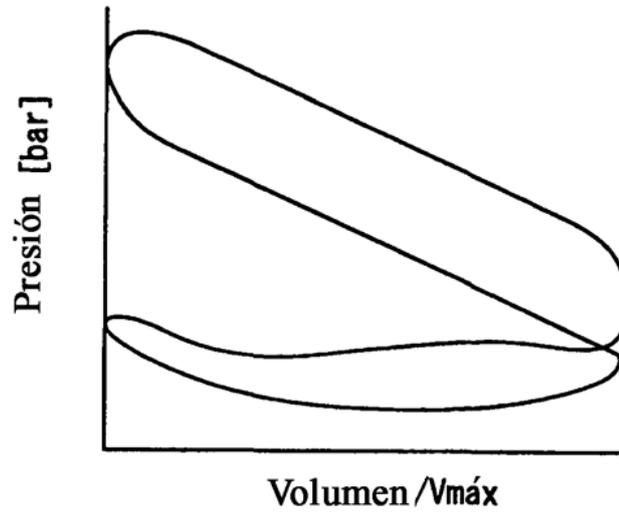


Fig. 13

(A)



(B)

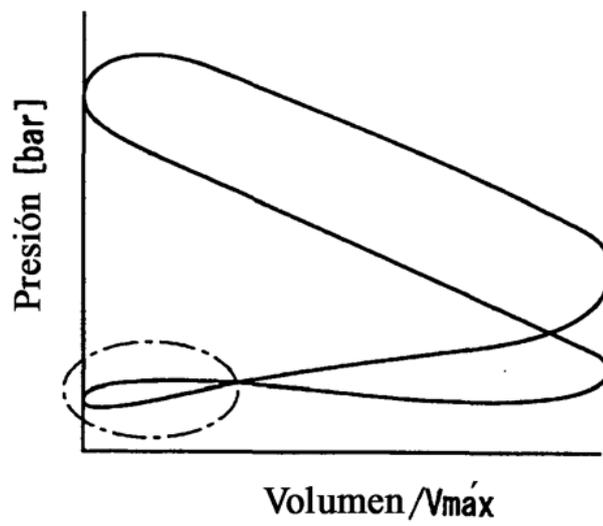


Fig. 14

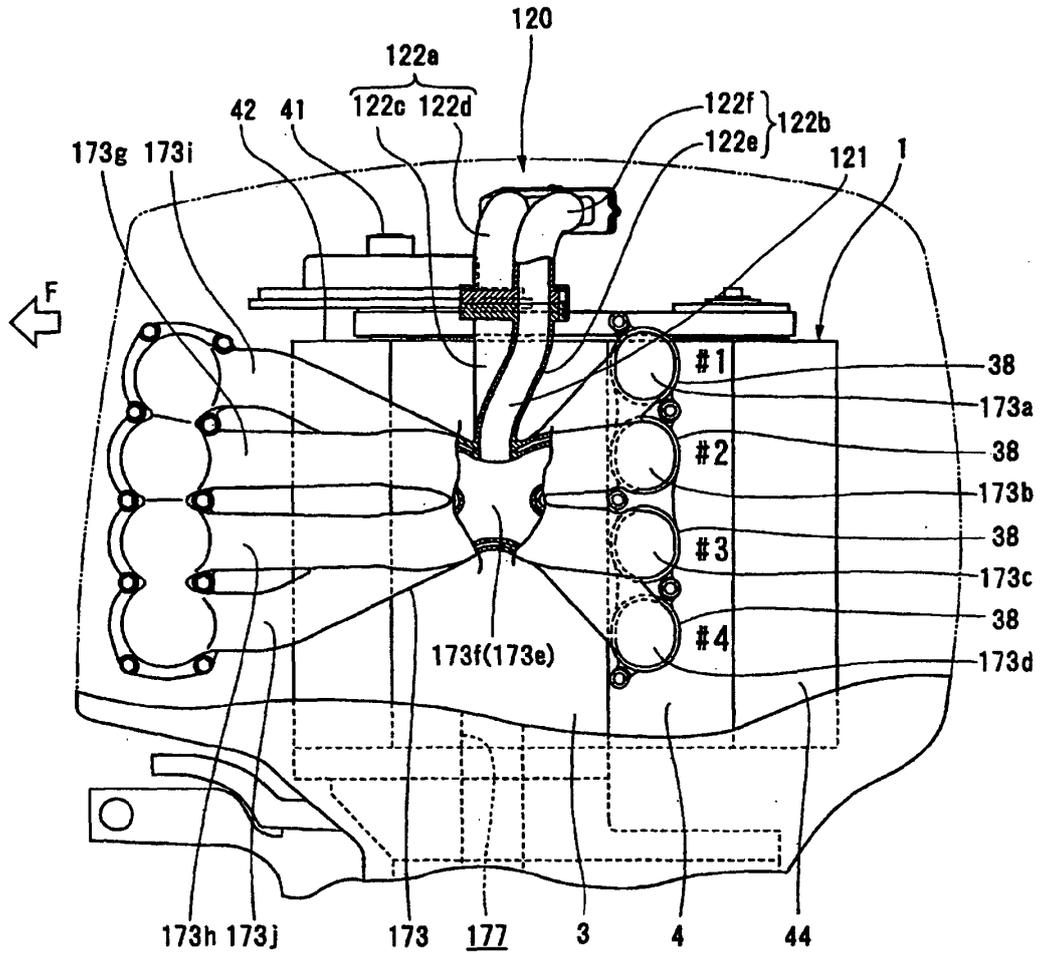


Fig. 15

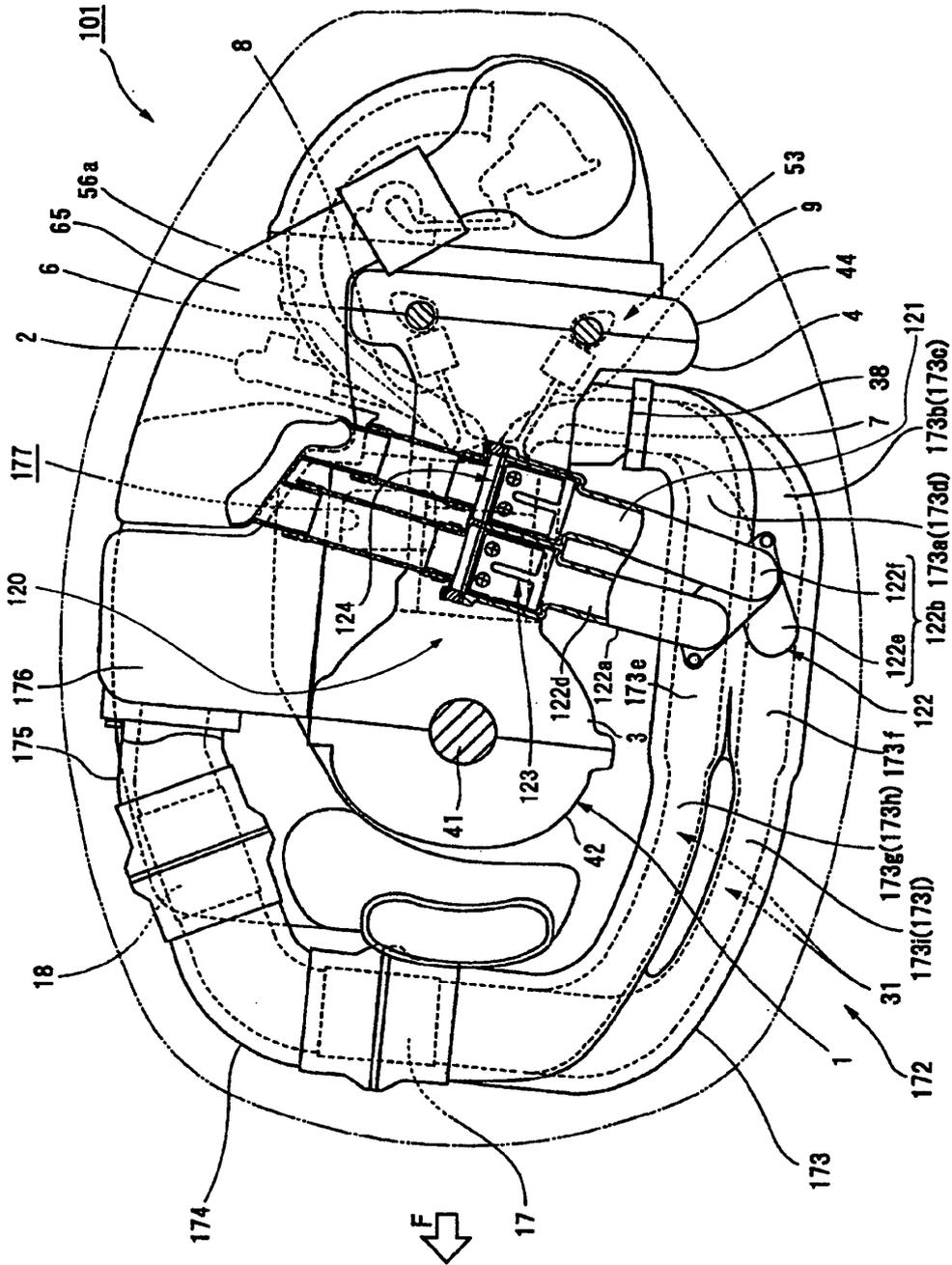


Fig. 16

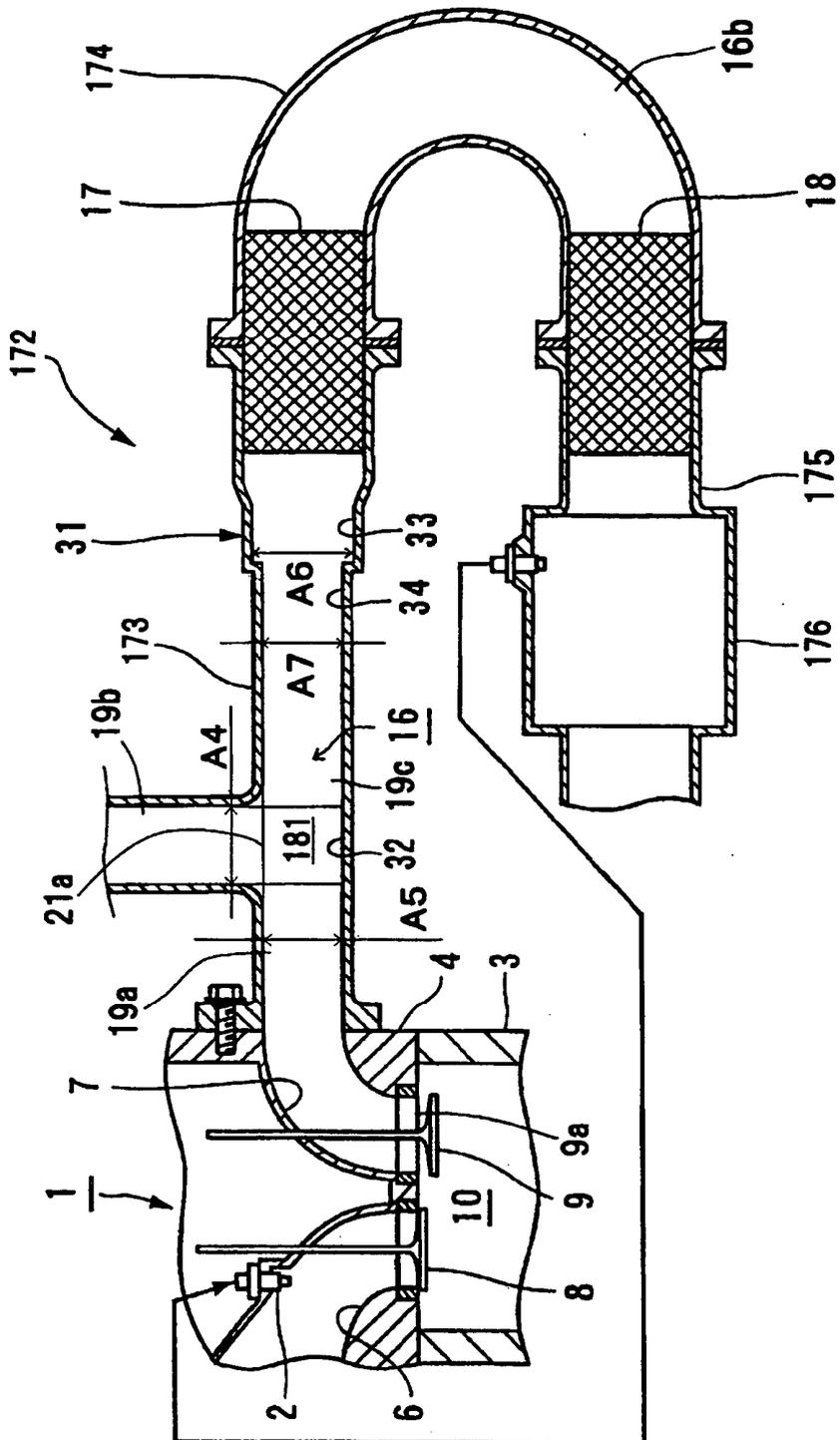


Fig. 17

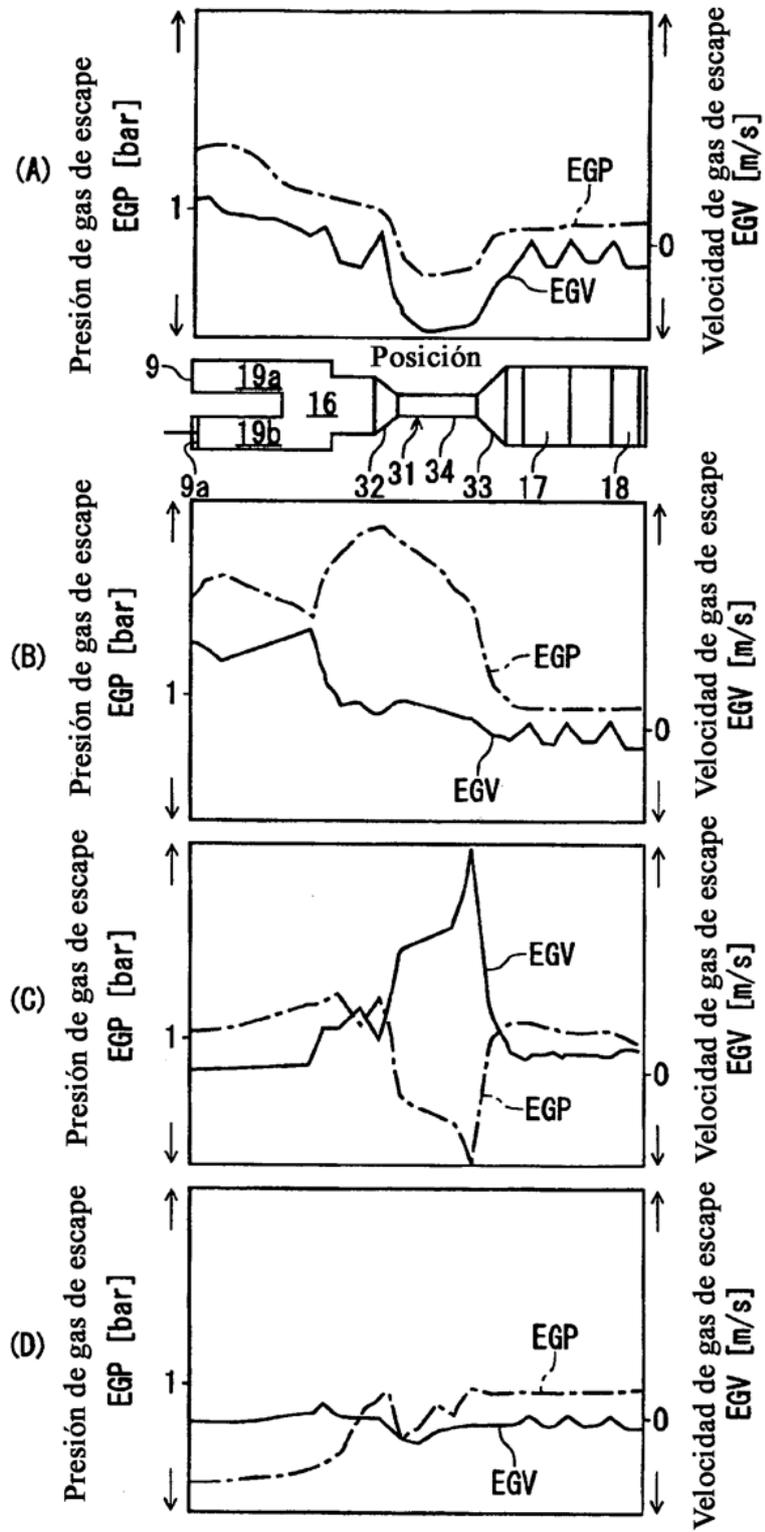


Fig. 18

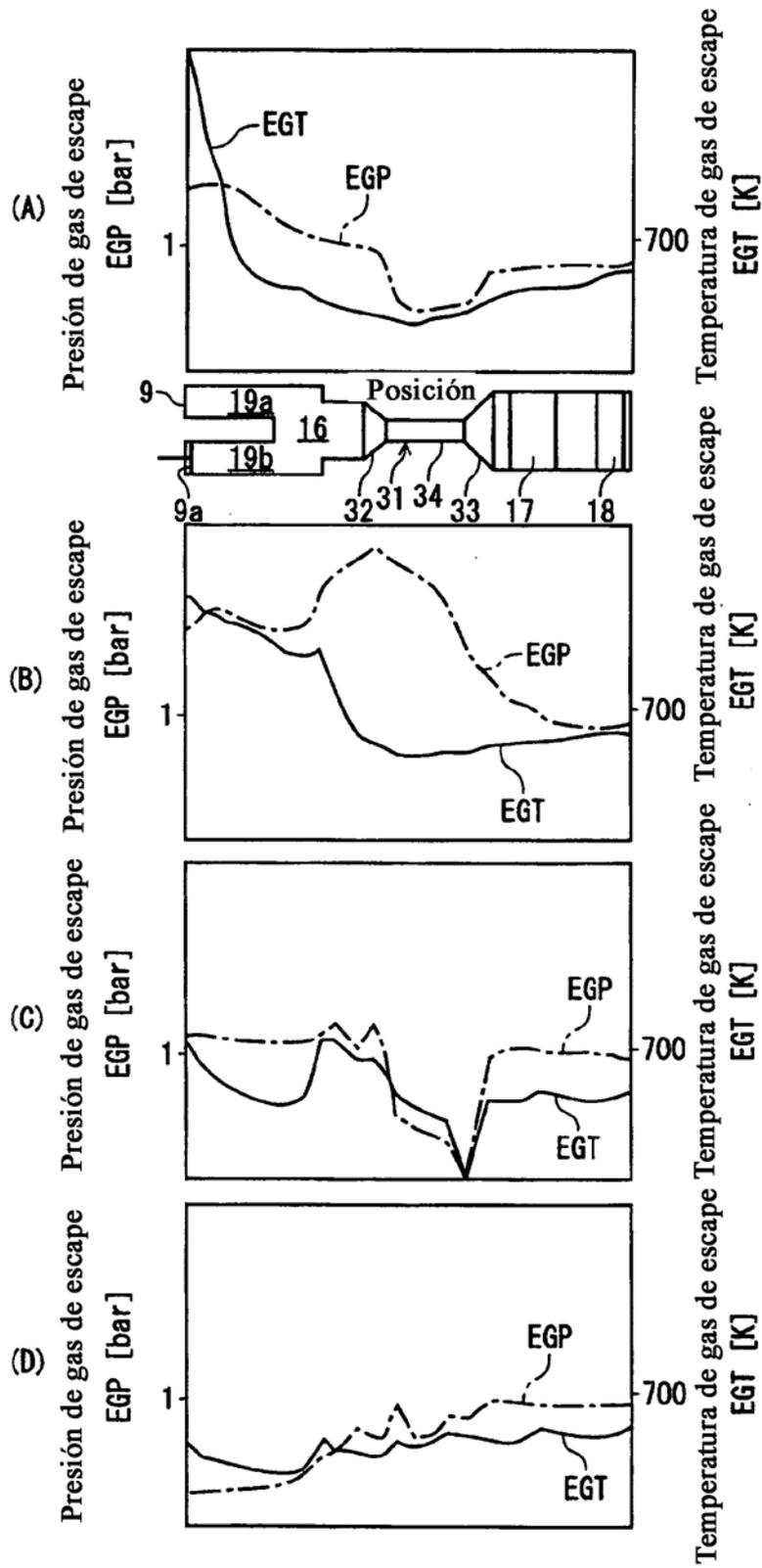


Fig. 19

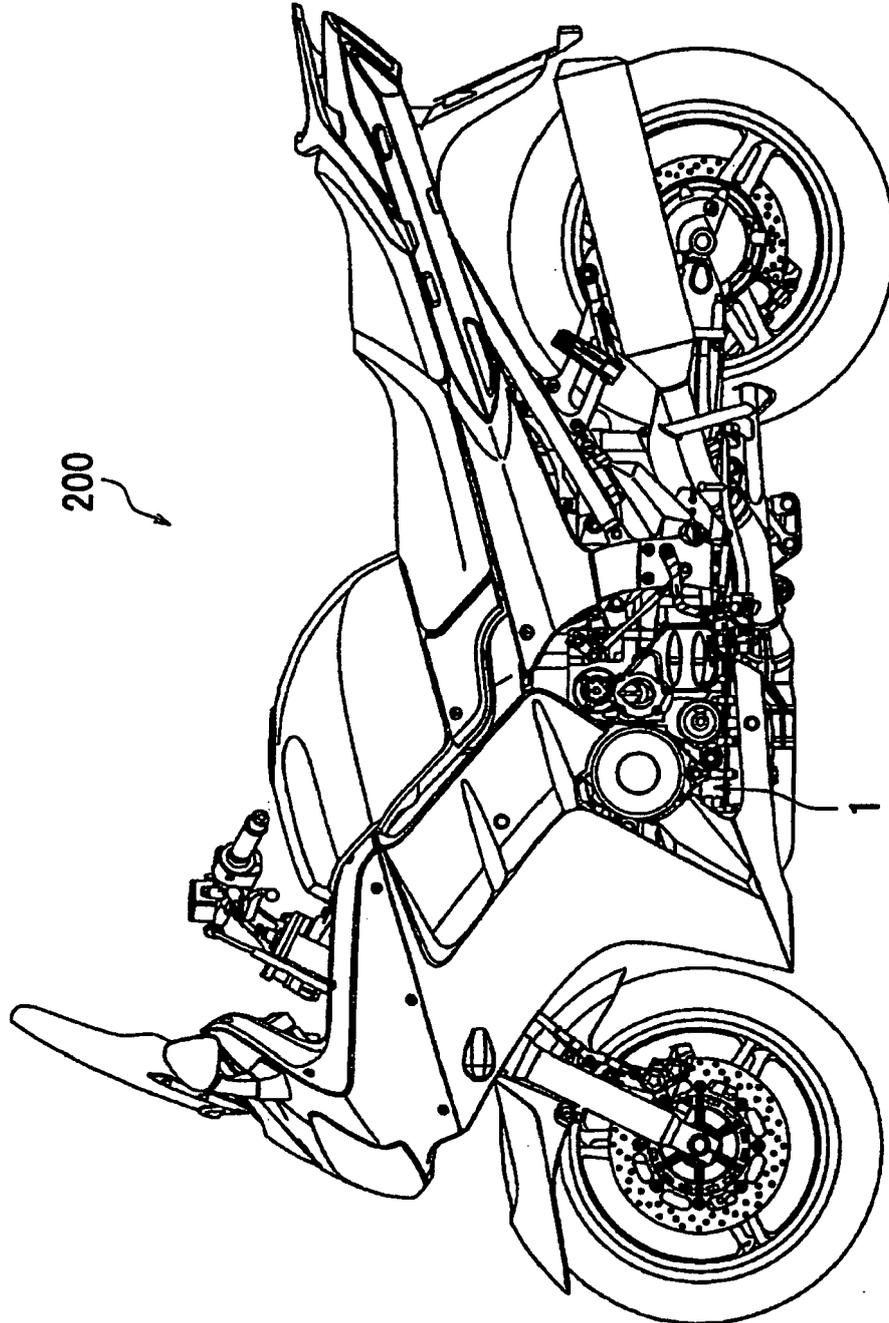


Fig. 20

